



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**ELABORACION DE PROGRAMAS DE INSPEC-
CION TECNICA PARA PREVENIR ACCIDENTES
EN PLANTAS DE PROCESO**



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A I

ISMAEL CAMPOS RODRIGUEZ

MEXICO, D. F.

1988

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

CAPITULO I

1.1	Introducción	3
-----	--------------	---

CAPITULO II

HERRAMIENTAS DE INSPECCION TECNICA

2.1	Generalidades	6
2.2	Pruebas Destructivas	6
2.2.1	Prueba con martillo	7
2.2.2	Prueba de dureza	8
2.2.3	Análisis de materiales	10
2.2.3.1	Ferret-Meter	10
2.2.3.2	Análisis a la gota	11
2.3	Prueba No Destructivas	12
2.3.1	Inspección visual	12
2.3.2	Analizador de rayos X	13
2.3.3	Instrumentos de ultrasonido	13
2.3.4	Mediciones directas	16
2.3.5	Partículas magnéticas	18
2.3.6	Líquidos penetrantes	18
2.3.7	Indicadores de temperatura	19
2.3.8	Radiografía industrial	21
2.3.9	Cascarímetro o Incrustómetro	22
2.3.10	Explosímetro	22
2.3.11	Prueba hidrostática	23

CAPITULO III

PROCEDIMIENTOS DE INSPECCION Y SU APLICACION EN EL MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE PROCESO

3.1	Antecedentes	25
-----	--------------	----

3.2	Inspección con planta en operación	27
3.3	Inspección con paro de planta	37
3.3.1	Calentadores	37
3.3.2	Cambiadores de calor	46
3.3.3	Recipientes sujetos a presión	48
3.3.4	Bombas	52
3.3.5	Válvulas de seguridad y relevo	54
3.3.6	Resumen	57

CAPITULO IV

ELABORACION Y MANEJO DE LOS PROGRAMAS DE INSPECCION

4.1	Elaboración y manejo de los programas de inspección técnica con paro de planta	64
-----	--	----

CAPITULO V

CONCLUSIONES

5.1	Conclusiones	75
5.2	Recomendaciones	76

BIBLIOGRAFIA	79
--------------	----

CAPITULO I

1.1 Introducción

La Inspección Técnica tiene como principal objetivo proteger la vida y salud de los trabajadores, a través de la protección integral de las instalaciones en una industria. Para cumplir con este objetivo se deben llevar a cabo, al menos, - las siguientes funciones:

- Eliminar los incidentes industriales.
- Mejorar la continuidad en la operación de las industrias.
- Alargar las corridas operacionales.
- Reducir los tiempos inactivos de los equipos.

Es por esto, que el ingeniero de inspección requiere de - un adecuado conocimiento del proceso, en las unidades bajo su responsabilidad; conocer las normas, códigos y especificaciones para la construcción y mantenimiento de líneas y equipos en - operación; también debe conocer los procedimientos y técnicas necesarias para prevenir, detectar y controlar el desgaste de los equipos.

Con el fin de dar a conocer las bases necesarias para la - práctica de esta especialidad, hemos realizado el presente trabajo bajo desglosándolo en la siguiente forma:

a) Herramientas.- En esta sección se tratan los métodos de pruebas Destructivas y No Destructivas. La prueba de martillo y el análisis de materiales son los principales ejemplos - de las pruebas destructivas, mientras que los instrumentos de ultrasonido y la radiografía industrial lo son de las pruebas no destructivas. Este último método es el que mayor desarrollo

ha tenido en los años recientes gracias a los avances en la electrónica.

b) Procedimientos.- Se hace un planteamiento de la metodología recomendada para realizar las inspecciones preventivas, inspección de calentadores, de intercambiadores y en general de los equipos más usuales en la industria química. Gran parte de estos procedimientos se han obtenido mediante años de experiencia en los centros de trabajo, y en estas últimas décadas se ha procurado su estandarización.

De lo anterior, podemos deducir que se requiere un buen conocimiento de los equipos y de sus principios operativos -- para obtener mejores resultados durante las inspecciones. Esto hace idóneo al Ingeniero Químico para desempeñar esta labor, -- dadas las características de su formación académica.

c) Elaboración y manejo de programas.- La mayoría de las actividades de inspección se encuentran contenidas en estos programas, entre los que podemos citar los de inspección preventiva y de calibración preventiva, cuando las unidades están en operación; y los programas de inspección y reparación con paro parcial o total de las unidades. En éstos últimos el personal de operación, mantenimiento e inspección se deben -- coordinar para optimizar los trabajos y su eficiencia durante las reparaciones.

Otro de los objetivos de este trabajo, es el de establecer los lineamientos básicos de las técnicas de inspección empleadas en el control de los equipos y circuitos de proceso (tubería), así como definir un criterio general para lograr desarrollar un programa de inspección predictiva, que nos permite tener un mejor aprovechamiento de los recursos con que dispone -

una planta industrial.

Pretendemos orientarlos sobre la resolución de los diferentes problemas que se plantean, al llevar a cabo una inspección preventiva y posteriormente relacionarla con una inspección - predictiva.

Nota:

Para los propósitos de este trabajo, se define una planta de proceso como el conjunto de equipo físico necesario para - producir una sustancia básica y los subproductos correspondientes. Y a la unidad de proceso como una parte de una planta, caracterizada en general por consideraciones del propio proceso. Además, una unidad puede estar caracterizada por una separación física, consistente bien en un espacio intermedio, o - bien en muros o barreras contra incendio.

CAPITULO II

HERRAMIENTAS DE LA INSPECCION

2.1 Generalidades

La Inspección Técnica necesita apoyarse en cierto tipo de herramienta sofisticada que realzan la sensibilidad humana -- para detectar las condiciones anormales. La herramienta más compleja involucra convertir varias formas de energía en impulsos eléctricos y registrar los parámetros en las unidades respectivas.

Muchas de las herramientas son consecuencia del desarrollo y aplicación de los últimos avances tecnológicos. Utilizando principios, para efectuar las mediciones, tan variados como el movimiento, el sonido, el calor, la luz, los rayos X, los rayos gamma u otra porción del espectro electromagnético.

Sin embargo, se ha dado por clasificarlas por su efecto - en las piezas de prueba, siendo denominadas: Destructivas y - No Destructivas. Las pruebas Destructivas son aquellas que - afectan las propiedades de los materiales, piezas o equipo, - para seguir prestando servicio. En tanto que las pruebas No Destructivas no causan daño a los especímenes de prueba.

2.2 Pruebas Destructivas

Las Pruebas Destructivas, principalmente, se emplean para tomar muestras en la inspección visual, en las pruebas físicas o químicas y para realizar exámenes metalúrgicos. Entre las técnicas que se usan con más frecuencia se mencionan las siguientes:

2.2.1 Prueba de Martillo

Es una técnica reconocida y aceptada para explorar la superficie de objetos metálicos en busca de espesores de pared reducidos e incrustaciones (calibración). Es el sistema más sencillo para determinar el estado de una tubería, sin embargo requiere de bastante práctica para golpear debidamente el material y para interpretar adecuadamente la calibración.

Los martillos más empleados son de dos tipos, el de bola y el de punta.

Al calibrar con martillo de bola se obtiene dos indicaciones, una visual y la otra audible, la visual es la huella dejada en el material y la audible es el tipo de sonido producido por el golpe.

La huella dejada en el material puede presentar dos aspectos:

1) Cuando el material esta en condiciones de seguir operando, la huella corresponde unicamente a la dejada por la bola del martillo.

2) Cuando el material ya no esta en condiciones de seguir operando, ya sea porque ha perdido espesor o elasticidad, la huella dejada presenta una doble deformación, una que corresponde a la bola de martillo y otra que le circunda; ésta en los términos comunes se llama "sumida del material".

El impacto del martillo produce un sonido, el cual se puede agrupar en dos tipos:

a) Sonido agudo que corresponde a materiales en buenas condiciones.

b) Sonido suave que indica materiales fatigados o adelgazados.

Es importante conocer el tipo de material por calibrar, - pues no debe calibrarse con la misma fuerza, un acero al carbón que otro que contenga, en su aleación, material más blando.

La fuerza del golpe puede graduarse tomando más o menos - corto el mango del martillo; se puede decir en términos generales que para tuberías de más de 6" de diámetro el martillo - - debe tomarse en toda su extensión o sea que a medida que el - diámetro de la tubería aumenta, el brazo de palanca del martillo aumenta también.

Podemos decir que la calibración con martillo tiene como limitación diámetros grandes, del orden de 24", siendo muy -- efectivo en diámetros menores de 12".

El martillo de punta se usa en dos casos:

a) Para calibrar zonas de tuberías poco accesibles para el martillo de bola, como son los niples.

b) Para calibrar láminas de tanques, las cuales cuando - están fuera de especificación se perforan al impacto del martillo.

2.2.2 Prueba de Dureza

Existen diversos tipos de pruebas de dureza, con equipo -

portátil o estacionario. Sin embargo, los principios de operación en los que están basados son la medición de la resistencia a la penetración, el principio de rebote y la conductividad superficial del material.

Los números más empleados para determinar la dureza de un material son Rockwell, Brinell y Vickers los cuales miden la resistencia a la penetración en los materiales.

