

141
20y.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



**EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA**

TÍTULO DE TEMA

**TESIS "ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO COMO MEDIO
PARA ELEVAR LA CALIDAD DE PRODUCCIÓN DE UNA PLANTA
DESHIDRATADORA DE CRUDO INSTALADA EN UNA
PLATAFORMA MARINA DE PEMEX".**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA

JORGE CONRADO THELIAN REYES CHÁVEZ

L



MEXICO, D. F.

2624 14

1998

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

Jurado Asignado:

Presidente	Prof.	López Torres Arturo
Vocal	Prof.	Ortiz Ramírez José Antonio
Secretario	Prof.	Rangel Dávalos Humberto
1er Suplente	Prof.	Domínguez Betancourt Ramón E.
2do Suplente	Prof.	Gómez Velasco Héctor Marcelino

Sitio donde se desarrolló el tema
INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO
AVE. 100 METROS #152
COL. SAN BARTOLO ATEPEHUACAN
MEXICO 07730 D.F.

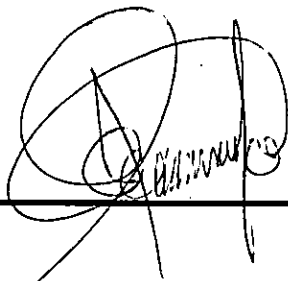
Asesor del tema

Ing. Humberto Rangel Dávalos



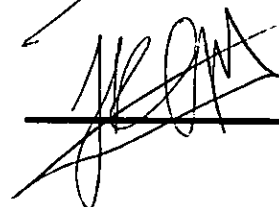
Supervisor técnico

Ing. Federico López García



Sustentante

Jorge Conrado Thelian Reyes Chávez



AGRADECIMIENTOS

A mis abuelos por los consejos que formaron y la motivación siempre oportuna que me brindaron.

A mis padres que me dieron la vida.

A mis hermanos con quien he compartido tantas cosas.

Al distinguido jurado Prof. López Torres Arturo, Prof. Ortiz Ramírez José Antonio, Prof. Rangel Dávalos Humberto, por su disposición a la revisión de esta tesis y a las enseñanzas impartidas a través de la carrera.

A la Facultad de Química por otórgame una profesión.

Al Instituto Mexicano del Petróleo por la oportunidad de realizar este tema y todos los medios que facilitaran la realización de este trabajo.

Al Departamento de Diseño de Equipo de Proceso de Equipo por las enseñanzas y el apoyo recibido para la realización de este trabajo.

Al Ing. Federico Lopez García por la atención y la disponibilidad para la realización de este trabajo.

INDICE

	Pagina.
I) Introducción	6
I.1 Objetivos	7
II) Generalidades	8
III) Importancia del mantenimiento	11
III.1 Administración de mantenimiento	12
III.2 Políticas de mantenimiento	13
III.3 Ganancias y costos de mantenimiento	13
III.4 Toma de decisiones	14
III.5 Planeación, control y evaluación del mantenimiento	15
III.6 Ingeniería de mantenimiento	16
III.7 Trabajo de mantenimiento	17
III.8 Reparaciones	20
IV) Tipos de mantenimiento	24
IV.1 Mantenimiento por falla o ruptura	25
IV.2 Mantenimiento preventivo	26
IV.3 Por que es efectivo el mantenimiento preventivo	27
IV.4 Mantenimiento correctivo	29
IV.5 Mantenimiento de prevención	30
IV.6 Mantenimiento predictivo	31
IV.7 Mantenimiento productivo	31
IV.8 Mantenimiento Total Productivo	32
IV.9 Criterios para aplicar un método de mantenimiento	35
V) Filosofías de mantenimiento	36
V.1 Una nueva organización de mantenimiento	39
V.2 Conceptos fundamentales de la organización del mantenimiento	40

1) INTRODUCCIÓN.

En la primera época industrial de las plantas productivas, los equipos y maquinaria fueron diseñados únicamente bajo puntos de vista de servicio y economía, operando fuertemente y sin apoyo de un sistema de mantenimiento. Hoy en día donde los equipos y sistemas son más sofisticados, no es posible imaginar una planta sin la aplicación continua de un programa de mantenimiento.

Con la puesta en marcha de las plantas a gran escala, los costos de operación se elevaron, propiciando que para lograr un buen desempeño de las plantas se debe tener equipos altamente rentables. Sin embargo, en ocasiones la falta de recursos monetarios y el pobre aprovechamiento de los equipos representa un gran obstáculo.

Las actividades de mantenimiento están basadas en la acumulación de experiencias, donde este conocimiento puede ser el factor mas crítico para el cumplimiento de la ingeniería del mantenimiento, no-solo por las experiencias propias, sino también por el conocimiento de la gente que labora en planta y personal ajeno a la misma, quienes también poseen experiencia valiosa para la elaboración de los planes y metas del mantenimiento.

El mantenimiento es la mejor medida para **mantener el equipo en optimas condiciones e incrementar la producción.**

Un claro ejemplo se manifiesta cuando un accidente ó paro de la planta ocurre, se determina **teóricamente** cuales fueron las causas que lo originaron y que medidas se van a tomar para prevenir que no suceda de nuevo. Las técnicas que fueron empleadas son recopiladas; dibujos, documentos y manuales, con el fin de tener un registro y conocer los problemas, causas técnicas que son previsibles.

En el caso de la aplicación de técnicas del mantenimiento de algunas plantas, el "Know-How" (como hacerlo), que esta contenido en los manuales de operación y mantenimiento de los equipos principales, esta en posesión de manera individual en algunos operarios. Y es aquí donde aparece la buena administración, para que los servicios prácticos, la técnica y el "Know-How" puedan ser efectuados efectivamente propiciando la conjunción de habilidades de ingenieros y trabajadores, para lograr el desarrollo de métodos de mantenimiento, que en otros países como; Estados Unidos y Japón han permitido reducir las fallas y tiempo de reparación presentadas durante la producción, así como disminuir los costos de operación al tener una alta productividad con una mejor calidad, protección al medio ambiente y manteniendo las condiciones de trabajo seguras para los operarios del equipo en toda la planta. ¹

¹ Plant Maintenance Engineering Intoduction to maintenance management and engineering
Yasuchi Shimizuv

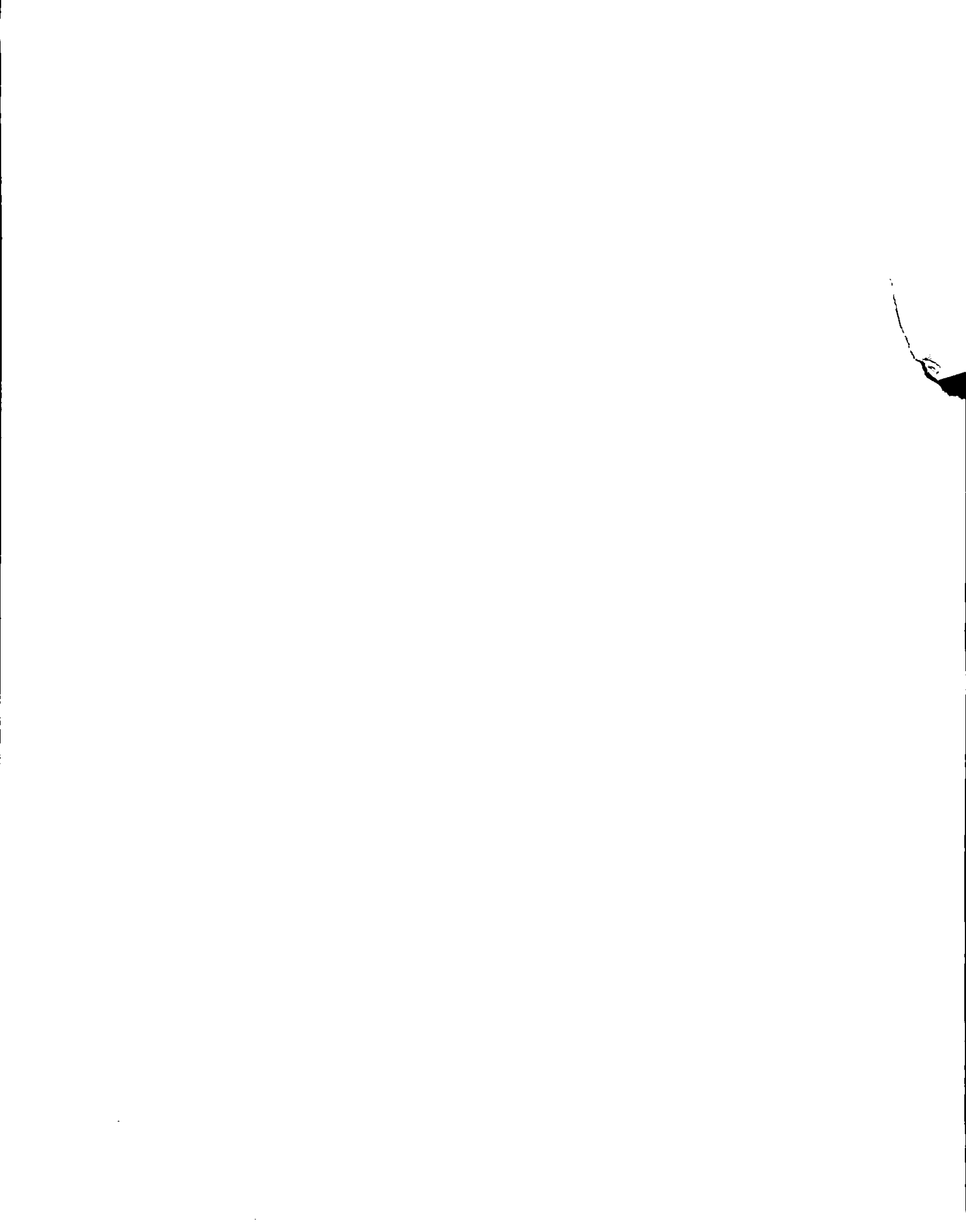
I.1 Objetivos.

Actualmente las políticas de regulación de procesos para ahorro de energía, protección ambiental, incremento de la producción y calidad, día a día toman más importancia a escala mundial, México como parte integral de esta globalización no queda exento de asimilar y aplicar estas políticas.

Siendo el petróleo el principal recurso generador de economía, se debe tener especial cuidado en la operación y mantenimiento de las instalaciones como son: las plantas productoras y refinadoras de hidrocarburos, ya que forman parte de la estructura medular para la obtención del preciado recurso.

Una de las formas para incrementar la calidad y producción de hidrocarburos es la implementación de programas confiables de mantenimiento **integral**, ya que al tener una buena programación para la aplicación estos programas se tendrán menos tiempos improductivos que van en decremento de la capacidad instalada.

El presente trabajo pretende mostrar de forma breve y práctica como desarrollar un **programa de mantenimiento integral**, partiendo de los diferentes tipos y organizaciones del mantenimiento enfocados a una Planta Deshidratadora de Crudo instalada en una plataforma marina de PEMEX, la cual forma parte del proceso de explotación de hidrocarburos y donde los resultados obtenidos propiciarán **la cultura de aplicación del buen mantenimiento** que invariablemente redundará en un incremento de la producción de alta calidad en forma segura y eficiente.



II) GENERALIDADES.

En 1901 en Japón se inician cursos de ingeniería para el mantenimiento de plantas, principalmente en la industria acerera, dando un gran crecimiento y desarrollo de hábiles trabajadores e ingenieros de mantenimiento. Después de la segunda guerra mundial, como el resultado del triunfo de Estados Unidos, se proporciona asistencia técnica a Japón en varios campos de la ingeniería para la venta de maquinaria y equipo moderno. En 1950 por una promoción del gobierno americano, los ejecutivos japoneses de varias plantas visitaron U.S.A., para introducir a Japón los últimos avances de la maquinaria y equipo, pero tuvieron dificultades para obtener una alta rentabilidad debido a que carencia de un sistema de mantenimiento, el cual hasta entonces, era llevado a cabo por el departamento de producción. Como resultado de este problema, se llegó a la conclusión de que era necesario contar con una organización especializada para desarrollar un sistema de "Mantenimiento Preventivo".

Se aplicó durante 2 a 3 años y muchos problemas se suscitaron en los departamentos de producción y mantenimiento, pero las fallas y los costos de mantenimientos fueron disminuyendo gradualmente, lo que permitió un incremento en la confiabilidad de los equipos. Con estas experiencias en cada nueva planta, el departamento de mantenimiento asumió los cuidados para integrar las actividades de mantenimiento de los equipos mecánicos, eléctricos e instrumentos cuando la planta iniciaba las operaciones.

En 1950 E.U.A. introduce la técnica de control estadístico y luego es importado en Japón donde es usado ampliamente, pero enfocado a los trabajadores que están a cargo de la operación diaria, desarrollando y mejorando herramientas que le permitan tener un control de calidad adecuado y esto se logro gracias a la organización voluntaria de pequeños grupos que promovieron mejoras.

En 1950 se desarrolla la era del mantenimiento preventivo; Estableciéndose sus funciones durante esta década. En 1960 comienza a reconocerse la importancia de la confiabilidad, el mantenimiento y el diseño económico de las plantas, dando origen a los siguientes conceptos: Mantenimiento de prevención, Ingeniería de confiabilidad, ingeniería de mantenimiento e ingeniería económica. En 1962 es introducido en Japón y luego en E.U.A. "Movimiento de cero defectos" difundándose en pequeños grupos de actividades que resolvían sus problemas utilizando técnicas de ingeniería industrial. En 1970 los sistemas administrativos y el progreso científico en el campo de los sistemas de ingeniería permitieron lograr una mayor eficiencia en los programas de mantenimiento basándose en la participación comprometida de todos los empleados de la planta. Desde 1980 estos pequeños grupos de trabajadores han permitido, el adelanto de los trabajos de mantenimiento, permitiendo implementar en Japón el "Mantenimiento Total Productivo", que a tenido muy buenos resultados en ese país, logrando una alta competitividad de sus compañías donde la clave del éxito es un pequeño grupo de actividades soportadas por los trabajadores o también llamado mantenimiento autónomo; que consiste desde la simple limpieza diaria y observación temprana de mal funcionamiento del equipo, realizándolo tanto en horario normal de trabajo o fuera del. Este modelo administrativo comienza a ser evaluado en otros países, por los buenos resultados obtenidos.

El mantenimiento ha comenzado a tener un papel importante en cualquier ramo industrial, por lo que, se considera como un costo del por ciento de las ventas totales.

La siguiente tabla muestra en forma de porcentajes la cantidad destinada al mantenimiento de acuerdo al ramo industrial.

Costos de mantenimiento por industria			
Industria	Costo como un porcentaje de ventas		
	Alto	Promedio	Bajo
Petroquímica	6.3	2.5	1.4
Química	6.6	5.3	4.4
Aerospacial	3.3	1.9	1.3
Farmacéutica	3.1	1.9	1.3
Automovilística	4.6	2.0	1.5
Computación	6.4	3.4	1.8
Electrónicos	2.2	1.5	1.1
Productos de consumo	2.1	1.8	1.5
Productos forestales	9.6	5.1	3.3
Equipo agroindustrial	5.0	3.8	2.1
Alimentos	2.7	2.0	1.7
Bebidas	3.7	2.1	1.5

Fuente A.T. Kearney Inc. Tabla 1.II Costos de mantenimiento por industria.

En esta tabla se puede observar que las industrias petroquímicas y químicas tienen un alto porcentaje destinado al mantenimiento. Esto es debido a las condiciones de operación que presentan elevadas temperaturas, presiones y la naturaleza de los diferentes productos químicos que se obtienen, que van desde corrosivos a muy peligrosos lo que ocasiona que el equipo y sistemas siempre estén trabajando bajo riesgo.

III) *IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO.*

Analizando las causas donde los equipos no están obteniendo los rendimientos ni el grado de operación esperados, encontramos que en muchos casos es por la aplicación de un pobre mantenimiento. Sin embargo, actualmente se observa que los equipos de gran escala son automatizados y de gran precisión, con lo que se asegura una alta calidad y cantidad de los productos obtenidos, por lo tanto los planes de mantenimiento son mas cada vez más difíciles de desarrollar, propiciando una tendencia a tomar mas seriamente el punto de vista del departamento de mantenimiento.

La administración del mantenimiento, requiere la aplicación de un sistema que desempeñe un importante papel en la administración de la planta debido a los siguientes factores:

- a) Grandes inversiones en equipo requieren alta confiabilidad para pagarse.
- b) Debido a que un incremento en la capacidad de producción por unidad de tiempo de los equipos, ocasiona que en un paro, las perdidas se incrementen.
- c) La probabilidad de fallas en equipos automáticos como de mecanismos simples es igual, pero si ocurre en equipo automático por lo general requiere un considerable periodo de tiempo para que el especialista encuentre la falla.
- d) Las fallas de equipo de protección ambiental, pueden ocasionar muchos problemas a las comunidades.
- e) Actualmente, con una depresión económica mundial y falta de recursos, el equipo existe que tendrá que ser usado por un largo periodo de tiempo.
- f) Un decremento en las ganancias de la empresa requiere medidas que incrementen las utilidades manteniendo un nivel de ejecución alto de los equipos con bajos costos de mantenimiento.

Para la introducción de un sistema de mantenimiento necesita llevarse a cabo las siguientes funciones:

III.1 Administración del Mantenimiento.

Para lograr una efectiva administración del mantenimiento se necesita de una buen sistema de organización que permita un eficiente diseño administrativo, sin embargo, es necesario que la directiva se interese en el departamento de mantenimiento, al mismo tiempo se entrene a los empleados para lograr que sean capaces, consistentes y tengan una buena actitud a los trabajos que realizaran.

Una gran cantidad de recursos se tendrá que administrar, como son: información, materiales y maquinas de mantenimiento, herramientas, recursos humanos etc., todo esto con un presupuesto suficiente que se erogara de acuerdo a un plan.

La directiva decide cual es el presupuesto para el departamento de mantenimiento, de un año, este a la vez determina y asigna los recursos a cada actividad. Esta asignación se da donde se necesitan labores de mantenimiento, por ejemplo en equipos que presentan frecuentemente problemas en el grado de operación, fallas repentinas y se tengan las medidas para contrarrestarlas. Donde la escasez de recursos humanos es grande y toma un gran periodo de tiempo capacitarlos, se propondrá un largo periodo de ejecución para desarrollarlos.

III.2 Política de Mantenimiento.

La buena política de mantenimiento se basa en dos aspectos fundamentales, una función objetivo y objetivo de costos de los equipos.

a) Elementos de la función objetivo:

- ◆ Mantener a los equipos funcionando de tal manera que se asegure el tiempo de entrega de los productos en un determinado punto.
- ◆ Mantener los equipos trabajando apropiadamente por un largo periodo.
- ◆ Mantener equipos bajo las condiciones en las cuales los productos tiene la calidad para la cual fueron especificados.

b) Elementos para objetivos de costos

- ◆ Establecimiento de un plan de mantenimiento que logre el mínimo costo a lo largo del ciclo de vida de los equipos.
- ◆ Estandarización de los costos de mantenimiento y de producción.
- ◆ Limitar los costos de mantenimiento como una especificación de un por ciento del volumen de ventas.
- ◆ Realizar un calendario de actividades que prevengan trabajos que requieran pagos extras.

III.3 Ganancias y costos de mantenimiento.

Los nuevos equipos requieren de grandes inversiones y costos fijos altos, las cuales deben estar soportadas en un efectivo plan de mantenimiento que permita tener una alta eficiencia de operación.

Teniendo en cuenta que las organizaciones industriales enfocan todos sus esfuerzos en "generar ganancias", no se puede dejar simplemente fuera los costos totales como un artículo ineludible, los costos de mantenimiento se incrementan año con año y los costos de operación se incrementan de la misma manera.

III.4 Toma de decisiones.

Para tener una alta ejecución de las actividades de mantenimiento, los gerentes de diferentes niveles tienen que realizar buenas decisiones teniendo en cuenta los cambios ambientales alrededor de los negocios y condiciones de producción, los componentes principales para tomar una decisión son los siguientes:

Sistema de mantenimiento.

- ♦ Organización.
- ♦ Sistema administrativo.
- ♦ Tamaño de planta y localización de la fuerza laboral.
- ♦ Escala del almacén de mantenimiento.

En ocasiones no se cuenta con suficientes datos, por lo cual la "experiencia y estadística" vienen a hacer un factor muy importante para las actividades de mantenimiento cuando la decisión es tomada por:

- a) Búsqueda de una meta.
- b) Cuando se debe seleccionar una opción de dos posibles.
- c) Cuando es incierto conocer cuando una o dos ideas o más, es la mejor.

III.5 Planeación, control y evaluación del mantenimiento.

La planeación es base de la administración, formando un ciclo cada vez que un plan realizado, es ejecutado y comparado los resultados con el plan original, esto logra que el nuevo plan sea mejorado basándose en el análisis de resultados, para llegar a ello se consideran las siguientes etapas:

a) Planeación.

Sí la planeación es perfecta nos estamos asegurando que la ejecución estará libre de fallas. Por esto la planeación en la administración del mantenimiento se basa en experiencias individuales o en datos acumulados de estas, y si existe alta confiabilidad de datos disponibles para la planeación, la calidad de la planeación será alta. Por ejemplo con el uso de las computadoras se pueden almacenar y codificar datos muy importantes de los equipos para ser utilizados por la gerencia. Esto es muy bueno para las personas que en el futuro necesiten estos datos para diseñar un sistema o un código mas avanzado.

b) Control.

- ♦ Sistema de información

Puesto en marcha un plan de actividades de mantenimiento, en una amplia área de la planta, un sistema de información debe ser implementado por el gerente en turno, con la finalidad de saber que actividades se están desarrollando, pueda conocer la etapa en que se esta ejecutando el plan y para dar instrucciones.

- ♦ Sistema de captura de datos

Los resultados de las actividades de mantenimiento en un cierto periodo pueden ser recopilados y acumulados a través de un sistema de captura por computadora. (Bases de datos, estadísticas, etc.)

c) **Evaluación.**

Se revisa la planeación, con los resultados obtenidos y si existe algún problema en un sitio de la planeación o ejecución, este puede ser mejorado.

d) **Estandarización.**

Es difícil lograr una Estandarización del trabajo de mantenimiento, sin embargo las actividades del mantenimiento incluyen trabajos repetitivos como la diaria inspección o lubricación. Para que la diaria inspección y ajuste constituya la parte fundamental del mantenimiento, se necesita estandarizar la inspección y esta puede incluir; Puntos a checar ; método y criterio de anomalía, etc. Para la lubricación, el estándar puede incluir; puntos a lubricar, lubricante específico, ciclo de suministro, cantidad, criterio de anomalía etc. Si un problema es detectado por la evaluación de resultados el estándar de ingeniería puede ser siempre mejorado bajo la autorización de la dirección.

III.6 Ingeniería de mantenimiento.

Los trabajos de mantenimiento han tenido una alta tendencia en realizarlos sobre la base de la experiencia. Sin embargo, varias tecnologías y técnicas han sido desarrolladas recientemente y puede establecerse un sistema de ingeniería. Varios fenómenos pueden afectar seriamente en un instante la vida del equipo como son; la ruptura de partes, por abrasión o corrosión que pueden ser explicadas física o químicamente y ocasiona que los tratamientos convencionales cambien a causa del método de tratamiento para estos fenómenos, por lo que la **técnica de diagnóstico de equipo** ha tenido un rápido progreso y la inspección de equipos o la decisión

del tiempo de reparación que dependían altamente de la experiencia, vienen hacer decididas por datos cuantitativos de diagnosis.

La ingeniería de la "confiabilidad" ha sido desarrollada por la practica de varios métodos estadísticos, los problemas de mantenimiento han comenzado a ser clarificados cuantitativamente. Además, el aprovechamiento de la ingeniería es necesario para seleccionar el optimo rendimiento del equipo para obtener el máximo de ganancias aplicando ingeniería económica u otro método de valuación.

III.7 Trabajo de mantenimiento.

Inspección.

a) Propuestas de Inspección

Las propuestas de inspección son para encontrar anormalidad o deterioro de partes sistemas etc. Observar el progreso de la degradación, tomar medidas que prevengan estas situaciones, decidir cuando, y cuanto tiempo es necesario para la reparación.

b) Rutinas de inspección.

Es realizada en un ciclo corto de tiempo para encontrar en etapas tempranas anormalidades en el equipo que puedan ocasionar fallas como; aflojamiento de partes en movimiento, que permitan u ocasionen vibraciones, escurrimientos de líquido, salida de partes internas taponamiento o escurrimiento del sistema de lubricación, etc.

c) Tiempo de inspección periódico o predeterminado.

Esta inspección es para observar el desgaste ocasionado por las condiciones de operación de partes, sistemas y equipos, etc., verificando sistemáticamente y trazar el progreso de anomalías que puedan ser encontradas, y decidiendo el tiempo de reparación. Si el tiempo de reparación es bajo, el ciclo de inspección es largo, pero si comienza a avanzar rápidamente el ciclo se acorta. Estas inspecciones y test incluyen las especificaciones que rigen en las normas (Reglamento de la secretaria de trabajo, reglamentos estatales, municipales e internos etc.)

Estas inspecciones se pueden llevar a cabo, con el equipo en operación, utilizando como método de medición simplemente los cinco sentidos, teniendo en mente los siguientes objetivos: lectura de instrumentos, temperatura de uniones, sonido y olores anormales. En otras ocasiones se tiene que desmantelar el equipo y arrastrarlo por medio de alguna grúa para utilizar métodos de diagnosis más complicados o pruebas no - destructivas.

El tipo de inspecciones se muestra en la siguiente tabla

	En Operación Si / No	arrastré con grúa	Método	Objetivos
Rutina	Si	No	Instrumento de medición : 5 sentidos	Lectura y medición de válvulas, temperatura de uniones. Sonido, olor.
			Instrumentos de simple diagnosís	Vibración.
Periódica	Sí	No	Por cinco sentidos Instrumentos de diagnosís.	Condiciones de anclajes o otras partes fijas. Condiciones de juntas desgaste, y/o Vibración. Análisis, examen de aceite lubricante, desalineación de flechas, desbalanceo de cuerpos rodantes.
	No	Si	Visual, instrumentos de medición. Inspección no destructiva.	Condiciones de planos superficies de uniones y flechas, desgaste de cargas inusuales. Trazo de nuevos o viejos defectos de partes, test de presión.
	No	No	Instrumentos de medición Inspección no destructiva.	Desalineación de flechas, perpendicularidad de maquinaria test de ultrasonido

Tabla 2.III Tipo de inspecciones Plant Maintenance Engineering.

La inspección periódica es más complicada como lo muestra la tabla y generalmente el equipo tendrá que salir de operación y existir la posibilidad de ser desmantelado para inspeccionarlo.

III.8 Reparaciones.

Reparaciones Periódicas

Para las plantas químicas normalmente no está permitido desde el punto de vista económico, parar la producción o servicios a los consumidores para realizar reparaciones en un periodo corto de tiempo. Sin embargo, para procesos en régimen batch o continuo donde las pérdidas de material o energía son bajas se pueden realizar ciclos cortos de reparación por ejemplo cada mes, 2 semanas, 1 una semana etc.

Reparación Anual Mayor.

Se realiza por las siguientes razones;

- ♦ Inspección y reparación especificada por leyes o reglamentos.
- ♦ Reparación y refuerzo de las partes desgastadas.
- ♦ Corrección de la deformación sufrida por la maquinaria durante operación.
- ♦ Reemplazo y reparación de partes mayores del equipo.
- ♦ Reparación y limpieza de los sistemas de tubería.
- ♦ Rediseño de mayor capacidad de los equipos.

III.9 Términos importantes en la administración del mantenimiento.

Definición de confiabilidad.

La confiabilidad es la probabilidad de que una parte, cuerpo, equipo o sistema pueda operar para la función indicada, por un periodo de tiempo específico bajo unas condiciones dadas. Para obtener una buena confiabilidad se necesita que un sistema y equipos estén bajo las siguientes condiciones:

a) Están prevenidos contra fallas.

b) Si ocurre una falla puedan ser reparados en un periodo corto de tiempo.

Estas dos condiciones nos dan el concepto de aprovechamiento o disponibilidad.

Definición de Aprovechamiento

Es un resultado en el que sistema, equipos, etc., operé bajo condiciones suficientes y la disponibilidad de la planta se vea incrementada. Esto es;

Aprovechamiento =

a)= Prevención de fallas

b)=Reparaciones rápidas.

= a) + b)= Confiabilidad en un amplio sentido.

Recientemente un nuevo concepto de mantenimiento, llamado **mantenimiento total productivo**, ha sido propuesto, el cual toma en consideración, no solo los costos de mantenimiento de los equipos por un corto periodo, sino también los costos a través del ciclo de vida, incluye varios elementos que influyen en el mantenimiento del equipo después que ha sido puesto en operación.

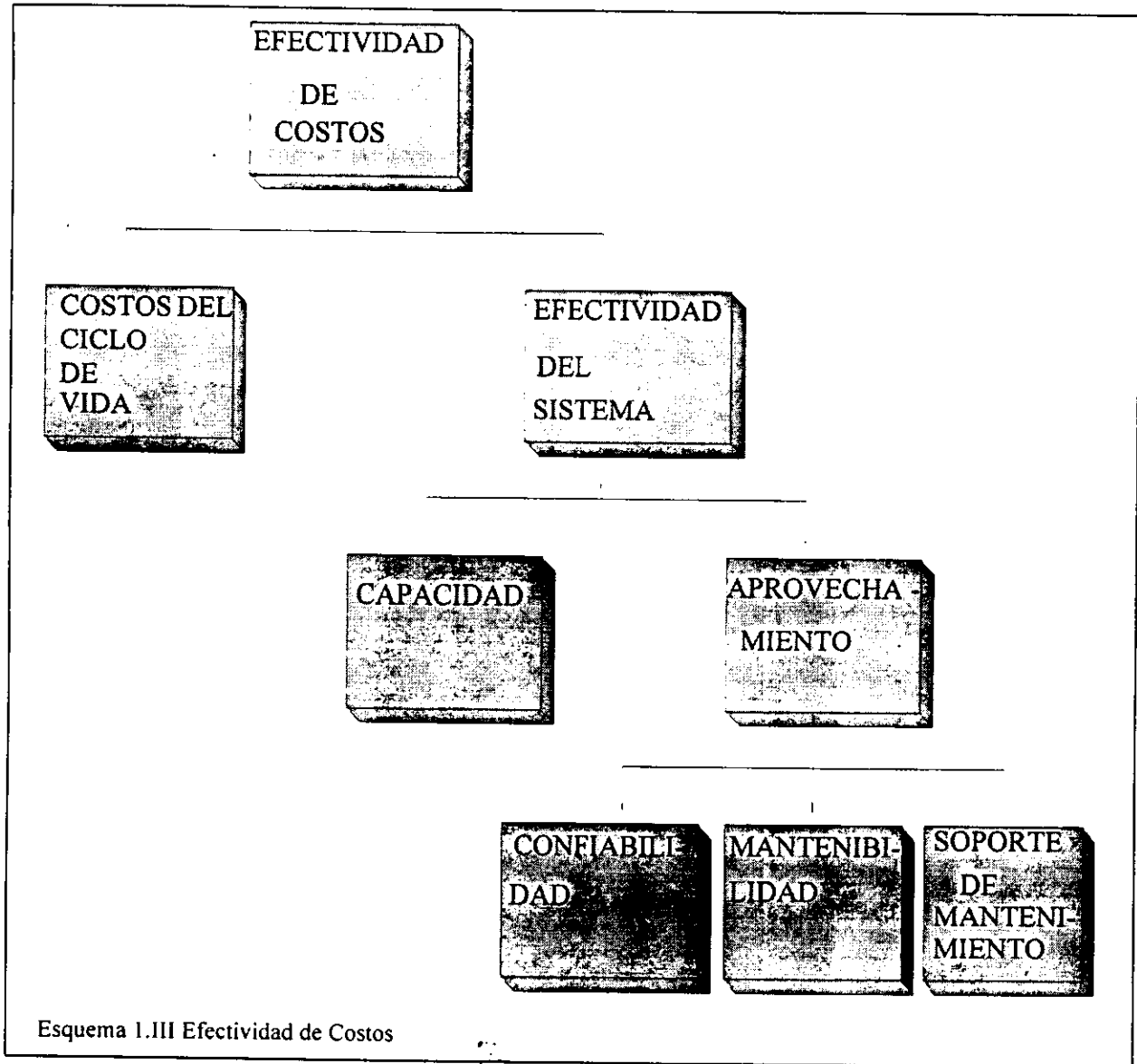
Esto requiere altos costos iniciales para proveer el equipo con altas eficiencias, requiere altos costos de mantenimiento, para tratar de incrementar la aprovechabilidad total del equipo, por servicios de mantenimiento, cuando la rentabilidad no es alta.

Efectividad de costos =
$$\frac{\text{Efectividad del sistema}}{\text{Costos del ciclo de vida}}$$

EFFECTIVIDAD DEL SISTEMA

- ◆ Cantidad producida
- ◆ Técnica empleada {nivel de calidad}
- ◆ Costos del ciclo de vida de la planta:
 - ◇ Costos de investigación y desarrollo
 - ◇ Costos de manufactura
 - ◇ Costos de operación y mantenimiento
 - ◇ Costos de mejoramiento de sistemas.

Diagrama de flujo de efectividad de costos



Esquema 1.III Efectividad de Costos

Como la disponibilidad de la planta esta supeditada a los programas de mantenimiento, el óptimo control de los costos de mantenimiento, contribuye a que la planta sea rentable y lograr una efectividad de costos.

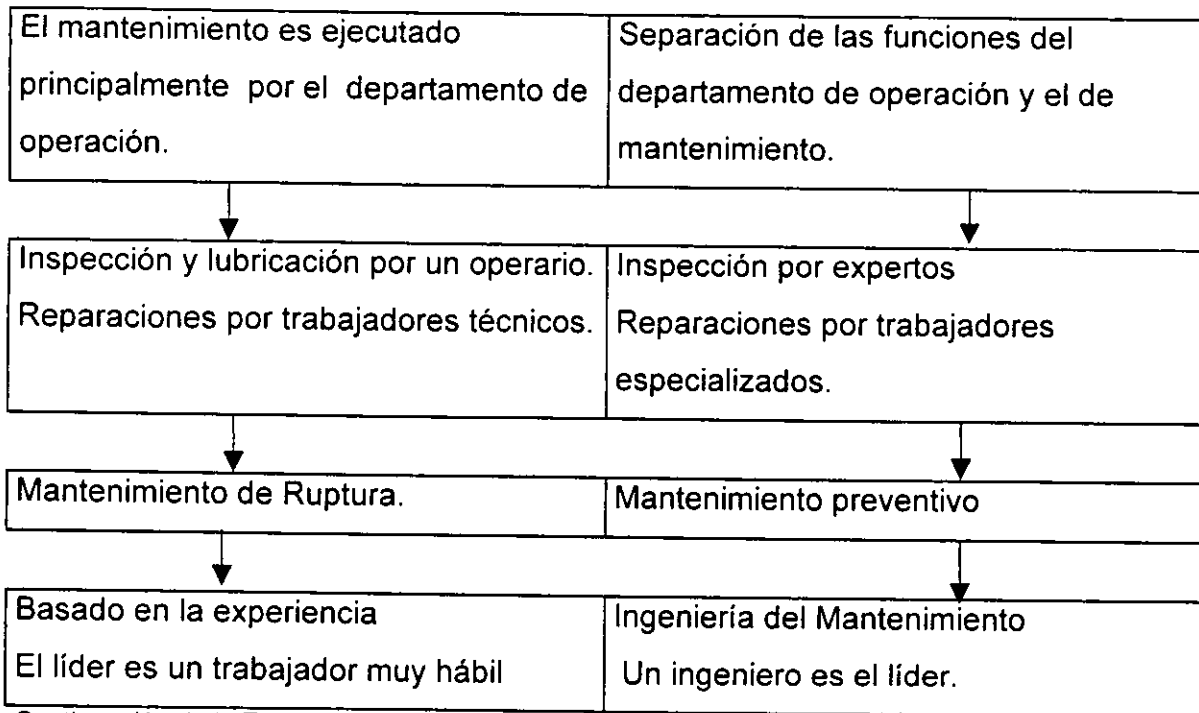
IV) TIPOS DE MANTENIMIENTO

El mecanismo de los equipos en el pasado era simple y la capacidad de producción bajo, no operaban con un sistema de mantenimiento de soporte y generalmente solo empleaban el mantenimiento cuando ocurría una ruptura o falla. Sin embargo, los progresos recientes del equipo para las plantas industriales, ha desarrollado estructuras muy complejas y sofisticadas de gran precisión, con lo cual provee una gran capacidad de producción, por lo tanto, sin un adecuado sistema de mantenimiento y si solo, se utilizan especialistas (Ingenieros de mantenimiento) las utilidades de la empresa comienzan a bajar. La siguiente tabla muestra el desarrollo del equipo y los recursos humanos, que generaron los diferentes tipos y organizaciones de mantenimiento, para enfrentar los recientes avances tecnológicos.

Comparación en el método de mantenimiento con el progreso de los equipos

Equipo Viejo	Equipo Nuevo
Equipo de pequeña escala y simple mecanismo	Equipo de gran escala y alta eficiencia
Pequeño numero de componentes	Complicada y precisa construcción.
Baja inversión en equipamiento	Alta inversión en equipamiento
Baja velocidad de operación y bajo torque	Alta velocidad y Alto torque
Pequeño número de controles (combinación de maquinaria motor eléctrico)	Alta importancia en el sistema de control (combinación de maquinaria, equipo eléctrico y electrónico)
Un operador por maquinaria	Control remoto (Pocos operadores)

Tabla 3.IV Comparación del cambio de equipo



Continuación de la Tabla 3.IV

IV.1 Mantenimiento por Falla o Paro.

Es el llevado a cabo cuando un equipo o parte del sistema tiene una falla, presentándose dos tipos: pérdida y reducción de funciones. La primera consiste en una falla repentina que ocasiona en el equipo un paro total, la segunda causa el deterioro del equipo por los constantes arranques y ajustes, aunque el equipo siga operando se incrementan los defectos en la producción, reducción de velocidad y ciclos de producción.

IV.2 Mantenimiento Preventivo.

En sus etapas iniciales tenía como énfasis principal la prevención de fallas de emergencia y disminución de costos de mantenimiento. Ahora varios sistemas de mantenimiento preventivo han empleado medidas económicas tomando en consideración las condiciones de operación de los equipos.

Clasificación del mantenimiento Preventivo.

a) Mantenimiento basado en el tiempo.

La inspección se realiza a intervalos de tiempo constantes, y se reemplazan las partes determinadas en la inspección o por el análisis estadístico.

Casos en el que es requerido:

- ◆ Donde una falla de emergencia puede causar un desastre mortal.
- ◆ Donde es mejor el reemplazo de partes en intervalos constantes de tiempo, por que no son caras las partes de repuesto

b) Mantenimiento basado en condiciones.

Es el mantenimiento llevado acabo como una respuesta al deterioro significativo en la maquinaria, debido a un cambio en un parámetro de medición del estado de la maquina, y es llevado acabo en los siguientes casos:

- ◆ Cuando partes caras van a ser utilizadas cerca del limite de su vida útil.
- ◆ Cuando una falla de emergencia puede causar serios desastres.

Los parámetros a monitorear son los siguientes:

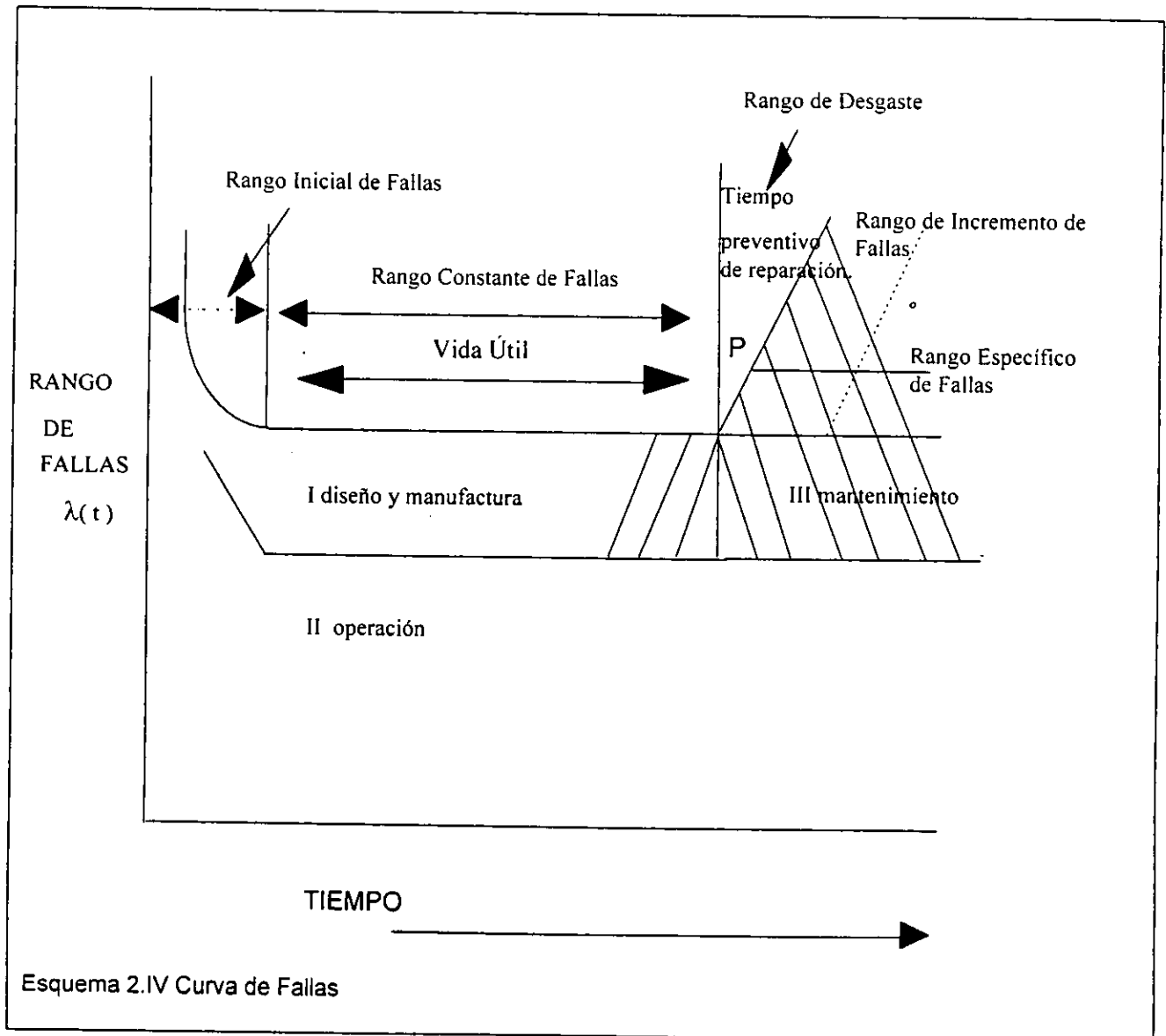
1. Temperatura
2. Fluidos hidráulicos
3. Ruptura de superficies
4. Detección de escurrimientos
5. Vibración
6. Corrosión o Erosión
7. Aislamiento Eléctrico
8. Aislamiento Térmico.

IV.3 Por que es efectivo el mantenimiento Preventivo.

El rango de fallas de los sistemas en los equipos esta constituido de muchos componentes de los cuales se indican tres tendencias:

- ♦ Rango decreciente de fallas RDF
- ♦ Rango constante de fallas RCF
- ♦ Rango de incremento de fallas RIF

El rango de fallas se comporta como una curva en forma de tina de baño igual que la curva de mortalidad humana. En un principio la probabilidad de falla es muy grande, pero como avanza el tiempo solo se presenta de forma aleatoria hasta llegar a un punto donde se comienza a elevarse rápidamente, y se necesita darle mantenimiento para extender su vida útil.



Esquema 2.IV Curva de Fallas

El mantenimiento preventivo es efectivo para el tipo de fallas presentadas por, RIF esta es debida a la degradación del equipo causadas por: fatiga, desgaste, corrosión etc., en el material.

Para este tipo de degradaciones, el proceso puede ser recopilado con lo que se tiene un suficiente margen de tiempo para tomar las

medidas necesarias para evitar su avance. Por eso es importante en la ingeniería del mantenimiento la obtención del punto P, tiempo preventivo de reparación en la curva. El progreso obtenido por las técnicas de diagnóstico ha hecho posible la determinación del punto P cuantitativamente, y por sistemas de control de tendencias.

Ejemplos de los mecanismos para ocurrencias de fallas.

DETERIORO DE MATERIALES	OTROS
Arrastre	Desbalanceo
Corrosión	Aflojamiento
Fatiga	Aprehensión
Desgaste	Sobrecarga
EXTERNOS :	Insuficiente dureza
Contaminación	Rigidez
Deterioro del aislamiento eléctrico	Obstrucciones

Tabla 4.IV Mecanismos de ocurrencias de fallas.

IV.4 Mantenimiento Correctivo.

Es un método de mantenimiento que mejora la confiabilidad y mantenibilidad de los equipos por las siguientes acciones:

- a) Toma las contramedidas para prevenir la recurrencia en el tiempo de anomalías y fallas en los equipos.
- b) Mejorando una sección o parte que se encontraron como causa de fallas.
- c) Mejorando el diseño de un componente que presente poca mantenibilidad.

- d) Modificando el equipo donde existe un defecto básico en las condiciones de diseño.

También se define como el mantenimiento realizado cuando el equipo falla y la salida de operación es aceptable.

Algunos ejemplos del requerimiento de mantenimiento correctivo, ocurren cuando:

- Las condiciones de diseño no corresponden a las condiciones de trabajo actuales.
- Características impropias de sistemas o unidades.
- Insuficiente dureza o rigidez de miembros, componentes etc.
- Insuficiente precisión en el acople de partes.
- Presencia de concentración de esfuerzos.
- Mala selección del sistema de lubricación, suministro y tipo de lubricante.
- Impropia selección y tratamiento de materiales.
- Impropias medidas contra corrosión o erosión, etc.
- Instalación de sistemas de instrumentación precisos, selección de sensores etc.

IV.5 Mantenimiento de Prevención.

Es el diseño y manufactura de equipos libre de problemas; fácil de inspeccionar y fácil de operar, buscando siempre la reducción de las pérdidas y costos de mantenimiento, utilizando información obtenida con la experiencia de trabajo y tecnología de punta, para que lograr una alta confiabilidad, mantenibilidad, operabilidad, seguridad y otros requerimientos particulares.

IV.6 Mantenimiento Predictivo.

Es llevado a cabo sobre la base de la información acerca del progreso de las condiciones anormales de los equipos. Sin embargo no siempre es posible notar y registrar el avance de fallas de la planta por varias causas. Por lo tanto no se puede decir que el mantenimiento Predictivo sea el más económico para cualquier tiempo, pues el monitoreo de las condiciones y estado del equipo es de costo elevado.

IV.7 Mantenimiento Productivo.

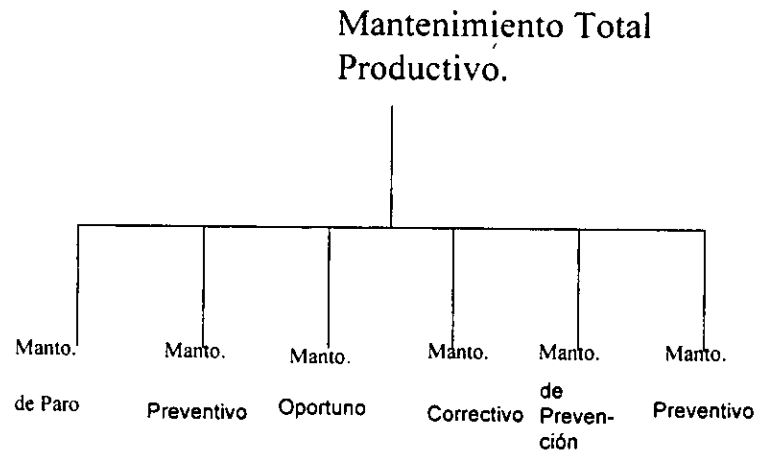
El desarrollo de las técnicas del mantenimiento preventivo, generó el mantenimiento productivo que minimiza, la suma de los costos de inversión y mantenimiento de los equipos a través de los costos del ciclo de vida de los equipos. Para ello selecciona y emplea los siguientes planes de mantenimiento basados en factores como; mecanismos, rango de operación etc...

Emplea la ingeniería de confiabilidad y económica para lograr óptimos diseños técnicos y económicos, que permitan a la planta operar con rentabilidad y seguridad.²

² TPM Implementing Total Productive Maintenance
Seiichi Nakajima

IV.8 Mantenimiento Total Productivo.

ESQUEMA DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO.