La dureza Rockwell se determina midiendo la profundidad de penetración, para una carga específica utilizando un marcador también específico. Existen varios marcadores que incluyen balines de acero en diferentes diámetros, y usualmente la carga aplicada en las pruebas varía entre los 60 y 150 Kg.

La dureza Brinell se obtiene midiendo con un calibrador de poder microscópico, el diámetro de la impresión creada por un balín marcador de 10 mm. bajo una carga de 500 a 3,000 Kg. la medida del tamaño, de la impresión, y la carga usada son necesarias para obtener el número de dureza en tablas.

Actualmente en nuestra industria se está empleando el Equotip, que utiliza el principio del rebote y consta de un cuerpo percursor en forma de balín, de carburo de tungsteno, el cual es lanzado por la fuerza elástica de un resorte contra la superficie a examinar, en la cual rebota. La altura del rebote es registrada por el aparato, proporcionando valores en indicadores de dureza "I", los cuales pueden convertirse a valores Rockwell o Brinell, mediante el uso de las tablas con que cuenta el equipo.

El Equotip es más empleado por ser portátil y de fácil uso en las unidades de proceso. En general podemos decir que

la prueba de dureza se emplea para revisar los tubos de calentadores (el recalentamiento de los tubos provoca cierta fatiga del material, haciéndolo quebradizo); revisión de los cordones de soldadura (esencialmente los que se deben someter a un relevado de esfuerzos); y en la recepción de materiales. El relevado de esfuerzos es el calentamiento uniforme de una pieza o parte de ella, a una temperatura inferior a la crítica durante un tiempo suficiente, seguido de un enfriamiento uniforme y controlado, con el fin de eliminar la mayor parte de los esfuerzos residuales.

2.2.3 Análisis de Materiales

Cuando se requiere realizar el reemplazo de ciertas piezas o equipos es necesario verificar que el material de construcción de los mismos, sea el adecuado para la operación que brindara. Para ello debemos conocer los métodos que con mayor frecuencia se utilizan en la identificación de materiales. Se dividen en métodos químicos y métodos físicos.

a) Métodos Físicos.- En lo que respecta a este tipo de pruebas podemos citar el denominado Ferret-Meter.

2.2.3.1 Ferret-Meter

El Ferret-Meter es un aparato portátil y fácil de operar para la identificación cualitativa de varios metales, comunmente empleados en las plantas de proceso. Utiliza el principio termoelectrico de los metales para llevar a cabo su función.

El dispositivo consta de un galvanómetro, un clip eléctrico "caimán", que une el galvanómetro con el material de prueba, y una lima triangular unida al galvanómetro, esta se utiliza -

para frotar el material de prueba y transmitir la polaridad producida en el material.

Mediante este instrumento podemos identificar aceros como: monel, al carbón, inoxidable y aleados.

b) Métodos Químicos.- Los métodos químicos son más exactos que los métodos físicos. Con un análisis químico se puede conocer la composición de cualquier aleación. Los análisis -- pueden ser cualitativos o cuantitativos.

2.2.3.2 Análisis a la gota

El análisis a la gota o prueba de gota es un método cualitativo que consta del siguiente equipo: un juego de reactivos químicos, una lima o cincel, de los comunmente llamados "pata - de cabra", una varilla de vidrio y una placa de porcelana con godetes.

Para llevar a cabo un análisis de este tipo la toma de muestra es opcional, ya que sobre el mismo material se puede hacer la prueba. Es necesario limpiar perfectamente bien por medio de una lima una pequeña parte de la superficie (un cm^2 es suficiente). Esta superficie se hace reaccionar con un ácido y una vez que la reacción se lleva a cabo, por medio de una varilla de vidrio se toma una muestra y se coloca en uno de -- los godetes de la placa de porcelana, donde se agrega una o -- más gotas de los reactivos adecuados, según el elemento que se este investigando, y por medio del color que desarrolle la -- reacción determinaremos la presencia o ausencia del elemento.

Mediante esta prueba se puede determinar la presencia de elementos como el Niquel, Manganeseo, Molibdeno, Cromo y Coball

to los cuales forman parte de la composición de los metales - más usados en la industria química.

Para llevar a cabo un análisis cuantitativo es necesario contar con un laboratorio químico en el que se tengan instrumentos de análisis electrónicos, como son los equipos de absorción química, espectrofotometría, espectroscopía de emisión, - entre muchos otros. Para realizar estos análisis será necesario contar con una muestra del material de prueba.

No obstante lo anterior en la actualidad se ha desarrollado una aparato portátil que puede realizar análisis cuantitativos con gran exactitud, empleando la fluorescencia de rayos X.

2.3 Pruebas No Destructivas

Ya que no causan daño a la funcionalidad de los materiales de prueba, son más empleadas, siendo las que tienen mayor demanda en su aplicación las siguientes:

2.3.1 Inspección Visual

Dentro de la inspección técnica el ojo humano pasa a ser la primera herramienta a usar y además la mayor de importancia. Con ella podemos, en la mayoría de los casos detectar a tiempo las anomalías en los equipos, por lo que muchos la conocen como inspección preventiva. Es esencial para efectuar una buena inspección visual, cumplir con los siguientes requisitos.

- a) Limpieza en el objeto a inspeccionar
- b) Buscar defectos por corrosión, erosión, distorsión, --

protuberancias, pandeo o si esta ocurriendo desalineamiento.

c) Observar si se estan desarrollando fracturas serías u otro defecto superficial de seriedad.

d) Estimar que herramientas serán necesarias en caso de - requerir una inspección más completa.

Normalmente una planta de proceso con varios años de operación cuenta con cuestionarios previamente elaborados y estudiados para efectuar las inspecciones visuales.

2.3.2 Analizador de Rayos X

El analizador de rayos X o Texas Nuclear es un equipo portátil empleado en la identificación de materiales de aleación. Consta de dos partes, un probador manual de medición y una - unidad electromecánica microporcesadora, con una pantalla de cristal líquido y teclado. Este equipo utiliza la técnica analítica de la fluorescencia de rayo X producidos por radioisotopos de Cobalto 60. Sus funciones pueden dividirse en:

a) Verificación del grado o tipo de aleación.

b) El análisis cuantitativo de la composición química de muchas aleaciones ferrosas, con bases de Niquel y Cobalto.

2.3.3. Instrumentos de Ultrasonido

Esta es la herramienta más usada en la inspección técnica de unidades de proceso. La inspección ultrasónica es un método en el cual ondas de sonido de alta frecuencia son introducidas en el material bajo inspección, para detectar cambios en -

la homogeneidad. La mayoría de las pruebas ultrasonicas se efectúan dentro del rango de 1 a 25 MHz.

Dado que las vibraciones mecánicas que se generan con la aplicación del ultrasonido producen un esfuerzo muy por abajo del límite elástico del material, no ocasionan deformaciones y de ahí su aplicación en la inspección de piezas metálicas para la detección y características de fallas, calificación de soldadura, medición de espesores y, en menor grado, para determinar ciertas propiedades físicas, como por ejemplo: estructura de fases, tamaño de grano y constantes elásticas, limpieza, etc.

La mayoría de los instrumentos para inspección ultrasónica detectan fallas, por medio de monitores, en una o más de las siguientes formas:

a) Reflexión de energía en la interfase metal-gas, metal-líquido o discontinuidades dentro del material.

b) Tiempo de tránsito de una onda de sonido a través de pieza de prueba.

c) Atenuación y difracción de haz de ondas de sonido.

Para generar ondas ultrasónicas es necesario excitar, mediante una diferencia de potencia, un cristal de un material con propiedades piezoeléctricas. La piezoelectricidad es la capacidad de un cristal de transformar una energía mecánica, aplicada a su superficie, en energía eléctrica y viceversa.

Se produce un efecto piezoeléctrico directo cuando aplicamos al cristal una energía mecánica y lo transforma en energía eléctrica.

Se produce un efecto piezoeléctrico indirecto cuando se aplica al cristal una energía eléctrica y éste la transforma en energía mecánica (ultrasónica).

Las características de un cristal piezoeléctrico dependen, principalmente, del tamaño, plano de corte y del material; los más comunes son hechos de cuarzo y metaniobato de plomo.

Para introducir el sonido generado por un cristal piezoeléctrico, se utilizan unidades buscadoras y palpadoras (transductoras), que convierten la energía eléctrica en energía mecánica y viceversa.

En la verificación de material por ultrasonido sobresalen los procedimientos siguientes:

a) Procedimientos de pulso-eco. Este procedimiento es el de mayor divulgación. El impulso ultrasónico es emitido al material a verificar y se mide el tiempo que necesite dicho impulso en recorrer el interior de la pieza hasta llegar a la cara opuesta a un reflector o a un defecto.

La gran ventaja de este procedimiento se halla en la posibilidad de localizar exactamente y desde un solo lado el sitio donde se encuentra el defecto.

b) Procedimiento de Transmisión.- Con este procedimiento se utilizan dos transductores, uno actúa como emisor y el otro como receptor. El sonido se emite continuamente o a intervalos a la pieza sometida a verificación y se mide la atenuación que sufre el sonido a causa de defectos o discontinuidades. La mayor desventaja de este sistema en comparación con el de pulso-eco, radica en la dificultad de indicar con exactitud la ubica

ción de los defectos y en el acoplamiento constante de ambos - transductores a la pieza, lo que difícilmente se logra.

Las aplicaciones son típicas, pero no exclusivas, en materiales metálicos. Se requiere de técnicas bien entrenadas en el manejo e interpretación de los resultados que se obtienen en los instrumentos de ultrasonido. Estos aparatos pueden ser portátiles y semiportátiles.

2.3.4. Mediciones Directas

Las calibraciones por medición directa consisten en utilizar calibradores mecánicos especiales con el fin de determinar espesores, socavados, diámetros interiores, etc. Esto se encuentra limitado grandemente al área accesible que requiere su empleo.

Entre los calibradores mecánicos más empleados, se encuentran los siguientes:

a) Micrómetro.- Se utiliza cuando se requiere de bastante precisión en la medición, es útil en lugares donde hay poco espacio, tiene una precisión de 0.001", se puede emplear tanto para interiores como en exteriores. Los micrómetros para exteriores se utilizan para medir el diámetro exterior de los tubos, piezas mecánicas, etc., y los micrómetros interiores miden el diámetro de orificios, diámetros interiores, etc.

b) Calibrador de Tijera.- Se emplea para medir diámetros interiores y toma su nombre por la semejanza que tiene con una tijera; las partes que lo componen son los brazos con las puntas de calibración hacia el exterior y después del punto de sujeción, un brazo tiene adicionado una escala graduada en pulga

das con una ranura central en la cual se desplaza el extremo - del otro brazo.

Este calibrador se usa para medir diámetros interiores de tuberías de calentadores, principalmente, para determinar la - expansión que se ha practicado en el tubo para sujetarlo al ca bezal.

Por regla general se toman tres calibraciones en el tubo; una introduciendo todo el calibrador cuya longitud es de aproximadamente 1 m. con el fin de determinar si se han presentado abolsamiento en el tubo, otro antes de la expansión del tubo y la tercera en la expansión (rol); la diferencia entre estas dos últimas calibraciones nos indica de que orden es el adelga zamiento en esta zona.

c) Escantillones.- Son placas metálicas de acero inoxidable que se utilizan para la medición de cédulas en niples y - para medir el libraje en coples. Los escantillones para medir cédulas en niples se pueden encontrar en diámetros nominales - de $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1 y $1\frac{1}{2}$ de pulgada, con patrones para cédulas 80 y 160. Los escantillones para medición de librajes de coples -- también se encuentran en estos diámetros nominales para 3,000 y 6,000 Lb. Se utilizan en la instalación y en la revisión de niplerfa, donde adicionalmente se utilizan los machuelos o - - "cuenta hilos".

d) Micrómetro de carátula.- El micrómetro de carátula o calibrador de orificios en términos generales un micrómetro pues consta de todos los elementos de éste, la diferencia es- triba en el hecho de que la separación entre las puntas de ca- libración o "diámetros" es de aproximadamente $\frac{1}{4}$ " lo que le per mite penetrar por orificios reducidos, de aquí que lleve ese --

nombre. El calibrador de orificios se usa para medir sitios - alejados de los bordes o de las bridas. Se emplea en chimeneas, tanques, etc. Es frecuente su uso cuando se pretende - comprobar calibraciones imprecisas realizadas con equipos de - ultrasonido.

2.3.5 Partículas Magnéticas

El método de inspección con partículas magnéticas es usado principalmente para detectar defectos superficiales en materiales magnéticos y se usa también para los defectos subsuperficiales cercanos. Este método usa un medio de magnetización del área a inspeccionar y un polvo magnético como es la limadura fina de acero. Los defectos causan una distorsión en el campo magnético, y las partículas son orientadas al punto donde las líneas de fuerza magnética son desviadas fuera y atrás de la superficie. Las fracturas no aparecen si se encuentran paralelas a las líneas magnéticas. Por lo cual, es necesario variar la dirección del magnetismo recorriendo el área en diferentes sentidos.

El procedimiento a seguir en la aplicación de la prueba de partículas magnéticas es como sigue:

- a) Una limpieza profunda de la superficie a inspeccionar con cepillo de alambre o con chorro de arena "sand-blast", cuando sea necesario.
- b) Inducir un campo magnético.
- c) Aplicar un polvo magnético.

2.3.6 Líquidos Penetrantes

Los líquidos penetrantes fueron desarrollados para auxiliar la inspección visual de superficies fracturadas o fisuradas en materiales no porosos e insolubles. Proveen un medio para inspeccionar materiales no magnéticos, supliendo al método de partículas magnéticas.

En este método de inspección, la superficie del objeto es primero limpiada y secada, después de lo cual se aplica el líquido penetrante en la superficie por medio de esparcido. Se deja el líquido penetrante durante 5 minutos, el exceso de penetrante es lavado con un solvente. Un revelador es entonces aplicado a la superficie secándose al contacto, a través de su propiedad adsorbente y por la acción capilar, el revelador se tinte fuera de las irregularidades. La mancha en el revelado define la extensión y tamaño de algunos defectos superficiales. Después de marcar los defectos si los hay, la pieza se lava perfectamente con el solvente para retirar el líquido penetrante.

2.3.7 Indicadores de Temperatura

En la industria química es común encontrar que los procesos de transformación emplean altas temperaturas para llevar a cabo sus objetivos. Sin embargo, los materiales que se emplean en la construcción de los equipos diseñados para operar bajo esas condiciones, pueden sufrir fatiga y consecuentemente ocasionar una emergencia. Una forma de predecir estas fallas es la localización de manchas calientes en los materiales, las cuales se pueden determinar con el empleo de cualquiera de las siguientes herramientas:

a) Crayones indicadores de Temperatura.- Estos crayones tienen diferentes puntos de fusión. Para determinar la tempe-

ratura de una superficie se tiran líneas cortas en la superficie con diferentes crayones. La temperatura estará en el rango del crayón con mayor punto de fusión de quien marcó la línea y el próximo superior de quien la línea no marcó. Cada crayón indica el rango de temperatura al que funde, en su empaque.

b) Pirómetros Ópticos.- Estos instrumentos comerciales para medir temperaturas, como en las paredes de calentadores y manchas "calientes" en tubos. Son generalmente usados para medición de temperatura en el rango de calor "blanco"; su funcionamiento se basa en el igualamiento de brillantes de la superficie donde la temperatura se está midiendo, próxima a una fuente variable de brillantes en el instrumento.

c) Pirómetros de Radiación.- Estos son instrumentos portátiles indicadores de temperatura que no requieren contacto. Miden las temperaturas por sensibilidad de la cantidad de infrarrojo emitido desde la superficie, trabaja en un rango de varios cientos hasta 2 000°C.

d) Cámaras de Infrarrojo.- Las cámaras de infrarrojo o termografía es una nueva herramienta promisoría para el monitoreo de equipo en operación. Una imagen típica puede variar desde el sombreado hasta el oscuro. Lo que indica baja temperatura superficial, uno más luminoso significa una alta temperatura superficial. La distancia del aparato hasta el objeto puede ser de varios metros sin que esto afecte la exactitud de las lecturas. Utilizando las propiedades de la fuente de calor se pueden calibrar exactamente los rangos de temperatura a los que debe operar el equipo.

En general estas herramientas se aplican para determinar

manchas calientes en líneas, serpentines de calentamiento reactores, válvulas de proceso, intercambiadores de calor, fugas en válvulas de relevo, etc.

2.3.8 Radiografía Industrial

Se basa principalmente en el gran poder de penetración de rayos X, rayos gamma y otras partículas nucleares. Hay muchas técnicas diferentes de radiografía como por ejemplo: Fluoroscopia, Xerorradiografía, etc. pero el más empleado es el de películas radiográficas de rayos X y rayos gamma. Esto involucra exponer película radiográfica a los rayos X y rayos gamma. Los que tienden a pasar a través del material o equipo de prueba.

Los rayos X son comunmente producidos en un tubo de vacío por bombardeo de electrones sobre materiales densos. Los rayos gamma son esencialmente lo mismo que los rayos X, pero se originan en el núcleo de isótopos inestables cuando los átomos ensayados alcanzan el equilibrio, después del decaimiento nuclear. Estos rayos son usualmente de alta frecuencia y tienen mayor poder de penetración que los rayos X. Los isótopos radiactivos están normalmente contenidos en un dispositivo protector (cámara), y se controlan en forma diferida para la exposición.

Las porciones oscuras de la película radiográfica, representan las áreas delgadas o poco densas encontradas por la trayectoria de la radiación. Las radiografías son usadas para medir espesores de material y revestimientos, para determinar defectos internos como pudieran ser grietas, hoyos, corrosión falta de adhesión, laminación y porosidad. Las aplicaciones típicas incluyen pruebas a tubos, barras, soldaduras, estruc-

turas, recipientes sujetos a presión, niplera, entre otras.

Se requiere de una basta experiencia para la interpretación de los resultados que se obtienen con este método.

2.3.9 Cascarímetro o Incrustómetro

El cascarímetro o incrustómetro es una aparato que determina la incrustación en los generadores de vapor, tanto en el interior de la tubería como en los serpentines de vapor instalados en la zona de convección de algunos calentadores de fuego directo.