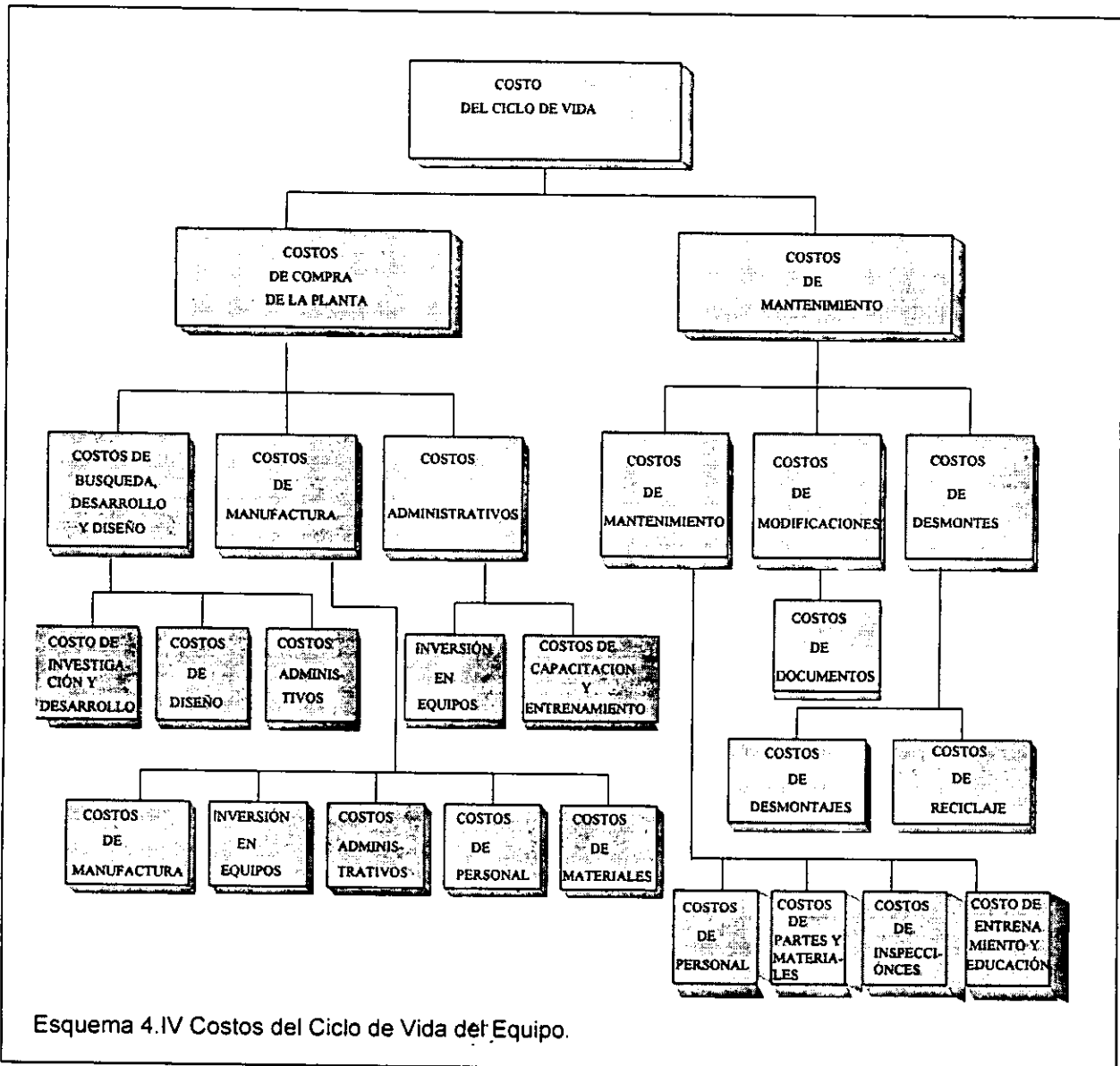


Esquema 3.IV Mantenimiento total productivo

El **mantenimiento total** productivo tiene como sus dos metas principales cero defectos en la producción y cero paros de equipos, por lo cual para lograrlo propone una concientización que va desde el operario de equipo hasta los directivos, con el objetivo de desarrollar actividades de mantenimiento autónomo y actividades que permitan la detención temprana de posibles fallas.

La medida para saber si el método de mantenimiento es adecuado nos lo da la efectividad de los costos, por lo cual, se debe analizar el costo del ciclo de vida del equipo, que comprende todas las sumas de costos desde la investigación, desarrollo fabricación y mantenimiento del equipo durante toda su vida.

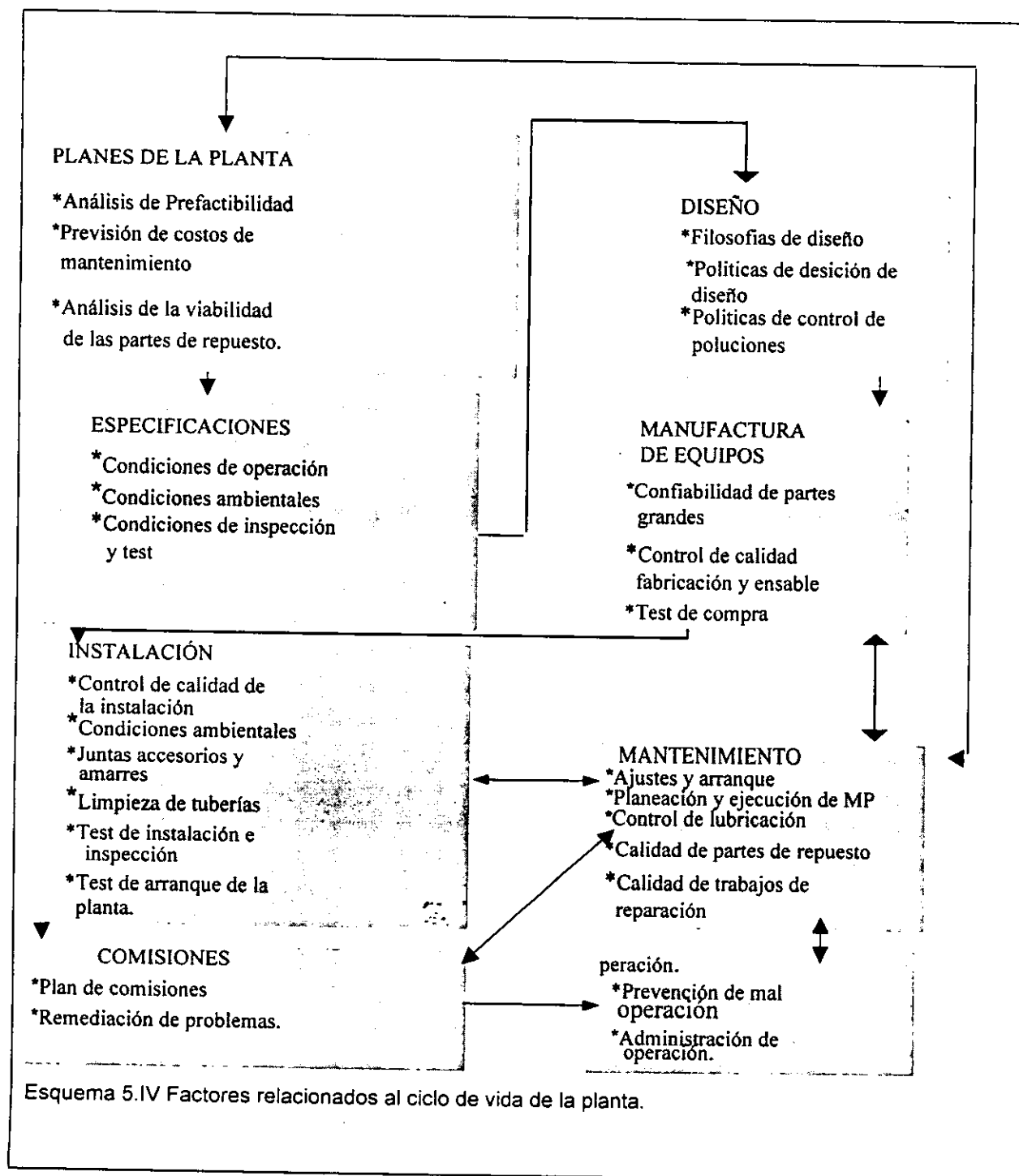
DIAGRAMA DEL COSTO DEL CICLO DE VIDA DEL EQUIPO.



Esquema 4.IV Costos del Ciclo de Vida del Equipo.

Este esquema muestra en los costos que comprenden el ciclo de vida, en la parte izquierda se encuentra los costos que conciernen al desarrollo, diseño y fabricación del equipo, la parte derecha corresponde a la operación y mantenimiento.

Varios factores relacionados con el ciclo de vida, la confiabilidad y la mantenibilidad de equipos



Esquema 5.IV Factores relacionados al ciclo de vida de la planta.

IV.9 Criterios para aplicar un método de mantenimiento:

- a) En los casos que es posible una operación continua aun cuando ocurra una falla. Esto es favorable en los siguientes casos:
- ♦ En el caso que ocurra una falla esta no causa daños críticos a la producción.
 - ♦ La ocurrencia de fallas no causa más fallas secundarias.
 - ♦ La ocurrencia de fallas no causa explosión desastres o riesgos al personal o la comunidad.
 - ♦ La presencia de fallas no requiera muchas personas para reparación.

b) Los casos en que el Mantenimiento Preventivo es ventajoso;

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ♦ La prevención de accidentes puede afectar la vida de gentes ♦ Prevención de disturbios de producción durante una falla eléctrica. ♦ Prevención de fallas secundarias ♦ Los trabajos de reparación pueden ser realizados en base aun plan preestablecido. ♦ Prevención de efectos adversos sobre la comunidad por fallas. 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Altos Costos de mantenimiento ♦ Interrupción de la Producción.

Tabla 5.IV Ventajas del mantenimiento preventivo

V) *FILOSOFÍAS DE MANTENIMIENTO.*

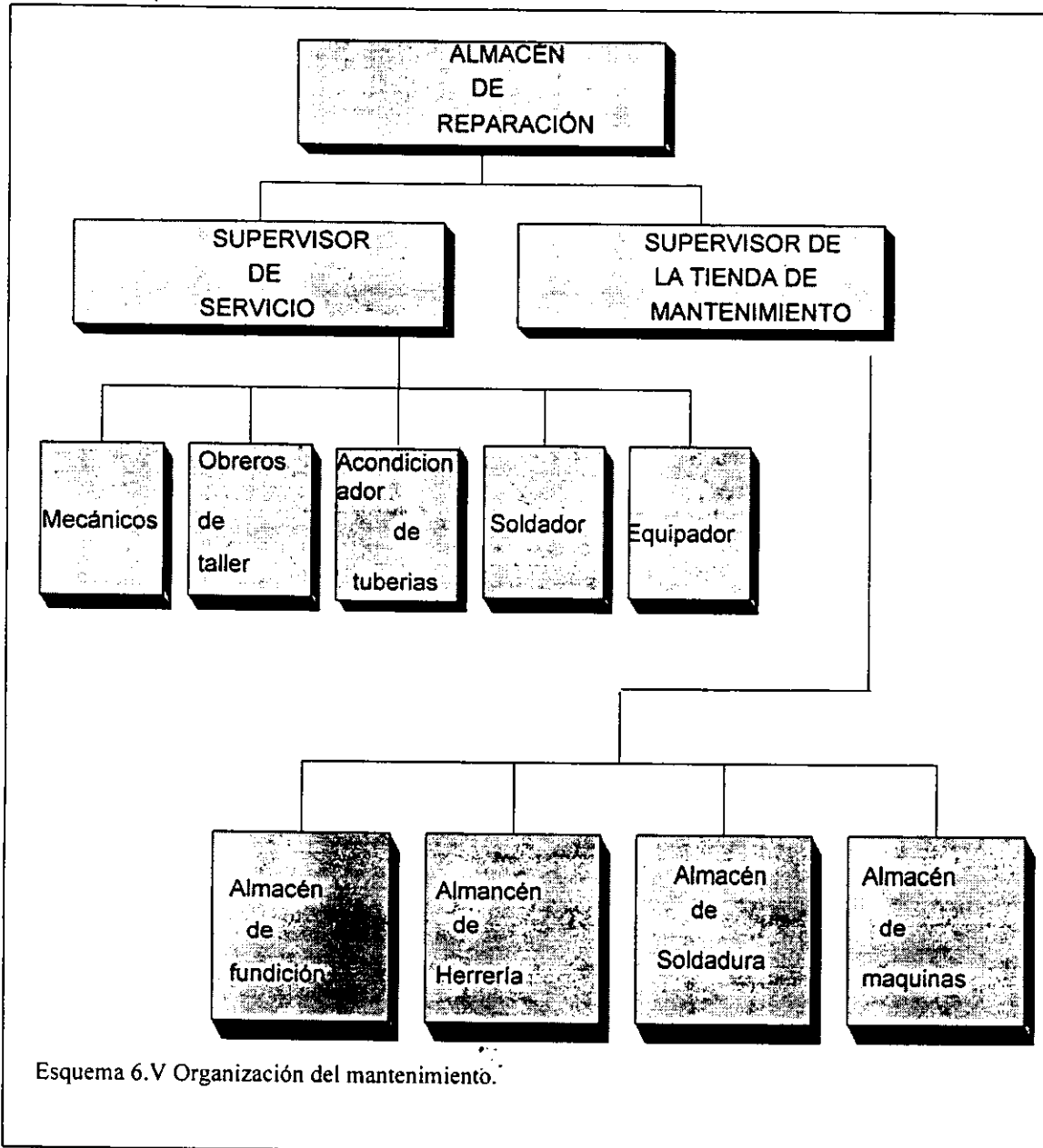
Toda propuesta de producción, incluye funciones de mantenimiento para una operación tranquila. Estas funciones son llevadas a cabo por un departamento independiente o bajo la supervisión de del departamento de producción, dependiendo del tamaño de la empresa, tipo de equipo y practicas del pasado. Es importante que la distribución de las funciones del mantenimiento quede entre los departamentos de producción y mantenimiento, donde es fundamental que el personal que organiza la operación de la planta este muy interesada en el mantenimiento y el trato muy cuidadoso al equipo, logrando una cooperación muy cercana entre ambos departamentos.

Una regla general para la distribución de estos trabajos, es involucrar a los operadores del equipo en la ejecución diaria del mantenimiento, por que ellos conocen muy bien las condiciones de operación anormales y pueden informar rápidamente al inspector, el cual con esta información puede actuar efectivamente.

V.1 Una nueva organización del mantenimiento.

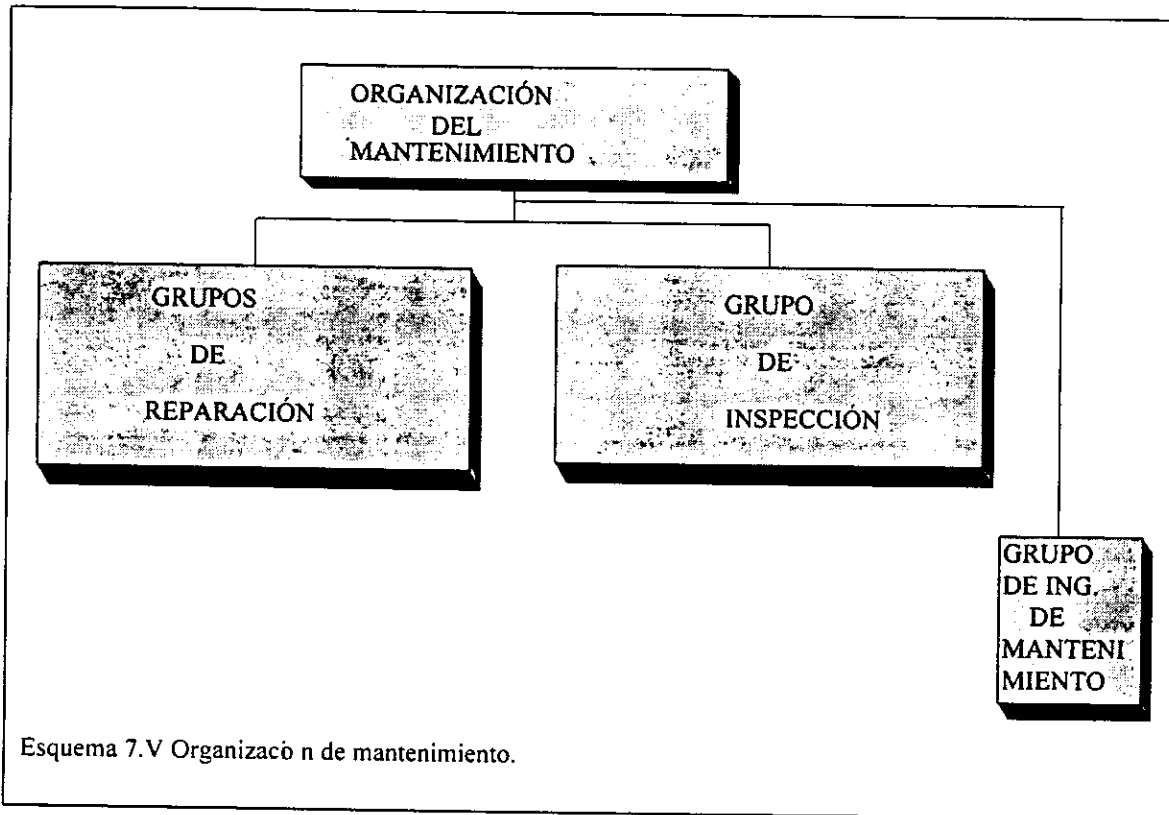
En épocas pasadas cuando el equipo era reparado después de una falla, se contaba principalmente de un grupo de reparaciones. Estos grupos realizaban el seguimiento de los trabajos de las reparaciones diarias, algunas grandes plantas tenían un almacén de partes de repuestos movibles y otras piezas de gran tamaño. Pero la organización estaba constituida solo por el personal encargado y el tamaño del almacén, con el desarrollo de los métodos de mantenimiento se proponen nuevas alternativas de organización que permitan realizar los trabajos de mantenimiento de la manera mas eficiente y definiendo claramente las responsabilidades de cada integrante.

El siguiente organigrama nos muestra como estaba organizado el mantenimiento en ese tiempo:



Esquema 6.V Organización del mantenimiento.

Desde la introducción del MP, en la organización sea incluido un grupo de inspección y un staff de asistencias de jefes de mantenimiento en la formación de los grupos de reparación.



La ingeniería del mantenimiento busca un incremento en la mantenibilidad y confiabilidad, sobre el estudio basado en las estadísticas pasadas, resultados y fenómenos; Estos requieren ingenieros de varias ramas y especialistas para incrementar la rentabilidad de la planta.

V.2 Conceptos Fundamentales de la Organización del Mantenimiento.

El diseño de la organización del mantenimiento depende de: la propia organización, tamaño de la fábrica, otras condiciones físicas: equipo de producción, habilidad de los trabajadores mantenimiento de equipo, recursos, tamaño de almacén de materiales, costumbres de los clientes etc...

El punto clave es como asignar las funciones, las cuales se describen adelante:

- ♦ Capacidad de la planta o equipos
- ♦ Condiciones de operación de la planta o equipos
- ♦ Confiabilidad de la planta o equipos
- ♦ Dispersión geográfica de la planta o equipos
- ♦ Capacidades administrativas del personal
- ♦ Fluctuaciones de las cargas de trabajos de reparación
- ♦ Escala de fuerza en el mercado y fuerza de comercialización.
- ♦ Escala del almacén de mantenimiento
- ♦ Cantidades y partes de repuesto para mantenimiento

Los conceptos básicos son los siguientes:

- a) El establecimiento de la organización del mantenimiento debe tomar en consideración el talento de los empleados, el número y experiencia de los gerentes, ingenieros y trabajadores. Adicionando un arreglo apropiado de personal y asignación de trabajos para lograr un buen equipo de trabajo.

- b) Un trabajo básico del mantenimiento es la inspección, es el trabajo más crítico. La cantidad de artículos y la diaria inspección deben ser distribuidas principalmente entre los operadores en la medida que sea posible, sin embargo, la planeación y ejecución de la inspección en concordancia con los resultados de las actividades diarias, deben ser llevados a cabo por un servicio exclusivo de un inspector de alta capacidad y el próximo plan de mantenimiento, puede ser ejecutado con esos datos.
- c) Para la ejecución de un alto nivel de mantenimiento MP, las responsabilidades y los trabajos en la organización del mantenimiento de la planta, deben ser claros y la administración se responsabiliza del presupuesto para el mantenimiento.

V.3 Formación y características de las organizaciones del mantenimiento.

La formación de una organización generalmente se encuentra dentro de los siguientes 5 tipos:

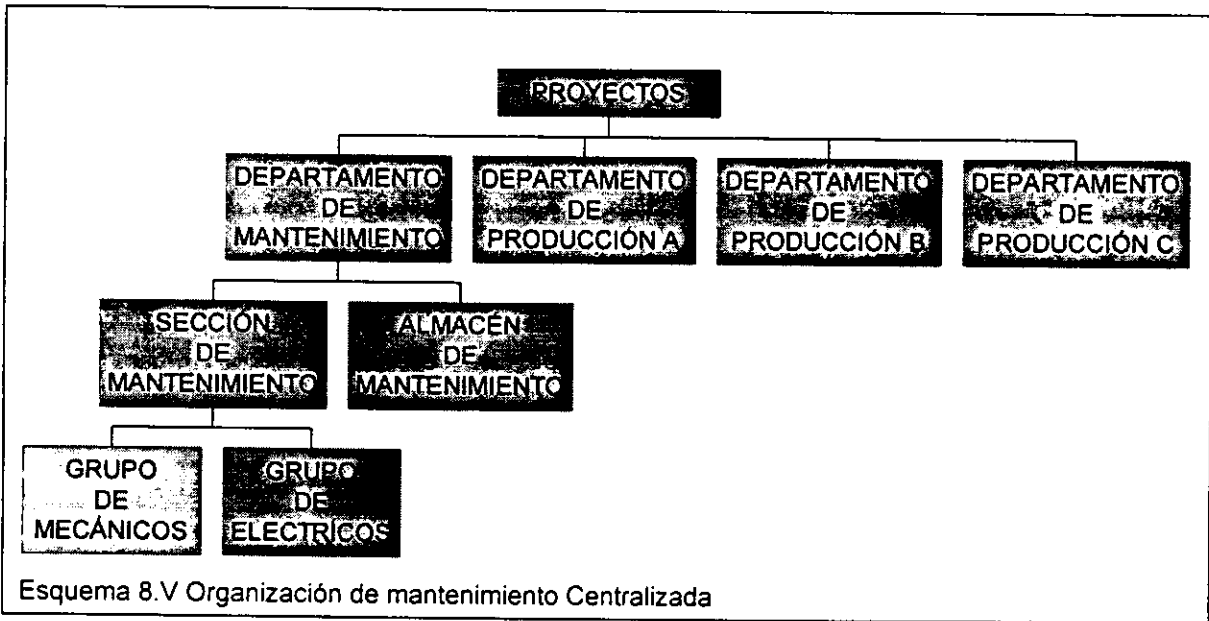
- a) Centralizada
- b) División
- c) Área
- d) Departamental
- e) Compromiso

a) Organización de mantenimiento Centralizada.

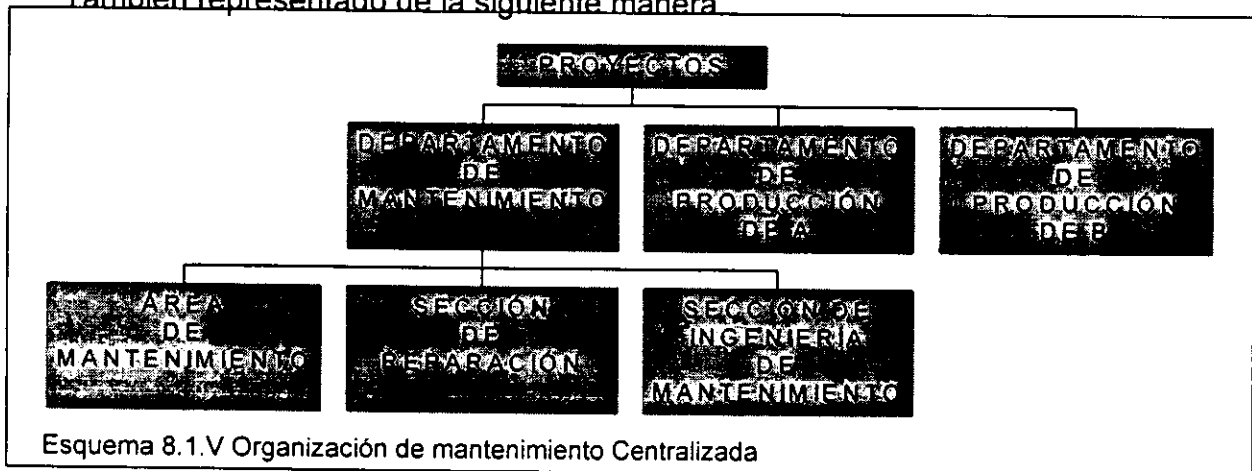
Una característica especial de esta organización es el que un solo gerente puede controlar todas las funciones del mantenimiento.

Este patrón es utilizado en el caso donde un departamento exclusivo de una planta compacta que tiene equipo donde es importante y se requiere una alta ingeniería de mantenimiento. También necesita un gran mobiliario para programar las reparaciones.

Sus organigramas son los siguientes:



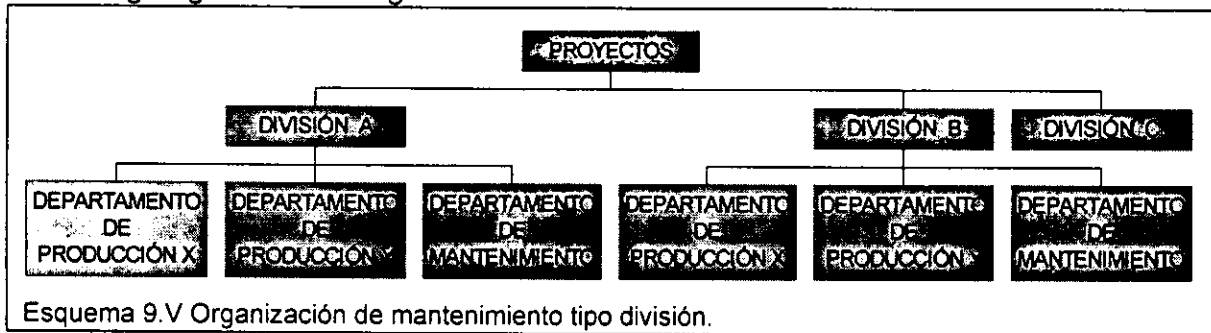
También representado de la siguiente manera



b) Tipo División.

Es una organización en que cada función de mantenimiento se encuentra centralizada en una división (un tipo de organización centralizada). Los trabajos son llevados a cabo por una sola división que es administrada como una propia identidad administrativa y las responsabilidades son definidas por cada división.³

Su Organigrama es el siguiente:



Otra forma de verlo

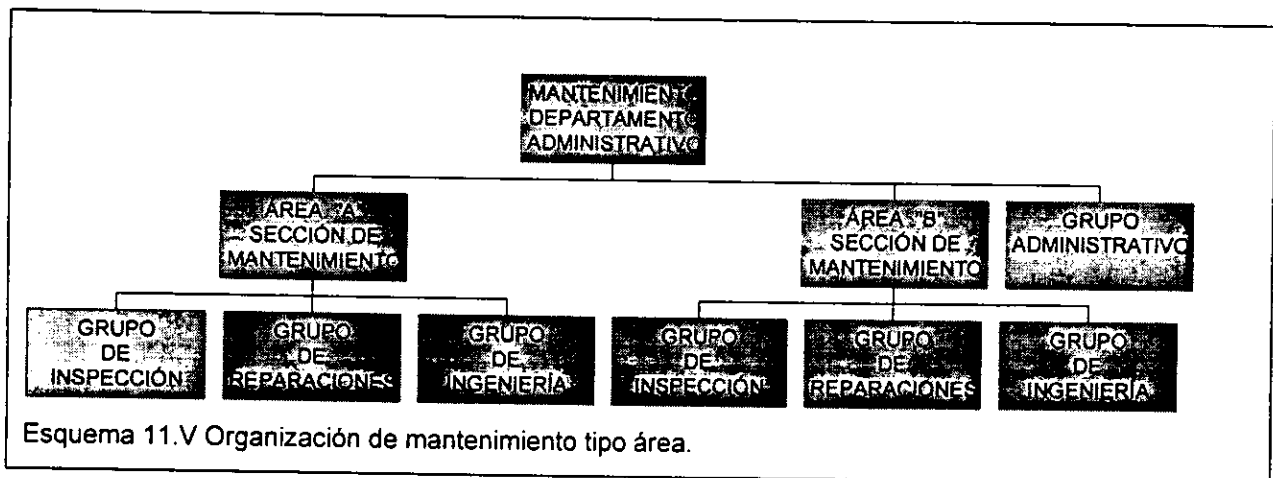


³ Maintenance Engineering Handbook
I. Morrow

c) Tipo Área.

Este tipo aplica cuando en una planta de gran tamaño existen muchos equipos para la producción de una gran variedad de productos o en casos donde es instalado equipo especial en alguna área de la planta.

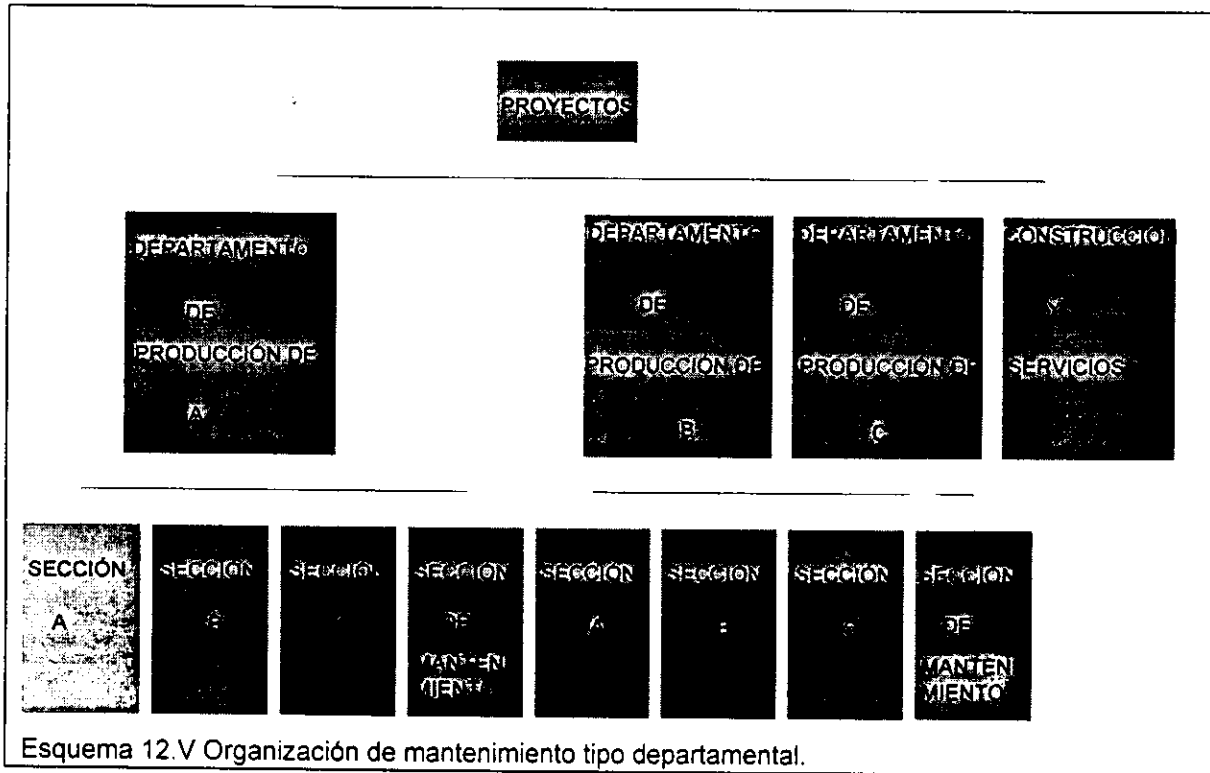
El departamento de mantenimiento administra todas las funciones del trabajo de mantenimiento, las funciones diarias como la inspección y reparación pueden ser llevadas a cabo por el personal responsable de cada área.



d) Tipo Departamental.

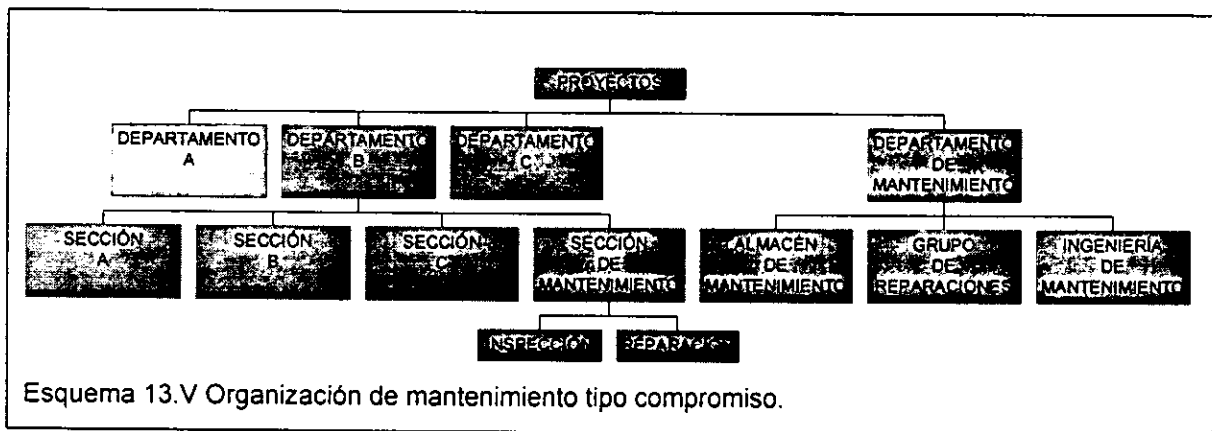
En esta administración las personas de mantenimiento se encuentran bajo la supervisión o de cada gerente de producción. Esta organización es adecuada para plantas pequeñas, o en el caso donde la planta incluya procesos o equipos especiales y/o es más ventajoso separar las funciones de mantenimiento que la de intercambiar técnicas o habilidades especiales entre departamentos.

Su organigrama es el siguiente:

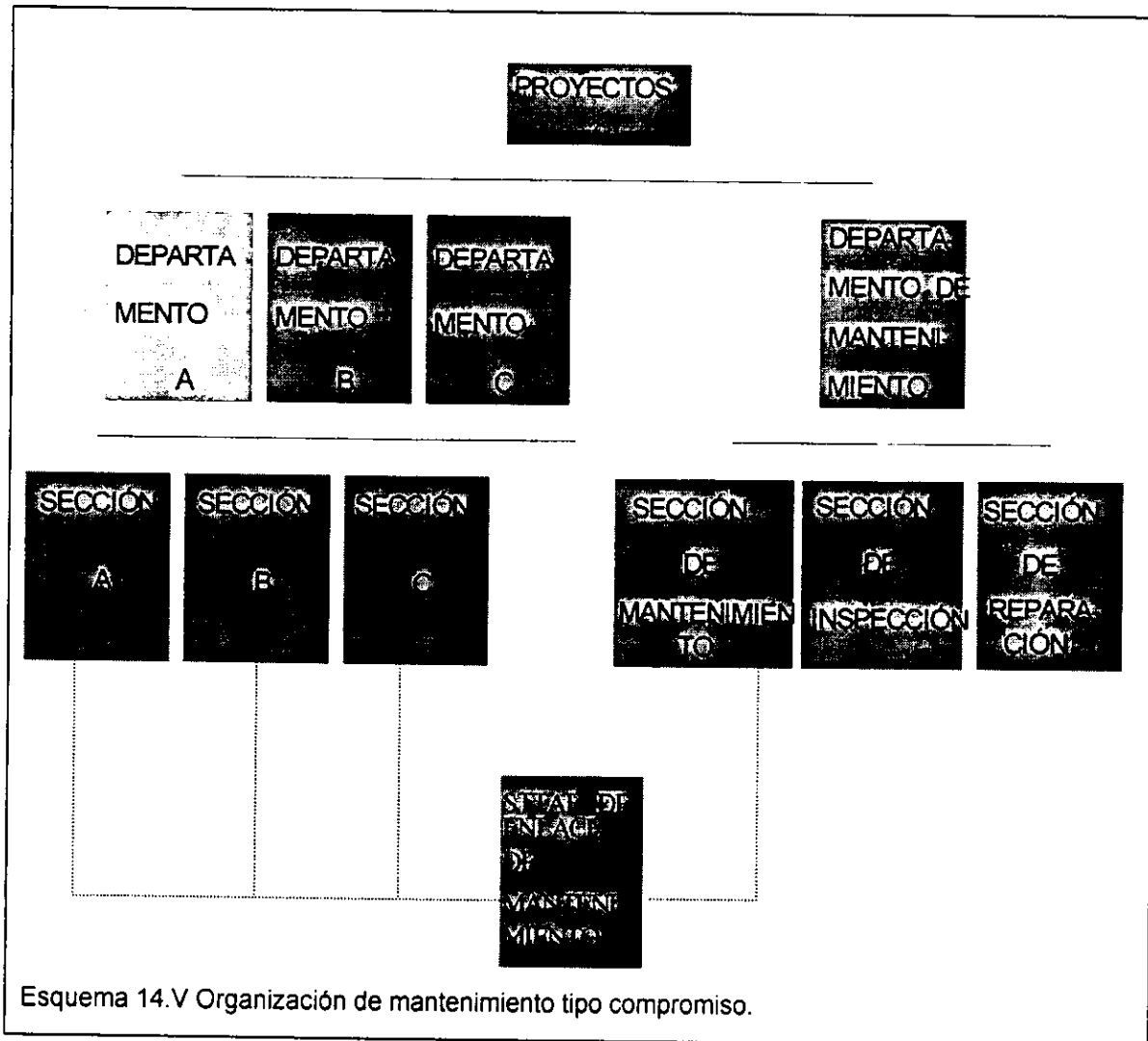


e) Tipo Compromiso.

Esta organización combina todas las características de cerca de tres tipos. Actualmente es empleada en muchos casos y varios tipos de organizaciones puede ser diseñada dependiendo de la combinación que se quiera realizar.



Este organigrama muestra que el departamento de producción ejecuta la inspección diaria, y reparaciones menores y el departamento de mantenimiento, conduce las reparaciones a gran escala y la ingeniería de mantenimiento.



Esquema 14.V Organización de mantenimiento tipo compromiso.

Esta combinación es un tipo de organización centralizada, pero el personal de mantenimiento se mantiene estacionado en cada departamento de producción manteniendo una cercana relación con el departamento de mantenimiento. La diferencia con el anterior es el enlace de mantenimiento que coordina todos los trabajos y concentra toda la información respectiva.

Cuadro comparativo de ventajas y desventajas de estas organizaciones.

	Tipo Centralizada	Tipo División	Tipo Área	Tipo Departamental	Tipo Compromiso
Responsabilidad de mantenimiento	●	○	○	✕	○
Ajustes de calendario de trabajo	✕	○	○	●	○
Supervisión en piso	✕	○	○	●	○
Administración del mantenimiento	●	○	○	✕	○
Entrenamiento de mantenimiento y educación del personal.	●	✕	○	✕	○
Habilidades especiales para equipos especiales.	✕	○	○	●	✕
Transformación de la fuerza laboral	✕	○	○	●	○

Tabla 6.V Comparación de organizaciones .

● Gran mérito

○ Mérito

✕ Demerito

Cuadro comparativo de ventajas y desventajas de estas organizaciones.

Movimiento de la fuerza laboral.	●	✕	○	✕	○
Uso efectivo del equipo de mantenimiento.	●	✕	○	✕	○
Buena relación en con el Dep. Prod.	✕	○	○	●	✕

● Gran mérito

○ Mérito

✕ Demerito

Continuación Tabla 6.V

El tipo de organización mas favorable es el de área por ser el que controla todas las funciones del mantenimiento directamente, las demás organizaciones tienen sus puntos fuertes y débiles que para su desarrollo requieren un análisis a fondo en la planta que lo piense utilizar.

V.4 Importancia de la Motivación y el Liderazgo.

El trabajo de mantenimiento es básicamente soportado por la habilidad, experiencia y el sentido de responsabilidad de los trabajadores. Por lo tanto, la moral de los trabajadores tiene una gran influencia sobre los resultados de las actividades del mantenimiento.

Para motivar a la gente, el liderazgo del gerente es un factor importante. El liderazgo es la actividad de influir a la gente a cooperar en el alcance de algunas metas, donde se logra un fin deseado. El liderazgo es vital para el establecimiento de un buen equipo de trabajo.

Aspectos que deben ser considerados para la motivación de la gente.

- ♦ Reconocimiento de su trabajo.
- ♦ Acceso a la información.
- ♦ Participación en la solución a problemas
- ♦ Participación en la formación de metas.
- ♦ Extensión de responsabilidades
- ♦ Cambio de asignación.
- ♦ Incentivos por metas o sucesos.

V.5 Factores para realizar satisfactoriamente las actividades del mantenimiento.

El primer punto crítico para realizar satisfactoriamente el mantenimiento, es el oportuno reconocimiento de la gerencia de la importancia del mantenimiento y que muestre un profundo interés dentro de su compañía.

El departamento de producción deberá mostrar también un profundo interés en el mantenimiento y como realizarlo del modo más económico y eficaz, desde las actividades diarias; manteniendo los costos de mantenimiento como un costo de producción en mente y la cooperación con los trabajos a realizarse en conjunto con el departamento de mantenimiento.

Es necesario determinar conjuntamente los problemas de las partes y equipos más importantes, definir el orden de las prioridades y procesamientos para la corrección de defectos o puntos débiles encontrados.

Se deberá realizar comparaciones de los resultados actuales con el plan original y determinar los cambios correspondientes para evitar obstáculos y caminar en la dirección correcta y tomar en cuenta los siguientes factores:

a) **Confiabilidad del equipo**

- ♦ Revisión de las propuestas de compra de equipo
- ♦ Diseño teniendo en cuenta los resultados que se han obtenido.
- ♦ Aplicación de nuevas ideas al diseño de maquinaria, ya sea por comparación con otros modelos o por simulación.
- ♦ Verificación de las partes del equipo, materiales y manufactura durante las etapas de fabricación.
- ♦ Tomar las medidas de seguridad que prevengan fallas por mal operación o sobrecargas.

b) **Mantenibilidad del equipo.**

- ♦ Fácil de inspeccionar.
- ♦ Fácil de reparar.
- ♦ Entrega de fabricantes de manual de Mantenimiento, dibujos, hojas de datos, etc...
- ♦ Fácil disponibilidad de partes de repuesto.
- ♦ Partes de repuestos intercambiables.

c) **Factores relacionados al hombre.**

- ♦ Entrenamiento de operadores basados en libros de estándares.
- ♦ Los operadores deben estandarizar sus prácticas.

- ♦ Entrenamiento en campo y desarrollo de las habilidades del inspector.
- ♦ Educación y entrenamiento de los ingenieros de mantenimiento.
- ♦ Acuerdos para que los técnicos tengan las suficientes habilidades que permitan mantener el equipo operando.

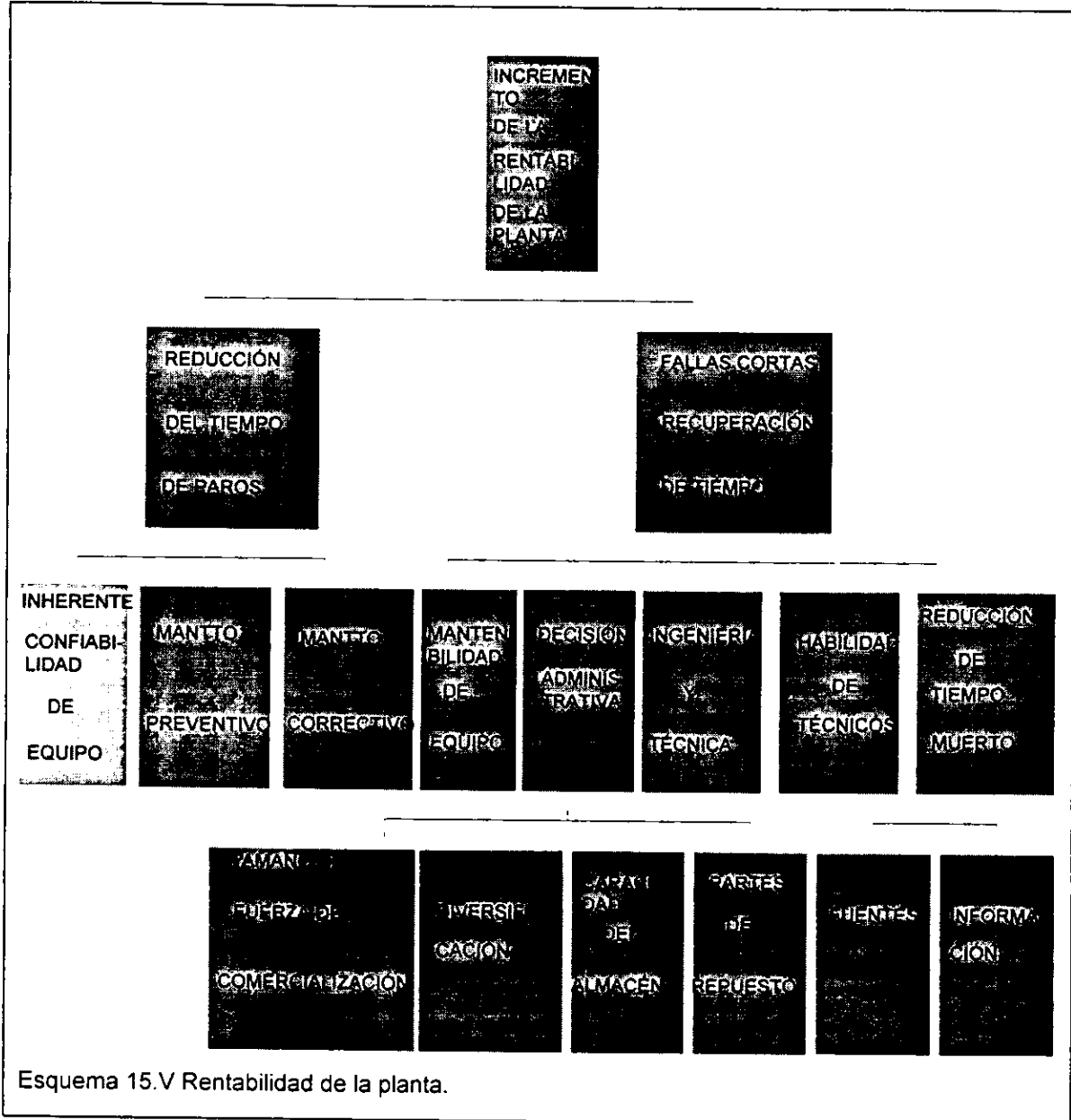
d) **Sistema de organización de mantenimiento.**

- ♦ La responsabilidad y la autoridad de los departamentos e individuos deberá ser clarificada.
- ♦ Se deberá establecer el procedimiento y sistemas de reporte de los trabajos de mantenimientos.
- ♦ Contar con maquinaria y herramientas para el mantenimiento, partes de repuesto, materiales de reposición.

f) **Documentación.**

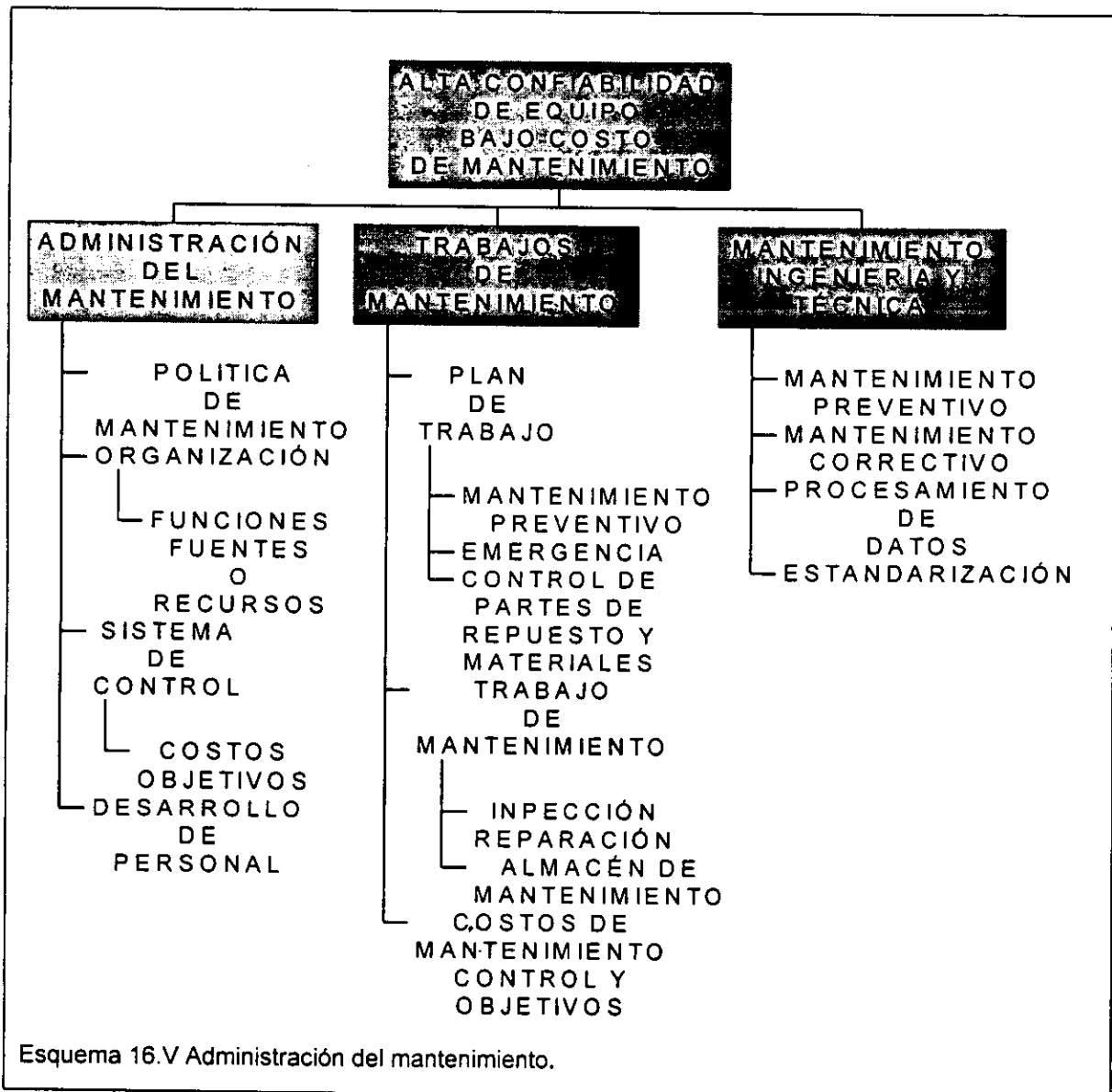
- ♦ Dibujos necesarios para el mantenimiento.
- ♦ Instructivos de mantenimiento.
- ♦ Especificaciones y dibujos usados para el orden de las partes y materiales.
- ♦ Registros de mantenimiento.