El cascarímetro usa un circuito puente, una de cuyas ramas esta constituida por una inductancia. Al variar el espesor del entrehierro formado por el material no magnético de la incrustación, variará la inductancia desbalanceando el puente. Este desbalance puede medirse con el microamperímetro del instrumento, que esta calibrado directamente en centésimas de pulgada.

De acuerdo con los datos obtenidos en este instrumento, se puede determinar, si es necesario o no, un lavado químico de la tubería para desincrustarla.

2.3.10 Explosímetro

El explosímetro es un instrumento que se utiliza para la detección rápida de atmósferas explosivas o combustibles, proporcionando datos de la concentración de vapores inflamables, % en el aire (gas o vapores).

Su principio es tomar una muestra de la atmósfera circun-

dante y pasarla a través de un filamento incandescente, el cual forma parte de una resistencia variable en un puente eléctrico (puente de Winstone), el desbalance del mismo se observa en un galvanómetro con graduaciones en porcentaje del límite de explosividad.

2.3.11 Prueba Hidrostática

La prueba hidrostática se realiza introduciendo líquido - bajo presión a un circuito o equipo. Esta prueba es probablemente la más común para detectar fugas. Normalmente la prueba hidrostática se puede llevar a cabo con una verificación visual sobre todo el sistema, o se puede observar el decremento de presión utilizando un manómetro en el sistema. Es necesario poner mucha atención en los criterios para determinar las pérdidas de presión ya que los cambios de temperatura pueden ser significativos. Se puede facilitar la detección de fugas, en las pruebas utilizando tinta fluorescente y lámparas de luz negra.

Cuando por razones metalúrgicas se requiere realizar esta prueba a temperaturas elevadas, se puede utilizar aceite caliente siempre y cuando se mantenga la temperatura abajo del punto de inflamación del aceite.

Una variante de la prueba hidrostática, es la prueba neumática en la cual se usa aire o gas presurizado y se aplica una solución jabonosa, para detectar las fugas mediante las burbujas que se producen. Sin embargo, la prueba neumática es más peligrosa que la prueba hidrostática, por la energía almacenada. Por lo tanto, se recomienda la prueba neumática a bajas presiones con lo que se asegura un adecuado margen de seguridad, y a su vez la reducida velocidad de fuga proporciona

una formación de burbujas más fácil de detectar.

La prueba hidrostática sirve para determinar la resistencia de los materiales a las presiones de operación, por esta razón se recomienda realizar las pruebas a 1.5 veces la presión máximo permisible de trabajo de acuerdo al código de diseño del recipiente, manteniendo esta presión durante 30 minutos empleando agua limpia a temperatura ambiente.

La prueba hidrostática es muy empleada en los circuitos y equipos sujetos a presión, pero esto no significa que sea exclusiva de los mismos.

CAPITULO III

PROCEDIMIENTOS DE INSPECCION Y SU APLICACION EN EL MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE PROCESO.

3.1 Antecedentes

La inspección de los equipos o de las unidades, no tendría ningún valor si no se registraran y controlaran los datos que - de éstas se obtienen. El registro se debe efectuar en forma inmediata a la inspección de cada equipo, debiendo incluir todas las partes internas del mismo.

Estos registros permiten establecer estadísticas y efectuar estudios que posteriormente son utilizados para nuevas programaciones, ayudando a lograr un mejor mantenimiento preventivo de las unidades y mayores índices de seguridad.

Un buen análisis sobre los registros de inspección permite hacer recomendaciones, al personal de operación y de mantenimiento sobre nuevos materiales, o procedimientos que deben seguirse para incrementar la vida útil del equipo y conservar sus márgenes de seguridad; así como permite establecer los lapsos - seguros de operación, indicando las fechas en que debe ser retirado de servicio el equipo, para desarrollar una nueva inspección o para que sea sustituido por vencimiento de su vida útil.

Para lograr lo anterior se requiere cumplir basicamente - las siguientes actividades:

- 1.- Agrupar los datos e información del equipo operando - en cada unidad de proceso.

2.- Registrar los datos e información en alguna forma - práctica de archivo.

3.- Analizar y reportar los resultados y recomendaciones de los registros proyectados para asegurar la realización de - los periodos de operación esperados, en forma segura.

4.- Preparar para el próximo paro de equipo, los datos - requeridos que aseguren la obtención de información durante el próximo periodo de operación.

La agrupación de datos e información de equipos operando, en una planta de proceso, es importante en la inspección técnica ya que el objetivo principal es tener una historia de la vida útil del equipo, para poder auxiliar u orientar al inspector cuando sea necesario la inspección del mismo.

La información que se requiere para la integración de -- cada expediente es la siguiente:

a) Datos de Diseño.- Con las condiciones de presión, -- temperatura, material de construcción, producto que maneja, es espesores de pared, margen de corrosión, pruebas preoperatorias o de recepción de equipo, diagramas de detalle e isométricos.

b) Datos de Operación Real.- Son los referentes a las - condiciones de operación e incluyen presión, temperatura, producto que se maneja, flujo, modificaciones hechas al equipo, - reportes técnicos de inspecciones anteriores ya sean preventivas o en paros de unidad, donde se registran las operaciones y las causas que llevaron a ello.

Los datos de diseño generalmente están disponibles en el

departamento de proceso, en tanto, que los datos de operación real se obtienen, parte con la gente de operación y otra parte del trabajo de inspección.

3.2 Inspección con Planta en Operación

La inspección con el equipo operando o inspección preventiva de riesgos puede revelar ciertas condiciones que indican la necesidad de una investigación detallada del particular, - cuando la unidad pare. Además, existen ciertas condiciones - que pueden ser observadas mientras que la unidad esta operando y que debido a su naturaleza son difíciles o imposibles de observar cuando la unidad esta parada, por ejemplo:

- 1.- Velocidad de corrosión por medio de mediciones.
- 2.- Control de pH con el uso de instrumentos de monitoreo a la entrada, y el análisis de las aguas.
- 3.- Revisión de los cambios de operación en la alimentación de materias primas, rendimiento, temperatura y otros.
- 4.- Revisión de la temperatura en los tubos de calentadores.
- 5.- Análisis de la rotación de equipos.

Como un paso preliminar en una inspección preventiva o - con la unidad en operación es aconsejable la preparación de un programa, por listado con varios elementos de equipo, que indi que las partes críticas. De esta manera al efectuar la inspección se podrá anotar los elementos que por su condición requieren ser inspeccionadas en el paro de la planta, además de que

al contar con esta lista se evita la posibilidad de pasar por alto elementos importantes y antes de un paro nos puede indicar los sitios que necesitan detalles adicionales de inspección o más trabajo de reparación que el esperado.

Las principales funciones que se efectúan en la inspección preventiva de riesgos son:

a) Orden y Limpieza.- El verificar que no existan manchas de aceite y otro tipo de materiales en las áreas de trabajo, así como, estopas u otro tipo de material flamable, es de suma importancia para evitar los accidentes en las plantas debiendo supervisarse y controlarse regularmente, aún en aquellas plantas que por la naturaleza de los productos que maneja resulte difícil de conservarse.

b) Fugas.- Cualquier tipo de fuga es indeseable y puede ser investigada para determinar su origen o fuente, así como - su causa. Una fuga puede causar una emergencia o un paro no - programado.

La mayoría de las fugas se localizan en purgas de equipo o ductos, causados por anomalías en válvulas, uniones roscadas, empaques de bombas y juntas de uniones bridadas.

Los materiales líquidos que se evaporan a la temperatura y presión atmosférica, son potencialmente los más peligrosos y a menudo los más difíciles de detectar, algunas fugas pueden ser reconocidas por una apariencia ondulante del aire circundante, por el olor, por el sonido, por escorchamiento en el -- punto de dispersión, por una nube visible causada por la condensación de humedad junto con pequeñas cantidades de material no vaporizado. El uso del explosímetro, indicadores de gas y

hasta la prueba de jabón, sirven para comprobar y localizar el sitio de la fuga.

c) Corrosión Externa.- Se debe hacer un estudio de todo equipo donde la corrosión externa se puede presentar, comunmente, estas piezas de equipo se encuentran en áreas sujetas a la humedad o condensación, particularmente bajo su aislamiento. Las torres de enfriamiento expulsan una cantidad considerable de vapor y niebla a la atmósfera circundante. En plantas con atmósferas marinas, el rocío salado puede ser altamente dañino al equipo, incluyendo material de construcción metálico, concreto y otros. El inspector debe comprobar regularmente la corrusión en estas áreas, principalmente si existen atmósferas - corrosivas.

d) Aislamiento y Refractario.- El aislamiento y material refractario se deben inspeccionar en busca de rupturas o - fracturas que pueden permitir la corrosión en la superficie - protegida, en forma de herrumbre, costra u otro producto de la corrosión. La inspección de la superficie protegida debajo de la cubierta protectora defectuosa se puede realizar para determinar el grado y extensión de la corrosión presente.

e) Estructuras.- Los elementos estructurales se inspeccionan durante la operación para determinar corrosión y/o distorsión. También se verifica el estado de las conexiones a -- tierra, cimentaciones, escaleras, plataformas, rejilla irwing, pasamanos, barandales, etc.

f) Tubería.- La tubería se inspecciona durante la operación en busca de vibraciones, distorsión, fugas, tensiones u - otros defectos. Usualmente se realiza esta inspección durante el trabajo de calibración normal (medición de espesores).

g) Intercambiadores y Condensadores.- Frecuentemente se emplean varios intercambiadores de calor o condensadores, para promover la transferencia de calor necesaria para una corriente particular o servicio. Algunas veces individualmente o en batería, las unidades se agrupan juntas y están interconectadas de tal forma que es posible poner fuera de servicio uno o un grupo de intercambiadores, siempre y cuando la capacidad de calentamiento o enfriamiento de la planta lo permita. Por lo tanto, es posible inspeccionar ciertos intercambiadores o condensadores mientras la planta está operando; además, esto ahorra tiempo en la mano de obra mecánica y de inspección, del programa de paro, más adelante se describe la forma en que se realiza la inspección de este tipo de equipo.

h) Equipo de Reserva.- La inspección detallada y la reparación del equipo de reserva puede ser realizada para conocer las condiciones de operación en que se encuentra el equipo. Esto con el fin de que en las reparaciones generales que requieran el reemplazo del equipo regular, el equipo de reserva o reemplazo se encuentre en buenas condiciones de operar. Generadores, bombas, compresores, haces de tubos y otros equipos pueden ser comprobados y operados regularmente, según sea el caso.

En general todo el equipo que este fuera de operación - - mientras que la planta está operando debe ser inspeccionado, - aprovechando la rotación de equipo.

El equipo contra incendio como son bombas, hidrantes, líneas de agua, aspersores, sistemas de espuma y extinguidores - deben también ser inspeccionados periódicamente y probada su operabilidad.

Todo esto proporciona seguridad, operabilidad y una mejor apariencia a la planta.

i) Calibración Preventiva.- Es el trabajo de medición sistemática de espesores de pared en tuberías y equipo. Esta medición generalmente se lleva a cabo mediante técnicas ultrasónicas, pudiéndose también utilizar métodos físicos directos, radiográficos, etc.

Uno de los principales aspectos de esta actividad lo representa la normalización del lenguaje que se utiliza, pues generalmente provoca confusiones. Es por eso que a continuación presentamos las definiciones de los conceptos que se manejan más frecuentemente.

1. Circuito.- Se considera como "circuito", el conjunto de líneas y equipos que manejen un fluido de la misma composición pudiendo variar, en sus diferentes partes, las condiciones de operación.

2. Unidad de Control.- Los circuitos se dividirán en "Unidades de Control". Estas últimas son las secciones de los circuitos que tengan una velocidad de corrosión más o menos homogénea. En el caso de tuberías, la unidad de control será la línea. En el caso de los equipos, se procederá como se indica en el punto 2.2

2.1 Línea.- Se considera como "línea" el conjunto de tramos de tubería y accesorios que manejen el mismo fluido a las mismas condiciones de operación. Normalmente esto se verifica para el conjunto de tubería, localizado entre un equipo y el siguiente en la dirección de flujo.

2.2 Equipos.- Son todos aquellos dispositivos (recipientes, cambiadores, bombas, etc.) que conjuntamente con las líneas integran los circuitos. Cabe hacer notar que éstos por -

lo general, se encuentran sujetos a corrosión variable, por lo que las unidades de control en este caso podrán ser equipos en teros o partes de los mismos que presenten similares condiciones de corrosión. Como reglas generales para seccionar los -- equipos en unidades de control, se toman las siguientes:

A. Cuando en un recipiente, las velocidades de corrosión se puedan considerar homogéneas, o bien, éstas sean menores de 0.020" por año (equipos no críticos), se tomará como unidad de control el recipiente entero.

B. En cambiadores de calor (haz de tubos), se considerarán dos unidades de control: cuerpo y carrete.

C. En cambiadores de calor (horquilla), se tomarán dos - unidades de control: 1°, el conjunto de piezas que manejan el flujo frío y 2°, el conjunto de piezas que manejan el fluido - caliente.

D. En torres de destilación con velocidades de corrosión "críticas", seccionarlos en tantos tramos como sea necesario para tener unidades de control con velocidad de corrosión homogénea.

E. Los recipientes y torres con forro interior anticorrosivo (Lining, clad u overlaid, pinturas, etc.) considerarlos - como una sola unidad de control. Cuando este recubrimiento - sea parcial, tomar dos unidades de control; zona protegida y - zona sin protección.

F. En tanques verticales de almacenamiento esferas y esferoides, tomar una unidad de control por anillo.

G. Puede haber recipientes horizontales o verticales con zonas donde se concentra la corrosión, por ejemplo, acumuladores donde hay zona líquida y zona de vapores, o bien, otro de interfases donde por su elevada velocidad de corrosión en una de ellas, conviene dividir en varias unidades de control el equipo.

3. Posición o Punto de Calibración.- Es el lugar donde se coloca el "transductor" para efectuar una calibración. Estos puntos son fijos y corresponden a 4 posiciones con 90° entre si.

4. Nivel de Calibración.- Es el conjunto de posiciones de calibración que se efectúan en un mismo sitio de una tubería o equipo. Las figuras 1, 2, 3 y 4 muestran los niveles de calibración en líneas y equipos.

5. Intensidad de Calibración.- Se considera como tal, la cantidad de niveles de calibración efectuados en cada unidad de control, ya se trate de tubería o equipo.

6. Periodicidad de Calibración.- Se considera como tal el tiempo que transcurre entre una fecha de calibración y la siguiente consecutiva. Cuando se cuente con una sola calibración completa, la segunda o siguiente deberá efectuarse en un lapso de tiempo que no exceda de 3 años después de la fecha de la primera calibración.

7. Velocidad de Desgaste.- Como tal se considera la rapidez con la cual disminuye el espesor de una pared metálica. Ordinariamente se calcula comparando los espesores obtenidos en calibraciones efectuadas en dos fechas consecutivas.

8. **Espesor Remanente.**- Es la diferencia de espesores entre el obtenido por calibración y el límite de retiro.

9. **Líneas y Equipos Críticos.**- Son aquellos cuyas velocidades de desgaste exceden el valor de 20 milésimas de pulgada - por año (20 Mpa). Cuando no se tenga información sobre la velocidad de desgaste se tomarán como críticas aquellas unidades de control que de acuerdo con su historial hayan presentado problemas de desgaste habiendo tenido que repararse o reponerse. En el caso de plantas nuevas considerar el comportamiento de unidades de control equivalentes de otras plantas similares.

10. **Vida Util Estimada (V.U.E.).**- Es el tiempo supuesto - que deberá transcurrir antes de que la unidad de control llegue a su límite de retiro.

11. **Fecha de Próxima Calibración (F.P.C.).**- Es la fecha - en la cual deberá efectuarse la siguiente calibración de la undad de control, de acuerdo al análisis.

12. **Fecha de Retiro Probable (F.R.P.).**- Es la fecha en la cual se estima que deberá retirarse la unidad de control por haber llegado al término de su vida útil.

13. **Límite de Retiro.**- Es el espesor con el cual deben retirarse los tramos de tubería de un servicio determinado.

14. **Programación de la Calibración Preventiva.**- Se considerará como tal la elaboración del programa anual de calibración preventiva en el cual se programará por líneas y equipo la fecha en que deberá calibrarse cada unidad de control.

15. **Calibración a Planta Parada.**- Es la calibración de lí

neas y equipos que se efectúa durante su inactividad, principalmente durante reparaciones, para verificar los resultados obtenidos en operación; para llevar a cabo la recalibración de puntos sospechosos que no hayan podido efectuarse inmediatamente - después de la calibración preventiva; para calibrar equipos por el interior, líneas inaccesibles; así como otras piezas donde - no sea factible su calibración en operación por otras causas, - tales como: alta temperatura, vibración, incrustación, etc.

La calibración preventiva es aplicable a cualesquier equipo o línea, ya sea dentro de las plantas de proceso o fuera de ellas, ya que la información que proporciona (medición de espesores) es útil para conocer el estado en que se encuentran en - el momento de llevarla a efecto. Una serie de mediciones a una pieza dada, comparadas adecuadamente, proporcionan información - del comportamiento de la pieza en el medio y condiciones en que presta servicio.

Sin embargo aunque su aplicabilidad es amplia, no se puede hacer ésta indiscriminadamente, ya que las características de - los equipos y líneas, así como las de los fluidos que manejan establecen diferencias en su comportamiento, por lo que es necesario seguir ciertos lineamientos para jerarquizar su aplicación. En términos generales debe cubrir las siguientes etapas enumeradas en orden de importancia:

A. Líneas que manejan hidrocarburos y productos químicos o petroquímicos en las plantas de proceso y líneas de proceso - en general.

B. Equipos en Plantas de Proceso.

C. Líneas de campo que interconectan plantas de proceso y

manejan hidrocarburos y productos químicos o petroquímicos.

D. Tanques y recipientes en las áreas de almacenamiento.

E. Instalaciones de Fuerza.

F. Líneas de campo y de áreas de tanques que manejan cargas y productos de las unidades de proceso.

G. Líneas de aire, vapor y agua, tanto en áreas de proceso, como de almacenamiento.

H. Equipos y líneas que manejan hidrocarburos y productos químicos o petroquímicos en instalaciones fuera de las plantas de proceso pero bajo su jurisdicción.