Forma esquemática para incrementar la rentabilidad de la planta:



Esquema 15.V Rentabilidad de la planta.

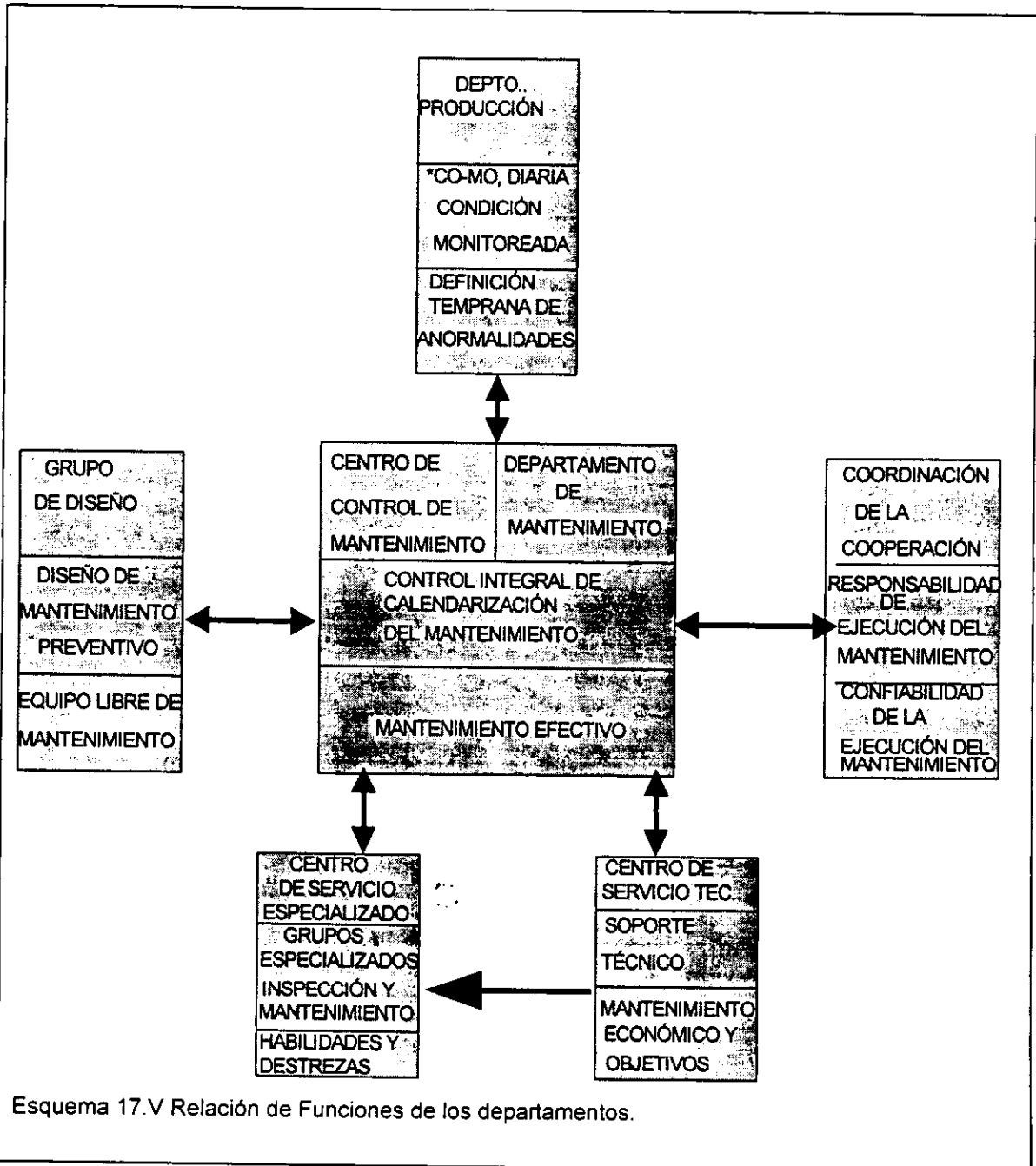
Como contribuye la administración del mantenimiento a la generación de utilidades:⁴



⁴ Adminstración H. Koontz

La relación entre la administración y las funciones de los departamentos involucrados puede expresarse como:

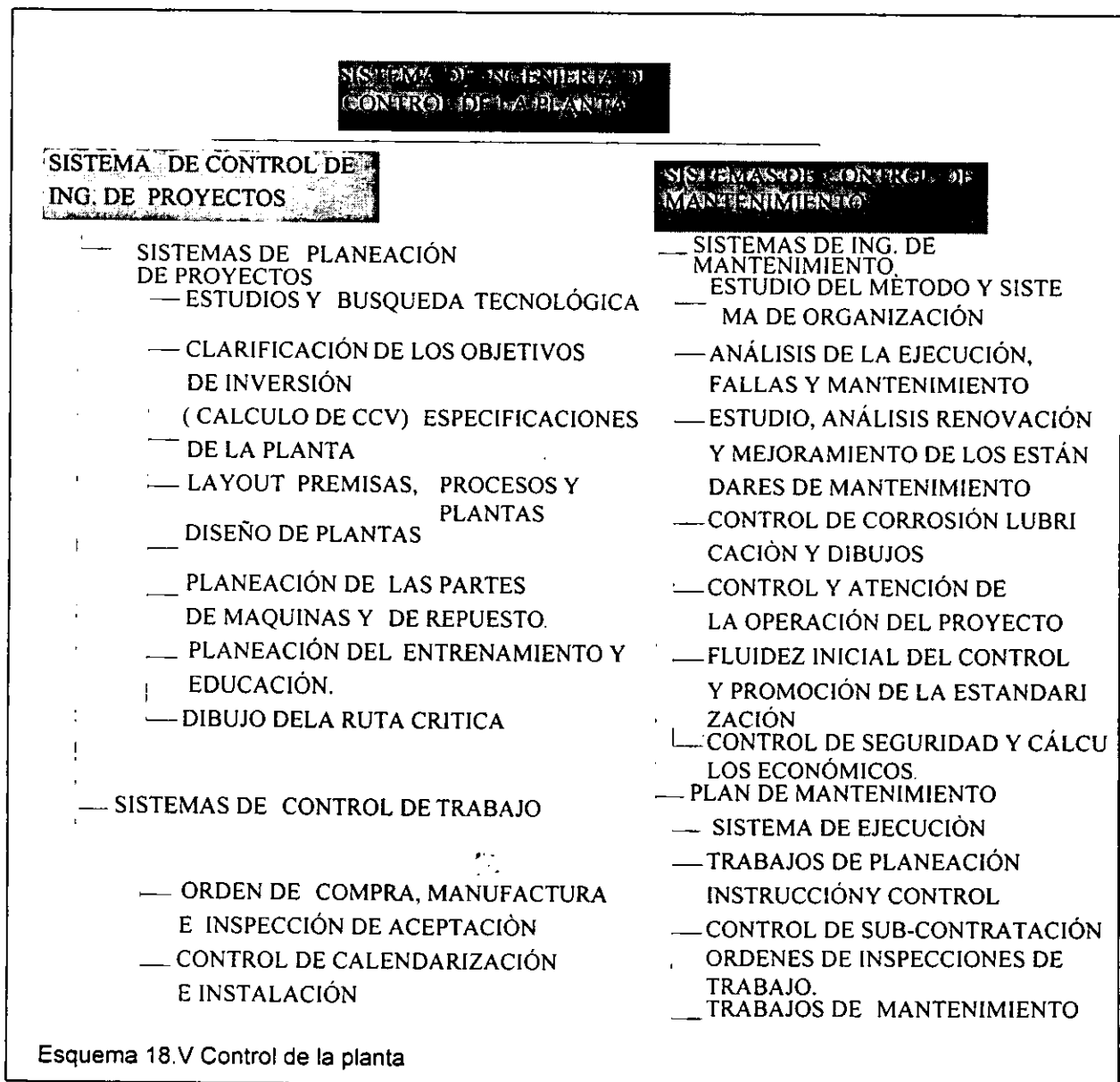
* CO-MO : condición monitoreada



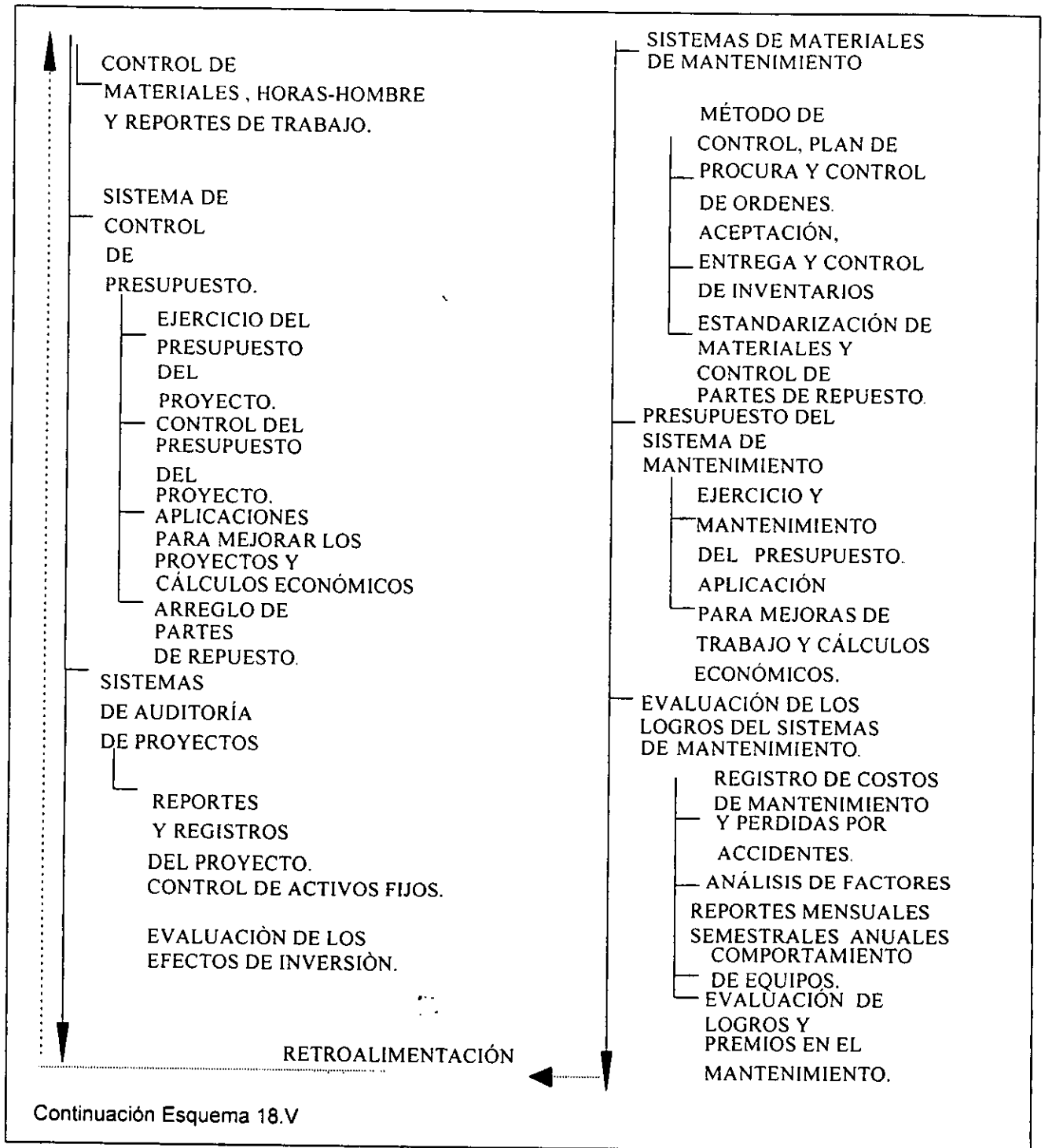
Esquema 17.V Relación de Funciones de los departamentos.

V.6 Sistema de control del mantenimiento.

El sistema de control de la Ingeniería de mantenimiento de la Planta esta compuesta por dos sub-sistemas; a) sistemas de control de Ingeniería de proyectos y b) sistema de control de mantenimiento, estos a su vez se subdividen en 2 menores.



Esquema 18.V Control de la planta



La organización del mantenimiento permite establecer la autoridad, responsabilidad y las relaciones que permitan mantener los objetivos propuestos, manteniendo la planta a un nivel de alta productividad y de bajos costos.

También promueve mejoras, uniforma las practicas y procedimientos de operación y/o mantenimiento.

VI. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

VI.1 Información técnica y estadística.

¿Que son las plataformas?

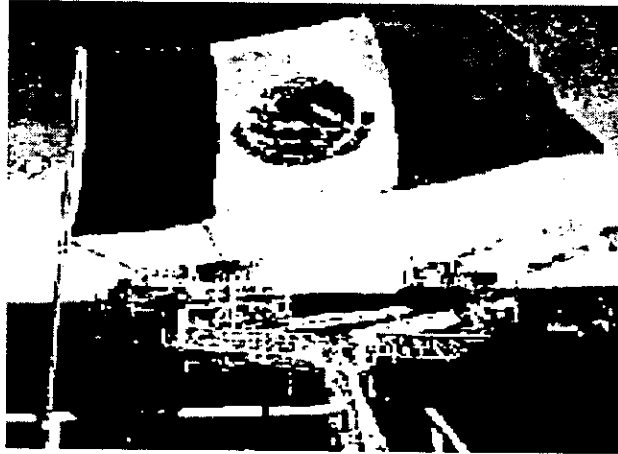
Son superestructuras de acero y concreto ubicadas costafuera en las cuales se realizan diferentes actividades en la extracción y producción de petróleo como son perforación, deshidratación, compresión, deshidratación, enlace, almacenaje y las llamadas habitacionales, donde residen las personas que laboran en las distintas plataformas.

1. REGIONALIZACIÓN DE PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN



Esquema 19.VI Distribución de plataformas marinas.

ESTADÍSTICAS



Reservas	(mmb)		
Crudo	42 146	Campos en Producción	345
Líquidos del gas	6 650	Pozos en producción	4 620
Gas seco	13 262	Plataformas Marinas	146
Producción			
Crudo (mbd)	2 617		
Gas Natural (mmpcd)	3 759		

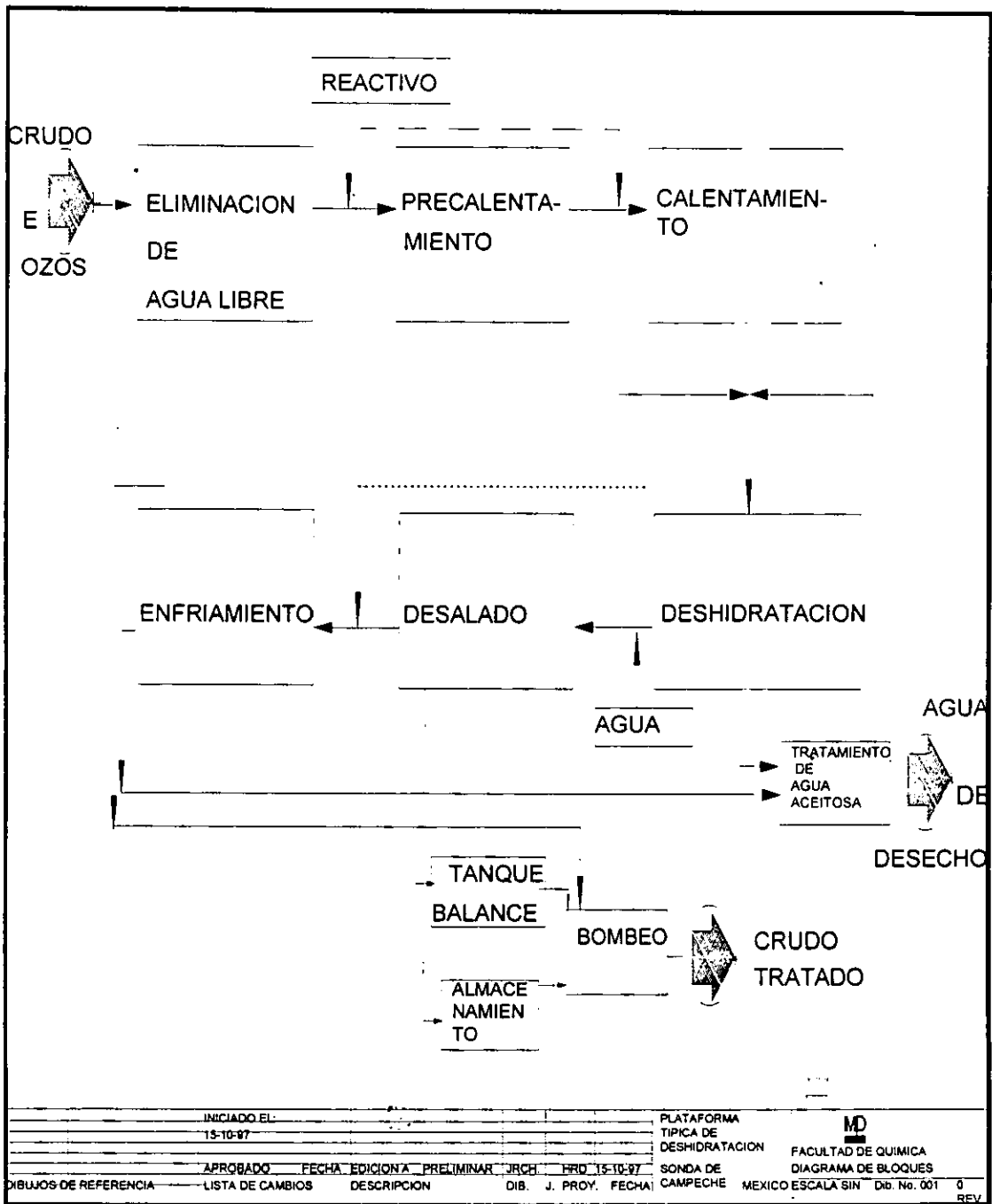
Tabla 7.VI Estadísticas. Fuente anuario estadístico 1996 Gerencia Corporativa de Evaluación e Información PEMEX

Esta información muestra la cantidad de plataformas existentes y su importancia en la producción de crudo, las plantas de deshidratación se encuentran dentro de las plataformas de compresión.⁵

⁵ Anuario Estadístico PEMEX.

VI. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

VI.1 DIAGRAMA DE BLOQUES



VI.1 Descripción del proceso (diagrama de bloques)

a) Eliminación de agua libre.

En esta etapa se retira un gran volumen de agua libre (20% en vol.) y otros contaminantes del crudo. Permitiendo un tratamiento posterior más efectivo por la aplicación directa a la emulsión, además no absorbe calor el agua eliminada con lo cual se tiene equipos de menores dimensiones, optimizando el área disponible en la plataforma.

b) Calentamiento

La adición de energía a la mezcla aceite agua favorece el movimiento molecular que ocasiona que las gotas de agua se expandan y desestabilicen la emulsión, porque la estabilidad de la mezcla esta dada por la relación del volumen del surfactante entre el volumen de la fase dispersa (agua). Al mismo tiempo que la viscosidad del aceite se reduce, permitiendo un asentamiento más rápido de las gotas de agua.

La temperatura recomendada para tratamiento de emulsiones agua - aceite es de rangos menores a los 150 °C por las siguientes razones:

- ◆ Reacciones de hidrólisis del agua libre o emulsiones en aceites de cloruro de calcio y magnesio, los cuales ocasionan corrosión por la formación de ácido clorhídrico.
- ◆ Concentraciones de fenoles, cresoles y ácidos nafténicos comienza a aumentar a esta temperatura, los primeros son surfactantes y los ácidos nafténicos provocan corrosión.

- ◆ Mayores temperaturas provocan una pérdida de volumen y disminución del grado API lo que ocasiona un precio menor de exportación.

c) Deshidratación

En esta operación se separa la mayor parte de agua emulsificada alcanzándose un contenido de agua residual normalmente de .2 a 2 % en volumen, para una eficiente separación se requiere el uso de reactivos coalescentes adición de calor y coalescentes eléctricos. " La coalescencia se da cuando los agregados de agua se combinan formando gotas individuales".

El efecto de los surfactantes es el lograr disminuir el tiempo de asentamiento, romper y desplazar la película emulsificante que rodea a la gota de agua permitiendo la floculación (es la unión de la fase dispersa en forma de agregados) y aumentar la tensión superficial y la atracción molecular desencadenando la coalescencia. También es deseable que tenga la capacidad de humectar los sólidos para incorporarlos en las gotas de agua y mejorar la eficiencia en el bombeo. Es difícil encontrar un surfactante que actúe como agente floculante y coalescente por lo que se requiere de dos o más compuestos para formar el desemulsificante.

Los crudos de alta viscosidad permiten formar gotas de mayor volumen en suspensión lo que trae como consecuencia menor resistencia al asentamiento por que la estabilidad de la emulsión disminuye y la velocidad de asentamiento se comporta de acuerdo a la ley de Stoke:

$$Vel = k(\rho_w - \rho_o) * gd^2 / \mu_o$$

Donde :

Velocidad de asentamiento de la partícula = cm/hr

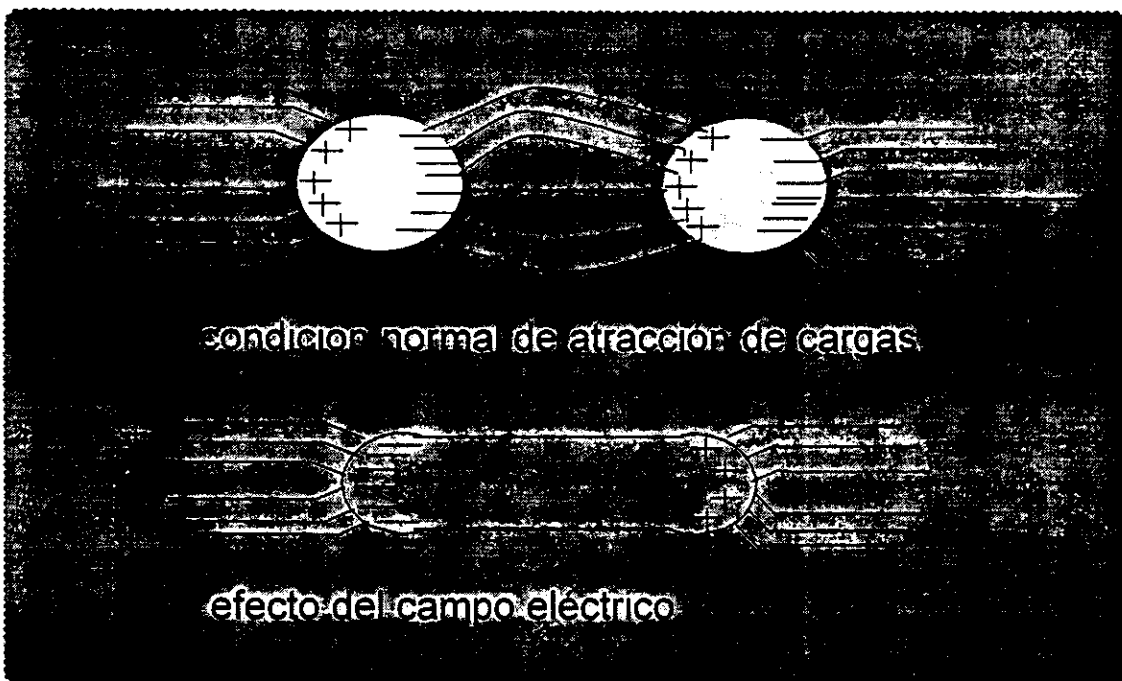
ρ_o = Densidad relativa del aceite

ρ_w = Densidad relativa del agua

μ_o = viscosidad del aceite = cp.

d) **Efecto del campo eléctrico.**

La molécula de agua forma un dipolo que bajo la influencia de un campo eléctrico producidos por electrodos de corrientes alterna o directa, actúan sobre las gotas acuosas desunidas que se encuentran al azar en la fase continua, respondiendo (en aproximadamente una décima de segundo) deformándose elipsoidalmente y polarizándose tal como se muestra en esquema siguiente.



Esquema 20.VI Efecto del campo eléctrico.

Bajo estas circunstancias las gotitas impulsadas por las fuerzas del dipolo inducido, chocan con otras que se mueven en sentido contrario y la película que rodea la gota, debilitada por el alargamiento y el desequilibrio electrostático, se rompe y las gotas coalescen.⁶

$$F = \left(6 * KE \frac{2R}{d^4} \right)$$

Donde:

K = Constante dieléctrica = 3.09E-12 Newtons / Vol²

E = Gradiente eléctrico = Volts/m

R = Radio de la gota = metro

d = Distancia de separación entre las gotas = m

F = Fuerza de atracción Newtons.

El voltaje normalmente utilizado fluctúa entre los 13000 y 15000 volts y varia inversamente proporcional a la densidad del aceite y a la conductividad de la emulsión a tratar.

f) Efecto del pH

El pH en la fase acuosa afecta a la naturaleza de la película en forma considerable como se muestra a continuación:

6 > pH > 3 Alta estabilidad de la emulsión.

10.5 > pH > 10 Baja estabilidad de la emulsión.

pH = 10.5 Emulsión inestable.

⁶ Petrolite Division Petreco www.Petrolite.com

La adición de sosa cáustica se realiza en bajas cantidades en el agua de lavado se eleva el pH a las condiciones adecuadas, ya que un pH alto tiende a reducir la descomposición de sales.

e) Desalado

Para disminuir el nivel de sal asociado con el agua residual en % en Vol. (B.S.&W) en esta etapa se adiciona agua tratada o de baja salinidad. La cantidad de agua de lavado a difusión es de 2 a 3 veces el volumen de agua residual o del 2 al 10% en Vol. de la corriente de carga de crudo, sin embargo la relación también se determina basándose en:

- ◆ Salinidad del agua residual.
- ◆ Porcentaje del agua residual.
- ◆ Salinidad del agua de disolución < 3000 ppm
- ◆ Eficiencia de mezclado en el agua de disolución con la emulsión (65 al 85% recomendada).
- ◆ Contenido de sal requerido después de tratamiento.

Una eficiente etapa de desalado reduce el agua residual en el crudo en un rango de 0.2 a 0.4% y la salinidad del orden de 10 ptb o menos en equivalentes de cloruro de sodio (10 libras de sal por cada 1000 barriles de aceite), requiriendo el uso de reactivos químicos, adición de calor y el empleo de coalescedores.

f) Enfriamiento

Una vez deshidratado y desalado el crudo se enfría intercambiando calor con la corriente de crudo húmedo o utilizando enfriamiento con agua, teniendo en cuenta las siguientes temperaturas en:

la etapa de deshidratación

Grados API*	Temperatura
>30° API	49°C < T < 55°C
20 < °API < 30	65°C < T < 71°C
<20° API	T ≥ 93°C

en el desalado

>35 °API	79°C < T < 105°C
20 < °API < 35	105°C < T < 127°C
<20 °API	138°C < T < 149°C

g) Bombeo

Una vez enfriado el crudo se almacena en un tanque de balance en la misma área de proceso y se bombea a través de oleoductos a tierra o se transporta por medio de buque - tanques a la costa.

* American Petroleum Institute

h) Tratamiento de agua aceitosa

El fin del tratamiento de agua aceitosa proveniente del proceso y por los sistemas de drenajes pluviales es el reducir el nivel de aceite en el agua que es descargada directamente al mar con un contenido máximo de 70 ppm.

Las características de un crudo tratado son las siguientes:

		Exportación	Refinería	Oleoducto
Cantidad de Agua.	% en vol. B.S.&W (1)	.2	.2	1.0 máx.
Cantidad de Sales	PTB (2)	10 máx.	10	100
	ppm (3)	1500 máx.	15000	28000

1) B.S.&W; sólidos básicos sedimentables y agua.

2) PTB; libras de sal por 1000 barriles de aceite.

3) ppm ; partes por millón de NaCl equivalente.

Tabla 8.VI Calidad del crudo de exportación.

VI.2) Descripción del diagrama de flujo de proceso DFP

El objetivo principal de la planta es obtener una producción de alta calidad de crudo con una capacidad típica de 200, 000 BPD (Barriles Por Día) de crudo deshidratado para ser enviado a la costa con un .5% en vol. de agua y 4.5 Kg de sal por cada 1000 barriles de crudo (10 PTB).

El crudo húmedo procedente de la planta de separación gas - aceite se recibe a una presión de $7.4 \text{ Kg}^{-2}/\text{cm}^2$ (105 psig) y una temperatura de 64°C (147°F), en un cabezal que distribuye a dos trenes de separación cada uno con una capacidad de 100,000 BPD de crudo deshidratado.

Cada tren es alimentado por un controlador de flujo. Para alcanzar la temperatura de operación de los deshidratadores de crudo (FA-101 A/B) el crudo húmedo es alimentado a los precalentadores de crudo (EA-102 A / B) que utilizan como medio calentamiento aceite térmico (DOW - THERM "G-40") que se obtiene de límites de batería a una presión de $4.5 \text{ Kg}^{-2}/\text{cm}^2$ (64Psig) y 177°C (350°F) regresando a un control de temperatura y el crudo es enviado a los deshidratadores de crudo (FA-101 A/B) tipo electrostático que operan a $6.7 \text{ Kg}^{-2}/\text{cm}^2$ (95 Psig) y 71°C (160°F).

El efecto del campo eléctrico producido internamente forma dos fases una para agua y otra para el crudo deshidratado. Una vez deshidratado es extraído a control de nivel por las bombas de transferencia de crudo GA-101 A /D/ R, los enfriadores de crudo toman agua del mar suministrada como medio de enfriamiento, la agua requerida para esta etapa es entregada por las bombas de

agua de mar GA-105 A/B/R que trabajan a una presión $2.8 \text{ Kg}^{-}/\text{cm}^2$ (40 Psig) y con una temperatura de entrada de 30°C (86°F) y se retorna al mar 35°C (50°F).

El crudo obtenido de las bombas de transferencia de crudo GA- 101 A/D / R , se entrega en límites de batería a una presión de $73.1 \text{ Kg}^{-}/\text{cm}^2$ (1048 Psig) y una temperatura de 66°C (151°F) de donde se pasa a una planta de enlace de crudo y después se le envía a la costa por medio de oleoducto.

El flujo de agua aceitosa de los deshidratadores de crudo FA-101 A/B se envía a control de nivel a la planta de tratamiento de aguas aceitosas a una presión de $30 \text{ Kg}^{-}/\text{cm}^2$ (50 Psig) localizada en la misma plataforma de producción.

Lista de Equipo

Clave	Servicio	Características
EA-101 A/B	Enfriador de Crudo deshidratado	1428 Mkcal/hr
EA-102 A/B	Pre calentador de Crudo Húmedo	2700 Mkcal/hr
FA-101 A/B	Deshidratador de Crudo	4.27m X 19.8 mm T-T
FA-102	Tanque Hidroneumático	.30mX 3.2 m T-T
FA-103	Separador de gas combustible dulce	4.5 m X 1.83m T-T
FB-101 A	Tanque de Diesel Sucio	1 m X 2 m T-T
FB-101 B	Tanque de Diesel Limpio	1 m X 2 m T-T
FD-101 A	Filtro de Diesel de recepción	90 LPM
FD-101 B	Filtro de Diesel Limpio	90 LPM

Tabla 9.VI Lista de equipo

FD-102 A/B	Filtro de agua de Mar	2631 LPM
GA-101 A/D/R	Bomba de Transferencia de Crudo	5677.5LPM ΔP 83.4 Kg
GA-102 A/B	Bomba de agua contra incendio	56775 LPM ΔP 7.6 Kg.
GA-103 A	Bomba de diesel Sucio	83.27 LPM 1.5 HP
GA-103 B	Bomba de diesel Limpio	83.27 LPM 1.5 HP
GA-105 A/B/R	Bomba de agua de mar	4290.5 LPM ΔP 7 Kg/ .
GB-101 / R	Compresor de aire de planta e Ins.	2.12 m ³ /min. 25 HP
GE-101 / R	Turbogenerador eléctrico	6750 Kw
PA-101	Paquete de potabilizadora de agua	4 LPM 14 personas
PA-102 A/B	Cápsula de salvamento (Paquete)	14 personas
PA-103	Grúa de pedestal (paquete)	
PA-104	Unidad de secado de aire Ins.	2.5 m ³ / min.

Continuación tabla 9.VI (Nota: características por unidad)

VI.3 Equipos de Proceso

a) Precalentadores de Crudo

Se utilizan cambiadores de calor de tubos y envolventes por las siguientes características:

- ◆ Área de transferencia mayor a 350 ft².
- ◆ Condiciones de presión y temperatura baja.
- ◆ Mayor seguridad y menores costos de mantenimiento.

El tipo de intercambiador de calor es AES, equipo con cabezal flotante de anillo dividido con canal y cubierta removible, el medio de calentamiento es el aceite DOW - THERM "G-40" que tiene las siguientes ventajas:

- ◆ Presión de vapor moderada a la máxima de trabajo (343°C), lo cual asegura trabajarlo en estado líquido.
- ◆ Buena estabilidad y propiedades físicas bastante adecuadas para la transferencia de calor.
- ◆ Buenos resultados en campo por experiencia.

b) Enfriadores de Crudo

Se utilizan intercambiadores tipo AES por las razones antes mencionadas y el medio de enfriamiento es agua de mar, por su disponibilidad ilimitada. Regresando al mar a una temperatura máxima de 35 °C, para evitar la contaminación térmica del mar.

c) Deshidratador de Crudo

Las ventajas de los deshidratadores electrostáticos sobre los equipos tradicionales son las siguientes:

- ◆ Rápida instalación.
- ◆ Alta producción.
- ◆ Flexibilidad operacional.
- ◆ Mínimos problemas de operación y mantenimiento.
- ◆ Mínimo espacio requerido.

d) Potabilizadoras de agua de mar

Los sistemas más comunes son: evaporación, termocompresión y osmosis inversa. Utilizándose el sistema de evaporación simple por ser el mas sencillo de operar y necesitar un tiempo mínimo de mantenimiento. Con una capacidad de 5000 a 11 500 GPD (Galones Por Día).

dependiendo de la necesidad y consumo en las plataformas habitacionales y de producción.

e) Bombas de transferencia de Crudo

Los equipos para transferir el crudo están en función del flujo y la ΔP , por lo cual, se utilizan bombas centrífugas trabajando 4(cuatro) y una en relevo, con capacidad de 5677.5 LPM (1500 GPM) y la caída total de presión es de (83.4 Kg/cm²), considerando las pérdidas por tubería y accesorios hasta la costa. Los accionadores de las bombas son motores eléctricos. Para la selección de este tipo de bombas se consideran las siguientes características:

- ◆ Propiedades del fluido.
- ◆ Altas capacidades.
- ◆ Fácil control de flujo.
- ◆ Simplicidad de equipo.
- ◆ Baja inversión.
- ◆ Diseño compacto (poca área).
- ◆ Bajos costos de operación y mantenimiento.
- ◆ Adaptable a un accionador de turbina de gas o motor diesel.

f) Bombas de agua contra incendio.

Para este servicio los equipos seleccionados son bombas verticales; una accionada por motor eléctrico (normalmente en operación) y otra por motor diesel en relevo en caso de emergencia las dos se utilizan, toman agua del mar con un flujo de 5677.5 LPM (1500 GPM) y una caída de presión de 9.6 Kg/cm² (137 Psig).

g) Compresor de aire de planta e instrumentos

Los equipos tienen una capacidad de $2.12 \text{ m}^3 \text{ st} / \text{día}$ 17 cfsm ($\text{ft}^3 \text{ st} / \text{min.}$) (125 psig). Están interconectados para que en caso de falla de uno el otro que se encuentra en relevo opere.

El aire se distribuye a la red previa eliminación de la humedad e impurezas al pasar por los recipientes de desecantes y los filtros de la secadora.

h) Turbogeneradores

Se utilizan generadores eléctricos accionados por turbinas de gas, uno en operación y otro de relevo. De acuerdo a los requerimientos típicos de energía de $6750 \text{ Kw} / \text{unidad}$, las turbinas consumen $220\,390 \text{ m}^3 \text{ std} / \text{día}$ ($7\,782\,000 \text{ ft}^3 \text{ std} / \text{día}$).⁷

La generación de energía eléctrica por medio de accionadores de turbina de gas, es aprovechar el gas producido en los procesos de separación y estabilización, puesto que una parte se quema.

Ventajas:

- ◆ Mayor seguridad de operación por la facilidad de disponer de este combustible.
- ◆ Alto factor de operabilidad y poco mantenimiento.
- ◆ El aprovechar el poder calorífico del gas es costeable, quemar el gas es desperdiciar dinero.

⁷ Paquete de Ingeniería Básica. Tesis Profesional Jesús Ramírez UNAM.

VII DEFINICIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS.

La organización de mantenimiento es la responsable de mantener una específica rentabilidad de la planta basándose en un plan de producción donde esta rentabilidad se debe lograr al mínimo costo: por lo cual, el trabajo de mantenimiento normalmente se hace a través de con un limitado presupuesto, fuerza de trabajo y una alta prioridad de las partes y equipos a tratar.

VII.1 Puntos críticos en el mantenimiento.

a) **Equipo con un alto grado de producción**

Este es el equipo que tiene prioridad en la selección para revisar si tiene la necesaria rentabilidad, en los resultados actuales, en años pasados y predecir si en el futuro lo tendrá.

b) **Equipo con un alto costo de mantenimiento.**

Un análisis de costos de mantenimiento, nos permite encontrar el equipo de alto costo, entonces se puede mejorar la confiabilidad y mantenibilidad del equipo se puede determinar las causas que lo produce y proponer un plan para solucionarlas.

c) **Equipo con poca calidad de producción.**

Si el equipo tiene un rango alto de rechazo de producción es causada por una pobre capacidad e ineficiencia, se toman medidas para mejorar en concordancia con los datos de calidad especificada por el departamento de producción.

d) Equipo que requiera frecuentes reparaciones de emergencia.

Si la pérdida de producción es ocasionada por fallas de emergencia y es considerablemente grande, las causas pueden ser investigadas y las medidas más convenientes tomadas.

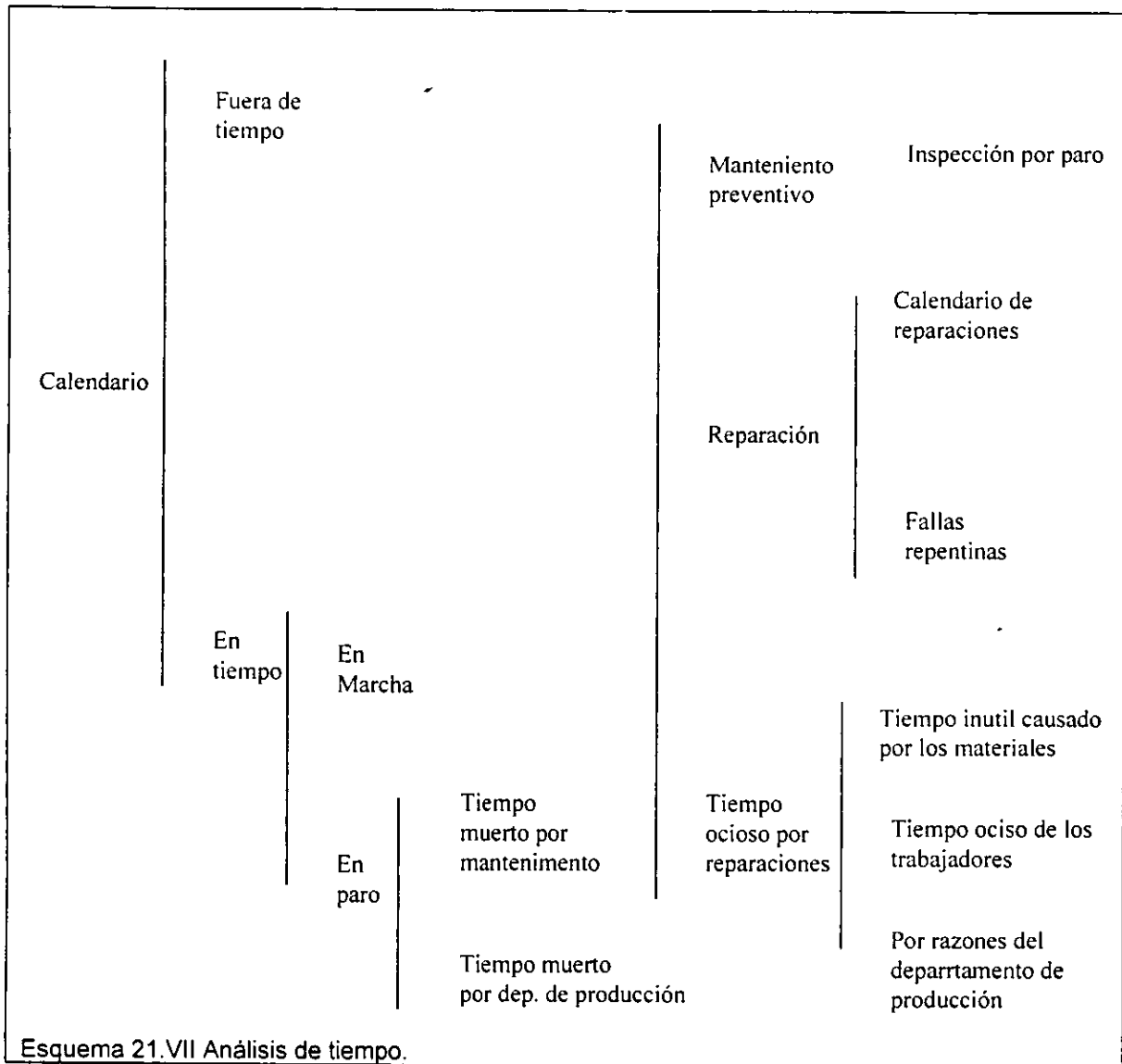
Preparación para encontrar los puntos más importantes

El orden para encontrar los puntos más importantes fue descrito anteriormente y los siguientes datos son utilizados generalmente:

- a) Datos de análisis de tiempo.
- b) Datos de costos.
- c) Registro de Equipos (basado en lo anterior).

a) Datos del análisis de tiempo.

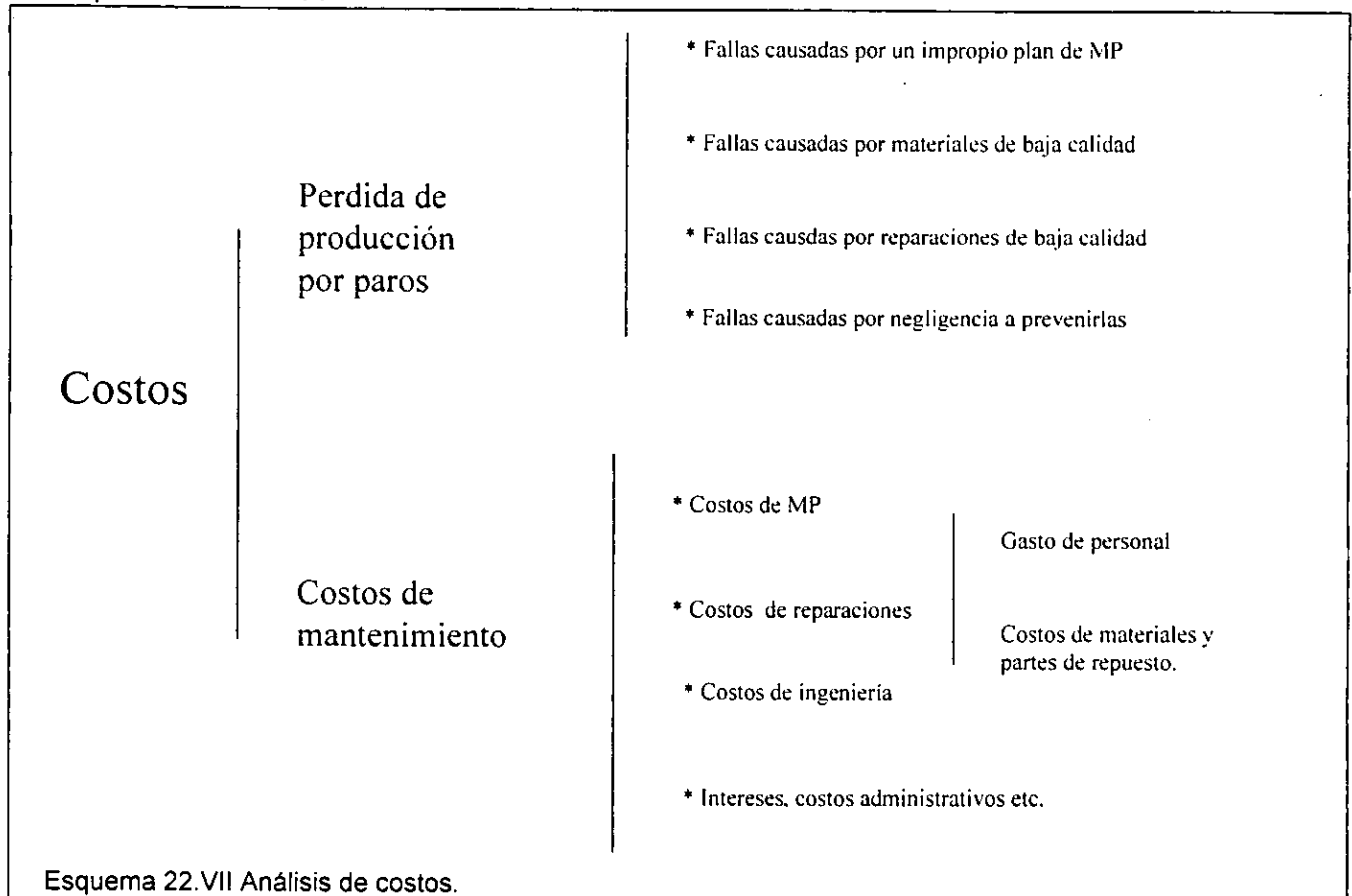
Esté análisis esta basado en el tiempo muerto que cada departamento de mantenimiento utiliza y es clasificado como se indica en el siguiente esquema:



Análisis de costos

Frecuentemente los costos de mantenimiento son tratados como la sumatoria de "costos de mantenimiento" en los costos de producción, esto hace necesario que departamento de mantenimiento deba después de hacer un análisis de costos, encontrar cuales son los puntos críticos que puedan obstaculizar el buen funcionamiento. Si se incrementan los costos de mantenimiento lo que juzga si es ventajoso o no, es la perdida por paros o las precauciones en los puntos que prevengan perdidas que se puedan presentar.