Las excepciones a la aplicación de análisis de la calibración preventiva se tienen en aquellos equipos, que por sus características no pueden sujetarse a un programa independiente - de sus fechas de reparación, y son los siguientes:

1. Tuberías de calentadores
2. Fluxerfa de calderas
3. Haces de tubos de cambiadores de calor
4. Accesorios interiores de recipientes, tales como: platos de torres de destilación, ciclones de reactores, etc.

Así también, este procedimiento, aunque es aplicable a los casos de tuberías y equipos sujetos a corrosión de tipo generalizada, no es representativo para los siguientes casos:

1. Tubercias y equipos con corrosión puntual ("pitting") o con desgaste muy irregular, como puede ser el producido por erosión. En estos casos, el presente procedimiento nos deberá servir como un método auxiliar.

2. Tubercias y equipos sujetos exclusivamente a corrosión intergranular, triangular, fallas metalúrgicas, fallas por fatiga y otras formas de deterioro o similares, en donde este procedimiento no es aplicable en lo absoluto.

3.3 Inspección con paro de Planta

La inspección técnica en paro total o parcial de una planta se ejecuta cuando las plantas de proceso no pueden operar en condiciones seguras o con rendimientos insatisfactorios.

Para llevar a cabo esta inspección se requiere realizar un programa donde se consideren los equipos y ductos que no pudieron ser revisados durante la operación normal de la unidad y - aquellos que recomienden los reportes técnicos de las inspecciones preventivas de riesgos.

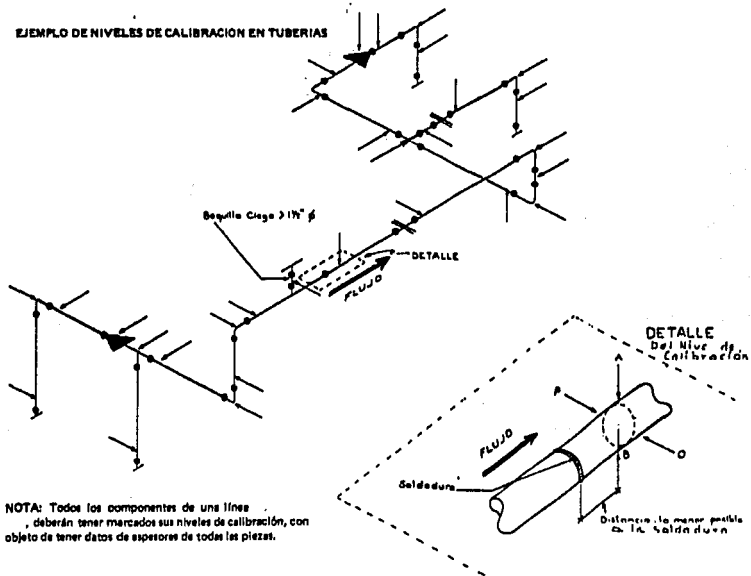
Antes de efectuar la inspección técnica de los ductos o - equipos se requiere del cumplimiento de trabajo previo como lo es el bloqueo o aislamiento de equipo, limpieza y otros aspectos que se trataran con más detalle en el capítulo siguiente, - enfocados aquí, principalmente, a la forma de llevar a cabo la inspección del equipo.

3.3.1 Calentadores

Existen varios tipos de calentadores, sin embargo en forma general podemos dividirlos en dos partes, a decir:

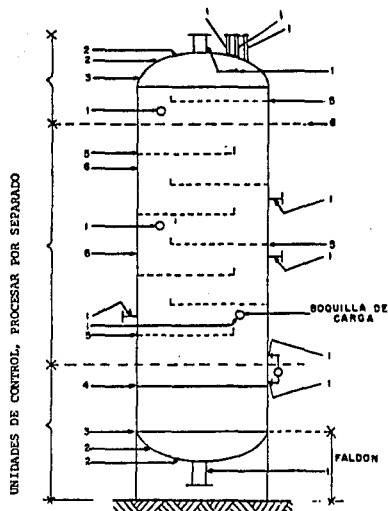
FIGURA 1

EJEMPLO DE NIVELES DE CALIBRACIÓN EN TUBERIAS



NOTA: Todos los componentes de una línea , deberán tener marcados sus niveles de calibración, con objeto de tener datos de espesores de todas las piezas.

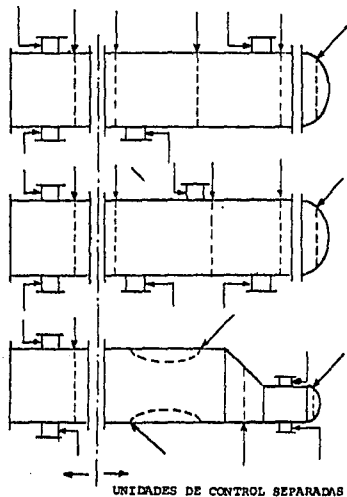
EJEMPLO DE NIVELES DE CALIBRACION EN TORRES



LEYENDA

1. Boquillas y Registros. Un nivel de 4 posiciones cada uno.
2. Casquetes. Uno o dos niveles (según diámetro) de 4 a 32 posiciones (según diámetro), cada uno. Preferentemente en zona alrededor de boquilla central. En domo, preferentemente alrededor de salida de vapores.
3. Zonas de Transición (Knuckles). Un nivel cada uno con 4 a 32 posiciones cada uno (según diámetro).
4. Nivel de Líquido del Fondo. Un nivel con 4 a 32 posiciones (según diámetro).
5. Cuerpo—Zonas de Vapores. Los niveles que sean necesarios en zonas críticas con 4 a 32 calibraciones por nivel (según diámetro).
6. Cuerpo—Zonas de Niveles Líquidos. Los niveles de calibración que se requieran en zonas críticas 4 a 32 posiciones de calibración cada uno.

EJEMPLO DE NIVELES DE CALIBRACION EN CAMBIADORES DE CALOR TIPO HAZ Y TUBOS



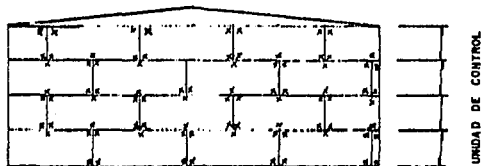
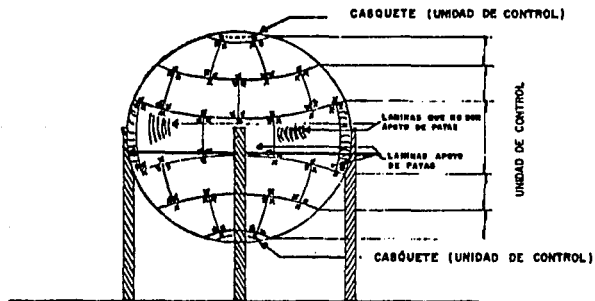
UN NIVEL DE CALIBRACION POR BOQUILLA, DE CUATRO POSICIONES.

LOS DEMAS NIVELES SERAN DE 4 x 8 POSICIONES (SEGUN DIAMETRO).

LAS CALIBRACIONES DE LOS CARRETES SE PROCESARAN POR SEPARADO POR SER UNIDADES DE CONTROL SEPARADAS.

FIGURA 4

EJEMPLO DE NIVELES DE CALIBRACION EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO



a) Serpentín de calentamiento.

b) Hogar

a) Serpentín de calentamiento.- Es el encargado de transportar el fluido que requiere ser calentado. Consiste de una serie de tubos conectados de tal forma que constituyen un serpentín continuo. Los tubos están conectados por "cabezales" (tubos en forma de "U"), que van sellados por medio de una expansión denominada "rolado", cuya medida varía de acuerdo al diámetro del tubo y el cabezal.

b) Hogar.- El hogar u horno cubre todas las partes siguientes:

1) Soportería.- La soportería tiene la finalidad de mantener fijos los tubos en su lugar, pudiendo estar en las paredes laterales o el techo del hogar.

2) Cuerpo.- El cuerpo del hogar está formado, principalmente, por una cubierta metálica externa conocida como paredes laterales y frontales protegidas mediante refractario.

3) Equipo Auxiliar.- El equipo auxiliar consiste de los quemadores, rejillas, termopozos, etc.

Al salir de operación un calentador se inicia su inspección con las siguientes medidas de seguridad antes de entrar al hogar:

* Cerrar válvulas y bloquear mediante la colocación de -- juntas ciegas, la alimentación de combustible a los quemadores, así como, la entrada y salida de carga, y en general todas las fuentes probables de contaminación de líquidos, gases o vapores.

**** Efectuar la vaporización, purga y enfriamiento de los serpentines.**

***** Retirar las entradas-hombre o registros para proporcionar una ventilación adecuada que permita eliminar todos los gases de combustión.**

****** Efectuar pruebas de explosividad, como comprobación dentro del hogar durante todo el paro.**

a) Inspección de los serpentines.- Los procedimientos y métodos comunmente seguidos, en la inspección y determinación de las condiciones físicas generales son:

- 1.- Limpieza.
- 2.- Inspección visual (lampareado).
- 3.- Prueba de martillo.
- 4.- Determinación del espesor (ultrasonido).
- 5.- Prueba de dureza (durómetro).
- 6.- Prueba hidrostática.