Esquema de costos:



Un análisis detallado de partes, nos lleva a revisar los costos por área;

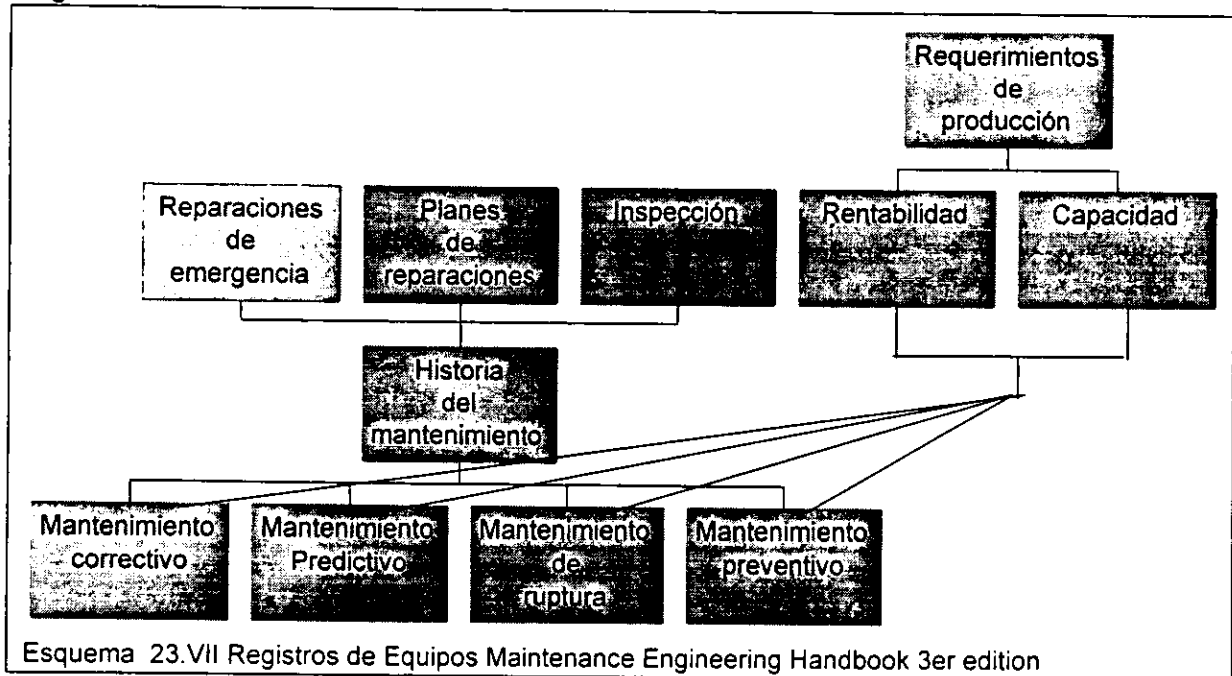
- a) En caso de grandes plantas.
- b) Costos de mantenimiento por equipos (por unidad)
- c) Por detalle (clasificando los gastos del personal y materiales):
 - ◆ Costos de inspección incluyendo aceites lubricantes y ajustes.
 - ◆ Fallas de emergencia, costo de la reparación.
 - ◆ Costos del calendario de reparaciones;
 - Costos de remodelación
 - Costos de reparaciones
 - Otros gastos requeridos por departamento de producción.

VII) DEFINICIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS

- d) Por fuerza de trabajo, como mecánicos, eléctricos, personal de instrumentación, tuberías, etc.
- e) Costos de ingeniería y personal de servicio.

Registro de equipos

Esté se forma a través de archivos con varios datos descritos anteriormente; registro de reparaciones y remodelaciones, arrastres e inspecciones y se puede revisar de la siguiente forma:



VII.2 Puntos Críticos de la planta

De acuerdo a los anteriores criterios se procederá a los a clasificar los equipos en orden descendente de prioridad, recopilando información de su funcionamiento, hoja de datos, diseño mecánico y Plot plan para destacar los puntos importantes y de cuidado de cada uno de ellos.

a) Deshidratador Electrostático

Es el corazón de la planta, aunque uno de los equipos saliera de operación y solo uno estuviera trabajando la calidad y cantidad de producción se vería altamente afectada ya que solo se procesaría el 50% de la alimentación recirculándose lo demás al cabezal de alimentación.

Funcionamiento :

La emulsión se reparte a la sección eléctrica mediante un distribuidor soportado por parrillas que la obliga a pasar varias veces a través del campo eléctrico formado por electrodos soportados por aislamientos verticales. En esta parte las gotas de agua coalescen y por gravedad se acumulan en el fondo formando un colchón, que luego es retirada. Al mismo tiempo el aceite asciende formando otro colchón y es extraído por el colector de aceite que esta integrado por rompedores de vórtice en las bocatomas.

El control de nivel mantiene la altura de interfase entre el agua y el aceite, el cual es actuado por el desplazador de la barra mediante un flotador tubular sumergido, que esta diseñado para una determinada tensión en la varilla a temperatura y presión de operación, sumergido con la mitad en el colchón de agua y la otra en el aceite.

Por medio de un conductor eléctrico es suministrada la energía eléctrica a los transformadores a través de una boquilla sellada con material aislante.

Antes de recibir la energía los electrodos pasa a un resorte contactor y el tensor, siendo la función de este último la de conducir la corriente y estabilizar estructuralmente a los electrodos.

Los distribuidores de emulsión reparten adecuadamente la emulsión a través de orificios pequeños localizados arriba y a bajo a lo largo del distribuidor. Existen dos tipos de distribuidores, los de baja velocidad y alta velocidad. Los primeros pueden ser de tubo perforado o de panel invertido y se encuentra debajo de la sección de los electrodos, el panel invertido permite una distribución más uniforme y presenta menos problemas de taponamientos, los segundos descargan directamente sobre el campo eléctrico, de una capacidad mayor de tratamiento, pero disminuye su eficiencia al incrementarse el porcentaje de agua.

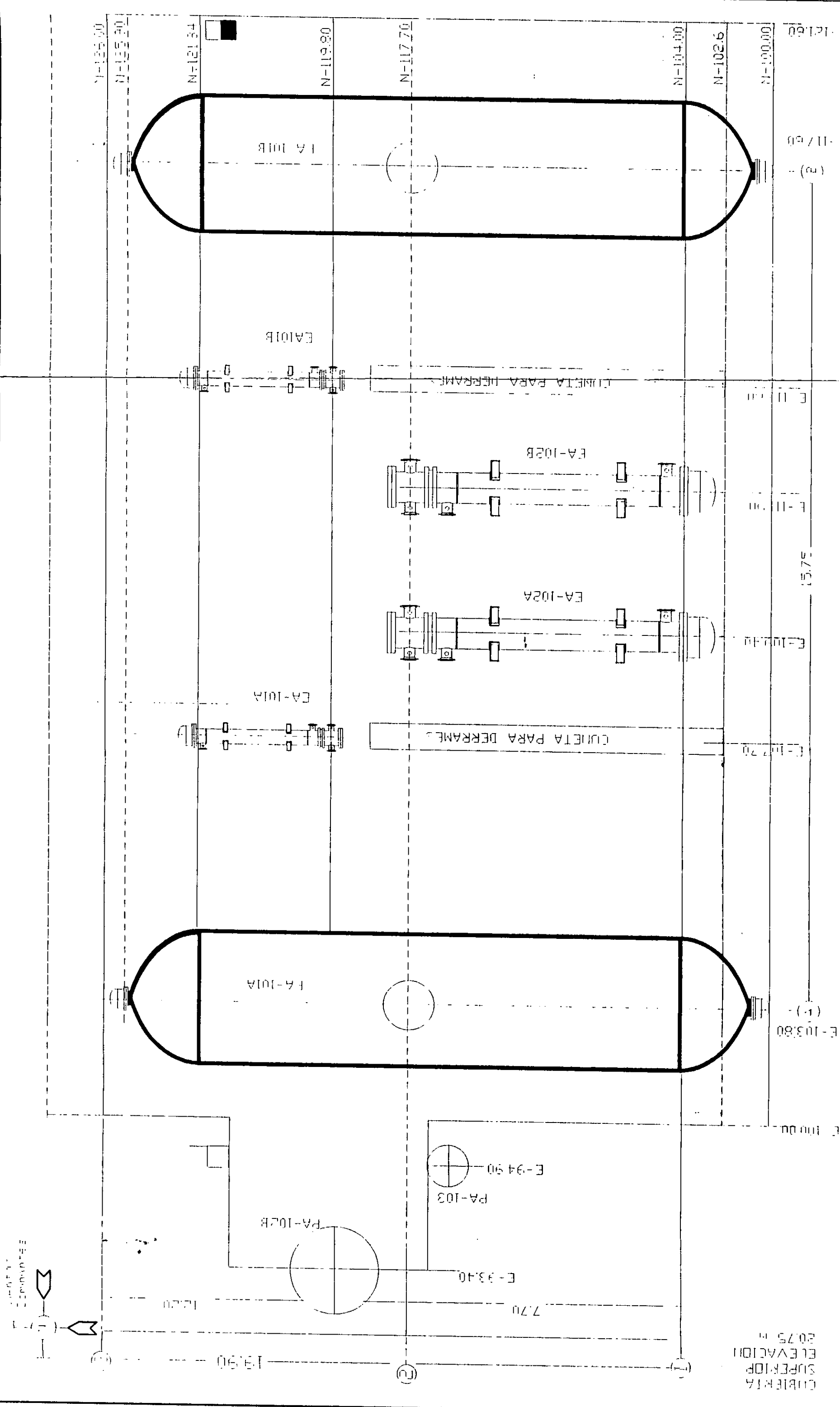
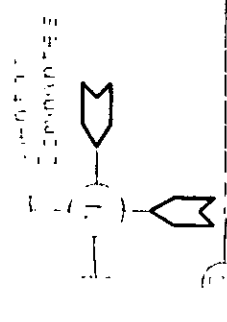
En crudos ligeros $API > 30^\circ$ la emulsión se introduce por encima de la interfase, para crudos pesados $API < 30^\circ$ la introducción es por debajo de la interfase, se recomienda los distribuidores de baja velocidad del tipo panel invertido por que el diseño con perforaciones a lo largo de las paredes verticales, produce una caída de presión suficientemente para una adecuada distribución del flujo, el crudo entra bajo condiciones bajas de velocidad en régimen laminar ya que la turbulencia evitaría el libre asentamiento del agua.

La parte más importante de los tratadores electrostáticos es la estructura de los electrodos por medio del cual es aplicado el campo eléctrico a la emulsión. El arreglo en el recipiente esta dispuesto para dar un tiempo máximo en el campo de alto voltaje al ascender el crudo. Para maximizar el tiempo de residencia se necesita mantener un relativo nivel alto de agua para la localización de los electrodos.

Normalmente fabricados de acero al carbón, en dos tipos de estructuras. Uno consiste de varias placas metálicas espaciadas y dispuestas verticalmente las cuales son usadas en campos producidos por corriente directa (CD) o de polaridad dual (CD / CA) el otro tipo consiste de placas horizontales formadas por varillas espaciadas, las cuales son usadas típicamente en campos producidos por corriente eléctrica alterna (CA). Los electrodos son de baja y alta velocidad, los primeros son utilizados para crudos ligeros de baja viscosidad y con emulsiones de alta conductividad térmica y los segundos para crudos pesados de alta viscosidad y emulsiones de baja conductividad térmica.

A continuación se presentan los puntos críticos, para lo cual sirve de guía; plots plan, hojas de datos y vistas en planta del deshidratador electrostático.

- ◆ Condiciones de alimentación.
- ◆ Instrumentos de medición.
- ◆ Recubrimiento interno.
- ◆ Estado de los electrodos.
- ◆ Limpieza de rejillas.
- ◆ Condición de los transformadores.
- ◆ Revisión de la soldadura.
- ◆ Erosión en boquillas.
- ◆ Avance de la corrosión.
- ◆ Detección de derrames.
- ◆ Medición de espesores de envolvente y tapa.
- ◆ Verificación de la tubería adyacente y cableado eléctrico.



DIBUJOS DE REFERENCIA		LISTA DE CAMBIOS		REV. DESCRIPCION		FECHA		CLIENTE		FECHA		ZONA DE JABOC		TECNICO ESPECIAL		INCLUIDA EN PROYECTO		PLANO GENERAL DE LOCALIZACION		REV. 0	
														MEXICANA		83					
														SECCION		INCLUIDA EN PROYECTO		PLANO GENERAL DE LOCALIZACION		REV. 0	
														SECCION		INCLUIDA EN PROYECTO		PLANO GENERAL DE LOCALIZACION		REV. 0	

PLANTA: DESHIDRATADORA DE CRUDO
 LOCALIZACIÓN: SONDA DE CAMPECHE
 CLAVE: FA-101 AB
 No. UNIDADES: UNA

HOJA 1 DE 1
 FECHA: DICIEMBRE '97
 APROBADA POR: FLG
 EDICIÓN: A

SEPARADOR ELECTROSTÁTICO
 HOJA DE DATOS

SERVICIO POR UNIDAD: DESHIDRATADOR DE CRUDO
 TIPO: ELECTROSTÁTICO
 DIMENSIONES: DIÁMETRO: 4.287 mm. LONG. T.T.: 19.812 mm.
 PESO TOTAL: (Kg.): VACIO EN OPERACIÓN:
 POSICIÓN: HORIZONTAL
 NIVEL: 305
 Cabezaz: 2743
 MATERIALES: AGUA: MINIMO: 305
 ACEITE: ELIPTICA 2:1
 TIPO: NORMAL: 610
 CASCARON: SA-516-70
 SOPORTES: SA-203-6
 BOQUILLAS: SA-108
 PRESIÓN DE OPERACIÓN: 6.7 Kg/cm²
 TEMPERATURA DE OPERACIÓN: 71°C
 VELOCIDAD DEL VIENTO: 71°C
 CÓDIGOS: ASME - ANSI II, V, VI DIV. I, IX, NACE MR-01-75
 RELEVADOS DE ESFUERZOS: CASCARÓN: 100%
 RADIOGRAFIADO: TAPAS: 100%
 RELEVADOS DE ESFUERZOS TOTAL

CONDICIONES DE OPERACIÓN POR UNIDAD

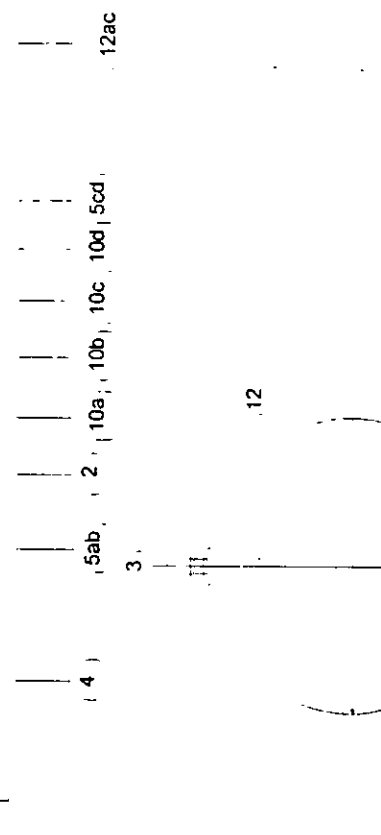
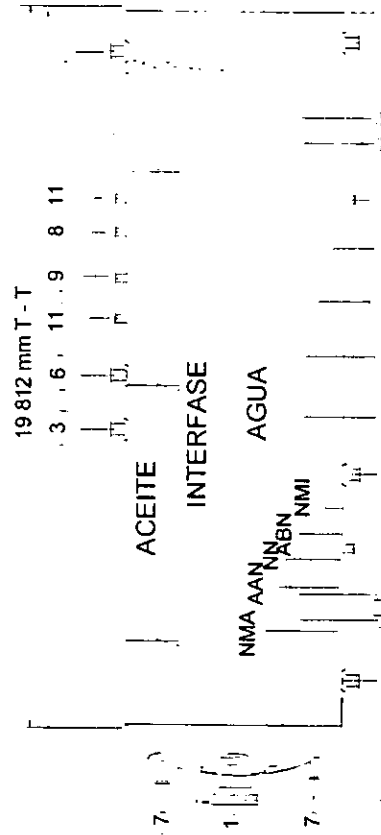
VOLUMEN DE FLUIDO A TRATAR: ACEITE TOTAL LPM: 11.385 AGUA TOTAL LPM: 1570 PORCENTAJE DE EMULSIÓN %:
 GRAVEDAD API DEL CRUDO: 22.434 TIPO ACAL
 GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGUA: 0.977
 RANGO DE TRES TEMPERATURAS EN EL TRATAMIENTO DEL ACEITE: SSU °F SSU °F SSU °F
 TEMPERATURA MINIMA DE ENTRADA DE ACEITE: % B&W: 1 MÁXIMO
 REQUERIMIENTOS DE SALIDA DE ACEITE: PUNTO DE ESCURRIMIENTO °F:
 ANÁLISIS DE ACEITE: CONTENIDO DE PARAFINAS: INVIERNO:
 PROMEDIO DE TEMPERATURA AMBIENTE: VERANO:
 SALINIDAD DEL AGUA PRODUCIDA EXPRESADA EN CLORURO DE SODIO EQUIVALENTE ppm: 35.000
 SALINIDAD DEL AGUA DISPONIBLE POR DISOLUCIÓN ppm: 15.000
 CANTIDAD PERMITIDA DE SALIDA EN LIBRAS DE SAL POR 1000 bbl DE ACEITE: pH: 8
 CAIDA DE PRESIÓN PERMITIDA: 10 Kg/cm²
 TIPO DE EMULSIONANTE QUIMICO: USADO: SUGERIDO:
 COMBUSTIBLE: SI NO
 SE INCLUYE ANÁLISIS DEL GAS DE COMBUSTIBLE: SI NO
 POOR CALORIFICO DEL GAS:
 DIFERENCIAS DE ELECCIÓN ENTRE LA UNIDAD TRATADORA Y LA CIMA DEL TANQUE:

CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCION POR UNIDAD

BOQUILLAS

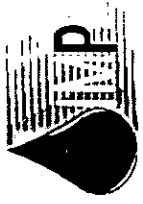
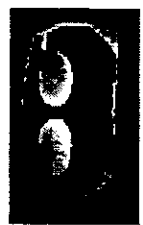
No.	CANTIDAD.	DIÁMETRO.	RANGO.	TIPO.	CARA.	CEBULLA.	SERVICIO
1	2	610					REGISTRO DE HOMBRE
12	1	465					VENTEO (DESFOGUE)
2	2	405					ALIMENTACIÓN
3	1	152					SALIDA DE ACEITE
4	1	152					SALIDA DE AGUA
5	4	102					DRENE
7	2	51					CONTROL DE INTERFASE
8	1	25					INDICADOR DE PRESIÓN
9	1	25					INDICADOR DE TEMPERATURA
10	1	16					INDICADOR DE NIVEL
11	1	51					TOMADOR DE MUESTRAS

NOTAS: PRELIMINAR



SOLO COMO REFERENCIA
 VISTA FRONTAL

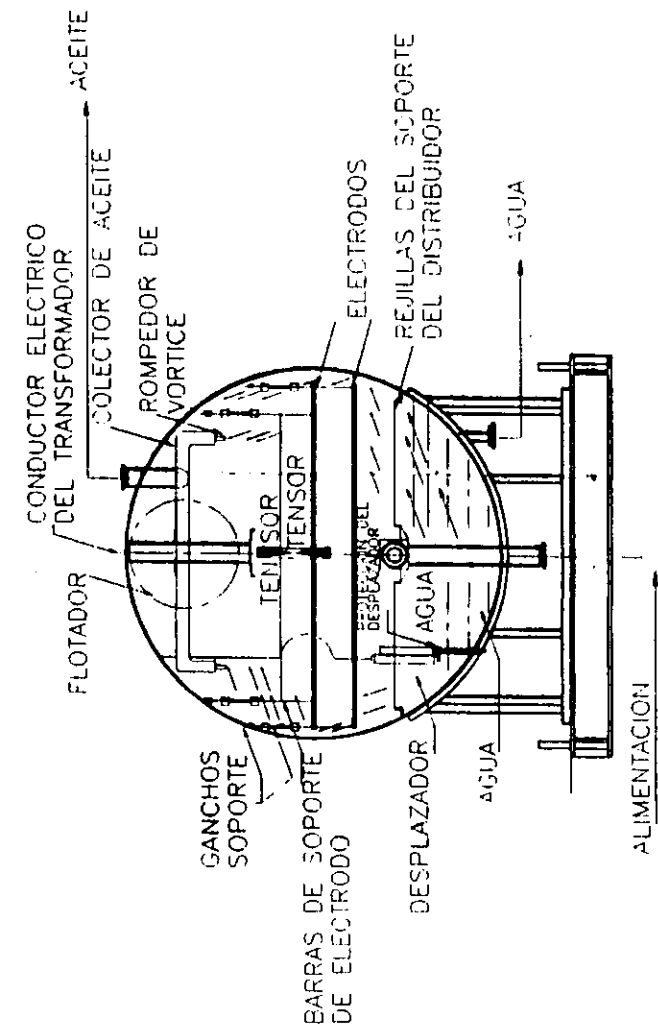
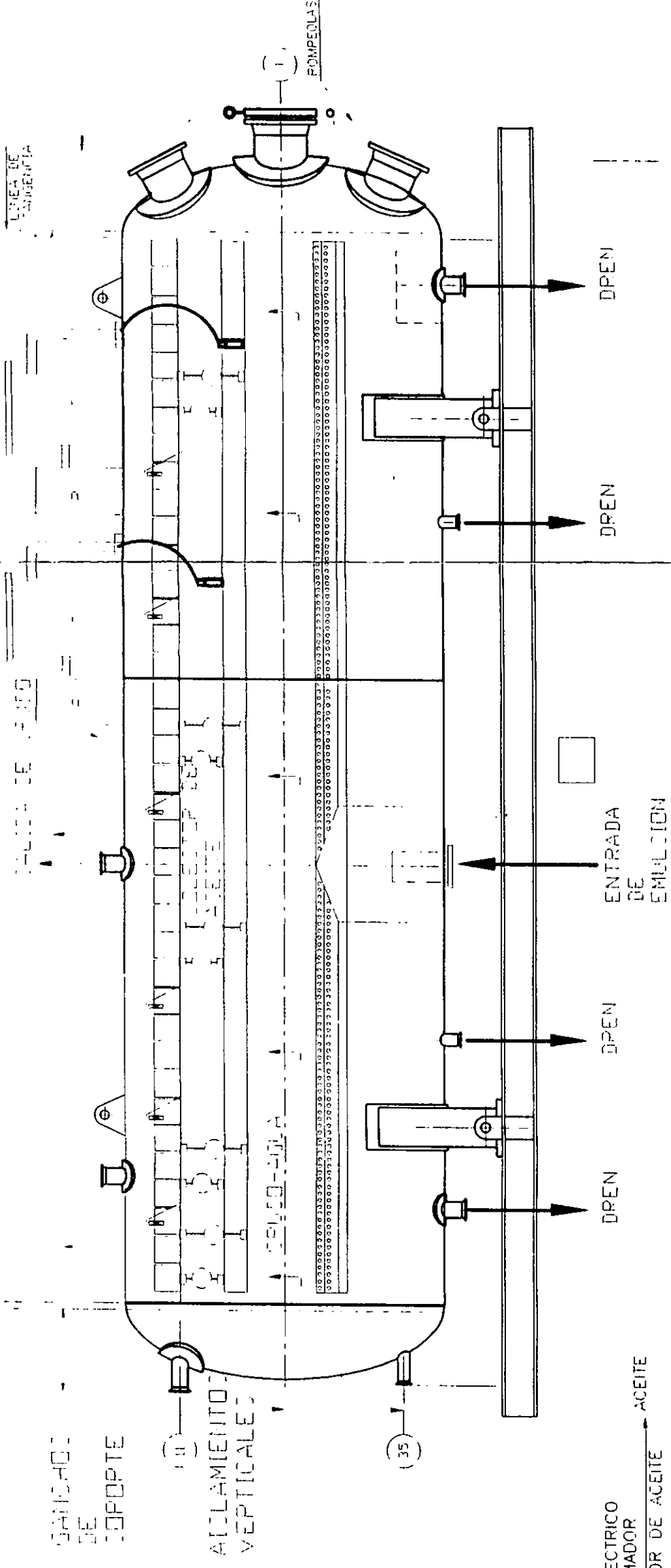
SEPARADOR ELECTROSTÁTICO



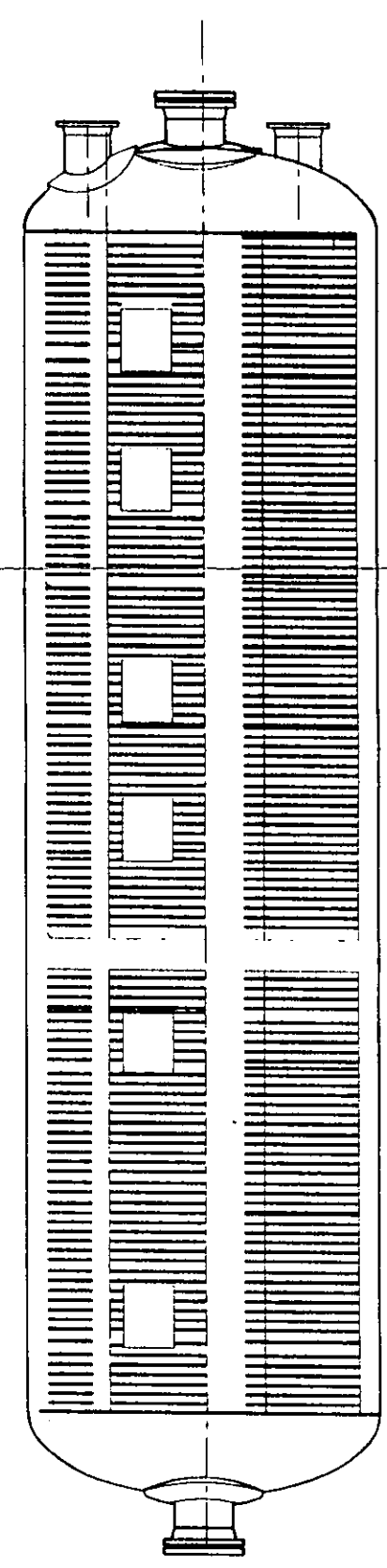
PLG: 31-12-97 FAC: OMEGA 848-48 HOJA DE DATOS
 DES: SPV: MOD: FECHA: CLIENTE: FECHA: DESCRIPCIÓN

ESCALA: SN ACOI: SN
 DIB. No 005

VISTA EN PLANTA DEL
DEHIDRATADOR ELECTROSTATICO



VISTA: FRONTAL



LINIA DE ALIMENTACION

ALIMENTACION

GANCHOS DE SOPORTE

ALIAMIEN TO VERTICALES

ENTRADA DE EMULSION

DREN

DREN

DREN

DREN

POMPIEOLAS

DIBUJOS DE PRESENTACION	LISTA DE CAMBIOS	FECHA	AUTOR	FECHA	LEVE	FECHA	AUTOR	FECHA	MEXICO	INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	FACULTAD DE QUIMICA	85	VISTA EN PLANTA	DIA No. 006	PEV
INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS UNIDAD DE INVESTIGACION EN QUIMICA ORGANICA AV. INSTITUTO 16, CDMX, MEXICO																

b) Precalentadores de crudo.

El buen funcionamiento de los Precalentadores es indispensable, para que el crudo alcance la temperatura optima de deshidratación, fluctuaciones pueden provocar diversos problemas; como hidrólisis de sales, evaporación de componentes volátiles o una baja eficiencia de separación.

El crudo pasa por el interior de los tubos y se calienta por medio de aceite térmico Dow Therm "G40" que pasa por el lado de la envolvente, debido a la carga requerida 21.4 MMBtu/hr se necesitaría un calentador a fuego directo lo cual no es muy recomendable por razones de seguridad y mayor mantenimiento. Por lo cual, el equipo utilizado es del tipo AES. Características de un intercambiador AES;

Cabezales de Admisión

La selección del tipo de cabezal se debe básicamente a estas consideraciones:

- ◆ Accesibilidad a la unión tubo - espejo.
- ◆ Arreglo de la tubería ó conexiones.
- ◆ Costo.

Estas consideraciones se basan los cabezales clasificados por el estándar TEMA* para satisfacer la mayoría de los requerimientos de calor en los equipos de tubo y envolvente.

*TEMA (TUBULAR EXCHANGER MANUFACTURER ASSOCIATION)

Tipo A

Consiste de un carrete, una tapa plana removible, y un par de bridas; una para la unión canal - tapa - canal. Este tipo de cabezal es el más versátil y por consecuencia el más caro de los cabezales bridados. La brida canal - envolvente permite remover toda la cabeza para tener un mejor acceso al espejo en la inspección y/o mantenimiento de la unión tubo - espejo. La brida tapa - canal permite cepillar el interior de los tubos sin tener que remover todo el canal y las líneas de conexión.

El cabezal tipo "A" se puede utilizar con cualquier tipo de envolvente. Se recomienda en servicios sucios, que requerían frecuente limpieza mecánica de los tubos y/o inspección de la unión espejo - tubo, y cuando se tengan boquillas mayores a 8 pulgadas.

Tipo de cuerpo

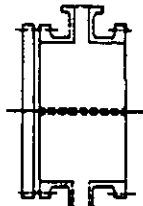
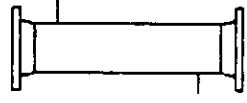
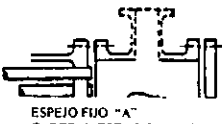
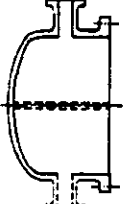
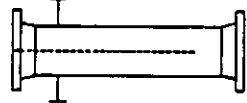

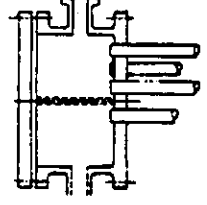
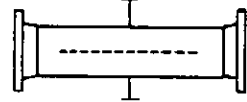

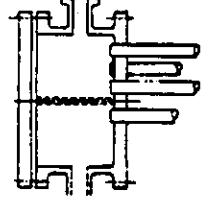
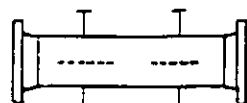
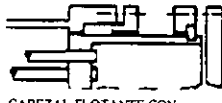
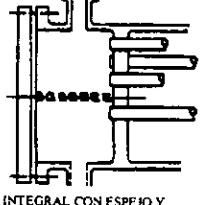
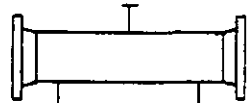

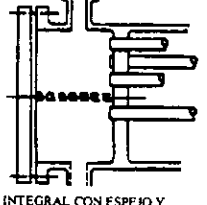
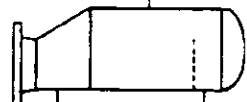
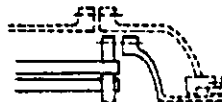
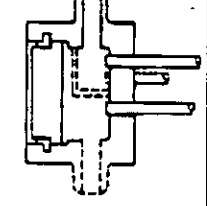
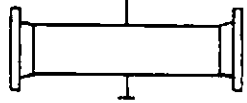
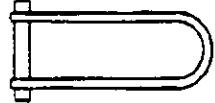

Los intercambiadores de calor de tubo y envolvente como su nombre lo indica, consiste de un banco de tubos contenido dentro de una envolvente ó recipiente a presión, se encuentran clasificados de acuerdo al código TEMA.

Tipo E

El envolvente tipo "E" es la configuración más simple, y por consecuencia la de mayor aplicación. Es un recipiente cilíndrico con 2 boquillas en cada extremo para la entrada y salida de fluido se desplaza a todo lo largo de la envolvente, por lo que se denomina como envolvente de un paso.

Con un paso por el lado de tubos se logra un arreglo en paralelo ó en contracorriente pura. Este tipo de unidades se puede utilizar en unidades verticales, horizontales e inclinadas.

CLASIFICACIÓN TEMA

	CABEZAL DE ENTRADA		TIPO DE ENVOLVENTE		CABEZAL DE RETORNO
A	 CUBIERTA Y CANAL REMOVIBLE	E	 UN PASO POR ENVOLVENTE	L	 ESPEJO FIJO "A" CABEZAL ESTACIONARIO
B	 BONETE (CUBIERTA INTEGRAL)	F	 DOS PASOS POR ENVOLVENTE CON BAFFLE LONGITUDINAL	M	 ESPEJO FIJO "B" ESPEJO ESTACIONARIO
C	 SOLO HAZ DE TUBO REMOVIBLE	G	 FLUJO PARTIDO	N	 ESPEJO FIJO "N" CABEZAL ESTACIONARIO
	 ESPEJO Y CUBIERTA REMOVIBLE CANAL INTEGRAL	H	 FLUJO DOBLEMENTE PARTIDO	P	 CABEZAL FLOTANTE CON EMPAQUE EXTERIOR
N	 CANAL INTEGRAL CON ESPEJO Y CUBIERTA REMOVIBLE	J	 FLUJO DIVIDIDO	S	 CABEZAL FLOTANTE CON RETORNO
	 ENCAPSULADO ESPECIAL DE ALTA PRESION	K	 REHERVADOR TIPO KETTLE	T	 CABEZAL FLOTANTE CON TIRO
D	 ENCAPSULADO ESPECIAL DE ALTA PRESION	X	 FLUJO CRUZADO	U	 HAZ DE TUBOS EN U
				W	 ESPEJO FLOTANTE SELLADO EXTERNAMENTE

Este tipo de envolvente es punto de referencia para evaluar las características de los otros tipos de envolventes. Esto se debe a que el envolvente tipo " E" ha sido el elemento primario, sobre el cual se han generado los otros tipos de envolventes para satisfacer múltiples necesidades.⁸

Cuando se requiere más análisis de una envolvente en serie, se debe estacar de acuerdo a los siguientes límites:

Diámetro de envolvente	No. Máximo de envolventes estacados
en pulgadas	
$DE \leq 18"$	4
$20" \leq DE < 32"$	3
$DE \geq 32"$	2

Tabla 10.VII Arreglo de envolventes.

Cabezal de retorno tipo S

Es un cabezal flotante interno con contrabrida, esta constituido por un casquete esférico, unido generalmente a una brida tipo anillo y ensamblados como un sólo elemento, a un espejo flotante, auxiliados por una contrabrida dividida. Cuando se tiene un sólo paso por los tubos, se debe colocar un ducto desde el cabezal flotante hasta el exterior de la tapa de la envolvente e incluir algún sistema que permita la expansión diferencial tubos - carcaza, y la extracción de tubos.

La tapa de la envolvente es aproximadamente 4" - 6" más grande que el diámetro de la carcaza, con el fin de acomodar el cabezal flotante. Para extraer el haz de tubos, es necesario remover la tapa del envolvente y dismantelar el cabezal flotante (cubierta del cabezal y el anillo dividido).

Este tipo de cabezal se recomienda para servicios sucios con diferenciales elevados de temperatura tubo - envolvente. No aplica para envolventes tipo "K" ni de doble espejo.

c) Enfriadores de crudo

Al igual que los Precalentadores de crudo la operación sin problemas de los enfriadores permitirá entregar en condiciones adecuadas en los límites de batería y a los tanques de almacenamiento de las bombas.

Funcionamiento

De las mismas características de los Precalentadores, los intercambiadores de calor tipo AES se utilizan para tener mayor facilidad de mantenimiento.

A continuación se muestran Los puntos críticos encontrados a partir de las hojas de datos y dibujos esquemáticos de los Precalentadores y Enfriadores.

- ◆ Condiciones de alimentación.
- ◆ Avance de ensuciamiento e incrustaciones.
- ◆ Verificación de las válvulas de seguridad.
- ◆ Avance de la corrosión en tubos y envolvente.
- ◆ Erosión en boquillas.
- ◆ Presencia de derrames de fluidos.
- ◆ Revisión de las bridas y pernos.
- ◆ Estado de la soldadura.
- ◆ Medición de espesores del envolvente.

⁸ "Curso de Transferencia de Calor" José Antonio Ortiz.



PLANTA : DESHIDRATORA DE CRUDO
 LOCALIZACION : SÓNDIA DE CAMPECHE
 CLAVE : EA-102 A/B
 No. UNIDADES : 1 (UNA)

HOJA 1 DE 2
 FECHA : DICIEMBRE 1997
 APROBADA POR : HRD
 EDICION : PRELIMINAR

CAMBIADOR DE CALOR HOJA DE DATOS

SERVICIO POR UNIDAD : CALENTADOR DE CRUDO HÚMEDO
 TAMAÑO : 1118 x 7315 mm. TIPO : AES POSICION : HORIZONTAL
 SUPERFICIE POR UNIDAD (GRUESA / EFECTIVA) : 984 m² ENVOLVENTES POR UNIDAD : 2 (DOS)
 SUPERFICIE POR ENVOLVENTE (GRUESA / EFECTIVA) : 492 m² ARREGLO DE ENVOLVENTES : 1 SERIE 2 PARALELO

CONDICIONES DE OPERACION POR UNIDAD

FLUIDO CIRCULADO	LADO ENVOLVENTE				LADO TUBOS	
	ACEÍTE DE CALENTAMIENTO DTG				CRUDO HÚMEDO	
FLUIDO TOTAL ENTRADO	LB / HR	KG / HR	150 780		1 401 120	
			ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
LIQUIDO	LB / HR	KG / HR	150 780	150 780	1 401 120	1 401 120
GRAVEDAD ESPECIFICA			0.984	1.04	0.9070	0.9040
CONDUCTIVIDAD TERMICA	BTU / HR-PIE-°F	KCAL / HR-M-°C	0.1078	0.1101	0.1637	0.1696
CALOR ESPECIFICO	BTU / LB-°F	KCAL / KG-°C	0.4675	0.4350	0.5310	0.5360
VISCOSIDAD	cP	cP	0.82	2.60	20.50	16.20
PESO MOLECULAR	LB / LBMOL	KG / KGMOL	215	215	95.97	95.97
VAPOR	LB / HR	KG / HR				
CALOR LATENTE	BTU / LB	KCAL / KG				
PESO MOLECULAR	LB / LBMOL	KG / KGMOL				
CONDUCTIVIDAD TERMICA	BTU / HR-FT-°F	KCAL / HR-M-°C				
CALOR ESPECIFICO	BTU / LB-°F	KCAL / KG-°C				
VISCOSIDAD	cP	cP				
DENSIDAD	LB / PIE 3	KG / M 3				
TEMPERATURA	°F	°C	177	99	64	71
PRESSION (ATM. 14.7 psia)	LB / PULG ² MAN.	KG / CM ² MAN.	4.5	4.45	7.4	6.52
No. PASOS			1		2	
VELOCIDAD	PIE / SEG	M / SEG	0.344		1.676	
CAIDA DE PRESSION	LB / PULG ²	KG / CM ²	0.7 PERM.	0.05 CALC.	0.7 PERM.	0.68 CALC.
FACTOR DE ENSUCIAMIENTO	HR-PIE ² -°F / BTU	HR-M ² -°C / KCAL	0.002		0.005	
CALOR TRANSFERIDO		KCAL/HR	5 X 10E6		LMTD (CORREGIDA):	12.2 °C
COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR		KCAL/HR-M ² -°C	LIMPIO	104.5	SERVICIO	87.8

CONSTRUCCION POR ENVOLVENTE

PRESSION DE DISEÑO	LB / PULG ² MAN.	KG / CM ² MAN.	6.6	9.5
PRESSION DE PRUEBA	LB / PULG ² MAN.	KG / CM ² MAN.	10	14.3
TEMPERATURA DE DISEÑO	°F	°C	192	85
TUBOS SA-179	No. 844	D.E. 25.4 mm.	ESPESOR 2.7 mm.	LONGITUD 7315 mm.
ENVOLVENTE SA-516-70	D.I. 1118 mm.	ESPESOR	TUBO TIPO LISO BWG 12	ARREGLO 32 mm.
CÁBEZAL DE RETORNO SA-516-70		TAPA DE CÁBEZAL FLOTANTE		
CANAL SA-516-70		TAPA DEL CANAL		BRIDAS : SA-105
ESPEJOS : FIJO SA-516-70		FLOTANTE		TIPO MAMPARAS : SEGMENTADAS
MAMPARAS/PLACA DE AMARRE SA-36		ESPACIAMIENTO mm / No. 236 / 28		% CORTE : 16 FLUJO : A-A
MAMPARA LONGITUDINAL		AISLANTE		PLACA DE CHOQUE SA-36
TIPO DE UNION TUBO A ESPEJO : ROLADA				FAJAS DE SELLO SA-36
EMPAQUES : ENVOLVENTE A CÁBEZAL	FLEXITALLIC O SIMILAR	ENVOLVENTE A ESPEJO	FLEXITALLIC O SIMILAR	
ESPEJO A CANAL	FLEXITALLIC O SIMILAR	CANAL A TAPA		
CORROSION PERMISIBLE		LADO ENVOLVENTE	3.2 mm.	LADO TUBOS 3.2 mm
CODIGOS REQUERIDOS : ASME SECC. VIII DIV. 1; TEMA "R"				RELEVADO DE ESFUERZOS : REQUIERE
PESO ENV. Y HAZ DE TUBOS	Kg	HAZ DE TUBOS	Kg	LLENO DE AGUA Kg
PESO DE OPERACION	Kg			

NOTAS GENERALES:
 SOLO COMO REFERENCIA



PLANTA : PLANTA DESHIDRATADORA DE CRUDO

HECHA POR : JRCH

HOJA 1 DE 2

LOCALIZACION : SONDA DE CAMPECHE

REVISADA POR : FLG

FECHA : DICIEMBRE 1997

CLAVE : EA-102 A/B

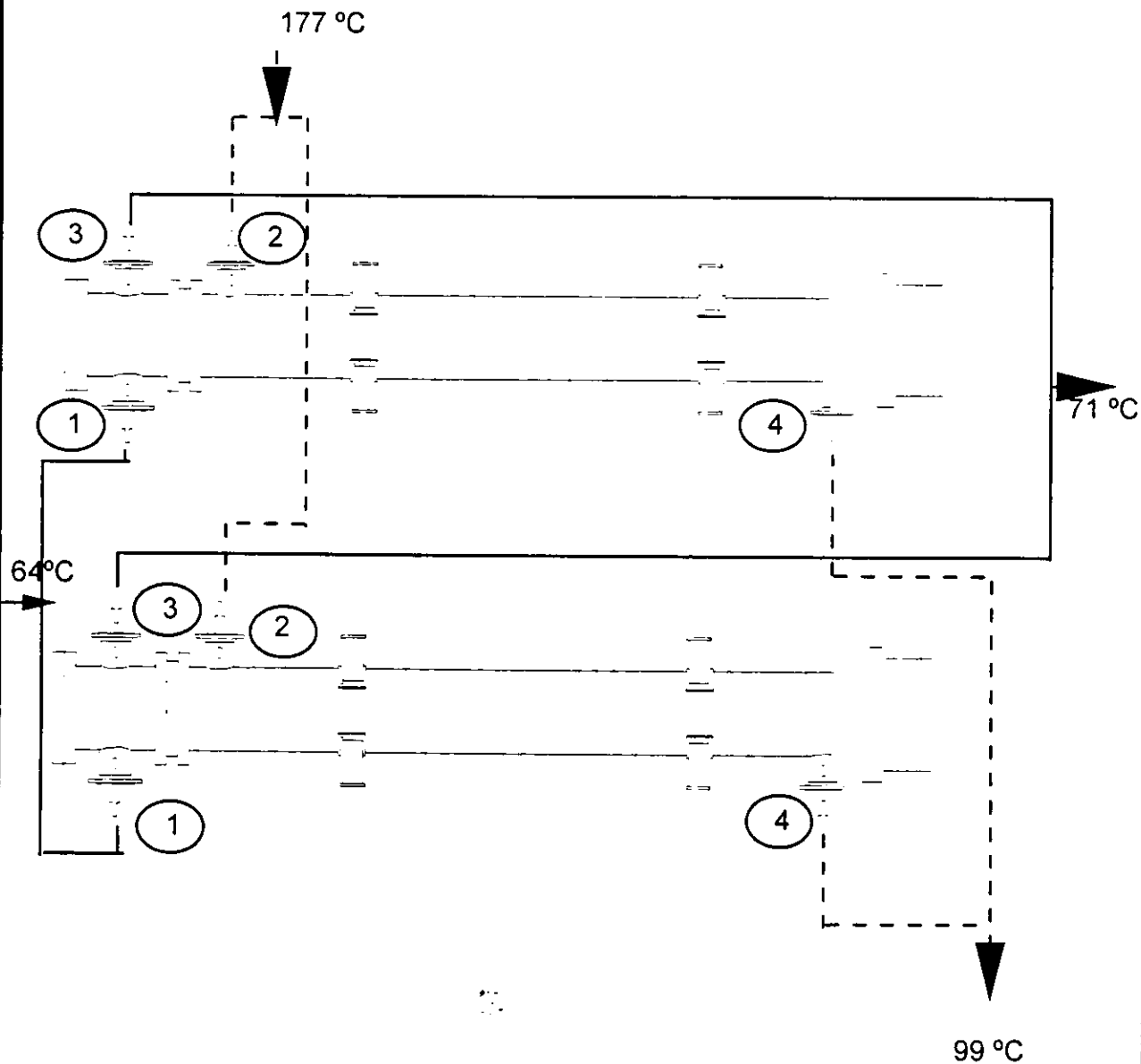
APROBADA POR : HRD

No. UNIDADES : UNA

SERVICIO POR UNIDAD : CALENTADOR DE CRUDO HÚMEDO

EDICION : PRELIMINAR

HOJA DE DATOS



NOTAS GENERALES:

NOTAS GENERALES:	DIAMETRO mm				SERVICIO
	NUM	CANT.	DIAMETRO	Y RANGO	
Nº. DIB. 007	1	2	356	150	ENTRADA DE CRUDO
SOLO COMO REFERENCIA	2	2	153	150	ENTRADA DE ACEITE DE CALENTAMIENTO
	3	2	356	150	SALIDA DE CRUDO
	4	2	153	150	SALIDA DE ACEITE DE CALENTAMIENTO



PLANTA : DESHIDRATADORA DE CRUDO
 LOCALIZACION : SONDA DE CAMPECHE
 CLAVE : EA-101 A/B
 No. UNIDADES : 1 (UNA)

HECHA POR: JRCH
 REVISADA POR: FLG

HOJA 1 DE 2
 FECHA : DICIEMBRE 1997
 APROBADA POR : HRD
 EDICION: PRELIMINAR

**CAMBIADOR DE CALOR
 HOJA DE DATOS**

SERVICIO POR UNIDAD : ENFRIADOR DE CRUDO DESHIDRATADO
 TAMAÑO : 965 x 4877 mm. TIPO: AES POSICION: HORIZONTAL
 SUPERFICIE POR UNIDAD (GRUESA / EFECTIVA) : 450 m² ENVOLVENTES POR UNIDAD: 2 (DOS)
 SUPERFICIE POR ENVOLVENTE (GRUESA / EFECTIVA) : 225 m² ARREGLO DE ENVOLVENTES : 1 SERIE 2 PARALELO

CONDICIONES DE OPERACION POR UNIDAD

FLUIDO CIRCULADO	LADO ENVOLVENTE				LADO TUBOS	
	CRUDO DESHIDRATADO				AGUA DE MAR	
FLUIDO TOTAL ENTRADO	LB / HR	KG / HR	1 217 300		590 360	
LIQUIDO	LB / HR	KG / HR	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
GRAVEDAD ESPECIFICA			1 217 300	1 217 300	590 360	590 360
CONDUCTIVIDAD TERMICA	BTU / HR-PIE-°F	KCAL / HR-M-°C	0.8925	0.8948	1.022	1.019
CALOR ESPECIFICO	BTU / LB-°F	KCAL / KG-°C	0.4640	0.4590	0.9660	0.9670
VISCOSIDAD	cP	cP	18.5163	21.45	2.10	1.90
PESO MOLECULAR	LB / LBMOL	KG / KGMOL	276.92	276.92	18.02	18.02
VAPOR	LB / HR	KG / HR				
CALOR LATENTE	BTU / LB	KCAL / KG				
PESO MOLECULAR	LB / LBMOL	KG / KGMOL				
CONDUCTIVIDAD TERMICA	BTU / HR-FT-°F	KCAL / HR-M-°C				
CALOR ESPECIFICO	BTU / LB-°F	KCAL / KG-°C				
VISCOSIDAD	cP	cP				
DENSIDAD	LB / PIE 3	KG / M 3				
TEMPERATURA	°F	°C	71	66	30	35
PRESION (ATM. 14.7 psia)	LB / PULG ² MAN.	KG / CM ² MAN.	6.7	6.52	2.8	2.2
No. PASOS			1		4	
VELOCIDAD	PIE / SEG	M / SEG	1.3		1.57	
CAIDA DE PRESION	LB / PULG ²	KG / CM ²	0.7	0.28	1	0.60
FACTOR DE ENSUCIAMIENTO	HR-PIE ² -°F / BTU	HR-M ² -°C / KCAL	0.001		0.0006	
CALOR TRANSFERIDO		KCAL/HR	2 856 067		LMTD (CORREGIDA): 35.74 °C	
COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR		KCAL/HR-M ² -°C	LIMPIO	251.7	SERVICIO	177.6