1) Limpieza.- Puede ser externa o interna.

Externa.- Se puede realizar por medios químicos o mecánicos según se requiera. Los tubos accesibles se limpian con cepillo de alambre. Pero cuando se tienen depósitos de sulfuro o se trata de tubos pernaados, se efectúa una neutralización, lavando con carbonato de sodio.

Interna.- Se emplea para retirar los depósitos acumulados a través del serpentín, después de que el calentador fue sacado de operación y antes de que sea abierto para efectuar la inspección. El método es efectivo si los depósitos en el serpentín -

son tales que pueden ser ablandados y disueltos por la corriente de arrastre.

La limpieza química consiste en circular, un ácido inhibido, por el serpentín hasta que todos los depósitos sean eliminados. El método por lo regular se aplica de acuerdo a los depósitos encontrados, llevando un riguroso control del mismo para evitar daño a los tubos. Posteriormente se hace un lavado con agua.

Otro método utilizado es el llamado "quemado de carbón". Consiste en usar vapor, aire y calor para quitar el carbón depositado en el interior de los tubos, pero se debe tener cuidado en su control porque puede causar daño al material de los tubos.

2) Inspección Visual.- Utilizando una lámpara de mano, - es empleado en busca de daños superficiales en los tubos, conexiones y accesorios. Entre los daños más frecuentes están - las deformaciones, fracturas, fisuras, abollamientos, desgastes y requemado o "piel de elefante".

3) Prueba de martillo.- Todos los tubos accesibles del calentador se prueban en toda su longitud, principalmente el lado expuesto directamente al fuego.

4) Determinación del espesor de pared.- La determinación del espesor de los tubos y cabezales, es un procedimiento esencial de la inspección. Los datos obtenidos son registrados y - analizados para determinar la velocidad del desgaste, así como para estimar si el espesor que tienen será suficiente para soportar las condiciones de operación del calentador, hasta el siguiente paro programado.

La medición del espesor de los tubos por lo regular se -- efectúa con aparatos de ultrasonido, debido a la variación de -- formas, espacio limitado de trabajo, obstrucciones, etc. Es es pecialmente laborioso revisar la sección de los cabezales y de -- terminar con precisión el espesor de pared.

Para el caso del rolado de tubos en los cabezales, se uti -- liza el calibrador de tijera.

5) Prueba de dureza.- Para saber, que tanto han sido -- afectadas las propiedades del material, por la incidencia direc -- ta de las flamas, se determina su dureza y con ello se determi -- na el grado de fatiga del material.

6) Prueba hidrostática.- Esta prueba se le hace al calen -- tador una vez que salio de operación y antes de que sea puesto en operación, después de la inspección preoperatoria.

Su objetivo es verificar la resistencia mecánica que ten -- drá en un intervalo de tiempo amplio, y para la localización de fugas. Una práctica común al efectuar la prueba, para verifi -- car la resistencia, es la de aplicar un factor que puede variar desde $1\frac{1}{2}$ hasta $2\frac{1}{2}$ veces la presión de operación, como presión -- de prueba, dependiendo de la temperatura de operación.

Durante el desarrollo de esta prueba, se debe verificar -- que no existan fugas en el cuerpo de la tubería, cabezales y en el rolado de los tubos.

b) Inspección del hogar.- Esta inspección es realizada -- totalmente en forma visual. Se revisa la estructura del calen -- tador, los soportes estructurales de pared y techo, las placas del techo y muros, los pozos de quemadores y su orientación, el

refractario de techo y paredes, así como el mecanismo de la palometa en la chimenea.

En su parte externa se buscan daños en las placas, viguetas, mirillas de inspección y registros de explosión.

3.3.2 Cambiadores de Calor

Los cambiadores de calor, son equipos de proceso diseñado para disminuir o aumentar la temperatura de un fluido (líquido o vapor), que se desea enfriar o calentar, mediante la transferencia de calor con otro fluido, sin intermezclarse entre sí.

Los tipos existentes de cambiadores de calor son muy variados siendo los más comunes, los siguientes:

- a) Envolvente cilíndrica con haz de tubos internos.
- b) Horquillas.
- c) Cajas de enfriamiento.
- d) Solo aires.
- e) De placas.

Antes de abrir un cambiador de calor para efectuar la inspección, es necesario tomar las siguientes medidas de seguridad:

1.- Aislar el equipo con sus válvulas y colocando juntas ciegas en las entradas y salidas.

2.- Neutralizar para evitar que se depositen y/o desprendan vapores de productos dañinos o peligrosos. Esto cuando se requiera.

3.- Vaciar el equipo y purgarlo.

4.- Efectuar pruebas de explosividad y toxicidad para comprobar la ausencia de productos explosivos o tóxicos.

Una vez abierto el cambiador se requiere una limpieza o -- preparación de la superficie, lo cual esta en función del tipo de inspección a realizar y el grado de ensuciamiento en que se - encuentre el equipo.

La inspección de los cambiadores de calor se puede dividir en dos clases: a) Inspección Externa y b) Inspección Interna.

a) Inspección Externa:

Esta inspección puede también realizarse con el equipo operando. Se revisarán visualmente todas las partes siguientes: cuerpo, cabezote o carrete, tapa, soportes o bases del equipo, boquillas, bridas, conexiones, niplerfa, tornillerfa, juntas de expansión, soldaduras, aislamiento, etc., para detectar corrosión, fugas, golpes, falta de pintura y cualquier otra anomalía.

La inspección externa incluye la determinación de espesores de acuerdo con el procedimiento vigente para la calibración preventiva.

b) Inspección Interna:

La Inspección Interna requiere que el equipo se encuentre fuera de operación.

La inspección preliminar visual se efectuará inmediatamente después de que se desmontan las tapas para registrar el gra-

do de ensuciamiento, su localización, tipo y la cantidad de sedimentos encontrados. Si se considera conveniente, se analizarán lodos o sedimentos encontrados.

Dependiendo del resultado de la calibración ultrasónica se podrá solicitar la remoción de las partes internas del equipo - para su inspección general.

Las partes internas, a revisar, más comunes incluye: cuerpo, cabezote o carrete, tapas, haz de tubos (tanto externamente, como interiormente), boquillas, espejos de haz de tubos, cabeza les flotante y fijo, placas de choque, ánodos de sacrificio, - válvulas de seguridad, válvulas de bloqueo, empaques, etc., los cuales se inspeccionarán visulamente o mediante pruebas no destructivas, para localizar fallas como son: corrosión, fracturas, desgaste por erosión, picaduras, etc.

Es recomendable que cuando un nido o haz de tubos de un - cambiador de calor tengan más del 15% de tubos taponados, por - paso, se solicite su cambio o reacondicionamiento.

Al iniciar la inspección del haz de tubos y después de la inspección final, se verificarán las pruebas hidrostáticas respectivas: por el lado cuerpo, para verificar que no existan fu gas por el rolado o por tubos rotos y por el lado de los tubos, para comprobar la hermeticidad en las uniones del envolvente, - como pueden ser venteos, purgas, tapas, etc.

3.3.3 Recipientes Sujetos a Presión

Un recipiente sujeto a presión, normalmente se define como un recipiente diseñado para resistir sin peligro una presión in terna arriba de 15 psig.

Los recipientes a presión son diseñados en varias formas, pudiendo ser cilíndricos con tapas planas, cónicas, semihelipsoi dal o hemisférica. Los recipientes cilíndricos pueden ser hori zontales o verticales. También existen en forma esférica o esferoidal.

Los recipientes sujetos a presión son empleados en muchos procesos químicos, así como, en el almacenamiento de líquidos - volátiles. Son usados como reactores térmicos o catalíticos - para ocasionar los cambios químicos requeridos por los procesos; como torres fraccionadoras para separar los diferentes compues tos producidos en la reacción; como separadores para gases, quí micos o catalizador de los productos; como acumuladores para la estabilización de productos; como unidades de tratamiento químico; como regeneradores para restaurar un catalizador o químico a sus propiedades originales; y otros propósitos más. Es - por ello que algunos equipos tienen accesorios internos y otros solo cuentan con instrumentos de medición y control necesarios.

Básicamente estos equipos son inspeccionados para determi nar el estado físico del recipiente y el tipo de velocidad y -- causas de deterioro. También se busca conocer las condiciones en que se encuentran los internos del equipo, si es que cuentan con ellos.

Para dar un ejemplo del procedimiento de inspección que se lleva a cabo en los recipientes sujetos a presión, trataremos - el caso de las torres fraccionadoras.

a) Torres Fraccionadoras

Las medidas de seguridad antes de introducirse, a estos - equipos, son similares a las que se toman en la inspección de - calentadores.

1.- Aislar el equipo, cerrando válvulas y bloqueando, mediante la colocación de juntas ciegas, las líneas de alimentación y salida del equipo por inspeccionar.

2.- Llevar a cabo la vaporización, purga y enfriamiento del equipo, hasta que las pruebas de explosividad y toxicidad sean nulas o esten en los rangos permisibles.

3.- Retirar las tapas de los registros para proporcionar una ventilación adecuada al interior del equipo.