CONSTRUCCION POR ENVOLVENTE

PRESION DE DISEÑO	LB / PULG ² MAN.	KG / CM ² MAN.	8.8	5
PRESION DE PRUEBA	LB / PULG ² MAN.	KG / CM ² MAN.	13.2	7.5
TEMPERATURA DE DISEÑO	°F	°C	85	50
TUBOS SA-179	No. 580 D.E. 25.4 mm.	ESPESOR 2.7 mm.	LONGITUD 4877 mm.	ARREGLO 32 mm.
ENVOLVENTE SA-516-70	D.I. 965 mm.	ESPESOR	TUBO TIPO LISO BWG 14	
CABEZAL DE RETORNO SA-516-70	TAPA DE CABEZAL FLOTANTE			
CANAL SA-516-70	TAPA DEL CANAL			
ESPEJOS: FIJO SA-516-70	FLOTANTE			
MAMPARAS/PLACA DE AMARRE SA-36	ESPACIAMIENTO mm / No. 670 / 6		TIPO MAMPARAS: SEGMENTADAS	
MAMPARÁ LONGITUDINAL	AISLANTE			
TIPO DE UNIÓN TUBO A ESPEJO: ROLADA	FAJAS DE SELLO SA-36			
EMPAQUES: ENVOLVENTE A CABEZAL FLEXITALLIC O SIMILAR	ENVOLVENTE A ESPEJO		FLEXITALLIC O SIMILAR	
ESPEJO A CANAL FLEXITALLIC O SIMILAR	CANAL A TAPA			
CORROSION PERMISIBLE	LADO ENVOLVENTE	3.2 mm.	LADO TUBOS	3.2 mm
CODIGOS REQUERIDOS : ASME SECC. VIII DIV. 1; TEMA "R"				
PESO ENV. Y HAZ DE TUBOS	Kg	HAZ DE TUBOS	Kg	LLENO DE AGUA
PESO DE OPERACION	Kg			

NOTAS GENERALES:

SOLO COMO REFERENCIA



PLANTA : PLANTA DESHIDRATADORA DE CRUDO

HECHA POR : JRCH

HOJA 1 DE 2

LOCALIZACION : SONDA DE CAMPECHE

REVISADA POR : FLG

FECHA : DICIEMBRE 1997

CLAVE : EA-101 A/B

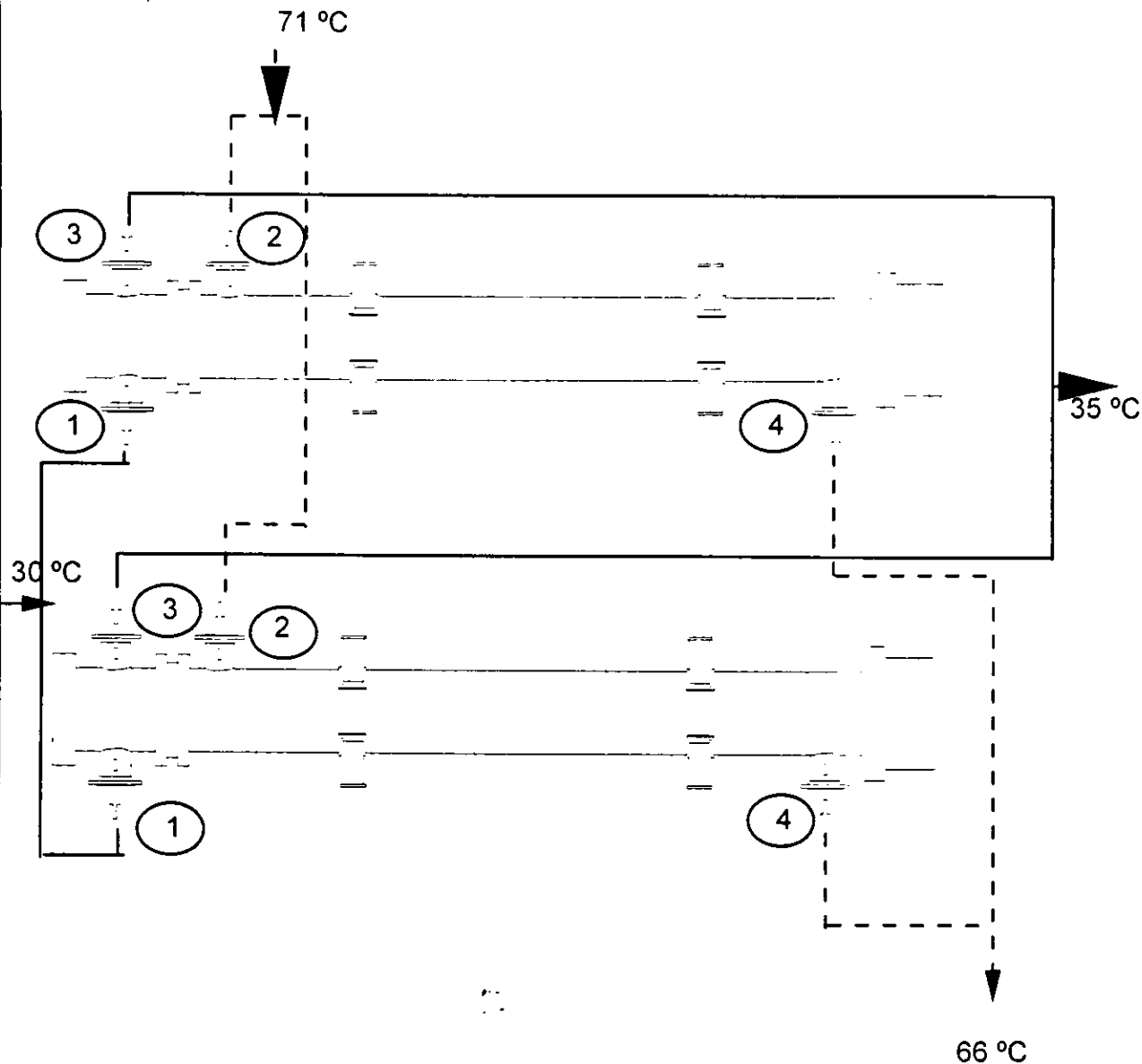
APROBADA POR : HRD

No. UNIDADES : UNA

SERVICIO POR UNIDAD : ENFRIADOR DE CRUDO DESHIDRATADO

EDICION : PRELIMINAR

HOJA DE DATOS



NOTAS GENERALES:

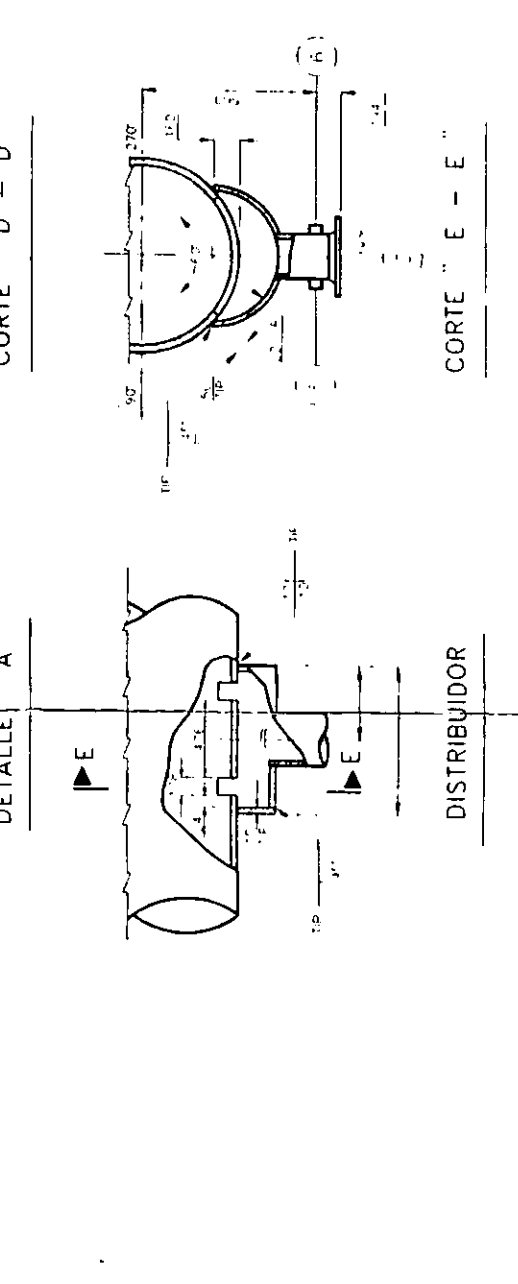
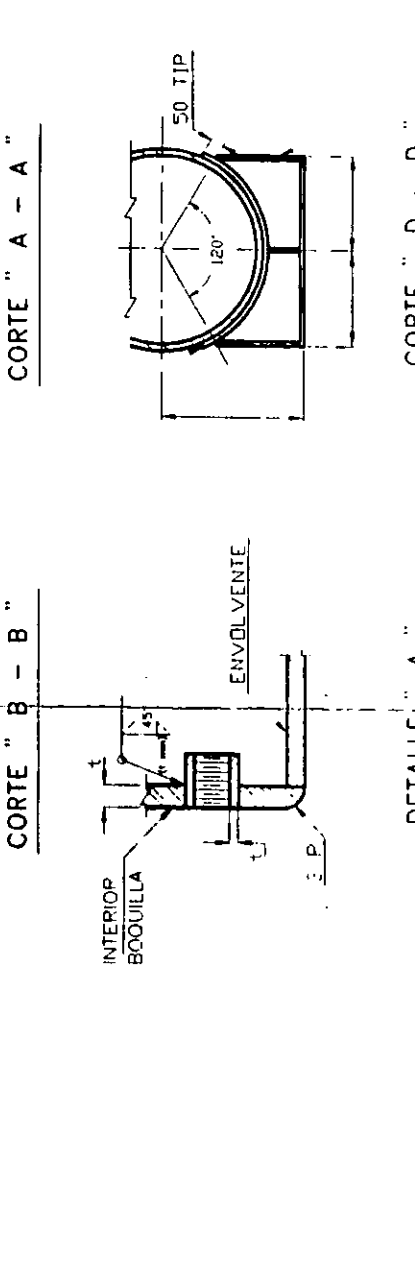
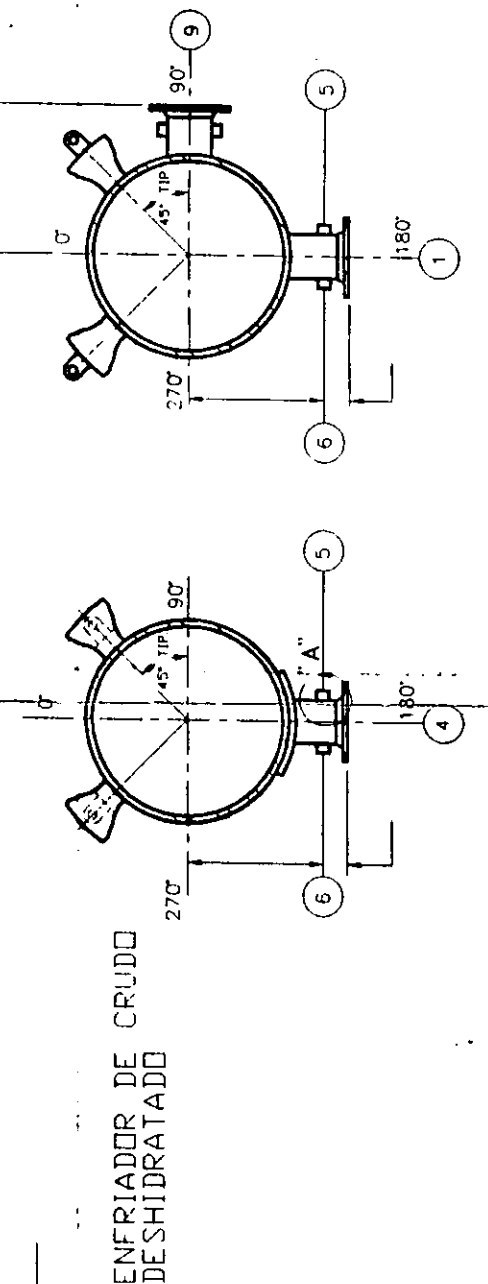
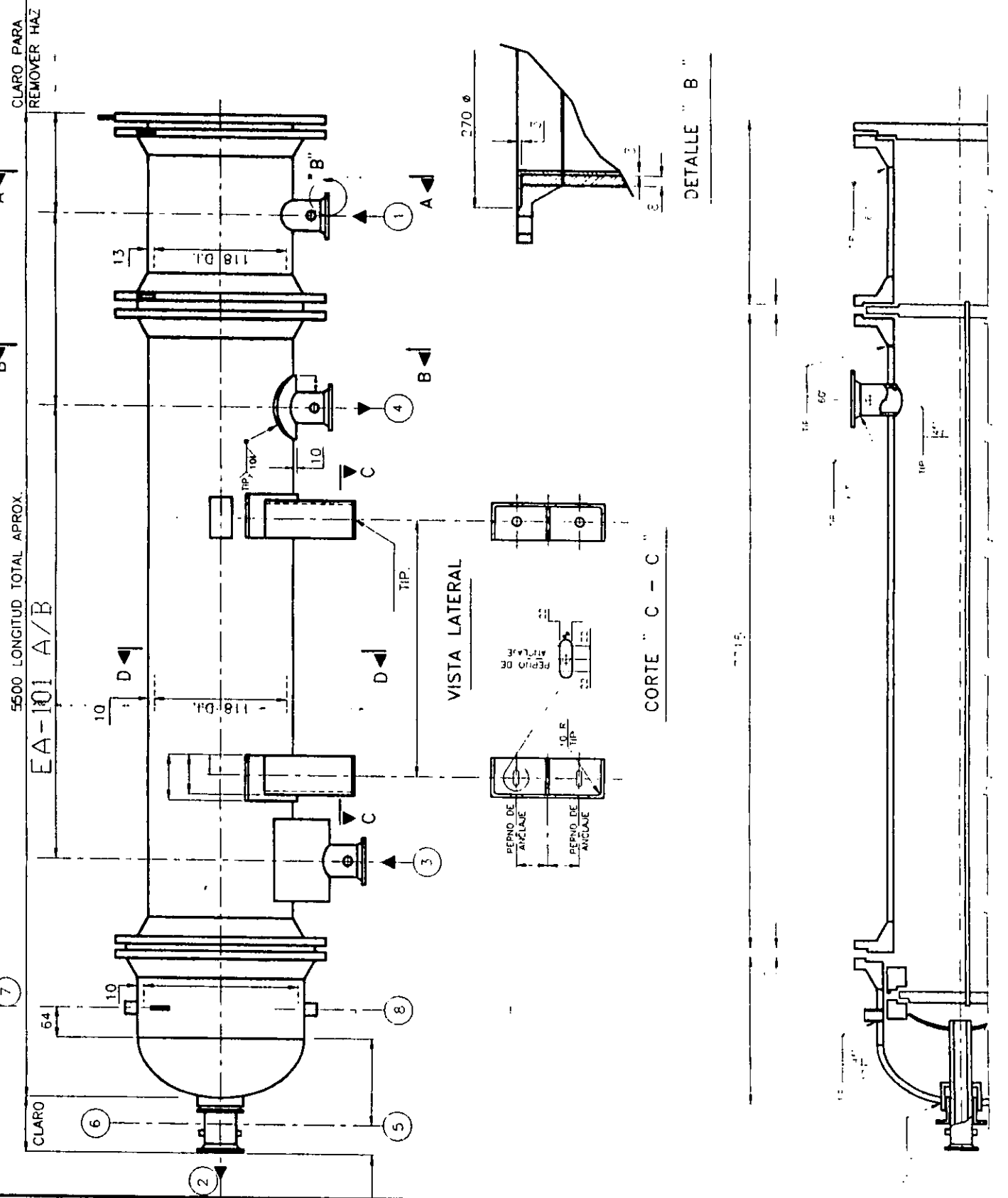
No. DIB. 009	DIAMETRO mm				SERVICIO
	NUM	CANT.	DIAMETRO	RANGO	
SOLO COMO REFERENCIA	1	2	254	42.2	ENTRADA DE AGUA DE MAR
	2	2	356	42.2	ENTRADA DE CRUDO DESHIDRATADO
	3	2	254	42.2	SALIDA DE AGUA DE MAR
	4	2	356	42.2	SALIDA DE CRUDO DESHIDRATADO

DATOS DE DISEÑO POR ENVOLVENTE

DATOS DE DISEÑO POR ENVOLVENTE

MATERIALES DE CONSTRUCCION

ENVOLVENTE	SA-285-C	MAMPARAS	SA-283-C	SERVICIO ENFRIADOR DE CRUDO DESHIDRATADO	TAMANO	965	4877	10	10	203 #	150	40	C.D. C.R.	LIMPIEZA
CUBIERTA DE LA ENVOLV	SA-285-C	PLACA DE PARTICION	NO REQUIERE	TUBOS	PASO	CUADRADO	275	9	1	19 #	3000	—	COPLE ROSC.	DRENE
CANAL	SA-285-C	TUERZAS	SA-194-2H	ENVOLV.	ESPARRAGOS	SA-193-B7	TOTAL	8	1	19 #	3000	—	COPLE ROSC.	VENTEO
TAPA CANAL	SA-105	ORIJAS DE IZAJE	SA-283-C	DESCRIPCION	TUBOS	SA-283-C	NO REQUIERE	5	4	19 #	3000	—	COPLE ROSC.	INDICADOR PRESION
BRIDAS	SA-105	COPLES	SA-105	PRECION DE DISEÑO	kg/cm ² man	8.8	NO REQUIERE	7.5	4	25 #	3000	—	COPLE ROSC.	INDICADOR TEMPERATURA
TUBOS PARA BOQ.	SA-106-B	AYILLO DE PRUEBA	SA-105	PRECION DE PRUEBA	kg/cm ² man	15.5	ASME VII DIV I TEMA "R"	55	4	254 #	150	40	C.D. C.R.	SALIDA AGUA DE MAR
SOPORTE SILLETAS	SA-283-C	PLACA DE FUEERZO	SA-285-C	TEMP. DE DISEÑO	°C	55	NO REQ	3.2	1	254 #	150	40	C.D. C.R.	ENTRADA AGUA DE MAR
BRIDA CAB FLOT.	SA-105	DISTRIBUIDOR	SA-285-C	CORPOSION PERMITIDA	mm	3.2	PESO VACIO	kg	3	356 #	150	40	C.D. C.R.	SALIDA CRUDO DESHIDRATADO
CUB CAB FLOT	SA-285-C	FAMAS DE SELLO	NO REQUIERE	No. DE PASOS	UNO	—	PESO LLENO DE AGUA	kg	2	356 #	150	40	C.D. C.R.	ENTRADA CRUDO DESHIDRATADO
ESPEJOS	SA-105	ASLANTE	REQUIERE	ASLANTE	REC.	—	PESO EN OPERACION	kg	1	356 #	150	40	C.D. C.R.	SERVICIO
TUBOS DE TRANSF.	SA-1111-706	SOPORTE P/ASLANTE	REQUIERE	ESPAESOR	1.651 mm	—	ESPAESOR DEL ASLANTE	mm	1	TAMANO Y RANCO	CEDULA	TIPO Y CARA		
VARILLAS ATIES	SA-36	TUBOS ESPACIADORES	SA-53-B	D.E.	25.4 mm LONC.	4977								



97

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONAUTICA

PROYECTO DE DISEÑO DE UN ENFRIADOR DE CRUDO DESHIDRATADO

FECHA: 15/05/2015

PROFESOR: DR. JOSE LUIS RAMIREZ

ALUMNO: JUAN CARLOS RAMIREZ

GRUPO: 1501

d) **Bombas de transferencia de crudo**

Es importante la operación de estos equipos para mantener el flujo y la presión de descarga en forma eficiente, sirven para enviar el crudo a la costa, por lo cual, se deben de mantener siempre en buen estado.

Funcionamiento :

El crudo entra por la boquilla de succión pasa al impulsor y este lo envía a la boquilla de descarga con la presión necesaria para llegar hasta la costa, el tipo de bombas utilizadas para este proceso es el siguiente API- 610 horizontales, tiene las siguientes características;

- ◆ Diseño para un amplio rango de servicio para altas temperaturas y / o presiones.
- ◆ Diseño tangencial que provee una eficiencia hidráulica máxima.
- ◆ La fecha es para trabajo pesado, mínima deflección, máxima vida en sello y mejor desarrollo de caballaje.
- ◆ Sistema de lubricación diseñado para mínimo requerimiento de energía y agua de enfriamiento, máxima remoción de calor generado.
- ◆ Máxima flexibilidad de sellos, cubiertas alargadas para las cavidades de los sellos que permite acomodar a un amplio rango de sellos mecánicos y requerimientos de empaques tipo API.
- ◆ Múltiples impulsores cerrados para cada tipo de carcasa.
- ◆ Bridas estándar tipo ANSI clase 300.
- ◆ Apoyos de líneas de centro reforzadas.

- ◆ Caja de agua de enfriamiento diseñada para minimizar el consumo de agua de enfriamiento cubierta removible para fácil limpieza y mantenimiento que permite una alta eficiencia de enfriamiento.
- ◆ Soportadas en patín estructurado.⁹

Los puntos críticos encontrados en la hoja de datos y dibujos esquemáticos;

- ◆ Estado del impulsor.
- ◆ Condición de la flecha.
- ◆ Estado de la carcasa.
- ◆ Lubricación de cojinetes.
- ◆ Condición de los instrumentos y válvulas de medición.
- ◆ Revisión del estado de sellos.
- ◆ Condición del accionador, engranes y baleros.
- ◆ Aislamientos eléctricos.
- ◆ Condición de tuberías y accesorios periféricos.
- ◆ Estado del motor eléctrico.
- ◆ Esmalte de los embobinados.
- ◆ Medición de la corriente eléctrica al motor.
- ◆ Calidad de lubricantes
- ◆ Sistema de enfriamiento de los baleros.
- ◆ Estado de empaques, uniones y coples.

⁹ Gould Pump Manual Mc Graw Hill



PLANTA : DESHIDRATORA DE CRUDO
 LOCALIZACION : SONDA DE CAMPECHE
 CLAVE : GA-101 A/D/R
 No. UNIDADES : 1 (UNA)

HECHA POR: JRCH
 REVISADA POR: FLG

HOJA 1 DE 1
 FECHA : DICIEMBRE 97
 APROBADA POR : HRD
 EDICION : 0

BOMBA CENTRIFUGA HOJA DE DATOS

SERVICIO POR UNIDAD : BOMBA DE TRANSFERENCIA DE CRUDO NUMERO DE BOMBAS : 6 No DE ACCIONADORES DE MOTOR : 6 No DE ACCIONADORES DE TURBINA : 0
 FABRICANTE : GOULDS PUMP No DE MOTOR : No DE TURBINA :
 TAMAÑO Y TIPO : L x A 6 x 1.5 m SUMINISTRADO POR : GOULDS PUMP SUMINISTRADA POR :
 NUMERO DE ETAPAS : SIETE MONTADO POR : GOULDS PUMP MONTADA POR :

LÍQUIDO CONDICIONES DE OPERACIÓN CONDICIONES AMBIENTALES

FLUIDO	CRUDO DESHIDRATADO	CAPACIDAD (GPM / LTS)	TEMPERATURA (°F / °C)	MAXIMA	MINIMA
TEMPERATURA DE BOMBEO (°C)	NORMAL 86 MAX. MIN.	NORMAL 1188 DISEÑO 1304	HUMEDAD RELATIVA (%)	MAXIMA	MINIMA
GRAVEDAD ESPECIFICA		PRESION DE DESCARGA (PSIG / KG / CM² MAN.)	ALTURA (Ft / m)		
PRESION DE VAPOR (PSIA / KG / CM²)		PRESION DE SUCCIÓN (PSIG / KG / CM² MAN.)	<input type="radio"/> INTERIOR <input type="radio"/> CALENTADA <input type="radio"/> TECHADA		
VISCOSIDAD	CP	MAXIMA 59 DISEÑO 65	<input type="radio"/> EXTERIOR <input type="radio"/> SIN CALENTAMIENTO <input type="radio"/> A SOLEADA		
CORROSION/EROSION CAUSADA POR:		DIFERENCIA DE PRESION (PSI / KG / CM² MAN.)	OTRAS:		
		DIFERENCIA DE CABAJO (ft / m)			
		NPSH DISPONIBLE (ft / m)			
		POTENCIA HIDRAULICA (HP)			

OPERACIÓN

CURVA DE COMPORTAMIENTO:	FLUJO MINIMO CONTINUO (GPM / LTS) :	NPSH REQUERIDO (ft / m DE AGUA) :
VELOCIDAD (RPM) : 3550	TÉRMINICO: ESTABLE :	1% DE CAIDA DE CABAJO :
EFICIENCIA (%) : 70	MAX. CABAJO , RANGO DEL IMP. (Ft / m) :	HORAS DE VIDA DEL IMPULSOR :
POTENCIA DE DISEÑO (BHP) :	POTENCIA MAX., RANGO DEL IMP. (BHP) :	VELOCIDAD ESPECIFICA DE LA SUCCIÓN : 40 000

CONSTRUCCION

BOQUILLAS	TAMAÑO	RANGO	CARA	LOCALIZACION	CONEXIONES	TAMAÑO	LOCALIZACION
SUCCION					DREN		
DESCARGA					VENTEO		
TAMBOR					VALVULA DE PRESION		
ARMAZON DE LA TUBERIA DE REVESTIMIENTO				DIÁMETRO DEL IMPULSOR (in / cm)	BALCEROS (TIPO / No)		
<input checked="" type="checkbox"/> PIE	<input type="checkbox"/> LINEA DE CENTRO	DISEÑO:	MAX.:	MIN.:	RADIAL:	EMPUJE DE BOLAS:	
<input type="checkbox"/> EN LINEA	<input type="checkbox"/> CERCA DE CENTRO	ROTACION :				TIPO DE LUBRICANTE	
<input type="checkbox"/> EN BRAZO	<input type="checkbox"/> VERTICAL	<input type="checkbox"/> CW	<input type="checkbox"/> CCW	<input type="checkbox"/> API 51 <input type="checkbox"/> GRASA			
<input type="checkbox"/> SUMIDERO	<input type="checkbox"/> BARRIDO VERTICAL	ARMAZON DEL IMPULSOR :		<input checked="" type="checkbox"/> ACEITE DE ANILLOS	<input type="checkbox"/> A PRESION		
RAJA TUBOS:		<input type="checkbox"/> Btwn	<input type="checkbox"/> Overhung	<input type="checkbox"/> POR INUNDACION <input type="checkbox"/> MEZCLA DE ACEITES			
<input type="checkbox"/> AXIAL	<input checked="" type="checkbox"/> RADIAL	EMPAQUE : A.C.		FABRICANTE :			
TIPOS DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO		TAMAÑO / No DE ANILLOS:		TIPO :			
<input type="checkbox"/> SIMPLE	<input type="checkbox"/> DOBLE	SELLOS MECANICOS : A.C.		FABRICANTE :			
<input type="checkbox"/> DIFUNDIRA	<input type="checkbox"/> EN ZIG ZAG	CÓDIGO CLASE API : 810		TIPO :			
PRESION MAX. PERMISIBLE (PSIG / KG / CM²)		FABRICANTE :		MODELO :			
		MODELO :					

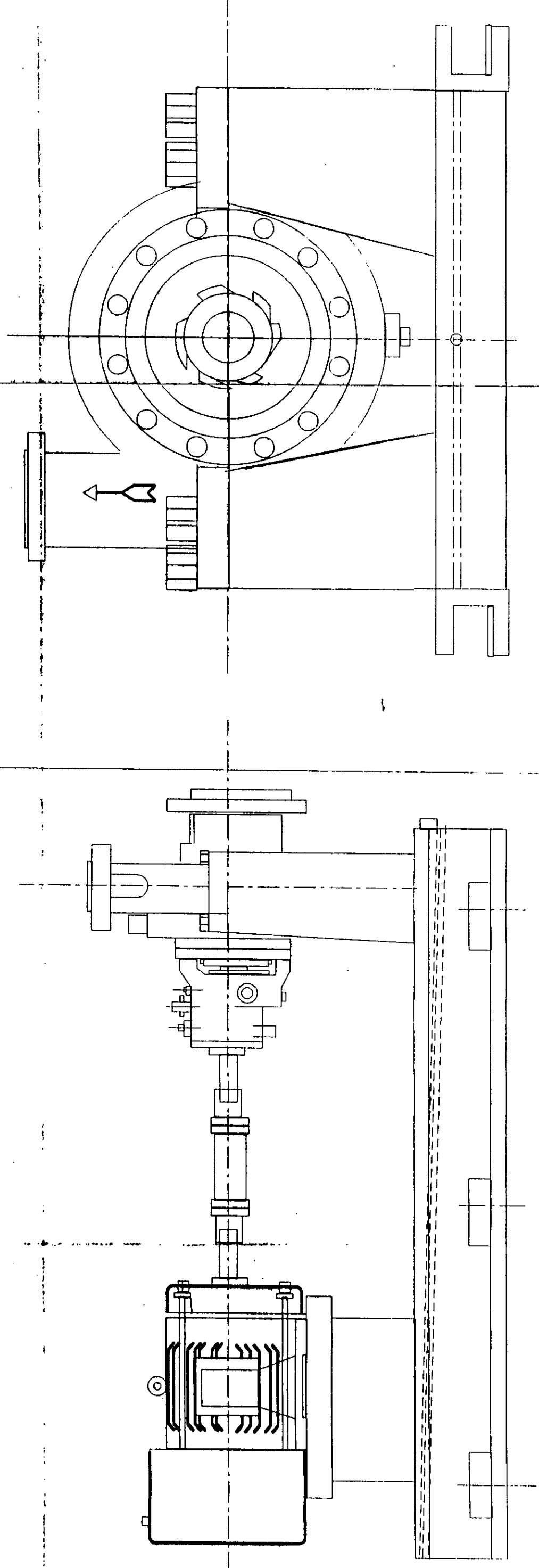
MATERIALES

<input type="checkbox"/> CALSIFICACION TABLA E-1 :	<input type="checkbox"/> ANILLOS DE DESGASTE CARCAZA / IMPULSOR:	BASE DEL PLATO:	A.C.
<input type="checkbox"/> BARRIL / CARCAZA AISI 4140	<input type="checkbox"/> IMPULSOR AISI 4140	MATERIAL TIPO :	A.C.
<input type="checkbox"/> FLECHA AISI 4140	<input type="checkbox"/> CUBIERTA A.C. ASTM A216 WCB	CANAL :	A.C.

NOTAS:

SOLO COMO REFERENCIA

DIBUJO ESQUEMATICO
 BOMBA API 610
 PROCESOS DE
 ALTA TEMPERATURA
 Y PRESION



BOMBA DE TRANSFERENCIA
 DE CRUDO DESHIDRATADO

		CÁMERA DE CALIBRE		PÁGINA 011 DE 011	
INSTITUCIÓN:		TÍTULO:		FECHA:	
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CRUDO		PROYECTO:		ESCALA:	
CLIENTE:		DISEÑADOR:		REVISOR:	
FECHA:		LUGAR:		MATERIAL:	
NOMBRE DEL CLIENTE:		NOMBRE DEL PROYECTO:		NOMBRE DEL DISEÑADOR:	
FECHA:		LUGAR:		MATERIAL:	
NOMBRE DEL CLIENTE:		NOMBRE DEL PROYECTO:		NOMBRE DEL DISEÑADOR:	
FECHA:		LUGAR:		MATERIAL:	

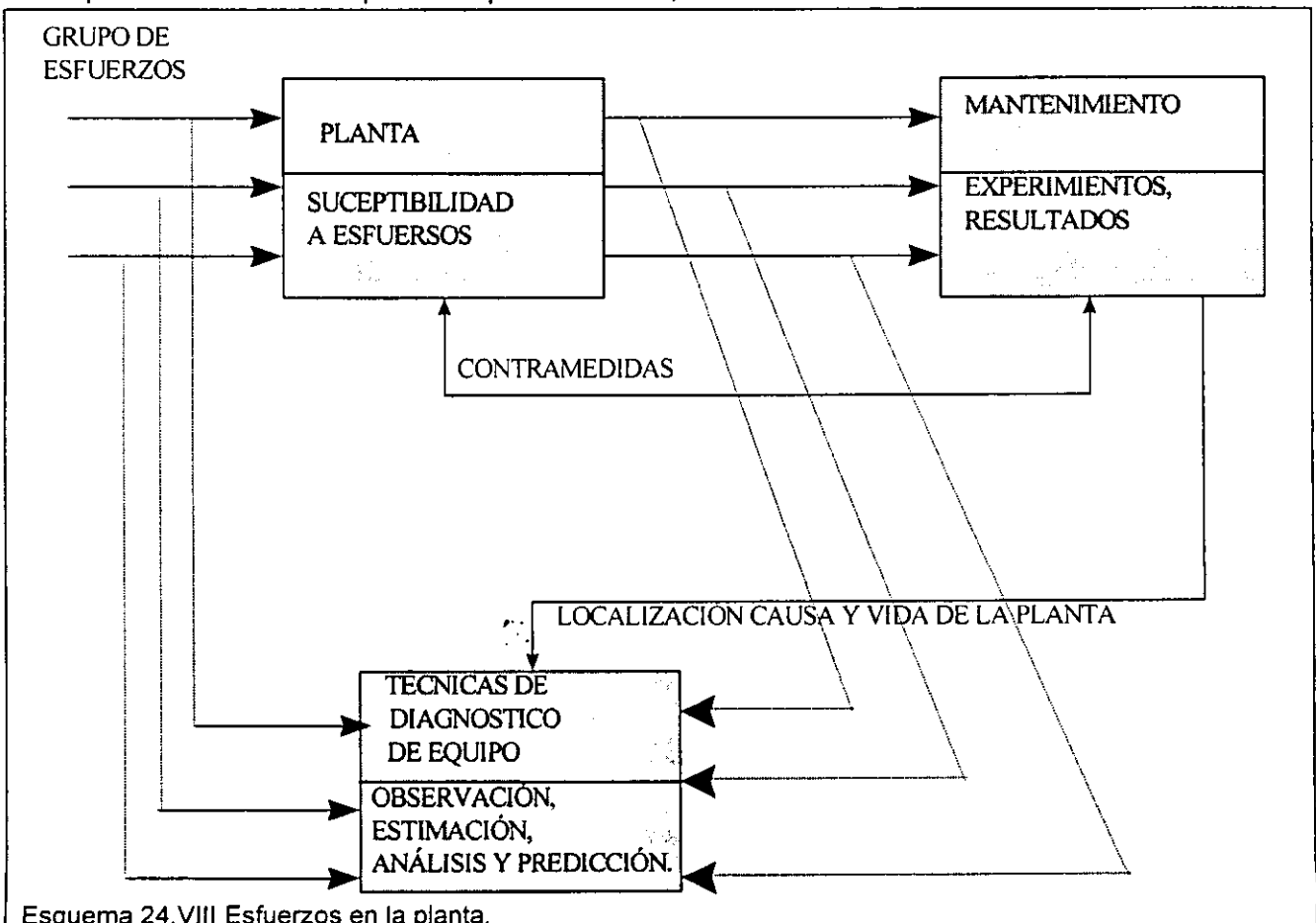
COMENTARIOS 20-MB-A

VIII TÉCNICAS DE DIAGNOSTICO

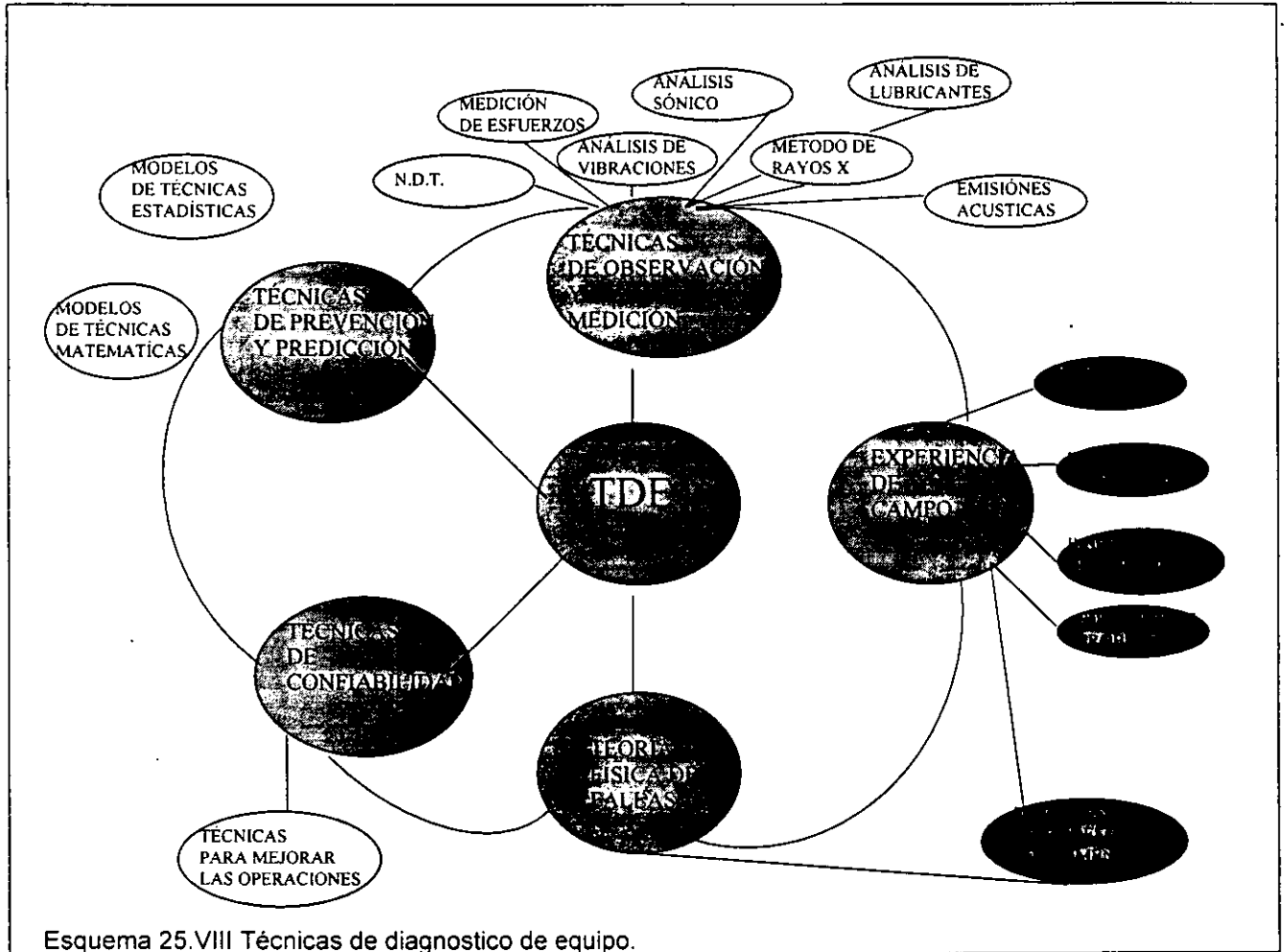
VIII.1 Técnicas de diagnostico de equipo

Es importante llevar acabo durante la operación de planta la ejecución las técnicas de diagnostico de equipo, por que después de la diaria inspección de mantenimiento, hecha por los 5 sentidos ó mediciones de vibraciones por medio de vibrometros. Las técnicas de diagnostico de equipo es realizada para intentar predecir cuantitativamente la aparición de anomalías por medio de la observación, análisis y estimación de los esfuerzos presentados en la planta en operación, lo cual permite detectar cualquier anomalía sin llegar al rompimiento o falla total del equipo.

Esquemáticamente se puede representar así;



Como se conforman las técnicas de diagnostico (TDE);¹⁰

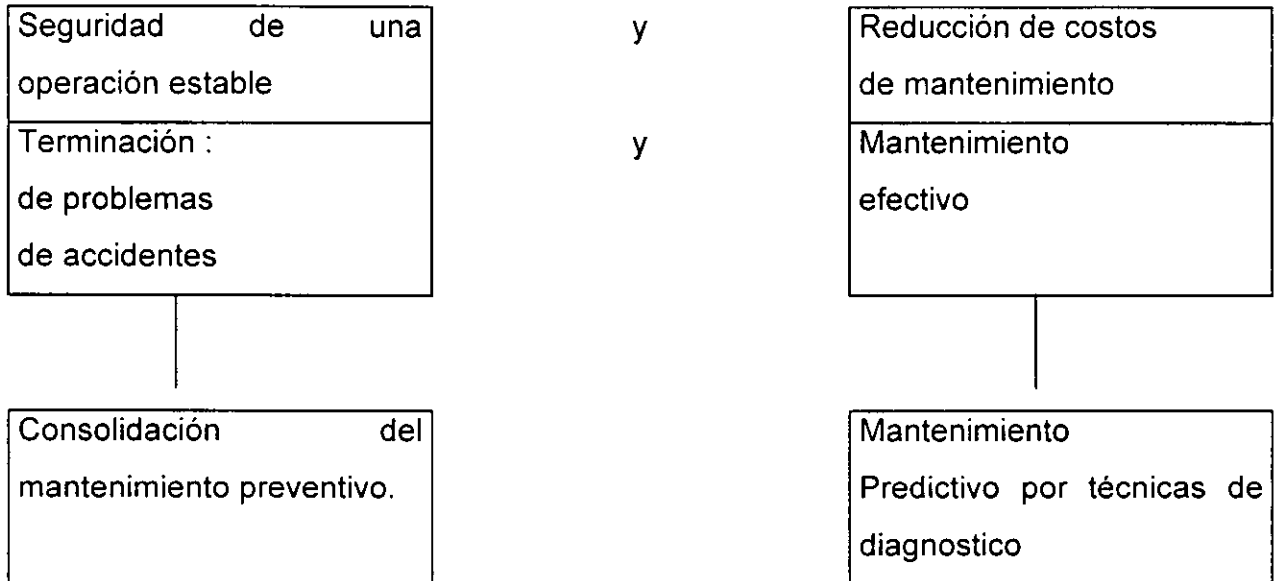


La aplicación de las técnicas de diagnostico de permite realizar de una manera más efectiva el mantenimiento del equipo, por la gran cantidad de datos que aporta para detectar mal funcionamiento o necesidad de reparación.

¹⁰ Plant Maintenance Engineering Mitsubishi Chemical Corporation

Por la aplicación de estas técnicas se puede lograr que el mantenimiento cambie de preventivo a predictivo.

Con los siguientes cambios:



Esquema 26.VIII Aplicación de las tecnicas de diagnostico de equipo.

VIII.2 Técnicas y principios de los métodos de diagnosis

a) Rayos X

Prácticamente todos los materiales usados están formados por finos granos de cristales de aproximadamente 10 micrón. Cuando cualquier fuerza externa es aplicada al cristal, los átomos son arreglados en los granos con un cambio a una distancia regular a causa de la deformación elástica. Esta deformación es llamada modulo de Youngs se caracteriza por las siguientes mediciones;

- ◆ La medición de esfuerzos residuales pueden realizarse de una forma no destructiva.
- ◆ La construcción del cristal puede ser realizada por la imagen difractada.
- ◆ Medición de esfuerzos de forma local.
- ◆ Las mediciones producen resultados instantáneos.

Principales aplicaciones

- ◆ Predicción de rupturas por esfuerzos en zonas donde existe corrosión.
- ◆ Confirmación del efecto de recalentamiento de la soldadura después de una reparación
- ◆ Evaluación del deterioro del material por fatiga.

b) Emisión acústica

Cuando un sólido es deformado plásticamente o roto, la energía sónica emitida es liberada en forma de energía de tensión. Con un sensor supersónico de sonido, es capturada la energía sónica y por medio de varios tratamientos analíticos, la localización y velocidad permiten determinar el tamaño de la ruptura.

Este método se caracteriza por lo siguiente:

- ◆ Es aplicable a equipo en operación.
- ◆ Se puede encontrar el último máximo esfuerzo aplicado.
- ◆ Para boquillas de difícil remoción para examinar.
- ◆ Desarrollo de rupturas en arranques.
- ◆ Diagnóstico de anomalías en máquinas rotatorias o de baleros.

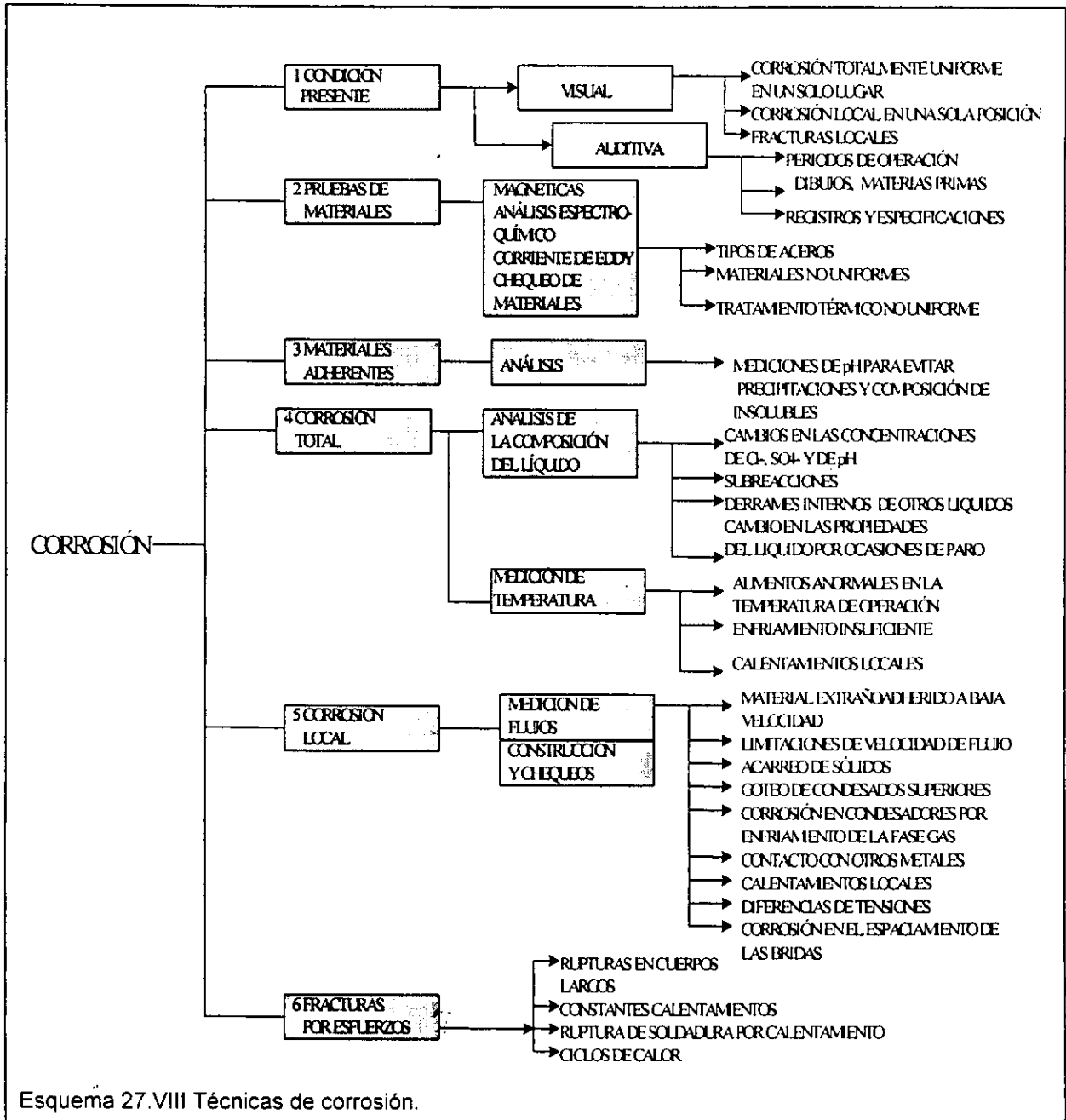
c) Termografía

Se utiliza la relación de la regla de Stefan - Borzman entre la energía emitida de una sustancia y la superficie expuesta, se puede medir esa energía y obtener la temperatura esta técnica es comúnmente llamada rayos infrarrojos y sus principales aplicaciones son:

- ◆ Poluciones ambientales.
- ◆ Derrames anormales de petróleo flotando en el mar.
- ◆ Detección de fuentes anormales de calor.
- ◆ Detección de gases venenosos.
- ◆ Supervisión de hornos y descargas de agua caliente en la planta.

d) Corrosión

Las técnicas de corrosión se basan en el estudio e investigación de varias condiciones y causas como se muestra en el siguiente diagrama:



En este diagrama se puede observar como asumir la causa de corrosión, reproducirla y tomar las contramedidas por medio la investigación general o la literatura técnica.

Clasificación de los métodos de diagnóstico de corrosión.

Diagnostico de corrosión	Método	Contenido	Aplicabilidad	Limite
Bajo	Medición de cambio de pesos.	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio total en la corrosión 	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil • Cuantitativo • Directo 	<ul style="list-style-type: none"> • Solo da un valor total de la corrosión • Incluye algo de error por corrosión del material • No aplicable a corrosión local.
Operación de	Métodos electroquímicos 1. Cambios en la resistencia de la polarización 2. Cambio en dipping eléctrico	Evaluación cuantitativa en la corrosión extendida. Evaluación de las características ambientales de corrosión.	<ul style="list-style-type: none"> • Posible medición continua • No destructiva 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere medición directa • Causa disturbios al aislamiento por la alta resistencia del líquido.
La planta	1. Análisis de iones metálicos contenidos en el líquidos. 2. Cantidad generada de hidrogeno. 3. Cantidad de oxígeno consumido.	Evaluación cuantitativa de la corrosión	Rapidez de predicción del grado de corrosión.	<ul style="list-style-type: none"> • Disolución insuficiente de producto. • Sustancias precipitadas (Sulfatos) • Corrosión sólo en condiciones ácidas. • Corrosión por consumo de oxígeno.

Tabla 11.VIII Métodos de corrosión.

Diagnostico de corrosión	Método	Contenido	Aplicabilidad	Limite
Realizado	Observación Visual	Criterios para juzgar la forma de evaluación. <ul style="list-style-type: none"> • Extensión de oxidación. • Existencia de la generación de fracturas. • Extensión de la corrosión. • Fotografiado 	Fácil	<ul style="list-style-type: none"> • Subjetivos • Cuantitativo
Fuera de	Examinación no - destructiva Medición de espesores.	<ul style="list-style-type: none"> • Rayos X, Ultrasonido. • Corrientes de Eddy 	Cuantitativa	1. Valor total de la corrosión. 2. Sólo información de secciones medidas.
Operación de	Examinación destructiva	<ul style="list-style-type: none"> • Colección de secciones corroídas. • Cambios en la estructura del cristal 	Suplemental	Cuantitativa
La planta	Cambio en las propiedades mecánicas.	<ul style="list-style-type: none"> • Medición de esfuerzos ; dureza y tiempo de ruptura • Esfuerzos por corrosión y test de fragilidad por hidrogeno 	Medición del cambio de las propiedades mecánicas.	Sólo valor total de la corrosión.

Continuación tabla 11.VIII

VIII.2 Como juzgar el deterioro de los equipos.

Existen diferentes tipos de problemas ocasionados por el deterioro debido a varias causas como las siguientes; fragilidad, daño por hidrogeno, debilitamiento por temperatura después del tratamiento térmico, debilitamiento térmico y de fases, precipitación de sustancias con carbón, cementación y descarburaciones, etc.

Los métodos para juzgar el daño de hidrogeno se basan en la medición de la cantidad de hidrogeno acumulado, existencia de microrupturas detectadas por el con microscopio, decremento de la elongación determinada por el test de tensión, existencia de puntos plateados que indican la presencia de fracturas en el plano, análisis de rupturas por medio de escaners y microscopio electrónico.

Estos métodos requieren de pruebas destructivas, por que para determinar el contenido de hidrogeno del equipo se necesita tomar una pieza, para someterla a las diferentes pruebas.

El daño ocasionado por la temperatura se presenta cuando el material sufre un sobrecalentamiento notándose los siguientes cambios, disminución de la ductilidad, elongación y dureza al impacto. También se identifican granos de impurezas por medio de análisis espectroscopico, para examinar estos deterioros se requieren pruebas no - destructivas y evaluar la temperatura del cuarto e inspecciones microscópicas de las estructuras. Otros métodos de examinación es por medio de electromagnetismo e inspección ultrasónica, esto permite determinar la existencia de fracturas o fragilidades.

VIII.3 Métodos de medición de escurrimiento.

La principal aplicación de estos métodos es en tanques, recipiente a presión, tuberías, juntas y secciones de soldaduras. Se caracterizan por detectar la burbuja creada en el punto de escurrimiento para lo cual se presuriza o se lleva a vacío y se utiliza un agente burbujante, un gas, un detector y se realiza durante un cierto tiempo.

Los métodos utilizados son; Burbujeo, halógeno, helio, variación de presión y amoniaco. Los gases utilizados son los siguientes; aire, helio y gas de amonia o de halógenos.

VIII.4 Predicción de la vida del equipo

El término de vida es tomado para un promedio de tiempo donde un cuerpo o parte del equipo, puede ser reparado o reemplazado cuando este comienza hacer incapaz para realizar el movimiento o función para la cual ha sido especificado.

No se puede hacer una predicción de la vida de un equipo, si no se toma en cuenta los procesos a los que son sometidos desde el principio de la producción hasta el fin de su ciclo por lo cual, para este hecho se tienen que tomar las medidas que eviten su descompostura.

Tres datos son fundamentales en la predicción de vida de los equipos:

- a) El margen del valor del deterioro del material y partes sujetas a esfuerzos en el tiempo de producción.

- b) Valor de los esfuerzos acumulados en las partes y miembros durante el periodo de servicio.
- c) La relación cuantitativa entre esfuerzos y deterioro.

Estos tres puntos no son fáciles de obtener por lo cual, se utilizan los siguientes métodos para cada caso respectivamente;

- a)
 - Test de datos para anticorrosión.
 - Test de esfuerzos.
 - Test de durabilidad utilizando un modelo.
- b)
 - Numero de arranques y paros.
 - Registros de fluctuaciones de presión y temperatura.
 - Medición de esfuerzos.
 - Medición de corrosión por medio del potencial eléctrico.
- c)
 - Diagramas S-N.
 - Diagramas Larson - Miller
 - Método de calculo de vida un maquina laminadora.
 - ASME boiler y recipientes a presión Código VIII SEC. III

A estos métodos también se les pueden sumar estadísticas, teoría de confiabilidad y rupturas físicas. Todos estos métodos son vitales para remediar estos problemas.

IX PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Existen diferentes tipos de planeación del mantenimiento distinguiéndose los siguientes casos:

- a) Planeación anual del mantenimiento
- b) Planeación mensual del mantenimiento
- c) Planeación semanal del mantenimiento.
- d) Planeación diaria del mantenimiento.
- e) Planeación de reparaciones periódicas.

a) Planeación anual del mantenimiento.

Este plan es comenzado cada año tomando en cuenta la planeación operacional, el arreglo de las grandes partes de repuesto y de equipo de mayor tamaño.

b) Planeación mensual del mantenimiento

Esta planeación esta principalmente preparada para el día de mantenimiento realizado una vez al mes, e incluye la inspección mensual, basada en los requerimientos que apliquen en su caso.

c) Planeación semanal del mantenimiento.

En este plan los trabajos diarios no intervienen ni perturban la operación por que esta planeada para cada semana. Consiste en las inspecciones de rutina (Lubricación ajuste o revisión visual) y reparaciones menores.

d) Planeación diaria del mantenimiento.

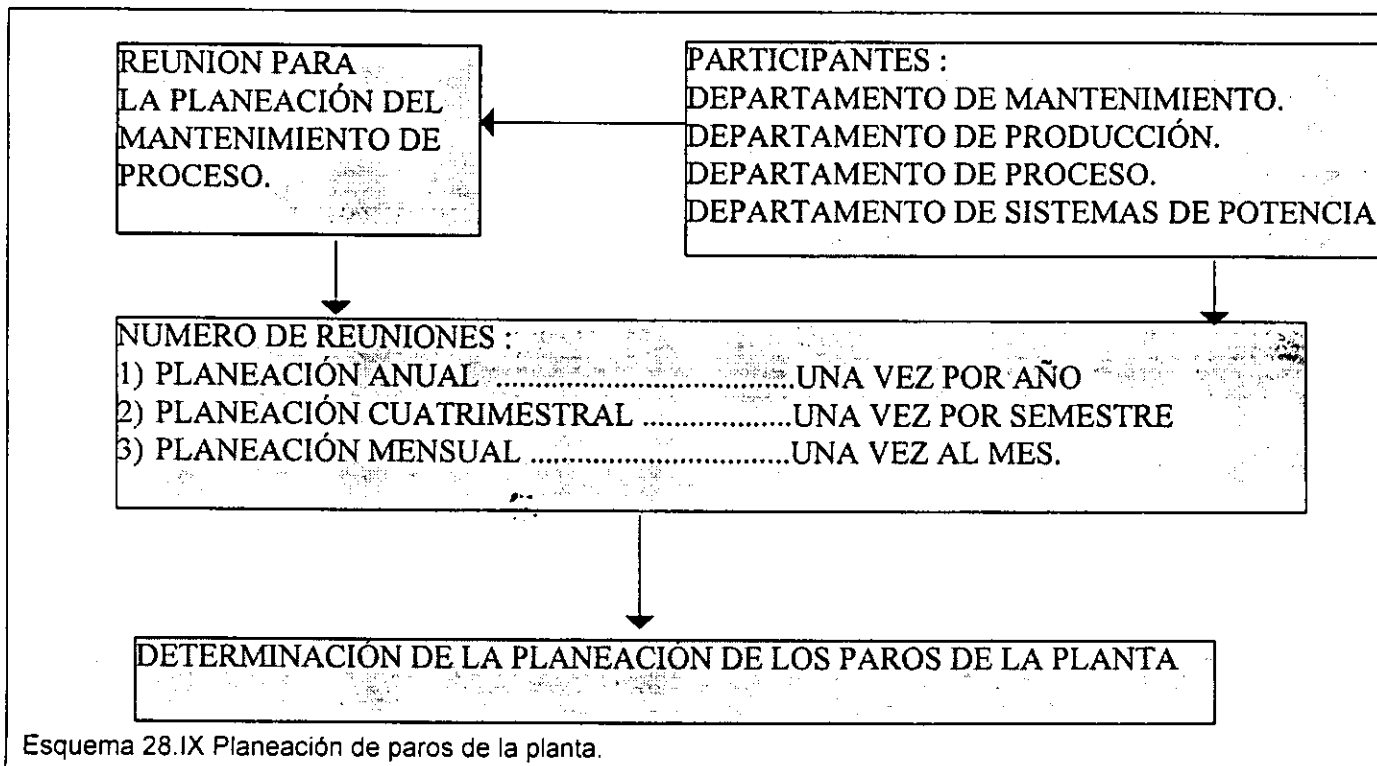
Es la preparada de acuerdo a las listas de reportes de inspección.

e) Planeación de reparaciones periódicas.

Son los planes para ser llevados a cabo cuando la planta detiene las operaciones por periodos largos de tiempo.

IX.1 Planeación de los paros de la planta.

La planeación de paros reparaciones en la planta, requiere ajustes con los planes de producción, el paro puede ser preparado después de consultar con los departamentos de manufactura y proceso, todo esto basado en la planeación del mantenimiento preparado por el mismo departamento.



Esquema 28.IX Planeación de paros de la planta.

IX.2 Método de planeación del mantenimiento anual y semestral.

La planeación del mantenimiento anual es el plan que asegura la confiabilidad de la planta permanezca durante un largo periodo de tiempo. ¹¹

El procedimiento para realizar la planeación anual es el siguiente. :

Crear una lista que contenga los siguientes aspectos:

1. Requerimientos legales regionales por ejemplo; (inspecciones reglamentarias de equipo hecha por las autoridades cada dos años una vez), normas y códigos.
2. Ciclo de remplazo
3. Resultados del diagnostico de la planta (medidas de la degradación en equipos).
4. Medidas de prevención de fallas.
5. Logros del plan anterior.

Selección de los aspectos para la planeación anual, estableciendo un orden de prioridad.

Determinación del tiempo de ejecución, el cual depende del ciclo de remplazo, condición de la planta, requerimientos legales etc.

Calculo del costo de horas - hombre y calendarización.

Confirmación de los trabajos de procura y procedimientos.

Entrega de partes grandes, materiales y todo los procedimientos legales que ocasionan. A continuación se presenta una tabla con los elementos de la planeación anual. Para los equipos de la planta deshidratadora: Deshidrator Electrostatico, Intercambiadores de calor y bombas.

¹¹ PME How to establish and execute maintenance

IX) PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Plan anual¹²

EQUIPO	ACTIVIDAD	MÉTODO
DESHIDRATADOR ELECTROSTÁTICO FA-101A/B	• Margen de corrosión en paredes internas	Corrientes de Eddy. Ultrasonido.
	• Desgaste del recubrimiento interno.	Visual.
	• Detección de fugas y derrames de fluidos.	Prueba Neumática. Prueba Hidrostática.
	• Revisión y limpieza de rejillas e internos	Mecánico Manual.
	• Revisión de fracturas y rupturas en el envoltente	Ultrasonido.
	Transformador	• Estado de los conductores eléctricos
	• Funcionamiento del reactor.	Amperímetro.
	• Cambio de aceite	Manual.

¹² ASME American Society of Mechanical Engineering Código VIII Sec. III

IX) PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Plan anual¹³

EQUIPO	ACTIVIDAD	MÉTODO
PRECALENTADOR EA-102 A/B		
	<ul style="list-style-type: none"> Medición de espesores en el envoltente y tapas 	Vernier, Micrómetro. Ultrasonido.
	<ul style="list-style-type: none"> Detección de fugas en las juntas entre tubos y espejos. 	Prueba Hidrostática
	<ul style="list-style-type: none"> Remoción de canal y cabezales para limpieza. 	Mecánico Manual.
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión de fracturas y rupturas en el envoltente 	Medición por partículas electromagnéticas.
	<ul style="list-style-type: none"> Limpieza de tubos. 	Aplicación de varios tipos de limpieza ; Química adición de solventes o soluciones ácidas. Mecánica, cepillos rodantes "diablos", agua a alta presión y limpieza manual que remueva los depósitos duros.
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión de empaques 	Visual.
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión en el interior del envoltente por corrosión. 	Corriente de Eddy.

¹³ TEMA Section 4 Maintenance of Heat Exchanger

IX) PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Plan anual

EQUIPO	ACTIVIDAD	MÉTODO
ENFRIADOR DE CRUDO EA-101 A/B		
	<ul style="list-style-type: none"> Medición de espesores en el envolvente y tapas 	Ultrasonido. Vernier, Micrómetro.
	<ul style="list-style-type: none"> Detección de fugas en las juntas entre tubos y espejos. 	Prueba Hidrostática
	<ul style="list-style-type: none"> Remoción de canal y cabezales para limpieza. 	Mecánico Manual.
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión de fracturas y rupturas en el envolvente 	Ultrasonido.
	<ul style="list-style-type: none"> Limpieza de tubos. 	Aplicación de varios tipos de limpieza ; Química adición de solventes o soluciones ácidas. Mecánica, cepillos rodantes "diablos", agua a alta presión y limpieza manual que remueva los depósitos duros.
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión de cajas de empaques 	Visual.
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión en el interior del envolvente por corrosión. 	Corriente de Eddy.

IX) PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Plan anual

EQUIPO	ACTIVIDAD	MÉTODO
BOMBA DE TRANSFERENCIA DE CRUDO GA-101 A/D/R		
Carcaza	• Medición de espesores del impulsor.	Micrómetro, Vernier.
	• Desgaste de la carcaza.	Visual.
	• Revisión y limpieza de los sellos mecánicos	Mecánico Manual.
	• Revisión de baleros	Ajuste del desbalanceo Visual.
	• Alineación de la flecha.	Visual
Motor	• Estado del sistema de lubricación.	Visual.
	• Revisión del encapsulado del motor.	Visual.
	• Verificación de los aislamientos eléctricos.	Visual Multímetro. Ohmetro.
	• Remoción de polvo dentro y fuera de motor.	Manual: Desmantelamiento.
	• Cambio de baleros.	Manual.

IX) PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Plan semestral

EQUIPO	ACTIVIDAD	MÉTODO
DESHIDRATADOR ELECTROSTÁTICO FA-101A/B	<ul style="list-style-type: none"> • Margen de corrosión en paredes internas 	Electroquímico : Corriente de Eddy.
	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste del recubrimiento interno. 	Visual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de corrosión en bridas y pernos. 	Prueba Neumática.
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de corrosión en rejillas e internos 	Mecánico Manual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de fracturas y corrosión en el recipiente. 	Ultrasonido. Test de Radiografiado. Corriente de Eddy.
	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión y limpieza de la acumulación de impurezas en rejillas y electrodos. 	Visual Limpieza mecánica.
	Transformador	<ul style="list-style-type: none"> • Estado de los aislamientos eléctricos
<ul style="list-style-type: none"> • Funcionamiento del reactor. 		Amperímetro.
<ul style="list-style-type: none"> • Cambio de aceite 		Manual.

IX) PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Plan semestral

EQUIPO	ACTIVIDAD	MÉTODO
PRECALENTADOR EA-102 A/B		
	<ul style="list-style-type: none"> Medición de espesores en el envoltente y tapas 	Ultrasonido.
	<ul style="list-style-type: none"> Detección de fugas en las juntas entre tubos y envoltentes. 	Visual Prueba Hidrostática
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión del estado de las soldaduras. 	Radiografiado o Ultrasonido.
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión de fracturas y rupturas en el envoltente 	Ultrasonido.
	<ul style="list-style-type: none"> Limpieza de tubos. 	Aplicación de varios tipos de limpieza ; Química adición de solventes o soluciones ácidas. Mecánica, cepillos rodantes "diablos", agua a alta presión y limpieza manual que remueva los depósitos duros.
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión de corrosión y erosión en boquillas. 	Prueba de ultrasonido. Visual.
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión en el interior del envoltente por corrosión. 	Corriente de Eddy.

Plan semestral

EQUIPO	ACTIVIDAD	MÉTODO
ENFRIADOR DE CRUDO EA-101 A/B		
	<ul style="list-style-type: none"> Medición de espesores en el envoltente y tapas 	Ultrasonido
	<ul style="list-style-type: none"> Detección de fugas en las juntas entre tubos y envoltentes. 	Visual Prueba Hidrostática
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión del estado de las soldaduras. 	Radiografiado o Ultrasonido.
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión de fracturas y rupturas en el envoltente 	Ultrasonido.
	<ul style="list-style-type: none"> Limpieza de tubos. 	Aplicación de varios tipos de limpieza ; Química adición de solventes o soluciones ácidas. Mecánica, cepillos rodantes "diablos", agua a alta presión y limpieza manual que remueva los depósitos duros.
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión de corrosión y erosión en boquillas. 	Prueba de ultrasonido. Visual.
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión en el interior del envoltente por corrosión. 	Corriente de Eddy.

IX) PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Plan semestral

EQUIPO	ACTIVIDAD	MÉTODO
BOMBA DE TRANSFERENCIA DE CRUDO GA-101 A/D/R		
Carcaza	<ul style="list-style-type: none"> Medición de espesores del impulsor. 	Vernier, Micrómetro.
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión de los anillos de los empaques de aceite. 	Visual. Manual
	<ul style="list-style-type: none"> Limpeza de los sellos mecánicos 	Mecánico Manual.
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión de los sistemas de lubricación de engranes. 	Desensamble. Limpeza Manual
	<ul style="list-style-type: none"> Alineación de la flecha. 	Visual
Motor	<ul style="list-style-type: none"> Revisión del rotor, y aislamiento de los embobinados.. 	Visual. Checar fugas de corriente por medio de multímetro.
	<ul style="list-style-type: none"> Revestimiento con barniz de la bobina.. 	Visual. Aplicación de barniz.
	<ul style="list-style-type: none"> Cambio de aceite. 	Manual.

IX.3 Método de planeación del mantenimiento mensual.

Esta planeación incluye la inspección mensual que requiere de acuerdo a las regulaciones, normas, códigos y la planeación del día de mantenimiento, que depende del ciclo y las horas ocupadas para su realización, este trabajo es el principal en la planeación del mantenimiento mensual, y el procedimiento para prepararlo es el siguiente:

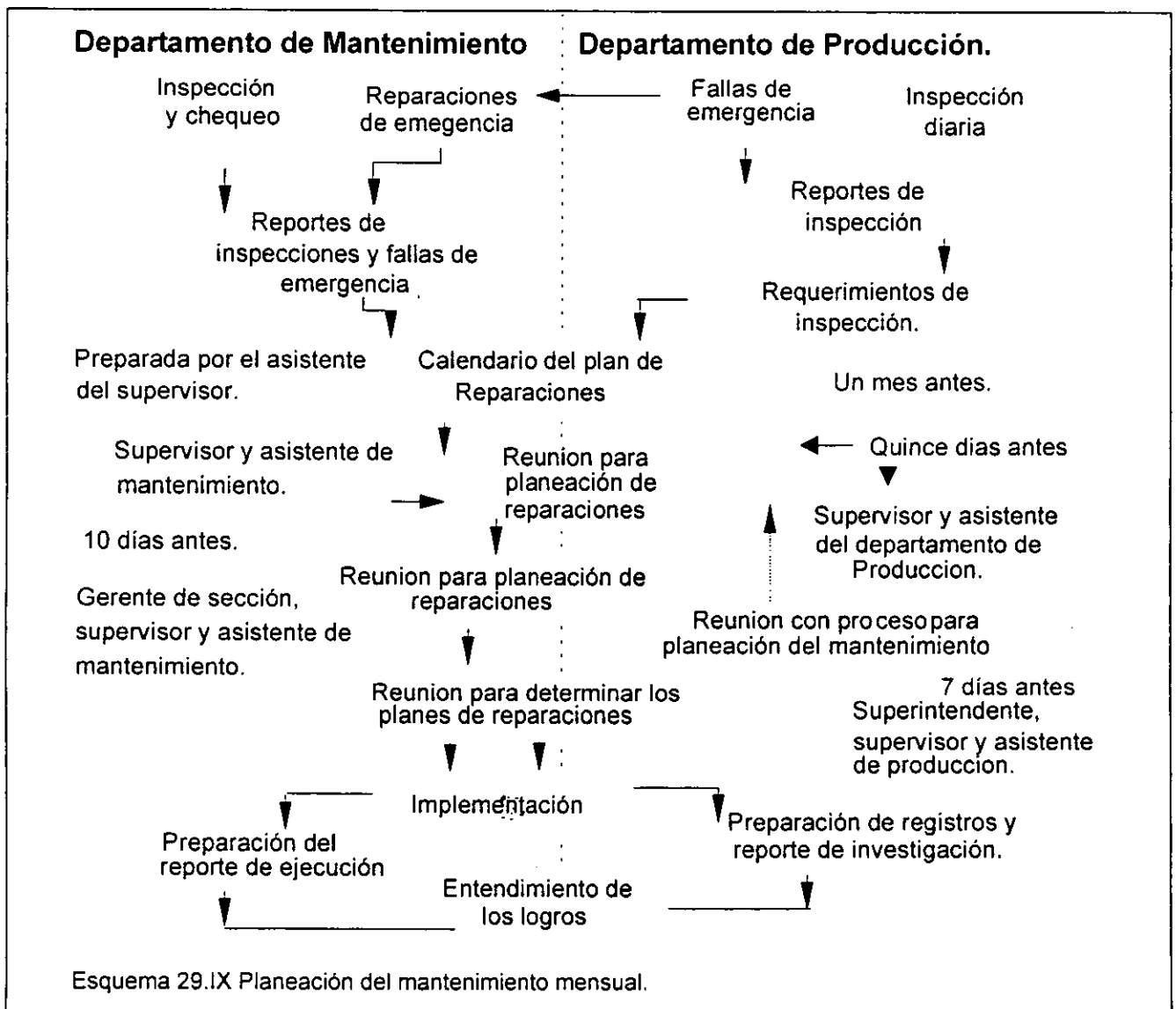
1. Preparación del calendario de reparaciones. (Un mes antes).
 - a) Reportes de fallas.
 - b) Orden de reparaciones.
 - c) Lista de reparaciones estándar.
2. Reunión para la planeación de reparaciones (15 días antes) mantener estos encuentros para determinar el orden de prioridades basados en el calendario de reparaciones.
3. Ajustes en el números de casos de trabajos (10 días antes) para establecer el limite del presupuesto y el personal de mantenimiento de acuerdo al grado de prioridad y tipo de trabajo.
4. Determinación del plan de reparaciones (7 días antes), confirmación de los departamentos de manufactura y de mantenimiento.
5. Implementación (en el día de mantenimiento), los siguientes trabajos son llevados a cabo por el personal de mantenimiento:
 - a) Ejecución de los trabajos del plan de reparaciones.
 - b) Revisión de las instrucciones del plan de reparaciones.
 - c) Investigación inspección y paro de la planta.

IX) PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

6. Preparación de los reportes de logros y alcances.

- a) Comparación de logros y alcances con lo planeado.
- b) Resultados de la investigación e inspección de los conceptos investigados, mención de los acuerdos conseguidos descritos en los reportes.

Todo lo anterior es posible traducirlo a un diagrama de flujo como el siguiente:



IX) PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

A continuación se muestran los planes de mantenimiento mensual de los equipos.

Plan mensual

EQUIPO	ACTIVIDAD	MÉTODO
DESHIDRATADOR ELECTROSTÁTICO FA-101A/B	<ul style="list-style-type: none"> • Margen de corrosión y erosión de boquillas. 	Corrientes de Eddy. Ultrasonido.
	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste del recubrimiento interno. 	Visual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección picaduras de corrosión 	Visual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de corrosión en uniones y tuberías 	Visual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de fracturas en el recipiente. 	Visual.
Transformador	<ul style="list-style-type: none"> • Estado de los aislamientos eléctricos 	Visual. Multímetro.
	<ul style="list-style-type: none"> • Carga en la alimentación del reactor. 	Amperímetro.
	<ul style="list-style-type: none"> • Condición del aceite 	Visual.

Plan mensual

EQUIPO	ACTIVIDAD	MÉTODO
PRECALENTADOR EA-102 A/B		
	<ul style="list-style-type: none"> Medición de espesores en el envoltente y tapas 	Ultrasonido.
	<ul style="list-style-type: none"> Detección de fugas en las juntas entre tubos y envoltentes. 	Visual Prueba Hidrostática
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión del estado de las soldaduras. 	Radiografiado.
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión de fracturas y rupturas en el envoltente 	Medición por partículas electromagnéticas.
	<ul style="list-style-type: none"> Limpieza de tubos. 	Aplicación de varios tipos de limpieza ; Química adición de solventes o soluciones ácidas. Mecánica, cepillos rodantes "diablos", agua a alta presión y limpieza manual que remueva los depósitos duros.
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión de corrosión y erosión en boquillas. 	Prueba de ultrasonido. Visual.
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión en el interior del envoltente por corrosión. 	Corriente de Eddy.

Plan mensual

EQUIPO	ACTIVIDAD	MÉTODO
ENFRIADOR DE CRUDO EA-101 A/B		
	<ul style="list-style-type: none"> Medición de espesores en el envoltente y tapas 	Ultrasonido.
	<ul style="list-style-type: none"> Detección de fugas en las juntas entre tubos y envoltentes. 	Visual Prueba Hidrostática
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión del estado de las soldaduras. 	Radiografiado.
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión de fracturas y rupturas en el envoltente 	Medición por partículas electromagnéticas.
	<ul style="list-style-type: none"> Limpieza de tubos. 	Aplicación de varios tipos de limpieza; Química adición de solventes o soluciones ácidas. Mecánica, cepillos rodantes "diablos", agua a alta presión y limpieza manual que remueva los depósitos duros.
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión de corrosión y erosión en boquillas. 	Prueba de ultrasonido. Visual.
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión en el interior del envoltente por corrosión. 	Corriente de Eddy.

IX) PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Plan mensual

EQUIPO	ACTIVIDAD	MÉTODO
BOMBA DE TRANSFERENCIA DE CRUDO GA-101 A/D/R		
Carcaza	<ul style="list-style-type: none"> Medición de espesores del impulsor. 	Micrómetro Vernier.
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión de los anillos de los empaques de aceite. 	Visual. Manual
	<ul style="list-style-type: none"> Limpieza de los sellos mecánicos 	Mecánico Manual.
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión de los sistemas de lubricación de engranes. 	
	<ul style="list-style-type: none"> Alineación de la flecha. 	Visual
Motor	<ul style="list-style-type: none"> Revisión del rotor, y aislamiento de los embobinados.. 	Visual. Detección de fugas de corriente multímetro.
	<ul style="list-style-type: none"> Revestimiento con barniz de la bobina.. 	Visual. Multímetro.
	<ul style="list-style-type: none"> Cambio de aceite. 	Manual.

IX.4 Método de planeación del mantenimiento semanal

Partes que se revisaran en el plan semanal.¹⁴

1. Partes y equipos que se reparan en esos días de acuerdos con otros planes de mantenimiento.
2. Reparaciones que no requieran el paro de la planta.
3. Equipos que no requieran reparaciones de emergencia.

El objetivo principal es lograr lo siguiente:

- a) Reducción de la carga de trabajo de mantenimiento en el día de la ejecución.
- b) Uniformidad de carga de trabajo en ese día.

Los preparativos deben ser determinados 2 semanas antes de realizar la planeación semanal.

A continuación se presentan el plan semanal de mantenimiento de los equipos

¹⁴ PME The Formed of Planned of Maintenance Plans

Plan semanal

EQUIPO	ACTIVIDAD	MÉTODO
DESHIDRATADOR ELECTROSTÁTICO FA-101A/B		
	<ul style="list-style-type: none"> Revisar que las válvulas de drene, seguridad no se encuentre sucias u obstruidas. 	Visual. Limpieza mecánica.
	<ul style="list-style-type: none"> Detección de altas caídas de presión. 	Manómetros.
	<ul style="list-style-type: none"> Detección de acumulación de polvo y suciedad. 	Visual. Limpieza mecánica.
	<ul style="list-style-type: none"> Revisión de la acumulación de impurezas en rejillas y electrodos. 	Visual
Transformador	<ul style="list-style-type: none"> Estado de los aislamientos eléctricos 	Visual.
	<ul style="list-style-type: none"> Funcionamiento del reactor. 	Amperímetro.
	<ul style="list-style-type: none"> Color de aceite 	Visual.

Plan semanal

EQUIPO	ACTIVIDAD	MÉTODO
PRECALENTADOR EA-102 A/B		
	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de válvulas de drene y seguridad. 	Visual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de fugas en las juntas entre tubos y envolventes. 	Visual
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de acumulación de polvo y suciedad la envolvente. 	Visual. Limpieza Manual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de fugas de fluidos en boquillas y uniones de tuberías. 	Visual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de aflojamiento de pernos de silletas. 	Visual. Test con martillo.
	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión del estado del aislamiento eléctrico y térmico. 	Visual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de altas caídas de presión. 	Manómetros Visual.

IX) PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Plan semanal

EQUIPO	ACTIVIDAD	MÉTODO
ENFRIADOR DE CRUDO EA-101 A/B		
	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de válvulas de drene y seguridad. 	Visual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de fugas en las juntas entre tubos y envolventes. 	Visual
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de acumulación de polvo y suciedad de polvo y suciedad en la envolvente. 	Visual. Limpieza Manual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de fugas de fluidos en boquillas y uniones de tuberías. 	Visual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de aflojamiento de pernos de silletas. 	Visual. Test con martillo.
	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión del estado del aislamiento eléctrico y térmico. 	Visual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de altas caídas de presión. 	Manómetros Visual.

Plan semanal

EQUIPO	ACTIVIDAD	MÉTODO
BOMBA DE TRANSFERENCIA DE CRUDO GA-101 A/D/R		
Carcaza	<ul style="list-style-type: none"> Aflojamiento de bridas y tornillos. 	Test de martillo para probar el amarre.
	<ul style="list-style-type: none"> Desalineaciones de las uniones en coplees. 	Visual. Calibrador de esferas.
	<ul style="list-style-type: none"> Corrosión y rupturas de los tubos de balance. 	Mecánico Manual. Visual.
	<ul style="list-style-type: none"> Fracturas, desgaste y doblamiento de la camisa. 	Visual.
	<ul style="list-style-type: none"> Vibración en los baleros. 	Visual Vibración.
Motor	<ul style="list-style-type: none"> Valores de la corriente de carga. 	Amperímetro.
	<ul style="list-style-type: none"> Revestimiento con barniz de la bobina.. 	Visual.
	<ul style="list-style-type: none"> Cólor de aceite. 	Manual.
	<ul style="list-style-type: none"> Conexión del accionador. 	Visual.

IX.5 Método de planeación del mantenimiento diario.

Las partes y equipos para la planeación diaria aparte de los incluidos en la mensual y la semanal son los que están bajo los siguientes lineamientos.

1. Medidas y acciones basados en la inspección diaria.
2. Medidas y acciones para problemas de emergencia.

Los preparativos son los siguientes:

- a) Obtención de información a partir de los reportes de inspección y trabajo del operador.
- b) Plan de reunión diaria cada mañana.
- c) Escribir en un pizarrón los artículos y equipos considerados dentro de la planeación.
- d) Reporte de resultados al final de la sección.

A continuación se presentan los planes de mantenimiento diario de los equipos.

Plan diario

EQUIPO	ACTIVIDAD	MÉTODO
DESHIDRATADOR ELECTROSTÁTICO FA-101A/B		
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de fugas de fluidos. 	Visual. Limpieza manual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Flujo de los fluidos a la entrada y a la salida. 	Visual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de ruidos anormales. 	Aparatos Auditivos.
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de sobrecalentamientos. 	Termopares. Manual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de instrumentos de medición. 	Visual. Limpieza.
	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de la acumulación de impurezas en rejillas y electrodos. 	Visual Limpieza mecánica.
Transformador	<ul style="list-style-type: none"> • Estado de los aislamientos eléctricos 	Visual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión instrumentos de medición. 	Visual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura del aceite 	Visual.

Plan diario

EQUIPO	ACTIVIDAD	MÉTODO
PRECALENTADOR EA-102 A/B		
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de derrames de fluidos. 	Visual. Limpieza.
	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de instrumentos de medición. 	Visual Limpieza.
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de altas caídas de presión. 	Manómetros.
	<ul style="list-style-type: none"> • Flujo de aceite de calentamiento. 	Rotametros, Medidores de Flujo.
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de sobrecalentamientos. 	Termopares. Manual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de vibraciones en el haz de tubos. 	Vibrometros. Manual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de ruidos anormales. 	Escuchar con atención.

Plan diario

EQUIPO	ACTIVIDAD	MÉTODO
ENFRIADOR DE CRUDO EA-101 A/B		
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de derrames de fluidos. 	Visual. Limpieza.
	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de instrumentos de medición. 	Visual Limpieza.
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de altas caídas de presión. 	Manómetros.
	<ul style="list-style-type: none"> • Flujo de aceite de calentamiento. 	Rotametros, Medidores de Flujo.
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de sobrecalentamientos. 	Termopares. Manual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de vibraciones en el haz de tubos. 	Vibrometros. Manual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de ruidos anormales. 	Escuchar con atención.

IX) PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Plan diario

EQUIPO	ACTIVIDAD	MÉTODO
BOMBA DE TRANSFERENCIA DE CRUDO GA-101 A/D/R		
Carcaza	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de fugas de fluidos en el área. 	Visual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura de la carcaza. 	Termopares. Manual
	<ul style="list-style-type: none"> • Presión de descarga. 	Manómetros. Visual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de instrumentos y partes externas 	Manual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Vibraciones y sonidos en los sellos mecánicos. 	Aparato auditivo. Manual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Sonidos anormales. 	Aparatos auditivos.
	<ul style="list-style-type: none"> • Alineación de la flecha. 	Visual
Motor	<ul style="list-style-type: none"> • Obstrucción del aire de ventilación. 	Visual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura de engranes y el motor 	Termopares. Manual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad y temperatura del aceite. 	Manual Termómetro.

IX.6 Método de planeación del mantenimiento de reparaciones periódicas.

En la industria petroquímica si un equipo es modificado y necesita de ser desmantelado o arrastrado ocasiona un paro durante varios días una vez al año, lo que ocasiona un gran efecto en la producción, por lo cual, se necesita de un plan de reparaciones periódicas que se detallen precisamente en un calendario o las fallas que no gustarían que ocurriera.

Características de la planeación de reparaciones periódicas.

1. El objetivo principal es la disminución del periodo de trabajo.
2. Los contenidos de los trabajos pueden ser cambiados dependiendo del avance de la degradación del equipo.
3. Se requiere un gran presupuesto debido a la gran escala y carga de trabajo.
4. Es necesario checar las condiciones del progreso de los trabajos.

Los preparativos son los siguientes:

- a) Determinar el tiempo de implementación y los procesos de los principales trabajos.
- b) Determinar el contenido de la terminación de otros trabajos con los contenidos del trabajo principal.
- c) Preparar tablas para el control de los progresos realizados.
- d) Plan para la adquisición de las partes de repuesto y materiales de acuerdo a los progresos.

Procedimiento para realizar reparaciones en recipientes a presión.

Existen procedimientos y normas para realizar las reparaciones en equipos a presión como son los separadores e intercambiadores de calor. Los códigos y normas que rigen estos procedimientos son; ASME,ASTM, NACE¹⁵, ANSI¹⁶, *AWS,TEMA y los pasos a seguir son los siguientes :

a) Requisitos previos.

Selección del equipo, operadores de soldadura y corte debidamente calificados según el código ASME, AWS.

b) Limpieza interna del recipiente.

Aislar el equipo de las líneas de interconexión por medio de bridas ciegas. Lavar el recipiente con agua o sustancias químicas y luego los dispositivos mecánicos, para dejar libre al recipiente de oxido escoria e instrumentaciones.

c) Desmantelamiento de internos existentes.

Se debe de cortar con soplete los internos de separación, las socavaciones originadas en el recipiente se deberán rellenar con soldadura y posteriormente esmerilar los excedentes.

d) Corte de tapas.

Marcar claramente las líneas de corte y ajustar la maquina cortadora, con el fin de permitir área suficiente para la preparación de la soldadura.

¹⁵ NACE National Association Corrosion Engineering

¹⁶ ANSI American National Standart Institute * AWS American Welding Assocation

e) Unión de internos.

Seleccionar el electrodo adecuado, preparar las partes de soldadura, preparar el recipiente y colocara los internos.

f) Unión tapa - recipiente.

Sujetar la tapa al recipiente mediante puntos procurando que este correctamente orientada y verificando que coincidan correctamente los contornos de ambas. Precalentar la zona de trabajo a una temperatura de 93 °C mientras dura la soldadura para evitar la humedad.

Después de efectuar las reparaciones necesarias en las partes internas y soldar el recipiente se procede a realizar inspeccionar la soldadura por medio de un examen radiográfico para aceptar el trabajo de soldadura, y se procede a realizar el relevado de esfuerzos por medio de un tratamiento térmico, que consiste en calentar con resistencias y debidamente aislado el recipiente hasta una temperatura de 593°C, calentando desde 93°C en incrementos de 100°C/H y luego disminuirla de igual forma.

Una vez realizado el tratamiento térmico se deberá suministrar los materiales y aparatos necesarios para aplicar la prueba hidrostática de acuerdo al estándar ASTM (American Society for Testing and Material) sección 3-1003, usando como líquido de prueba agua potable a temperatura ambiente, para evitar fracturas en el metal. Verificar que la entrada de líquido esta en la parte inferior y la salida en la parte más alta del recipiente.

Colocar dos manómetros como mínimos al sistema, así como el manógrafo para registro de prueba, deberán estar situados de tal manera que el operador pueda controlar la prueba fácilmente. Aumentar la presión en el sistema al 50% de la presión

de prueba y realizar un chequeo inicial de posibles fugas. Después de esto, aumentar lentamente la presión hasta llegar a la de prueba.

Al terminar la prueba dejar escapar la presión lentamente. Registrar y entregar toda la información en un reporte.

Por ultimo se le proporciona un acabo exterior que consiste en limpiar toda la superficie externa con chorro de arena a metal blanco, aplicar un recubrimiento primario de zinc inorgánico y dar le un acaba epoxico.

IX.7 Método de control de la planeación del mantenimiento.

Los requerimientos generales para el método de control son los siguientes:

1. Asignación del trabajo de forma individual.
2. Responsabilizar a cada individuo sobre el trabajo hecho.
3. Preparar las tablas del control con el propósito de medir el progreso de los trabajos.
4. Checar periódicamente el progreso por medio de un supervisor.
5. Dar apoyo y consejo donde el proceso se este retrasando.

Se recomienda el día de mantenimiento realizar una tabla con los trabajos, persona a cargo y el avance alcanzado, todo esto puede estar comprendido en una gráfica de Gantt.

IX.8 Implementación, seguimiento y evaluación de la planeación del mantenimiento.

Aun ejecutando los trabajos de acuerdo a lo planeado, durante una falla de emergencia no se puede tener el progreso planeado lo que ocasiona que se tengan alteraciones en los planes de producción y otros factores pueden verse afectados la

seguridad de la planta. Sin embargo siempre se debe tener una especial atención para coordinar estas circunstancias cuando se requiera. Es muy difícil evaluar la planeación del mantenimiento, esta se basa generalmente en el número y tiempo total mensual de fallas de emergencia. Obteniendo el tiempo destinado a las fallas de emergencia mensuales por planta y evaluando la planeación de mantenimiento chequeando si el tiempo de las fallas por emergencia corresponden al tiempo destinado previamente. Existe una relación entre el número de fallas y el número de casos programados de mantenimiento, en medida que el número de casos programados se incrementa las fallas de emergencia disminuyen todo esto es a través de un periodo de varios años de planeación, lo cual nos muestra claramente los efectos del mantenimiento el cual es necesario para operar la planta de manera estable, segura y con una mejora en la calidad y la productividad.

X EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Las metas de las actividades del mantenimiento preventivo son la reducción de costos, el deterioro del equipo y las pérdidas en equipo nuevo. Tomando en cuenta, los datos del pasado y las últimas tecnologías para diseñar con una alta operabilidad y seguridad de acuerdo con los requerimientos establecidos. El mantenimiento preventivo no es solo la inspección periódica para detectar y evitar que el equipo salga de operación, sino también incluye: servicios repetitivos, arranques y arrastres. Además lleva a cabo las funciones repetitivas del mantenimiento como son: lubricación pintura y limpieza. En otras palabras es la rápida detección y tratamiento de las anomalías del equipo antes que cause defectos o pérdidas.

Este tipo de mantenimiento consta de dos básicas actividades

- a) Inspecciones periódicas.
- b) Planeación de la restauración de las partes dañadas basadas en los resultados de las inspecciones.

XI.1 Estandarización de las actividades del mantenimiento.

La aplicación del mantenimiento preventivo en forma correcta, proporciona cierto grado de estandarización, que permite reducir costos y evitar sacar los equipos de operación, pero es difícil lograr la estandarización por las siguientes razones:

- ◆ Gran diversidad de actividades, desde la rutina de inspección, reparación y mejoramiento de la mantenibilidad, no pueden ser ejecutadas si los individuos no llevan a cabo los trabajos en la misma dirección.
- ◆ Las técnicas y habilidades toman largo tiempo en desarrollarse.
- ◆ Los trabajos de mantenimiento generalmente son menos eficientes que los de producción, porque son esencialmente no repetitivos, requieren largo tiempo de preparación y un gran margen de error.

El correcto ataque de estos problemas es clave la estandarización y necesario para la consistencia, eficiencia y ejecución del mantenimiento.¹⁷

Tipos de Estándares

- a) Diseño de equipo. Son los métodos para diseñar y calcular la capacidad de los equipos.
- b) Especificaciones de equipo están referidas al desarrollo del equipo en operación; dimensiones principales, capacidad, precisión, funciones y todos los servicios auxiliares necesarios para su funcionamiento.
- c) Materiales de construcción. Cubren la calidad necesaria para los materiales y partes de equipo.
- d) Test de arranques y aceptación. Indican las pruebas de aceptación y funcionamiento que deben ser ejecutadas por el equipo que acaba de ser recién instalado, modificado o reparado.

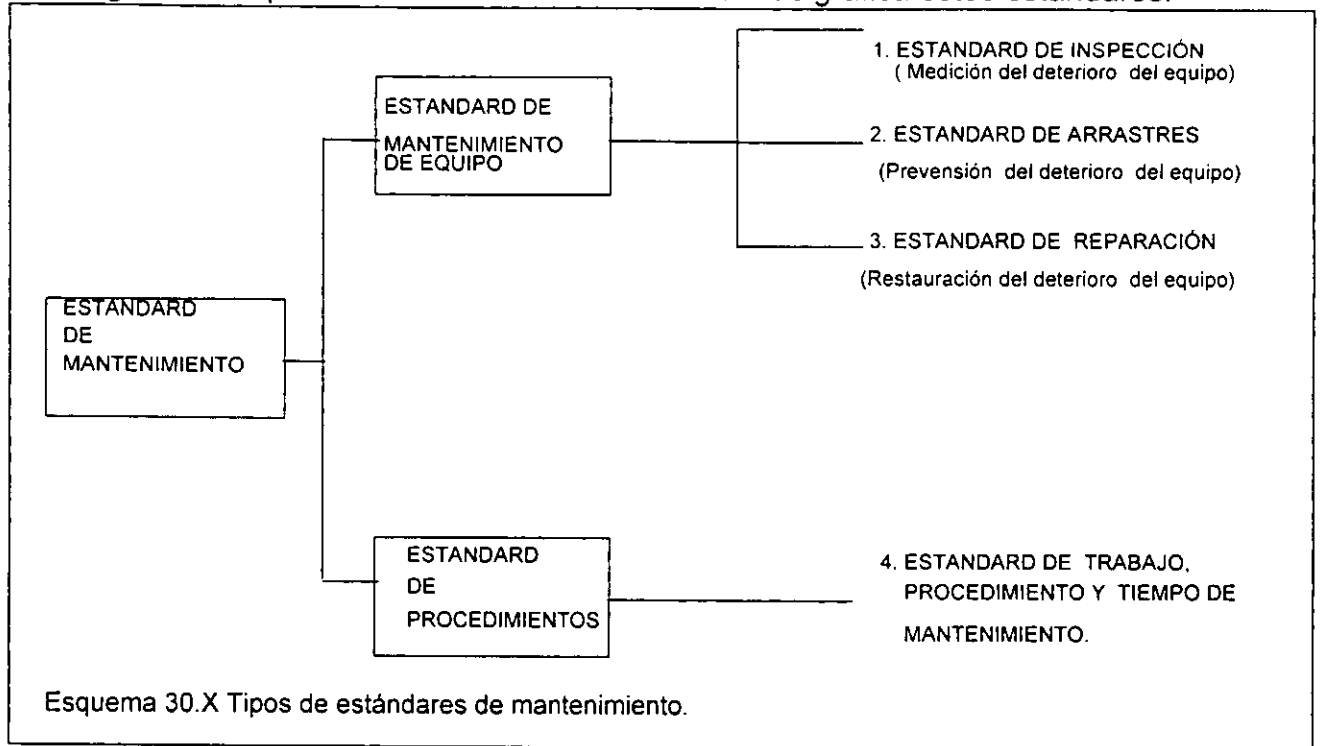
Estándares de mantenimiento.

Establecen y dictan las medidas que rigen la construcción, practicas de reparación, métodos y procedimientos, así como señalar los tiempos típicos para los trabajos de mantenimiento preventivo, además de explicar como desarrollarlos. Se dividen en:

- a) Mantenimiento de equipo. Indica los métodos para medición del deterioro de equipo (inspecciones y test), contrarrestar el progreso (rutinas diarias de mantenimiento) y la restauración de equipo (Reparación).
- b) Procedimiento de trabajo de mantenimiento. Son los métodos, procedimientos y tiempos para la inspección, servicio, reparación y otros tipos de trabajos de mantenimiento.

¹⁷ Total Productive Maintenance Maintenance Preventive. Seiichi Nakajima

El siguiente esquema nos muestra de una forma más gráfica estos estándares:

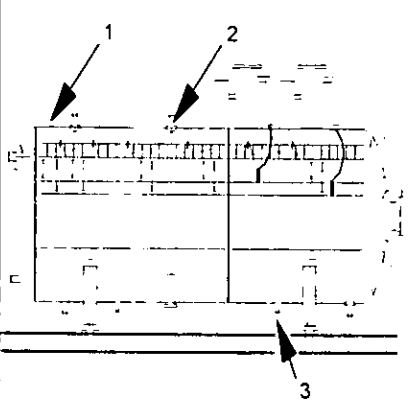


X.2 Criterios de operación para equipo de la planta.

Las diferentes asociaciones o fabricantes de equipo, siempre tratan de diseñar bajo ciertos códigos, normas y estándares, lo cual permite conocer los principales parámetros de comportamiento eléctrico, físico, mecánico y químico.

A continuación se muestran estos criterios para los equipos más importantes: Recipientes a presión, Intercambiadores de Calor y Bombas centrifugas.

X) EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

CRITERIOS DE OPERACIÓN PARA SEPARADORES						
ARTICULO	MÉTODO	INST. DE MEDICIÓN	CRITERIOS			INTERVALO
			Valor específico.	Valor control.	Valor de reparación	
1 VIBRACIÓN		INDICADOR DE VIBRACIÓN	20% MENOR AL DE LA FRECUENCIA NATURAL DE VIBRACIÓN	10% MENOR AL DE LA FRECUENCIA NATURAL DE VIBRACIÓN	AL DE FRECUENCIA DE NATURAL DE VIBRACIÓN	CADA 6 MESES.
2 PRESIÓN DE DESCARGA	LECTURA DE LA INDICACIÓN DE LA DESVIACIÓN DE LA VÁLVULA DE DESCARGA COMPLETAMENTE ABIERTA	VÁLVULA DE PRESIÓN DE DESCARGA	PRESIÓN EN DESCARGA 5.5 %	PRESIÓN EN DESCARGA 4.5 %	PRESIÓN EN DESCARGA 5.53%	CADA 6 MESES.
3 SALINIDAD	LECTURA DE LA INDICACIÓN DE LA DESVIACIÓN DE LA VÁLVULA DE SALIDA	CROMATOGRAFO	35 000 ppm	38 500 ppm	42 000 ppm	CADA 6 MESES.
4 CORRIENTE AL TRANSFORMADOR	LECTURA DE LA INDICACIÓN DE LA DESVIACIÓN EN EL CONTROL DEL AMPERIMETRO.	AMPERIMETRO DEL PANEL DE CONTROL	112	16	75	CADA 6 MESES.
5 AISLANTES DE ELECTRICOS	MEDICIÓN DE LAS RESISTENCIAS ENTRE LAS TERNIMALES Y TIERRA USANDO EL TEST PARA AISLANTES. MEGGER 500-V. ANTES DE DESMANTELAR EL ROTOR.	MEGGER 500-V	-2MΩ	-4MΩ	-1MΩ	CADA 6 MESES.

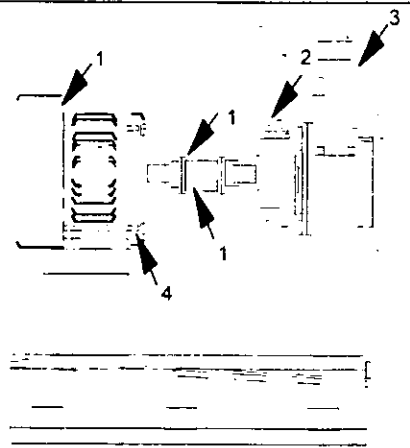
Esquema 31.X Criterios de Operación de Recipientes a presión.

X) EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

CRITERIOS DE OPERACIÓN DE INTERCAMBIADORES DE CALOR						
ARTÍCULO	MÉTODO	INST. DE MEDICIÓN	CRITERIOS			INTERVALO
			Valor específico.	Valor control	Valor de reparación	
1 VIBRACIÓN		INDICADOR DE VIBRACIÓN	20% MENOR AL DE LA FRECUENCIA NATURAL VIBRACIÓN	10% MENOR AL DE LA FRECUENCIA NATURAL VIBRACIÓN	AL DE FRECUENCIA NATURAL VIBRACIÓN	CADA 6 MESES.
2 TEMPERATURA	LECTURA DE LA INDICACIÓN DE LA DESVIACIÓN DE LA VÁLVULA DE SALIDA.	TERMÓMETRO DE SUPERFICIE	TEMP. DE OPERACIÓN + 15 °C	TEMP. DE OPERACIÓN + 20 °C	TEMP. DE OPERACIÓN + 25 °C	CADA 6 MESES.
3 PRESIÓN DE DESCARGA	LECTURA DE LA INDICACIÓN DE LA DESVIACIÓN DE LA VALVULA DE DESCARGA COMPLETAMENTE ABIERTA.	VÁLVULA DE PRESIÓN DE DESCARGA	PRESIÓN EN DESCARGA + 5.5 %	PRESIÓN EN DESCARGA + 4.5 %	PRESIÓN EN DESCARGA + 5.53%	CADA 6 MESES.
4 NOTAS	<p>fn= frecuencia natural (Hz). C= constante del modulo. l= longitud del modulo (in). E= modulo de elasticidad psi i= momento de inercia (in^4). W= Wt + Wfi + MWfo (lb^2/ft). M= coeficiente de la suma de masa en el fluido leida de grafica</p>					

Esquema 32.X Criterios de Operación de Intercambiadores de calor.

X) EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

CRITERIOS DE OPERACIÓN PARA BOMBAS CENTRIFUGAS						
ARTICULO	MÉTODO	INST. DE MEDICIÓN	CRITERIOS			INTERVALO
			Valor específico.	Valor control	Valor de reparación	
1 VIBRACION		INDICADOR DE VIBRACIÓN	10 μ	40 μ	15 μ O MENOS	CADA 6 MESES
2 TEMPERATURA DE ENGRANES	MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DE BALEROS DURANTE TRES HORAS DESPUES DEL ARRANQUE. POR MEDIO DE TERMÓMETROS DE SUPERFICE.	TERMÓMETRO DE SUPERFICIE	TEMP. AMBIENTE + 20 °C	TEMP. AMBIENTE + 40 °C	TEMP. AMBIENTE + 25 °C O MENOS	CADA 6 MESES
3 PRESIÓN DE DESCARGA	LECTURA DE LA INDICACIÓN DE LA DESVIACIÓN DE LA VALVULA DE DESCARGA COMPLETAMENTE ABIERTA	VÁLVULA DE PRESIÓN DE DESCARGA	PRESIÓN EN DESCARGA +- 5.5 %	PRESIÓN EN DESCARGA +- 4.5 %	PRESIÓN EN DESCARGA +- 5.53%	CADA 6 MESES
4 CORRIENTE DEL MOTOR	LECTURA DE LA INDICACIÓN DE LA DESVIACIÓN EN EL CONTROL DEL AMPERIMETRO.	AMPERIMETRO DEL PANEL DE CONTROL	112	16	75	CADA 6 MESES
5 AISLANTE DEL MOTOR	MEDICIÓN DE LAS RESISTENCIAS ENTRE LAS TERMINALES Y TIERRA USANDO EL TEST PARA AISLANTES MEGGER 500-V. ANTES DE DESMANTELAR EL ROTOR.	MEGGER 500-V	-2M Ω	-4M Ω	-1M Ω	CADA 6 MESES

Esquema 33.X Criterios de Operación de Bombas Centrífugas.

La información que proporcionan estos esquemas, permite la preparación y ejecución de las inspecciones;

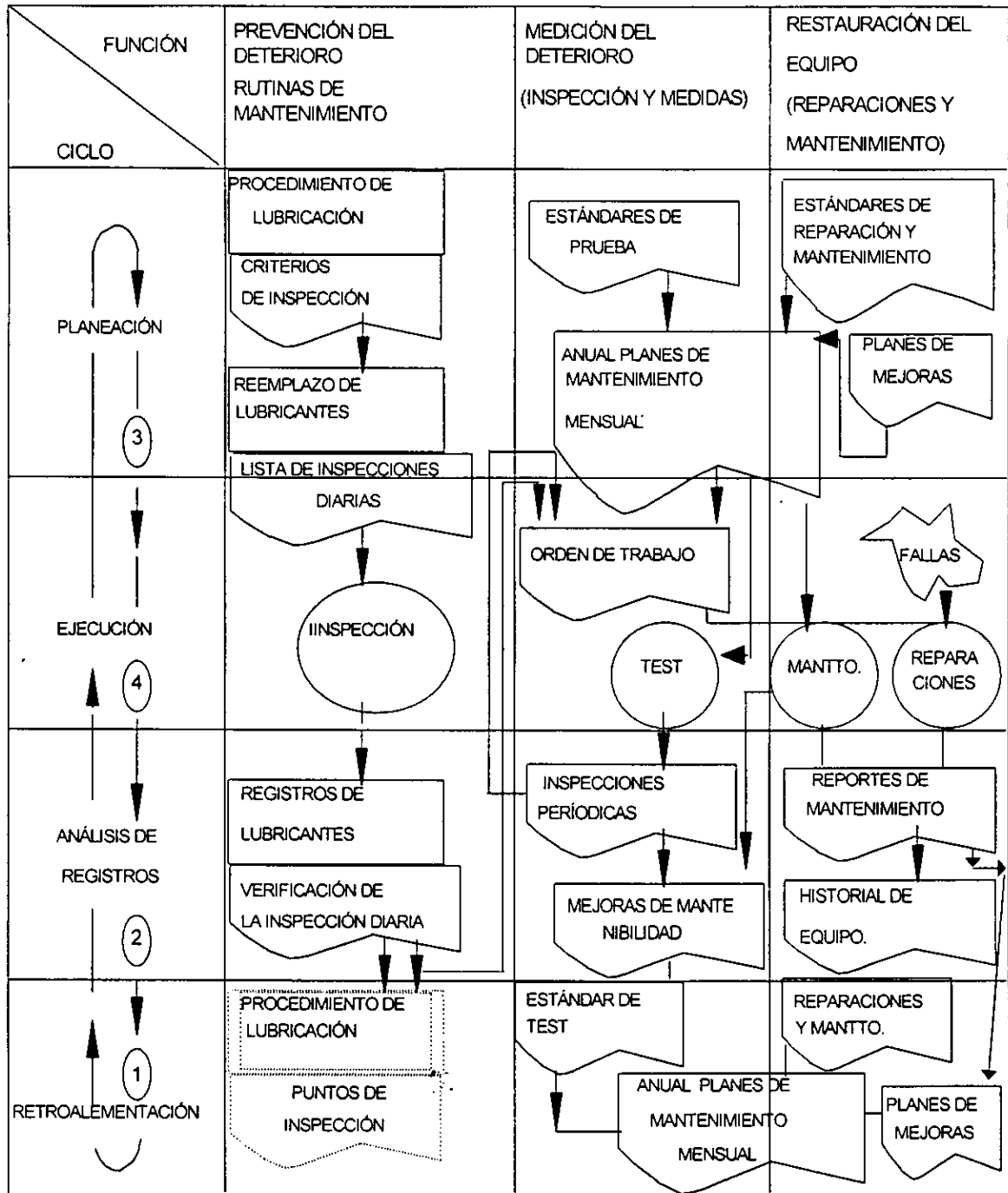
- ◆ Los valores específicos representan los rangos de capacidad del equipo.
- ◆ Los límites de control son colocados de acuerdo a la especificación de calidad de los productos y costos de reparación.
- ◆ La presión y ejecución después de la reparación se debe restaurar de la forma más económica. Aunque, esto no es siempre necesario para lograr los valores específicos.
- ◆ Si la inspección muestra que el valor está al límite del control, entonces no se realiza la reparación.

X.3 Registros de las actividades de mantenimiento.

La documentación de los resultados de las actividades de mantenimiento, es una de las herramientas más importante. Porque permiten general estadísticas que sirven para general programas, estudiar el comportamiento del equipo y detectar fallas con bastante tiempo de anticipación. En ocasiones los trabajos son muy variados, lo que dificultad registrar cada tarea por lo cual, en ocasiones alguna documentación no es indispensable y ni necesaria guardarla.

Algunas fabricas mantienen y usan diferentes tipos de organización, para los registros de mantenimiento. Los formatos no son fijos o iguales; los contenidos y la forma pueden ser arreglados de acuerdo a los estándares de la administración en particular de la planta. Sin embargo, se tiene que lograr el entendimiento del propósito de guardar los registros, ¿Por qué se deben guardar?, ¿Que se debe controlar? y como podrían ser usados.

X) EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO



Esquema 34.X Diagrama de flujos de los registros.

X.4 Tipos de registros de mantenimiento.

Rutina de Mantenimiento

Es el registro realizado por los operadores, buscando prevenir el deterioro y dar el mantenimiento básico al equipo. Los registros son verificados día a día, semana, o mes de acuerdo al equipo, parte o artículo a inspeccionar conforme a los estándares de inspección diaria.

También son necesarios los registros de los reemplazos y reposición de lubricantes, porque estos cambian de acuerdo a las distintas partes del equipo.

Inspecciones periódicas.

Estas inspecciones son usualmente llevadas a cabo de acuerdo a los calendarios anuales de mantenimiento y miden el deterioro de equipo y partes a reparar conforme a inspecciones sugeridas por fabricantes, códigos o reglamentos.

HOJA DE REPORTE DE INSPECCIÓN.

FECHA:				SECCIÓN: _____ SUPERVISOR: _____			
				ASISTENTE: _____ INSPECTOR: _____			
EQUIPO:	A) MAL FUNCIONAMIENTO	TIEMPO PREDECIDO DE PARO	ACCIÓN	Q	P	R	S
			PRODUCCIÓN				
EQUIPO:	B) AJUSTE / REPARACIÓN MENOR						
EQUIPO:	C) ACCIDENTE	TIPO	REGISTRO	HORAS-HOMBRE PARA REPARACIÓN	TIEMPO DE PARO		

Esquema 35.X Reportes de inspección.

HOJA DE REPORTE DE INSPECCIÓN DIARIA.

FECHA: _____		SECCIÓN: _____ SUPERVISOR: _____			
		ASISTENTE: _____ INSPECTOR: _____			
CLASIFICACIÓN	PREDICCIÓN DE TIEMPO DE PARO	ASUNTOS	ACCIÓN DETALLES	SIMBOLOS	
			P REPARACIÓN PENDIENTE HASTA : PROXIMO DESPLAZAMIENTO	⊙ ○	
			Q INSPECCIÓN DÍA FESTIVO	○	
			R TRABAJO EN DÍA FESTIVO EN SECCIÓN A CARGO EN OTRA SECCIÓN	⊙ ○	
			S PARTES DE REPUESTO :	○	
			ASUNTOS		
PARTES USADAS	ASUNTOS	REGISTROS Y REPORTE MENSUAL	TIPOS		
		REPORTE MENSUAL ASUNTOS	V	ERROR DE INSPECCIÓN	A
		REPORTE DE TIEMPO DE PARO		ERROR DE LUBRICACIÓN	B
		REPORTES DE TRABAJO MAYORES		ERROR DE REEMPLAZO	C
		REPORTES DE ACCIDENTES		ERROR DE REPARACIÓN	D
		REPORTES DE MANTENIMIENTO	W	ERROR DE INSTALACIÓN	E
		REPORTES DE MAQUINARIA	X	ERROR DE ACEPTACIÓN	F
		LISTA DE CONTROL DE TRABAJOS	X1	ERROR DE DISEÑO	G
		REVISIÓN Y ADICIONES A LOS ESTÁNDARES	Y	DETERIORO	H
		SUGERENCIAS DE MEJORAS	Z	ERROR ADMINISTRATIVO	I
				EVENTO IMPREDECIBLE	J
				REPARACIÓN MENOR	K
				ERROR DE PARTES DE REP.	L
				ERROR DE OPERACIÓN	M
				ERROR DE GRUPO	N
				OTROS	O

Esquema 35.1X1Reportes de inspección diaria.

X.5 Reportes de mantenimiento.

Contienen los servicios y reparaciones efectuadas hasta restaurar el equipo a las condiciones originales, estos trabajos son realizados y documentados de acuerdo al plan anual de mantenimiento, solo las fallas de emergencias son efectuadas inmediatamente y los hechos relevantes reportados por los distintos departamentos.

Reportes de mejoramiento de la mantenibilidad.

Informan las modificaciones al equipo para incrementar la confiabilidad o mantenibilidad. Estas actividades son recolectadas y analizadas de los reportes de fallas, permitiendo proponer sugerencias para mejorar el equipo.

Los resultados obtenidos de estas actividades de mejoramiento, siempre se deben comparar con los datos anteriores.

Registros de análisis del tiempo medio entre fallas. (TMEF)

Las cartas de este tipo ayudan a clarificar y clasificar la ocurrencia de fallas.

1) FECHA DE EJECUCIÓN:	2) REALIZADO POR:
3) NOMBRE DEL EQUIPO:	
4) DETALLES DE LA FALLA:	
5) DESCRIPCIÓN DE LAS ACCIONES TOMADAS (DETALLES DE MANTENIMIENTO)	
6) HORAS - HOMBRE (PERSONAS / MIN.)	
7) TIEMPO DE PARO DEL EQUIPO	

Esquema 36.X Cartas de análisis.

X.6 Historial del equipo.

Estos son equivalentes a las cartas medicas, donde describen todas las fallas y reparaciones a las que han sido sometidos y que se deben mantener durante toda la vida del equipo. Pueden tener la siguiente forma;

					LUGAR DE INSTALACIÓN	
ACTIVO No. NOMBRE DEL EQUIPO MODELO ESPECIFICACIONES MOTOR PRINCIPAL			FABRICANTE		FECHA	SECCIÓN / LÍNEA
			FECHA DE FAB .			
			VENDEDOR			
			FECHA DE COMPRA			
		PRECIO DE COMPRA				
FECHA	MANTENIMIENTO PERIDICO / MEJORAS			COSTOS	REPARACIONES	
	EN PLAN TA / FUERA	PARTE	DETALLES	HORAS- HOMBRE		FALLAS MAYORES

Esquema 37.X Historial del equipo.

X.7 Registros de los costos de mantenimiento.

Incluyen los costos de trabajo, materiales, subcontrataciones y sirven para controlar el presupuesto, donde cada gasto debe ser registrado así como su uso final.

A continuación se muestra una tabla que muestra en forma desglosada los usos de los registros de mantenimiento.

	FUNCIÓN	TIPO DE REGISTRO	CONTENIDO	USO	PERS. RESP	NOTAS
1	PREVENCIÓN DEL	HOJAS DE INSPECCIÓN DIARIA.	REPORTE DIARIO DE ANORMALIDADES	DETECCIÓN DE ANORMALIDADES Y AVISO A SUPERIOR.	OPERADOR DE LÍNEA	PUEDA SERVIR PARA LUBRICANTES
2	DETERIORO DE EQUIPO.	REGISTRO DE LUBRICANTES.	CAMBIAR LUBRICANTE CONTAMINADO.	MEJORAMIENTO DEL MÉTODO DE LUBRICACIÓN Y CONSUMOS	OPERADOR DE LÍNEA	
3	MEDIDA DEL DETERIORO DE EQUIPO.	INSPECCIONES PERIÓDICAS	MEDICIÓN DEL GRADO DE DETERIORO ANÁLISIS.	REPARAR SI SE SUPERAN LOS VALORES LIMITE.	PERSONAL DE DISEÑO DE MANTTO	LOS LINEAMIENTOS CENTRALES ESTAN
4	RESTAURACIÓN	MANTENIMIENTO	DETALLES DE LAS REPARACIONES PERIÓDICAS	OBTENER ESTADÍSTICAS E IDENTIFICAR CAUSAS, TOMA DE DECISIONES.	PERSONAL DE MANTTO.	DADOS POR ESTÁNDARES DE INSPECCIÓN.
5	DE	MEJORAS DE MANTENIBILIDAD.	PLANES, EJECUTADOS Y RESULTADOS OBTENIDOS	PROMOVER LA ESTANDARIZACIÓN	PERSONAL DE INGENIERÍA	
6	EQUIPO.	ANÁLISIS DE TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS (TMEF)	TODOS LOS TIPOS DE MANTENIMIENTO	EXTENDER LOS INTERVALOS DE MANTENIMIENTO	OPERADOR ESPECIALIZADO.	
7	DOCUMENTOS DEL HISTORIAL DE EQUIPOS.	HISTORIAL DEL EQUIPO.	REPARACIONES MAYORES.	PROVEER DATOS DE COSTOS.	DEPTO. DE MANTTO.	
8	CONTROL DEL PRESUPUESTO	COSTO DEL MANTENIMIENTO	COSTO DEL TRABAJO DE REPARACIONES.	CONTROL DEL PRESUPUESTO.	DEPTO. DE MANTTO. Y COMPRAS	DATOS PARA EL DEPTO. DE CONTABILIDAD.

Tabla 12.X Usos de los registros de mantenimiento.

X.8 Registros de fallas y descomposturas.

Es la documentación que describe las condiciones de la falla, ruptura de la parte del equipo o sistema y la posible causa. Sirve para identificar las condiciones anormales, por que algunas fallas aparecen repentinamente, pero la mayoría esta precedida por sistemas de advertencia como ruidos inusuales, excesiva vibración o sobrecalentamientos. La detención de estos síntomas permite anticipar las causas de las fallas y ayudar a tomar las acciones de planeación para prevenir la ocurrencia de estas.

Ilustración con diagramas o esquema.

La ubicación de las descomposturas suele ser muy difícil de explicar con palabras por lo cual se pueden colocar esquemas o dibujos que señalen la localización y las causas, generando de esta manera un reporte más fácil de entender.

Uso de la computadora.

La estandarización de las formas administrativas permite hacer uso de la computadora como una fuerte herramienta para la recolección y análisis de los reportes de mantenimiento, permite el ahorro de Horas - Hombre y hacer más accesible los datos, en posteriores planes.

X.9 Control de partes de repuesto.

La revisión de fallas y descomposturas descubren casi siempre una pobre administración de partes de repuestos; con objetos inútiles y escasez de los necesarios. Por lo cual, el propósito de este control es:

- ◆ Promover la confiabilidad y extensión de la vida del equipo a través de la compra, fabricación y el almacenamiento de las refacciones.
- ◆ Asegurar que se encuentren disponibles en cualquier tiempo, y permitan minimizar los tiempos muertos o paros de la producción,
- ◆ Reducción de los inventarios, costos de ordenes, aceptación y almacenamiento.

Clasificación de los materiales de mantenimiento.

Esté es el primer paso para administrar y controlar las partes de repuesto. Los materiales a almacenar incluyen lo siguiente:

- ◆ Refacciones de equipo para reemplazos regulares.
- ◆ Refacciones para rupturas esporádicas.
- ◆ Mantener siempre un stock y herramientas de mantenimiento.
- ◆ Salvar partes, que puedan ser recicladas.

Por medio de la siguiente tabla se expone en una forma más explícita la clasificación de los materiales de mantenimiento:

X) EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

USO	NECESIDAD	ALMACENAJE	TIPO	PRIORIDAD	RECICLAJE	EJEMPLO	ACCIÓN				
MATERIALES DE OPERACIÓN	NECESARIO	ALMACÉN DE MANTENIMIENTO.	EQUIPO DE REPUESTO	PARTES PRINCIPALES	PERMANENTES	INSTRUMENTOS DE ANÁLISIS	DETPO. PRODUCCIÓN				
			PARTES DE REPUESTO			BOMBAS MOTORES	DETPO. CONTROL PM				
						BALEROS	NUMERO FIJO.				
			MATERIALES DE MANTENIMIENTO.			NECESARIO	ALMACÉN CENTRAL	PARTES COMUNES	RESERVAS	IMPULSORES	ORDENES DE COMPRAS
									PRE-FABRICADAS	PARTES ESPECIALES	ORDEN DE FABRICACIÓN.
									TORNILLOS Y TUERCAS	MÉTODO DE PAQUETES	
LLAVES PARA TUBERÍA.	SISTEMAS LOAN.										
MATERIALES DE MANTENIMIENTO.	INNECESARIO	ALMACÉN CENTRAL	PARTES COMUNES		MATERIALES DE ACERO	PLANES DE COMPRA					
					CHATARRA	BODEGA					

Tabla 13.X Clasificación de los materiales de mantenimiento.

XI) EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

El objetivo del mantenimiento correctivo es la restauración de las funciones de operación de los equipos, proponiendo una ejecución de la manera más económica y teniendo siempre a la vista el cuidado de los equipos. Un medio efectivo para cumplir esta meta es el mantenimiento correctivo enfocado principalmente a la revisión y disminución de; fallas costos y tiempo de reparación. Las consecuencias de este método es una mejora de los trabajos y una mayor duración de la vida de los equipos.

XI.1 Técnicas de mantenimiento correctivo.

Los trabajos anteriormente descritos se pueden mejorar utilizando la técnica de mantenimiento correctivo que consta del seguimiento de estos pasos:

- a) Selección y extracción de los puntos registrados a través de varias administraciones en los trabajos de mantenimiento.
- b) Consenso para determinar los procedimientos para lograr una solución efectiva de los problemas.
- c) Utilización herramientas modernas de trabajo.
- d) Clarificar la esencia de los problemas.
- e) Incorporación de técnicas y experiencias de mantenimiento.
- f) Programación de planes, para mejora, aprobarlos y ejecutarlos.

Normalmente 70 a 90 % de los problemas son resueltos con simples técnicas; Diagramas de Pareto, diagrama causa - efecto y gráficas que utilizadas correctamente pueden resolver casi todos los problemas. En esta área la aplicación de la experiencia es más importante que la ciencia, es suficiente con el entendimiento de las ecuaciones y teoría para ejecutar los puntos con un especial cuidado.

Esta técnica implica revisar como se están produciendo los datos y si los resultados presentados son confiables. Ya que no se puede realizar un buen análisis y administración sino se desglosa; es decir distinguir por medio de dibujos, por ejemplo: de acuerdo a maquinaria, componentes y fenómenos. Los datos del desglose permiten el entendimiento de las características y peculiaridades, como distinguir los puntos cuando están en problemas y defectos al efectuar las inspecciones.

Los grandes problemas son ocasionados por dos o tres factores, y se tiene que discutir cuales son las medidas más apropiadas para encontrar el camino adecuado en la utilización de técnicas que promuevan, una mejora en las actividades o trabajos de mantenimiento. El valor de estas depende de como se lleven a la practica y del objetivo para el cual se este utilizando.

Los siguientes pasos son un proceso para estandarizar buenos resultados:

- a) Captar los problemas, realizar el mejor esfuerzo para detectar correctamente que cosas están ocasionado los problemas para resolverlos y que puntos pueden ser mejorados.
- b) Análisis de la condición presente, por medio de la evaluación y cuantificación del grado de cumplimiento de metas.
- c) Programación de planes de Mejoras, el cual esta basado en los resultados del análisis de la condición presente.
- d) Evaluación de planes, se deben de evaluar desde tres puntos de vista; 1ero realización de objetivos, 2do factibilidad del aspecto técnico y 3ero economía.
- e) Aprobación y ejecución de los planes adaptados.

XI) EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

A continuación se dan unos pasos para la solución de problemas en el mantenimiento correctivo:¹⁸

Pasos	Puntos Importantes	Técnica Principal.
◆ Encontrar los puntos controversiales.	Esbozo de los puntos de controversiales en el lugar de trabajo. Decisión del Tema	Diagrama causa - efecto, Diagrama de Gant, Histogramas, Check list.
◆ Colección de hechos, decisión de metas.	Realización de planes para las actividades. Correcto de las condiciones presentes. Cuantificar el grado de incumplimiento de las metas y tratar de superar este atraso.	Técnicas de planeación (PERT*, Carta de barras), estudio del proceso.
◆ Análisis de los hechos y discusiones de los métodos de mejoramiento.	Colección de nuevas ideas para aumentar los rendimientos, conexión con tecnologías de mantenimiento.	Diagramas causa - efecto, Histogramas, diagramas de pareto y check list. Simulación.
◆ Programación de planes	Concretizar ideas y estudios para mejorar. Aprobación de mandos superiores.	PERT, Diagramas de árbol, diagrama de matrices.

¹⁸ PME Execution of maintenance Corrective

* PERT Programing Evaluation and Review Technique

XI) EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

◆ Ejecución de mejoras	Aprobación de planes, evaluación de resultados de las pruebas. Confirmación de sucesos.	PERT, Diagramas de matrices.
◆ Revisión de los efectos y estandarización	Comparación antes y después de mejoras, Checar los efectos logrados, Revisión de las instrucciones y concientizar al personal hacia donde se quiere llegar.	Diagrama de Pareto, Implementación de estándares de trabajo.
◆ Establecimiento de un control.	Decidir métodos de control, pensar en todas las actividades que medidas se pueden aplicar.	

Las técnicas para producir nuevas ideas que sirvan para mejorar están basadas en el consentimiento y búsqueda de propuestas originales de parte de muchas gentes que se reúnen para complementar los planes de trabajo. Las técnicas más utilizadas son las siguientes;

- a) Tormenta de ideas.
- b) Método de Osborne de cuestionamiento a uno propio.
- c) Método de KJ (Kawakita Jiro)
- d) Métodos de enumeración de defectos y método de enumeración de cosas deseadas.
- e) Otros; Diagramas de árbol, diagramas de relación, diagramas de Pareto, Diagramas causa - efecto.

Un elemento valioso para el apoyo del mantenimiento correctivo es el uso de las check list que contienen los puntos más importantes; objetos a administrar, componentes y participantes en el lugar de trabajo. También sirven para encontrar problemas utilizándolas de la siguiente forma:

a) Sujetos a administrar en el lugar de trabajo

Calidad

- ◆ Reducción de defectos en el proceso.
- ◆ Reducción de la varianza.
- ◆ Observación correcta de las instrucciones de trabajo.
- ◆ Disminución de defectos iniciales.
- ◆ Clarificación de puntos de control.
- ◆ Reducción de condiciones de mala calidad.
- ◆ Estandarización.
- ◆ Mejoramiento de la confiabilidad y calidad.
- ◆ Disminución del numero de quejas.

Costos

- ◆ Reducción de gastos.
- ◆ Recuperación de materiales y partes.
- ◆ Disminución unitaria de costos.
- ◆ Acortamiento del tiempo de trabajo.

- ◆ Reducción de la fuerza de trabajo.
- ◆ Mejores rendimientos.
- ◆ Incremento en la disponibilidad de equipo.

Entrega

- ◆ Incremento del volumen de producción.
- ◆ Mejoramiento de la productividad.
- ◆ Cumplimiento del tiempo de entrega.
- ◆ Control del inventario.
- ◆ Incremento en el rango de operación.
- ◆ Promoción de la eficiencia.
- ◆ Superación de patrones y planes.

Moralidad y Motivación.

- ◆ Embellecimiento de los alrededores del lugar de trabajo.
- ◆ Incrementar la atención en el lugar de trabajo.
- ◆ Promoción de las habilidades personales.
- ◆ Proveer el trabajo en equipo.
- ◆ Colocación de las reglas en el lugar de trabajo.

Seguridad

- ◆ Establecimiento de la seguridad en el sitio de trabajo.
- ◆ Decrecimiento de los desastres y accidentes.
- ◆ Control de la seguridad.
- ◆ Arreglo de los alrededores del lugar de trabajo.

Otro aspecto a considerar en las check list es la revisión de las 4 "M":

Maquinaria

- ◆ ¿Cual parte de la maquinaria caracteriza su influencia?, Por ejemplo; volumen de producción, calidad, rango de operación...
- ◆ ¿Cuál es el estado de la confiabilidad y mantenibilidad del equipo?(Estado de fallas, tiempo de mantenimiento)
- ◆ Encontrar los orígenes de las fallas y tomar las medidas apropiadas.(Numero de fallas, tiempo muerto durante las fallas)
- ◆ Diseños para mejorar la maquinaria (Rango de fallas, rendimientos, rangos de operación etc..)
- ◆ Condiciones en el momento del desmantelamiento. (Medio Ambiente, seguridad)

Materiales

- ◆ Cual característica de los materiales es la que tiene mayor influencia(Pobre calidad del material, bajas características mecánicas.)
- ◆ Planes erróneos de materiales y partes de repuesto.(Poca cantidad)
- ◆ Dimensiones y formas defectuosas, rigidez imperfectas y calidad inferior.
- ◆ Mal manejo de almacén. (Pérdida de materiales)

Hombre (MAN)

- ◆ Se hace el trabajo de acuerdo a las aptitudes de los trabajadores.(rotación, educación y entrenamiento del personal.

- ◆ Cual es la condición de salud del trabajador(Salubre, enfermo, Dormido)
- ◆ Cual aptitud de los trabajadores tiene mayor influencia.
- ◆ Esta consciente del mantenimiento correctivo (Moralidad y educación)
- ◆ Desempeño en el trabajo (Cooperación, positivismo, motivación).

Método

- ◆ Cual cosa del método de trabajo tiene mayor influencia en el desarrollo del mismo. (preparación, patrones o arreglos)
- ◆ ¿Son los preparativos de trabajo apropiados? Están siendo observados correctamente los estándares.
- ◆ Esta disponible un libro de estándares.
- ◆ Existen condiciones seguras para los trabajadores (Escaleras, cinturones de seguridad, patrullajes)
- ◆ ¿Esta arreglado adecuadamente el lugar de trabajo?

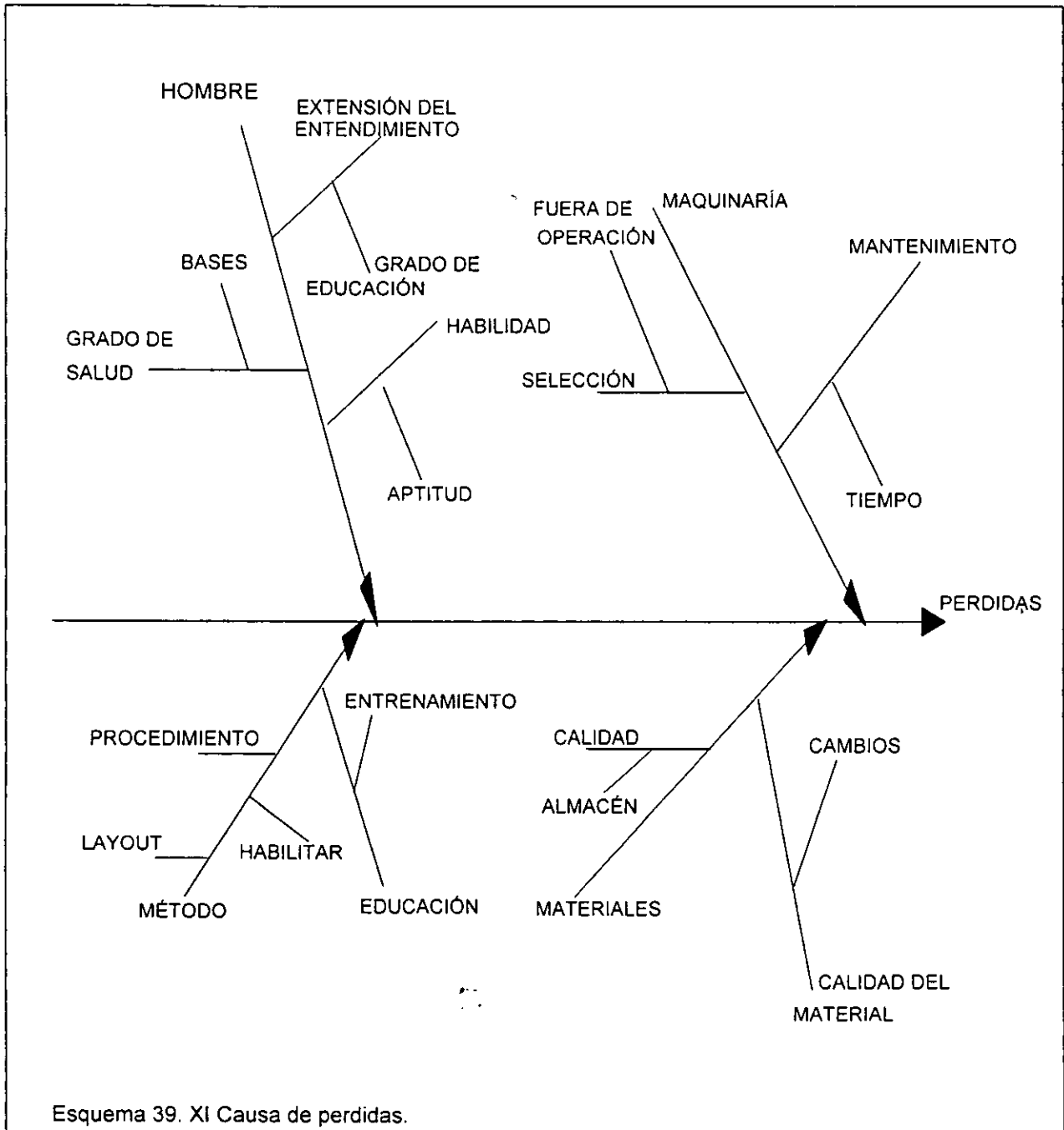
XI.2 Utilización de las 5W1H

Esta check list esta compuesta de 6 palabras en ingles; "Who, What, Where, when, Why and how". Que equivalen a "Quien, que, donde, cuando, porque y como" son elementos empleados para mejorar la ejecución de un plan, permitiendo las siguientes características:

- a) Fácil (reducción de fatiga)
- b) Apropiado (Realizar un buen trabajo, la calidad es superada)
- c) Rápido (Mejorar la eficiencia, reducción del tiempo de ejecución)
- d) Aun bajo precio(los costos son minimizados)

XI) EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

Todas estas check list se pueden relacionar de la siguiente manera;



Esquema 39. XI Causa de pérdidas.

XI.3 Seguridad en el trabajo.

El propósito de la seguridad industrial es conseguir que las personas que se dediquen al trabajo industrial, salgan sin lesiones y realicen sus actividades satisfactoriamente. Por lo cual, se deben tomar las siguientes precauciones:¹⁹

- a) Arreglo de la planta.
- b) Racionalización de sistemas de transporte y seguridad.
- c) Pasillos de seguridad.
- d) Educación de seguridad e higiene en el lugar de las actividades.
- e) Equipo de seguridad y protección.
- f) Ambiente de trabajo.

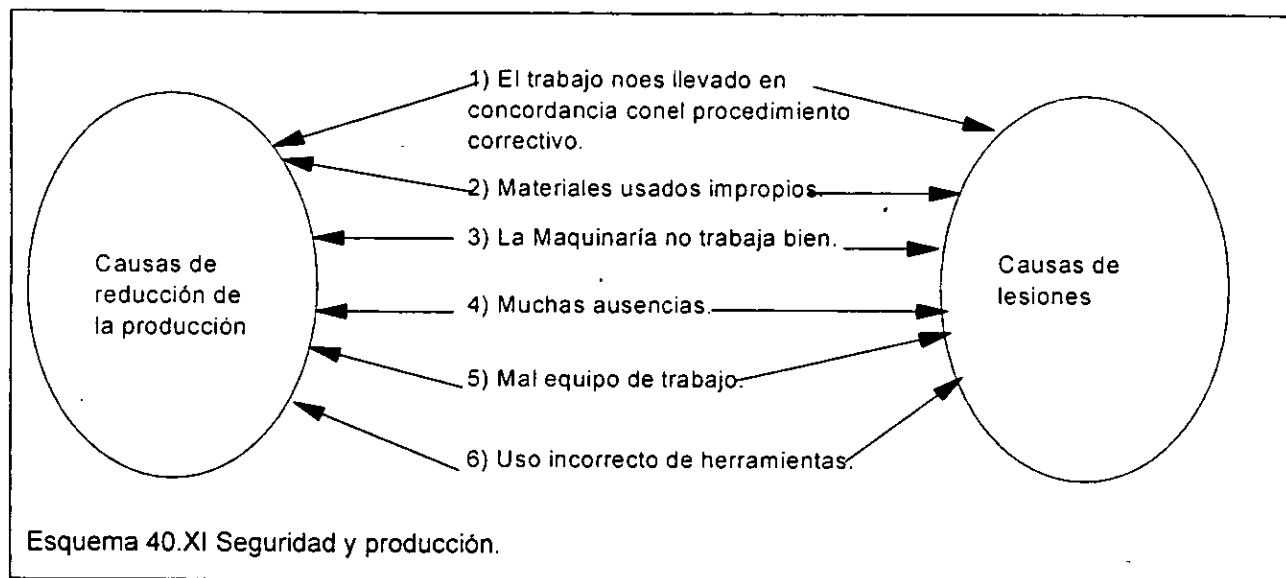
Medidas de protección al trabajador(Protección social)

- ◆ Casa.
- ◆ Hospital.
- ◆ Escuela.
- ◆ Higiene, servicios de agua, drenaje, luz etc..

¹⁹ P.M.E. Safety and Maintenance

XI) EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

Todos estos factores se combinan para provocar efectos adversos en la seguridad y producción de la planta como lo muestra el siguiente esquema;



Las lesiones industriales son la principal causa de muertes de los trabajadores al ser atribuido a los materiales y a las sustancias empleadas en el lugar de trabajo, al ser un mal manejo de estas. Existen fórmulas que dan las estadísticas sobre las lesiones que se pueden presentar.

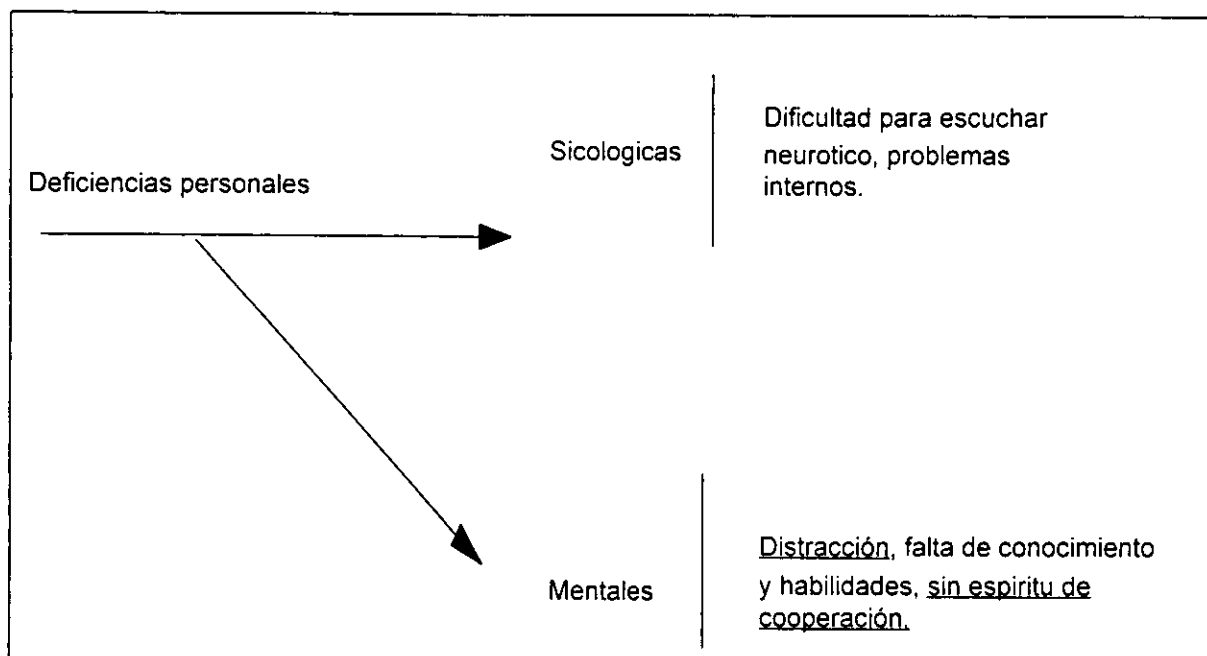
$$\text{Frecuencia de lesiones} = \frac{\text{Numero de lesiones}}{\text{Total de Horas de trabajo}} \times 10^6$$

$$\text{Severidad de lesiones} = \frac{\text{Numero total de días perdidos}}{\text{Total de horas trabajadas}} \times 10^3$$

El rango de lesiones depende del numero de trabajadores empleados en el trabajo. En los trabajadores existen cinco aspectos a revisar :

1. Factores hereditarios y medio ambiente.
2. Deficiencias personales.
3. Acciones y condiciones peligrosas.
4. Accidentes anteriores
5. Lesiones sufridas.

Las deficiencias personales se dividen en dos;



Cuando un accidente ocurre no necesariamente no necesariamente una persona resulta lesionada. En ciertas circunstancias se puede salvar de una lesión mayor, pero las estadísticas muestran cuando se produce un accidente los siguientes valores(misma causa).

330 accidentes (100%)	1 caso (0.3 %) Lesión Mayor.
	29 casos (8.8%) Lesión Menor.
	300 casos (90.9%) Sin lesiones.

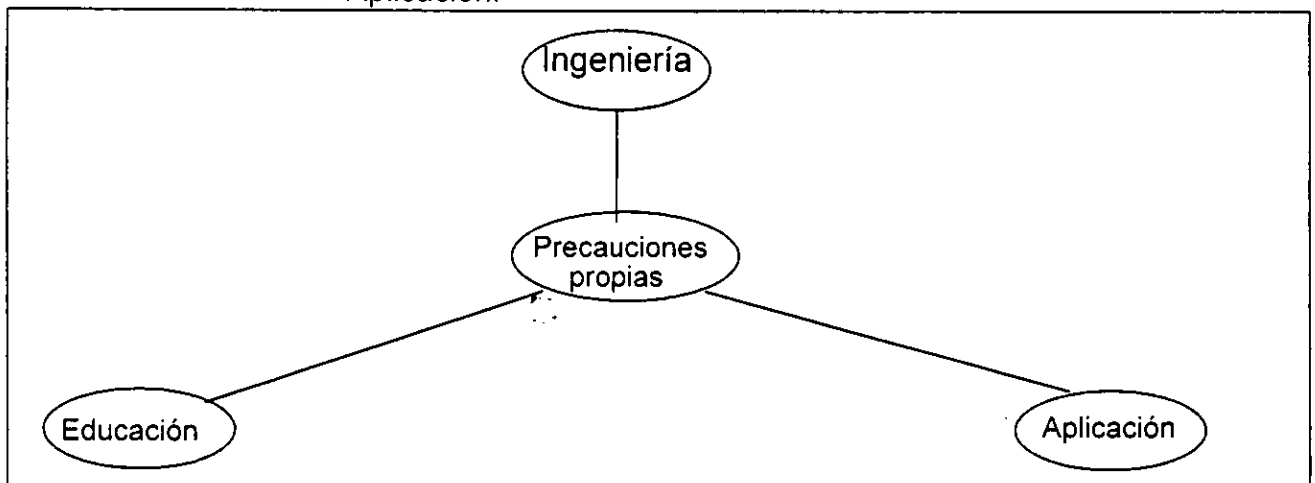
XI) EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

Estos porcentajes muestran que una persona que no ha tenido lesiones, algún día puede presentársele una lesión sino se toman las medidas adecuadas, para prevenir accidentes, tornando absolutamente necesario eliminar los problemas personales en el lugar de trabajo. A continuación se muestran los rangos de las causas de lesiones:

Accidentes Imprevisibles	2.0 %
(causados por actos de Dios ; terremotos, huracanes, tornados etc..)	
Condiciones Peligrosas	10 %
(partes inseguras de equipos, mala herramientas, o insuficientes arreglos)	
Acciones Peligrosas	88%
(trabajos sin los debidos cuidados , operación de equipo pesado sin señales al operador).	

Los métodos para prevención de prevención de accidentes son tres:

- ◆ Ingeniería
- ◆ Educación.
- ◆ Aplicación.



Las precauciones de seguridad por el lado de ingeniería son:

- ◆ Seguridad intrínseca.
- ◆ Arreglo de errores.
- ◆ Fallas de seguridad.

Por parte del lado de la aplicación

1. Refuerzo de los sistemas de seguridad. :

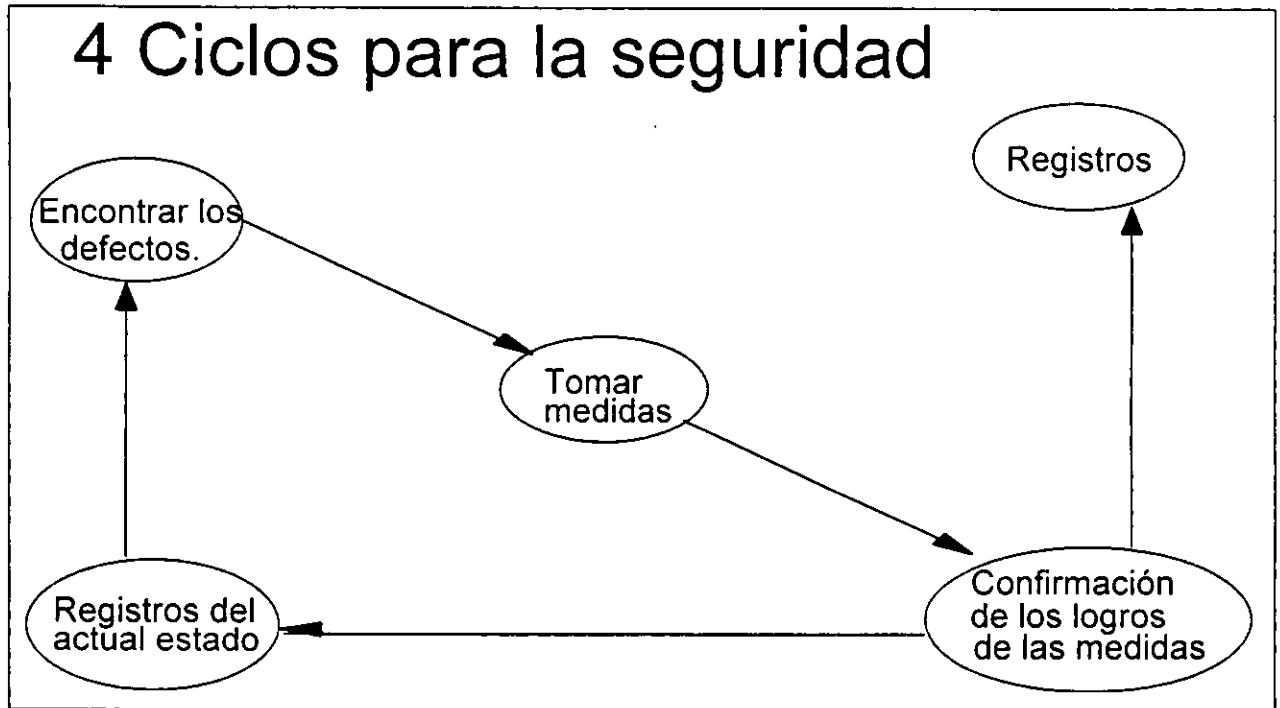
a) Estar al pendiente de los movimientos longitudinales.

- ◆ Establecimiento de la organización.
- ◆ Selección de estándares.
- ◆ Confirmación de sistemas.

b) Estar al corriente de los movimientos actuales.

- ◆ Registros de las condiciones presentes.
- ◆ Encontrar los puntos del problema.
- ◆ Decidir medidas y ponerlas en practicas.
- ◆ Confirmación de los refuerzos necesarios.

Un sistema de administración de la seguridad puede ser establecido teniendo en cuenta los anteriores conceptos.



XI.4 Medidas de educación para la seguridad.

La educación sobre seguridad completa el conocimiento, experiencia y habilidades proporcionan una mejor aptitud para trabajar en condiciones de seguras. Los contenidos de esta educación puede variar dependiendo la clase de trabajadores que la van a recibir;

- ◆ Nuevos empleados.
- ◆ Cambio en los contenidos de trabajo.
- ◆ Trabajadores empleados en trabajos peligrosos o altamente tóxicos.
- ◆ Supervisores de campo.
- ◆ Personal administrativo.

Contenido de la educación para nuevos empleados.

- ◆ Peligrosidad o naturaleza tóxica de maquinaria, materias primas, y hechos relacionados con los métodos de manejo u operación.
- ◆ Funcionamiento de los equipos de seguridad, sustancias dañinas, mecanismos de control, ejecución y manejo del equipo de protección.
- ◆ Las cuestiones relacionadas con los procedimientos de operación.
- ◆ Cosas relacionadas para la inspección en el tiempo de comienzo de un trabajo.
- ◆ Hechos relacionados con las causas y prevención de desastres de los trabajadores que pueden ser susceptibles a estos accidentes durante los trabajos.
- ◆ Cosas relacionadas el manejo e higiene de la planta.
- ◆ Cosas relacionadas a las medidas de emergencia y el tiempo de evacuación en un accidente.
- ◆ Procedimientos necesarios para mantener la seguridad y la salud en los trabajos a realizar.

b) Contenido de la educación a los supervisores de campo.

- ◆ Las cosas permitidas y las decisiones de los procedimientos de trabajo para los empleados.
- ◆ Hechos relacionados con los métodos para dar direcciones y supervisión de los trabajadores.

- ◆ Actos relacionados al mantenimiento y control del equipo en el lugar del trabajo.
- ◆ Hechos relacionados a las medidas de emergencia.
- ◆ Además los hechos que describen el procedimiento de los artículos relacionados a la prevención de lesiones industriales que podrían ser empleadas por los supervisores en campo.

XI.5 Mantenimiento y Seguridad.

El trabajo de mantenimiento es inestable por las siguientes características;

- ◆ La mayor parte de los proyectos requieren ser llevados en cooperación de varias personas de distintas disciplinas y especialidades.
- ◆ Los trabajos realizados se llevan con un tiempo un tiempo limitado.
- ◆ La organización de las responsabilidades no es siempre claro.
- ◆ Muchos trabajos se realizan con poca frecuencia y experiencia.
- ◆ La preparación de los estándares de trabajos es difícil de hacer.
- ◆ Se requieren muchas decisiones inmediatas.
- ◆ Los trabajos intermedios contienen diversos contenidos.
- ◆ Consideraciones especiales son necesarias para arreglar el medio ambiente y mantener las condiciones necesarias de seguridad.

Condiciones básicas de seguridad.

- a) Ropa de seguridad, no usar toallas o bufandas en el cuello, usar ropa siempre limpia y sin manchas de aceite o suciedad, ropa con el adecuado aislamiento, pocos botones o de cierre rápido. Zapatos adecuados y no portar en los bolsillos objetos innecesarios que puedan causar incendios o con orillas cortantes.
- b) Productos de protección: cascos, tapones para oídos, lentes de protección, guantes, cinturones de seguridad, zapatos de seguridad, mascarar antigás.
- c) Arreglo ordenado; pasillos de seguridad y sitios de trabajo despejados, salida de emergencia indicados, métodos de almacenaje. Guardar siempre en buen orden las herramientas, clasificaciones de las cosas necesarias e innecesarias, estándares para el desecho de residuos.

Los lesiones durante el trabajo de mantenimiento son causados por acciones inseguras, y un arranque repentino del equipo debido a las siguientes causas:

- ◆ Una persona enciende el switch de arranque.
- ◆ Arranque del switch por causas desconocidas
- ◆ Trabajos con mala cooperación.
- ◆ Presiones remanentes en componentes neumáticos.
- ◆ Paros defectuosos o no desconectados adecuadamente.
- ◆ Errores en el arranque automático y en la operación de la maquinaria.

También pueden ocurrir accidentes debido a un mantenimiento insatisfactorio y que pueden ocasionar lesiones en los operadores.

Seguridad para trabajos de mantenimiento.

- a) Reunión para definir las condiciones de seguridad antes del inicio de los trabajos de mantenimiento, se puede clasificar en una tabla para ser llenada antes de realizarlos.

Articulo	Contenido
1. Nombre del trabajo 2. Periodo 3. Realizado por: 4. Persona a cargo: 5. Procedimiento de trabajo: 6. Verificación de artículos de seguridad: 7. Relaciones con las personas correspondientes: ♦ Herramientas utilizadas ♦ Condiciones de operación de los otros equipos: ♦ Otros equipos en operación en el lugar de trabajo. ♦ Marca de trabajo ♦ Pasillos de seguridad. ♦ Uso de fuego. ♦ Trabajos en sitios altos. ♦ Intensidad de trabajo ♦ Equipo electrónico ♦ Otros.	

Tabla 13.XI Condiciones de seguridad

Solución a los problemas del mantenimiento correctivo.

- a) Cantidad de personal y alcance del trabajo. El numero de ingenieros y las distintas disciplinas que intervendrán (Mecánica, eléctrica, química, etc.), además de contar con el personal de apoyo para las distintas actividades que permitan cumplir con la meta propuesta en el alcance del trabajo(Reemplazo de piezas, realinación rehabilitación, etc.)
- b) Retroalimentación para prevenir recurrencias. Son los métodos o técnicas que han proporcionado buenos resultados y permiten estandarizar los trabajos al detectar las fallas más comunes.
- c) Entrenamiento para los trabajos correctivos. El desarrollo de habilidades y conocimientos permite un mejor desempeño de los trabajos de mantenimiento correctivo esto se logra con curso teóricos y prácticos donde el personal conoce y comprende el mecanismo de los equipos.
- d) Contacto con el personal a cargo del equipo.
- e) Personal de mantenimiento es el único que tiene acceso al lugar de reparación. El objetivo de esta medida es proporcionar el nivel de seguridad más alto al realizar el trabajo de mantenimiento.
- f) Inspecciones; definir cuando, que y quien las realiza. Uso practica de check list.

A continuación se presenta los pasos del mantenimiento correctivo para los intercambiadores de calor y bombas centrifugas.²⁰

²⁰ Instrucciones generales para la instalación, operación y mantenimiento de bombas Byron Jackson.

XI.6 Desmantelamiento de intercambiadores de calor con haz de tubos removibles.²¹

- ◇ Parar paulatinamente el medio de calentamiento y luego el de enfriamiento.
- ◇ Desconectar tuberías y aislar el equipo cerrando válvulas de suministro.
- ◇ Drenar completamente la unidad.
- ◇ Destornillar bridas y cubiertas.
- ◇ Retirar el haz de tubos.
- ◇ Limpiar las superficies del tubo ya sea por método químico o mecánico según lo necesite.
- ◇ Inspeccionar sino existen tubos dañados, fugas o estén corroídos, cambiar si es necesario.
- ◇ Para unidades tipo S, remover el canal, la cubierta del envolvente y el cabezal flotante. Proceder con el anillo para realizar la prueba hidrostática a la envolvente y al haz de tubos.
- ◇ Verificar si existen derrames en los tubos y juntas, reemplazar si es necesario.
- ◇ Colocar empaques nuevos.
- ◇ Atornillar todas las bridas y ensamblar nuevamente.

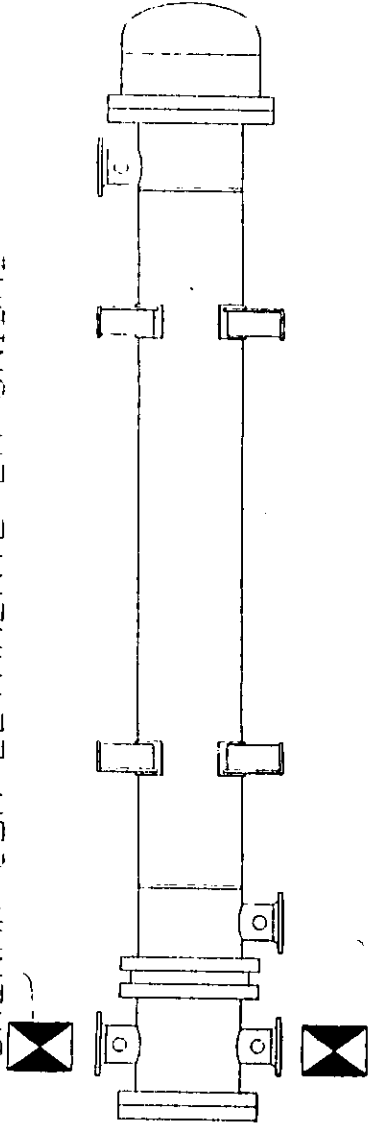
Para realizar los movimientos del haz y tapa es necesario contar con la ayuda de grúa y malacates.

²¹ Operación y Mantenimiento de Intercambiadores de Calor. Fausto Blanco

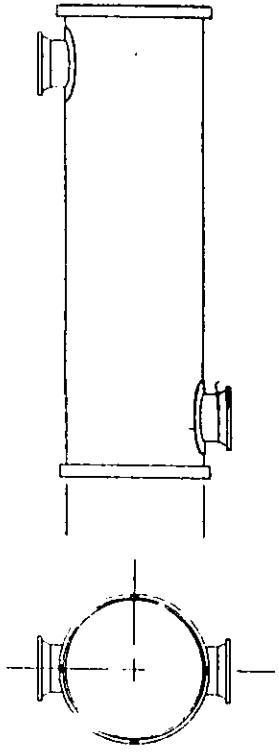
XI.7 Desmantelamiento de bombas.

- ◇ Desconectar toda la tubería auxiliar.
- ◇ Drenar el aceite del soporte de los baleros y el agua de la chaqueta de enfriamiento.
- ◇ Destornillar los birlos que mantienen unida la cubierta a la caja.
- ◇ Separar con cuidado la unidad de bombeo, dejar libre el impulsor, desensamblar las juntas y quitar los sellos mecánicos.
- ◇ Inspeccionar las caras rotatorias y estacionarias para ver si se encuentran huellas de desgaste o marcas de sobrecalentamiento, y determinar si es necesario relapear las caras o cambiarlas por nuevas.
- ◇ Quitar coples y sacar flecha, retirar baleros, limpiarlos verificar si existe desgaste en los anillos cambiarlos si es requerido. Examinar el buje de la garganta si indica cambio sacarlo de la bomba y reemplazarlo.
- ◇ Examinar buje central, de ser necesario cambiarlo.
- ◇ Una vez desmantelada la bomba se procede a limpiar completamente todas sus partes con un solvente adecuado. Después secar con aire comprimido o con un paño limpio, inspeccionar que todas estén libres de corrosión, desgaste y/o erosión. Desechar y cambiar todas las juntas al desensamblar. Reemplazar todas las partes desgastadas, erosionadas y/o corroídas que pudieran afectar el buen funcionamiento de la bomba, ensamblar en orden inverso. Limpiar toda la tubería perfectamente antes de conectarla a la bomba. Todos los procedimientos se muestran en forma esquemática a continuación:

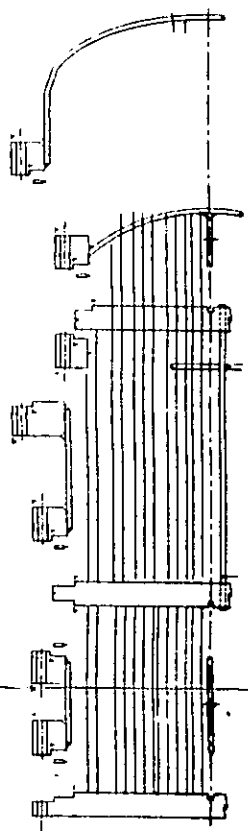
1. PARAR MEDIO DE CALENTAMIENTO Y DRENAR COMPLETAMENTE LA UNIDAD



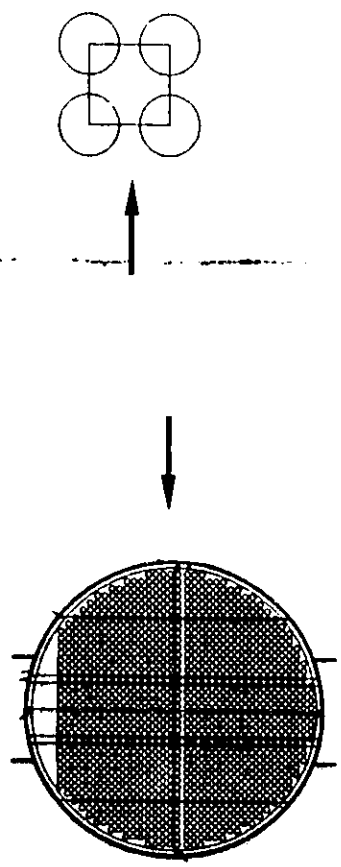
2. DESATORNILLAR BRIDAS Y CUBIERTA SUJETAS EL HAZ DE TUBOS



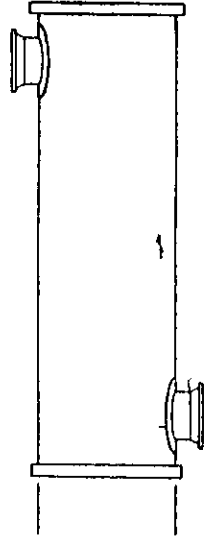
3. REMOVER AL CANAL, CUBIERTA Y ENVOLVENTE.



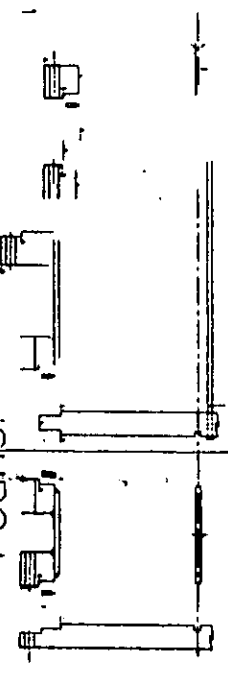
4. LIMPIAR LAS SUPERFICIES DE LOS TUBOS, MECANICAMENTE O POR MEDIO DE QUIMICOS.



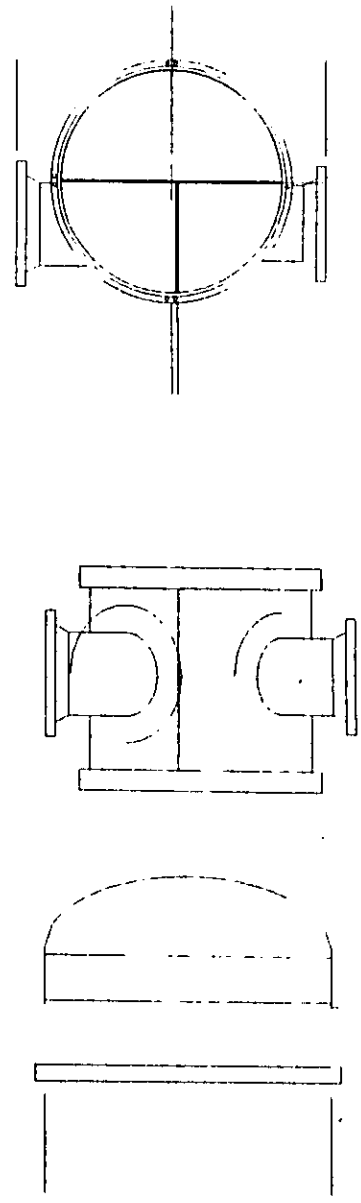
5. INSTALAR ANILLO DE PRUEBA PARA LA ENVOLVENTE.



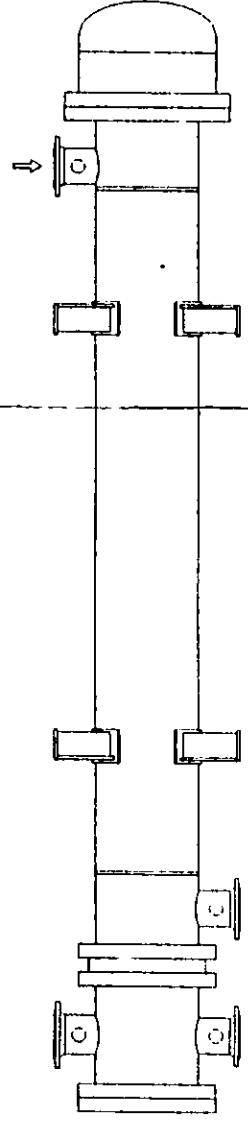
6. APLICAR PRUEBA HIDROSTATICA AL HAZ DE TUBOS, REVISAR QUE NO EXISTAN FUGAS.



7. LIMPIAR CABEZALES Y BRIDAS DE CORROSION E INCRUSTACIONES, COLOCAR EMPAQUES NUEVOS.



8. COLOCAR EL HAZ DE TUBOS EN LA ENVOLVENTE Y ATORNILLAR LAS BRIDAS PARA VOLVER A ENSAMBLAR LA UNIDAD.



30.L.D. COMO REFERENCIA

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CALIFORNIA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA
 CALIFORNIA, U.S.A.
 PROYECTO: MECANICOS
 COM. 14-2-11

84
 FACULTAD DE QUÍMICA
 DESENSEMBLE DE INTERCAMBIADORES
 U.S.A. 1950
 FEB. 1950

XII SEGUIMIENTO DE LOS PROGRAMAS.

Es necesario una vez determinado los planes y programas de mantenimiento, los mecanismos para dar el seguimiento y cumplir con las metas establecidas. Para tener en forma gráfica los programas y poder los evaluar se pueden emplear las siguientes herramientas administrativas; gráfica de Gantt, ruta crítica, diagrama de pareto, etc...

A continuación se presentan las gráficas de Gantt y ruta crítica de los programas de mantenimiento y reparaciones.

DESHIDRATADOR ELECTROSTÁTICO

ACTIVIDAD	MESES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Detección de fugas de fluidos												
2. Revisión de los instrumentos de medición.												
3. Estado de los conductores eléctricos.												
4. Temperatura del aceite del transformador.												
5. Detección de altas caídas de presión.												
6. Revisión de las válvulas de seguridad y drene.												
7. Estado de las boquillas y uniones de tuberías.												

Las actividades se realizan todos los días.

Las actividades se realizan una vez por semana

DESHIDRATADOR ELECTROSTÁTICO

ACTIVIDAD	ESES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8. Detección de fracturas y tipo de corrosión en el recipiente.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
9. Cambio de aceite del transformador y revisión del aislamiento eléctrico.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
10. Revisión de acumulación de impurezas en rejillas y electrodos.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
11. Erosión en boquillas												□
12. Detección de corrosión en rejillas y electrodos												□
13. Aislaminetos del devanado.												□
14. Margen de corrosión en el recipiente.												■
15. Revisión del aislamiento de los electrodos.												■
16. Aplicación de pintura.												■

Las actividades se realizan una vez al mes



Las actividades se realizan una vez al semestre



Las actividades se realizan una vez al año.



PRECALENTADOR DE CRUDO

ACTIVIDAD	MESES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12. Limpieza de tubos						<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
13. Revisión en el interior del envolvente para detectar corrosión.						<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
14. Detección de fugas en las juntas entre tubos y envolvente												<input checked="" type="checkbox"/>
15. Remoción de canal y cabezas para limpieza.												<input checked="" type="checkbox"/>
16. Revisión de las cajas de empaques.												<input checked="" type="checkbox"/>
17. Medición de espesores en tapas y envolvente.												
18. Revisión en el interior del envolvente para detectar corrosión.												<input checked="" type="checkbox"/>
19. Revisión de fracturas y rupturas en tubos y envolvente.												<input checked="" type="checkbox"/>

XII) SEGUIMIENTO DE LOS PROGRAMAS

ACTIVIDAD	MESES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12. Limpieza de tubos						<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
13. Revisión en el interior del envolvente para detectar corrosión.						<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
14. Detección de fugas en las juntas entre tubos y envolvente												<input checked="" type="checkbox"/>
15. Remoción de canal y cabezales para limpieza.												<input checked="" type="checkbox"/>
16. Revisión de las cajas de empaques.												<input checked="" type="checkbox"/>
17. Medición de espesores en t tapas y envolvente.												
18. Revisión en el interior del envolvente para detectar corrosión.												<input checked="" type="checkbox"/>
19. Revisión de fracturas y rupturas en tubos y envolvente.												<input checked="" type="checkbox"/>

XII) SEGUIMIENTO DE LOS PROGRAMAS

BOMBA DE TRANSFERENCIA DE CRUDO.

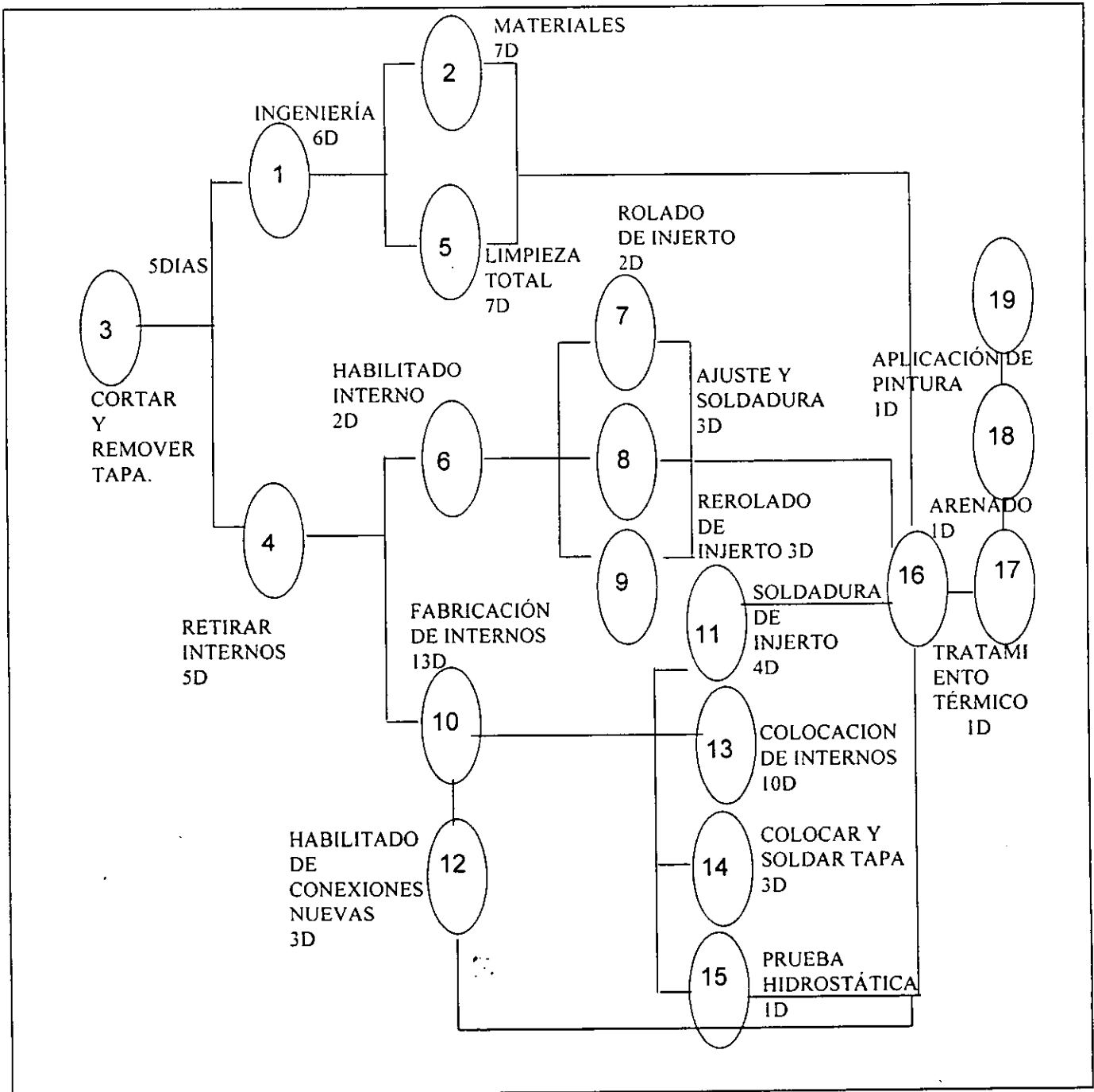
ACTIVIDAD	MESES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14. Revisión de los anillos de los empaques de aceite.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15. Revisión de los sistemas de lubricación de engranes.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16. Alineación de coples.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17. Medición de los espesores del impulsor.						<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
18. Revisión de los anillos de los empaques de aceite.						<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
19. Limpieza de los sellos mecánicos.						<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
20. Cambio de aceite del motor.						<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
21. Revestimiento con barniz de la bobina.						<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
22. Revisión del rotor, y aislamientos de los embobinados						<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
23. Cambio de baleros												<input checked="" type="checkbox"/>
24. Revisión del encapsulado del motor.												<input checked="" type="checkbox"/>
25. Verificar el desgaste de la carcasa.												<input checked="" type="checkbox"/>
26. Aplicación de pintura al exterior del equipo.												<input checked="" type="checkbox"/>

XII) SEGUIMIENTO DE LOS PROGRAMAS

Gráfica de Gantt de reparaciones de recipientes a presión.

EQUIPO	SEMANAS						
	1	2	3	4	5	6	7
1. Ingeniería	[Barra]						
2. Materiales	[Barra]						
3. Cortar y remover tapa frontal	[Barra]						
4. Retirar internos existentes	[Barra]						
5. Limpieza total interna	[Barra]						
6. Habilitado interno	[Barra]						
7. Rolado de injerto	[Barra]						
8. Ajuste y soldadura longitudinal del injerto.	[Barra]						
9. Re-rolado de injerto	[Barra]						
10. Fabricación de internos	[Barra]						
11. Soldadura del injerto	[Barra]						
12. Habilitación de conexiones nuevas.	[Barra]						
13. Colocación de internos.	[Barra]						
14. Colocar y soldar la tapa frontal.	[Barra]						
15. Prueba hidrostática	[Barra]						
16. Tratamiento térmico.	[Barra]						
17. Arenado y aplicación de recubrimiento.	[Barra]						
18. Aplicación de pintura.	[Barra]						
19. Ensamble en campo y prueba hidrostática final.	[Barra]						

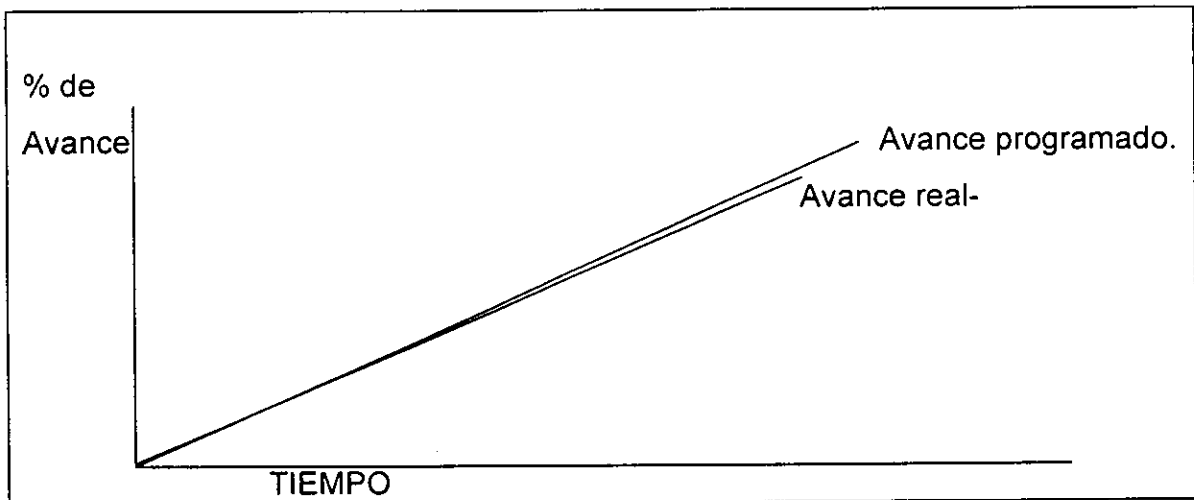
RUTA CRÍTICA²²



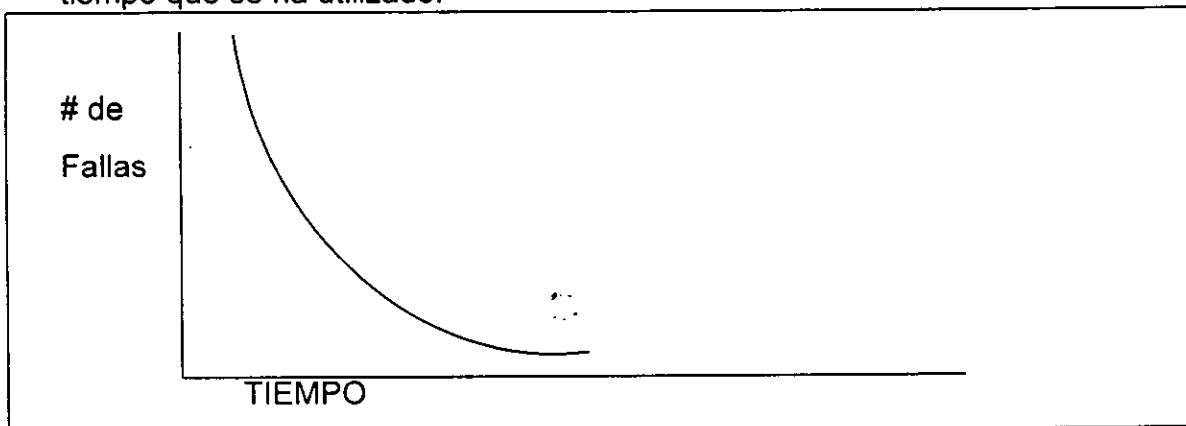
²² Modificaciones Mayores en plantas a equipo metal mecánico. Humberto Rangel D., Federico Lopez G.

MÉTODOS DE CONTROL

Los métodos de control más efectivos y fáciles de usar son las gráficas por la amplia información que proporcionan y la rápida comprensión de los datos obtenidos, por lo cual para controlar los trabajos de mantenimiento correctivo se pueden utilizar estos tipos de gráfica:



En esta gráfica se evalúa el grado de cumplimiento del alcance de los trabajos y el tiempo que se ha utilizado.



Esta gráfica nos indica la eficiencia en los trabajos de mantenimiento porque se espera una disminución en el número de fallas, por la aplicación de los programas y su seguimiento.

XIII) PUNTOS DE AJUSTES

Existen ocasiones en las cuales los programas por más completos y complejos no logran cubrir situaciones inesperadas como; fallas debidas a humedad, el aceite o grasa de sistemas rotatorios o coples, y desgastes de partes móviles.²³Ocasionando que se presente una acumulación de suciedad mayor a la esperada, reducción de la eficiencia de los sistemas internos de enfriamiento de motores eléctricos y transformadores, lo que ocasiona sobrecalentamientos que dañan los aislamientos.

Todos estos son puntos deben ser corregidos, por lo cual, se necesita realizar un ajuste a los programas de mantenimiento que incluya las nuevas actividades para mantener la confiabilidad y ausencia de fallas en la vida útil de equipo.

Los puntos de ajuste son los siguientes;

EQUIPO	PUNTO DE AJUSTE
DESHIDRATADOR ELECTROSTATICO	
Presión.	<u>Alta caída de presión</u> , limpiar de obstrucciones en las rejillas, por impurezas o lodos acumulados,
Salinidad.	<u>Alto porcentaje de salinidad</u> a la salida, revisar el sistema eléctrico, suministre corriente a los electrodos y estos estén cumpliendo con el tiempo de residencia adecuado para la deshidratación.

²³ P.M.E. Middle Management. Yasushi Shimizu.

EQUIPO	PUNTO DE AJUSTE
PRECALENTADOR DE CRUDO EA-101 A/B	
Temperatura	Baja temperatura del aceite a la salida, debida por un rápido ensuciamiento del haz de tubos, limpieza química y de ser necesaria mecánica.
Presión	Alta caída de presión, limpieza química y de ser necesaria mecánica. Verificar que las boquillas no estén obstruidas y las válvulas operen al flujo establecido.

EQUIPO	PUNTO DE AJUSTE
ENFRIADOR DE CRUDO EA-102 A/B	
Temperatura.	Alta temperatura del aceite a la salida, debida por un rápido ensuciamiento del haz de tubos, limpieza química y de ser necesaria mecánica.
Presión.	Alta caída de presión, limpieza química y de ser necesaria mecánica. Verificar que las boquillas no estén obstruidas y las válvulas operen al flujo establecido.

EQUIPO	PUNTO DE AJUSTE
BOMBA DE TRANSFERENCIA DE CRUDO GA-101 A/D/R ²⁴	
<p>Acumulación de polvo.</p> <p>Baja velocidad</p> <p>Sin presión</p> <p>Excesivo desgaste de empaques y sellos.</p>	<p>Limpieza de la cubierta de toda suciedad, arena y aceite depositados en la cubierta.</p> <p>Sin descarga de fluido, posible entrada de aire a la bomba, ventear y revisar el nivel de fluido a la succión.</p> <p>Puede ser debida a defectos mecánicos, anillos desgastados, impulsor bloqueado y/o mala dirección de rotación. Inspeccionar la formación de bolsas de aire, corregir la dirección de rotación y repara cualquier entrada de aire a la línea de succión.</p> <p>Es causado por la desalineación, flecha desbalanceada, mal ajuste, para corregir estos puntos realine y colocación de los empaques y sellos de acuerdo a las indicaciones de los fabricantes.</p>
<p>Motor.</p> <p>Alta temperatura en los rodamientos</p> <p>Aislamientos eléctricos</p>	<p>Revisar que las entradas y salida de aire no se encuentren bloqueadas.</p> <p>Revisar el valor de las resistencias para evitar fugas y aplicar barniz si es necesario</p>

²⁴ Mayor process equipment maintenance and repair. Heinz Bloch.

Otro aspecto importante a considerar son las válvulas e instrumentos de control, aunque no sean considerados como puntos crítico, en ocasiones pueden provocar que el sistema fluctúe, sea inestable y presente altas caídas de presión. A continuación se muestran los puntos básicos de ajuste para este tipo de accesorios.

EQUIPO	PUNTO DE AJUSTE
INSTRUMENTACIÓN Y VÁLVULAS DE CONTROL	
Válvula de paso.	Sin descarga de fluido, verificar que no se encuentren obstruidas, en tal caso colocar bypass y limpiar.
Válvula de seguridad.	No abren a presión de relevo, verificar el buen estado del resorte y calibrarlo.
Válvulas de medición.	Malas lecturas, limpiar los canales del rotámetro
Válvulas de drene.	No hay salida de sedimentos, limpieza de los conductos de salida.
Válvulas de control.	No recibe ni manda señales, verificar los accionadores neumáticos y ajustarlos, tomar las lecturas de salida de los circuitos electrónicos.

En ocasiones se pueden presentar síntomas de problemas al operar la unidad después de un paro o reparación, por lo cual, se necesita tener una idea de la posible acción correctiva que normalice la operación del equipo.

DESHIDRATADOR ELECTROSTÁTICO FA-101 A/B

PROBLEMA	CAUSA	ACCIÓN CORRECTIVA
1. Presión elevada en el deshidratador.	Regulación incorrecta del control de presión.	Ajustar del valor en la válvula de control.
2. Flujo de alimentación nulo o insuficiente.	Sistema de suministro de alimentación con desperfectos. Flujómetro obstruido Intercambiadores obstruidos.	Verificar el sistema de suministro de alimentación. Limpiar cuidadosamente el flujómetro. Limpieza con químicos y si es necesaria manual.
3. Alto nivel de aceite.	Válvulas de control mal reguladas o en falla. Válvula de flotación de nivel en falla.	Verificar el funcionamiento de las válvulas y accesorios de control. Revisar sino se encuentran cerradas otras válvulas. Verificar limpiar y reemplazar de ser necesario, las partes defectuosas.

DESHIDRATADOR ELECTROSTÁTICO FA-101 A/B

PROBLEMA	CAUSA	ACCIÓN CORRECTIVA
4. Nivel de aceite decreciente en el tanque.	Válvulas de control mal reguladas o en falla. Válvula de flotación de nivel en falla.	Verificar el funcionamiento de las válvulas y accesorios de control. Revisar sino se encuentran cerradas otras válvulas. Verificar limpiar y reemplazar de ser necesario, las partes defectuosas.
5. Elevada salinidad del aceite.	Baja temperatura o falla de corriente eléctrica.	Revisar el comportamiento de los precalentadores de crudo que estén dando la temperatura adecuada, verificar si el transformador esta recibiendo corriente eléctrica adecuadamente.
6. Transformador.	Sin corriente	Revisar los conductores de alimentación.

PRECALENTADOR DE CRUDO EA-101 A/B

PROBLEMA	CAUSA	ACCIÓN CORRECTIVA
1. Alta presión en el envolvente.	Válvulas de control en falla	Verificar que no se encuentren obstruidas o bloqueada la tubería anexa.
2. Alta presión en los tubos.	Tubos bloqueados	Limpiar, retirar y reemplazar los tubos en mal estado
3. Alimentación nula o insuficiente.	Sistema de suministro de alimentación con desperfectos. Flujómetro obstruido	Verificar el sistema de suministro de alimentación. Limpie cuidadosamente el flujómetro.
4. Excesiva vibración.	Mamparas desprendidas	Revisar y soldar las partes desprendidas.
5. Baja temperatura del crudo.	Falta de aceite de calentamiento.	Verificar la alimentación de aceite de calentamiento y ajustar al flujo correspondiente.
6. Alta caída de presión.	Tubos o boquillas obstruidas.	Limpiar y retirar los tubos si se encuentran dañados

ENFRIADOR DE CRUDO EA-102 A/B

PROBLEMA	CAUSA	ACCIÓN CORRECTIVA
1. Alta presión en el envoltorio.	Válvulas de control en falla	Verificar que no se encuentren obstruidas o bloqueada la tubería anexa.
2. Alta presión en los tubos.	Tubos bloqueados	Limpiar, retirar y reemplazar los tubos en mal estado.
3. Alimentación nula o insuficiente.	Sistema de suministro de alimentación con desperfectos. Flujómetro obstruido	Verificar el sistema de suministro de alimentación. Limpiar cuidadosamente el flujómetro.
4. Excesiva vibración.	Mamparas desprendidas	Revisar y soldar las partes desprendidas.
5. Alta temperatura del crudo.	Falta de agua de enfriamiento.	Verificar la alimentación de agua de enfriamiento y ajustar al flujo correspondiente.
6. Alta caída de presión.	Tubos o boquillas obstruidas.	Limpiar y retirar los tubos si se encuentran dañados

BOMBA DE TRANSFERENCIA DE CRUDO GA-101 A/D/R

PROBLEMA	CAUSA	ACCIÓN CORRECTIVA
1 Baja presión de descarga.	Falla del impulsor.	Revisa y limpiar si esta obstruido el impulsor.
2. Vibración excesiva.	Flecha desajustada.	Parar y calibrarla con precisión.
3. Alta temperatura en la descarga.	Falla del sistema de enfriamiento.	Limpiar de obstrucciones los conductos del agua de enfriamiento.
4. Cavitación	Entrada de aire.	Purgar y revisar que el deposito de succión no presente entradas de aire, que mantiene el NPSH requerido.(Net Positive Suction Head, Cabeza neta positiva de succión)
4. Sobrecalentamiento del motor ²⁵	Conductos de aire	Limpiar el de polvo y suciedad de los conductos.
5. No arranca, acoplado o desacoplado sin ruido	Dos o mas cables en circuito abierto.	Revisar la alimentación: Transformador, interruptor, fusibles y cables a terminales.
6 No arranca, acoplado o desacoplado con ruido	Una terminal en circuito abierto.	Revisar la alimentación: Transformador, interruptor, fusibles y cables a terminales.

²⁵ Reliance de Mexico. Instrutivo de instalación, operación y mantenimiento de motores eléctricos.

BOMBA DE TRANSFERENCIA DE CRUDO GA-101 A/D/R

PROBLEMA	CAUSA	ACCIÓN CORRECTIVA
	Rotor bloqueado. Cojinete atascado.	Revisar la alineación del rotor y en buscar cualquier obstrucción. Reemplazar el cojinete y repare la fecha según lo necesite.
7. Muy alta corriente sin carga ²⁶	Muy alto voltaje de alimentación.	Mida el voltaje y ajustarlo al valor correcto.
8. Marcha irregular desaclopada	Rotor desbalanceado	Si el desbalanceo continua durante un largo periodo, para y balancear.

²⁶ Indution Motor. Maintenance Instructions.

XIV) *CONCLUSIONES*

El conocimiento y la importancia de la planeación del mantenimiento desde el diseño en la ingeniería de proyectos hasta el total del ciclo de vida de los equipos, permitirá establecer y proveer los servicios que se requerirán para mantener y prolongar la vida útil de los equipos mejorando la rentabilidad de la planta.

La promoción de una cultura para el seguimiento y evaluación de los programas de mantenimiento apoyada en métodos de diagnóstico de equipos, permite lograr una operación estable y segura, dejando en el pasado los paros de emergencias, rechazo de productos, desperdicio de materia prima y penalizaciones sobre el precio del crudo de exportación en sus tres principales parámetros; % de agua en volumen. BS&W. (Sólidos básicos sedimentables y agua) y PTB (libras de sal por 1000 barriles de aceite). Además del impacto económico que tienen, es de gran importancia en el bombeo por los oleoductos debido a que valores mayores pueden ocasionar erosión mientras que porcentajes menores requieren reforzar las potencias en los sistemas de bombeo debido a la enorme fricción en las paredes del oleoducto. Todos estos factores influyen en una mejor calidad y mayor producción de la planta.

Este trabajo crea una guía con los conocimientos básicos de mantenimiento para el desarrollo de planes y puntos importantes a considerar en una planta Deshidratadora y al mismo tiempo sugiere un modelo exportable para otros sistemas de producción industrial.

Para competir en un mercado mundial de hidrocarburos cada vez más exigente en términos de calidad y costo, PEMEX y el IMP deben ser líderes y precursores de eficientes sistemas de mantenimiento en las diferentes instalaciones productoras, para

mantener un óptimo nivel de operación similar al de las compañías petroleras más importantes del mundo, coadyuvando a cumplir con los compromisos en la cantidad y calidad, especificada de los productos.

Mantener y prolongar la vida útil de los equipos, aumentar la rentabilidad de la planta y crear un ambiente de seguridad industrial al funcionar los equipos en condiciones normales, logra que el personal trabaje bajo condiciones seguras, motivado por las metas alcanzadas.

Finalmente, es necesario hacer énfasis en las nuevas generaciones de ingenieros, en especial los egresados de la Facultad de Química de la UNAM, que el mantenimiento es una inversión productiva, mucho más que un gasto. También representa un campo de bastante interés tecnológico y en algún momento en la vida profesional, lograr desarrollarse en esta área.

XV) BIBLIOGRAFÍA

Las citas bibliográficas se muestran en su orden de aparición en el texto de la tesis.

1. Plant Maintenance Engineering

Introduction to maintenance management and engineering.

Yasushi Shimizu

Tomo I 1996 pages 1-18

2. Implementing Total Productive Maintenance.

Seiichi Nakajima

Productivity Press

Cambridge, Massachusetts

1986 pages 10, 21, 90, 113,246.

3. Manual de Ingeniería del mantenimiento.

Principles of Organization

H.W. Shockley

Mc Graw Hill. Page 1-12 1966

4. Administración

H. Koontz,

Mc Graw Hill pag. 466,496 novena edición 1990

5. Anuario Estadístico

Gerencia Corporativa de evaluación e información PEMEX 1996 pag. 6-8.

<http://www.pemex.com>

6. Petrolite

Division Petreco

<http://www.petrolite.com>

7. Paquete de Ingeniería Básica para el proceso de deshidratación de crudo en plataformas marinas.

Tesis profesional Jesús Ramírez García.

UNAM 1982 D.F.

8. Curso de transferencia de calor

Jose Antonio Ortiz Ramírez, Alejandro Anaya Durand

IMP Tomo I pag. 161-192.

9. Goulds Pump Manual

Mc Graw Hill / Chemical Engineering.

Pages 98-124 1988.

10. Plant Maintenance Engineering

Condition Diagnosis Technique

Mitsubishi Chemical Corporation

Vol. III Page 1-31 1996

11. Plant Maintenance Engineering

How to establish and execution maintenance plans.

Vol. IV. Pages 82-96. 1996

12. ASME

American Society of Mechanical Engineers

Código VIII Sección III Boiler y recipientes a presión. 1990

13. TEMA

Tubular Exchanger Manufacturer Association.

Section 4 Maintenance of Heat Exchanger

Page 15-18.

14. ANSI

American National Standard Institute

Chemical Plants B313 1990

15. NACE

National Association Corrosion Engineers

16. Total Productive Maintenance

Maintenance Preventive

Seiichi Nakajima

Productivity Press.

Cambridge, Massachusetts

1986 pages 236,245. 1986

17. Plant Maintenance Engineering

Practice of maintenance corrective.

Vol. I Pages 1-18 1996

19. Plant Maintenance Engineering
Safety and Maintenance
Vol. Pages 1996
20. Instrucciones generales para la instalación, operación y mantenimiento de bombas
centrifugas horizontales.
Byron Jackson.
Borg Warner. Corp.1982
21. Operación y Mantenimiento de Intercambiadores de Calor.
Fausto Blanco B.
IMP Consideraciones para mantenimiento Pag. 326-338.
22. XVII Congreso internacional de capacitación en calderas, recipientes a presión,
temas afines y exposición industrial.
"Modificaciones mayores en planta a equipo metal mecánico."
Humberto Rangel Dávalos, Federico López García. IMP
Asociación Mexicana de Ingenieros Mecánicos y Electricistas.1994
23. Plant Maintenance Engineering
Middle Managment
Yasuhi Shimizu
Kitakyushv International. Page 1-22 1996.

24. Major Process Equipment Maintenance and Repair.
Practical machinery management for process plant.
Bloch, Hienz.
P. Geitner.
Golf Publishing Company.
25. Reliance de Mexico
Instructivo de instalación, operación y mantenimiento para motores eléctricos.
Reliance de México S.A. 1990
26. Indution Motor
Maintenance Instructions
HITACHI
Tokyo, Japan 1990
27. API
American Petrolum Institute
API-RP- 24 Facilities on offshore sctstructure.
28. American Petroleum Institute
Recomended practice for desig and instalation of offshore platform
29. TEMA
Tubular Exchanger Manufacturer Associacion
Section 12 Recomendend Good Practice
pages 220-232

30. Implementing Total Productive Maintenance

Seiichi Nakajima

Preventive Maintenance

Productivity press

Cambridge, Massachusetts 1986 pages 219-266.

31 Maintenance Engineering Handbook

Maintenance of service equipment Centrifugal pumps.

L.C. Morrow Mc-Graw Hill Second Edition 1966 page 9-141-150,

32. Maintenance Engineering Handbook

Power Distribution, Maintaining transformers.

L.C. Morrow Mc-Graw Hill Second Edition 1966 page 7-204,205.