Después de haber cumplido con los puntos anteriores, procedamos a realizar una inspección visual al interior de la torre, para conocer el estado general en que se encuentra y si las condiciones son aproximadas a las esperadas. Esta labor resulta peligrosa cuando se trata de torres con gran altura y por la naturaleza de los productos que maneja, así como de las condiciones y períodos de operación, provocan que las estructuras que soportan los internos se encuentren severamente dañados. Debitando o eliminando el único apoyo en el interior del equipo, para revisar los diferentes niveles.

Las principales partes a revisar son las siguientes:

1) Platos.- Se revisan en busca de partes caídas o deflexiones. También reviste importancia la revisión del estado de las balastras, cuando el equipo cuenta con ellas.

Los revertidores o "cubetas recolectoras" deben ser revisadas para detectar deformaciones de las placas, tornillería, así como, la hermiticidad de la misma.

En caso de que las placas que constituyen estos elementos

resulten estar muy dañadas, es necesario reemplazarlas. De existir falta de balastras o daño en estas se deberán colocar o modificar hasta dejar completo el plato.

Una vez realizadas las reparaciones correspondientes, se realizará la comprobación manual del funcionamiento de las balastras y la firmeza de los platos. En los recolectores se efectúa una prueba de hermeticidad para verificar su funcionamiento.

2) Distribuidores.- Básicamente éstas partes se revisan para conocer el estado físico de la tornillería y de los soportes.

3) Recubrimiento.- El recubrimiento en el interior de los equipos puede ser de dos tipos a saber:

* Recubrimiento aplicado (lining): Es un revestimiento resistente a la corrosión, esperada en el equipo, que se encuentra fijado a la pared interna de éste.

* Recubrimiento integral (clad): Cuando los recipientes se encuentran fabricados con placa de poca resistencia a la corrosión, se forran con chapa de otro material que tenga mayor resistencia a la corrosión (clad); esta chapa va íntegramente ligada al material base o placa.

Tanto el recubrimiento aplicado, como el recubrimiento integral se deben revisar minuciosamente en busca de fisuras, poros o fracturas. La inspección se realiza primeramente con un lampareado a las paredes que tengan recubrimiento, marcando las áreas donde se sospecha la presencia de alguna falla y posteriormente se realiza una prueba con líquidos penetrantes, para

determinar la magnitud de la posible falla.

La reparación de este tipo de daños debe ser efectuada con soldadura especial, por lo general, y aplicada por una persona muy especializada ya que una mala aplicación puede aumentar la severidad del daño.

4) Boquillas.- Es frecuente encontrar fracturas en estas partes, por lo que se aplica también la prueba de líquidos penetrantes a todas las boquillas del equipo, en busca de posibles daños.

Al terminar las reparaciones en el interior de la torre se procede a una última inspección visual para revisar la limpieza y disposición de los elementos en el interior de la torre.

La determinación de los espesores de pared se realizan normalmente por la parte externa, sin embargo, en caso de reparación, se recomienda realizarla desde el interior.

3.3.4 Bombas

Al ser este un equipo mecánico cuya función es la de impulsar un fluido de un medio de baja presión a otra de mayor presión. Las razones básicas para realizarle una inspección es la de determinar sus condiciones físicas, su velocidad, el tipo y las causas de deterioro. Con estos datos se puede planear el mantenimiento que asegure una operación eficiente y continua.

Se pueden citar varias causas que provocan el deterioro de los diferentes equipos mecánicos, entre las cuales son comunes las siguientes:

- a) Desgaste mecánico.
- b) Erosión y corrosión.
- c) Operación impropia.
- d) Tensión de las tuberías.
- e) Cavitación.
- f) Daños de la estructura.
- g) Desgaste de la neopelma.
- h) Condiciones anormales.

Es por esto, que se deben hacer revisiones periódicas de mantenimiento preventivo, de acuerdo con el servicio que desarrollan.

La inspección de estos equipos pueden dividirse en dos categorías:

- 1.- Aquella que detecta fallas, que causan una mala operación.
- 2.- La que revela daños metálicos.

Cuando se requiere del desmantelamiento de la bomba, debido a la limpieza o revisión detallada, es necesario aislarla externamente cerrando las válvulas de entrada y salida, así como, colocando juntas ciegas.

Debido a sus características es común encontrar dos bombas para el mismo servicio, con el objeto de tener una bomba de reserva, lo que permite una revisión normal de estos equipos con la planta operando.

La revisión que se le hace a este equipo es para indicar - las siguientes condiciones generales:

- 1.- Estructura.
- 2.- Soporte.
- 3.- Tornillos de anclaje.
- 4.- Tubería, válvulas y niplería.
- 5.- Aislamiento de recubrimientos.
- 6.- Equipo de seguridad.
- 7.- Vibraciones
- 8.- Conexiones a tierra.

La mayoría de estos puntos se determinan con la bomba en funcionamiento. Comunmente esta revisión la lleva a cabo personal del área de mantenimiento de plantas, quedando bajo la responsabilidad del inspector la revisión de la niplería, equipo de seguridad y determinación de los espesores del cuerpo de la bomba.

3.3.5 Válvulas de seguridad y relevo

Las válvulas de seguridad son elementos destinados a la -- protección de equipos contra daños, por exceso de presión, y -- por lo tanto contra explosión. Tanques, tuberías, generadores de vapor y otros equipos utilizan este tipo de elementos.

Las causas de un incremento excesivo de la presión, arriba de los límites de diseño del equipo, son muchas. La oportuna - apertura de la válvula de seguridad y el alivio de la sobrepresión puede evitar considerables pérdidas materiales y humanas.

Las válvulas se pueden clasificar de acuerdo con el servicio y con el tipo de construcción.

De acuerdo con el servicio se clasifican en:

- 1) Válvulas de relevo.
- 2) Válvulas de seguridad.
- 3) Válvulas de seguridad-relevo.

De acuerdo con el tipo de construcción se clasifican como:

- a) Válvulas de resorte.
- b) Válvulas de contrapeso.
- c) Válvula accionada por piloto.

1.- Las válvulas de relevo comprenden aquellos tipo que actuados por la presión estática antes de la válvula, comienzan a relevar a la presión establecida, alcanzando su máxima abertura hasta que la presión ha aumentado a 110 ó 115% de la presión establecida, abre en proporción al aumento de presión y es utilizada cuando se manejan líquidos. (Ver Fig. 5)

2.- Las válvulas de seguridad se caracterizan por una - - abertura rápida o acción "pop". La máxima abertura se alcanza a un 103% de la presión establecida. Se usan en servicio de - gas y vapores; en sobrecalentadores o domos de calderas. (Ver Fig. 6)

3.- Las válvulas de seguridad-relevo son válvulas que dependiendo de la aplicación funcionan como válvulas de relevo o como válvulas de seguridad.

El objetivo de llevar a cabo la inspección de estos dispositivos, es el determinar su estado físico y sus condiciones de operación.

Antes de inspeccionar una válvula, se debe aislar el equipo donde se encuentra instalada y en algunos casos vaporizar y llevar a cabo su desmontaje y montaje en condiciones de alto riesgo. Es recomendable hacer la indentificación de la válvula, para saber su servicio, localización y condiciones de operación.

Ya que se desmontó la válvula se le hace una inspección visual con el fin de apreciar obstrucciones o depósitos. La tubería de entrada y salida se revisan en busca de corrosión o erosión; el tipo de los depósitos proporciona una orientación en la detección de fugas.

Se deben proteger las caras de las bridas, tanto en la tubería como en la válvula para no dañarlas.

Una inspección detallada a la válvula consiste en cubrir los siguientes aspectos:

* Inspección visual.- Se comprueba el estado de las bridas, por efecto de picaduras, disminución en el espesor, empaques, etc.

En el resorte, la mayoría es de este tipo constructivo, se debe revisar la corrosión o fracturas para evitar correcciones en la temperatura y presión a la que opera el dispositivo.

La posición del tornillo de ajuste y abertura en el bonete condición en que se encuentran las superficies externas, buscando indicios de una atmósfera corrosiva o de daños mecánicos.

Espesor de pared del cuerpo.

Comprobación de los componentes y materiales, para su identificación y especificación en los registros.

* Recepción de la válvula.- Antes de desarmar la válvula se determina la presión de abertura al ser retirada del servicio. Si la válvula abre a la presión de relevo, no es necesario hacerle más pruebas. Esta prueba sirve también para determinar si la válvula no se encuentra bloqueada por depósitos; a la vez que se constata, que el resorte no se ha debilitado.

* Desarmado y limpieza.- La válvula se desarma para efectuar la limpieza y la inspección de cada una de sus partes, en busca de desgaste y corrosión.

La superficie del asiento en el disco y la boquilla se revisan, en busca de defectos o daños que pudieran suscitar fugas.

En el ajuste, entre la guía y el disco o soporte del disco, debe comprobarse que el claro sea adecuado, y se inspecciona visualmente en busca de escoriaciones.

* Prueba de la válvula.- Una vez que la válvula ha sido inspeccionada y reacondicionada se hacen los ajustes, en el resorte, para obtener la presión de relevo deseado, según su operación, efectuándose una prueba hidrostática o neumática para verificar la presión de abertura.

3.3.6 Resumen de los procedimientos de inspección para una planta en proceso.

Hasta aquí hemos visto los procedimientos de inspección -

VALVULA CONVENCIONAL DE RELEVO

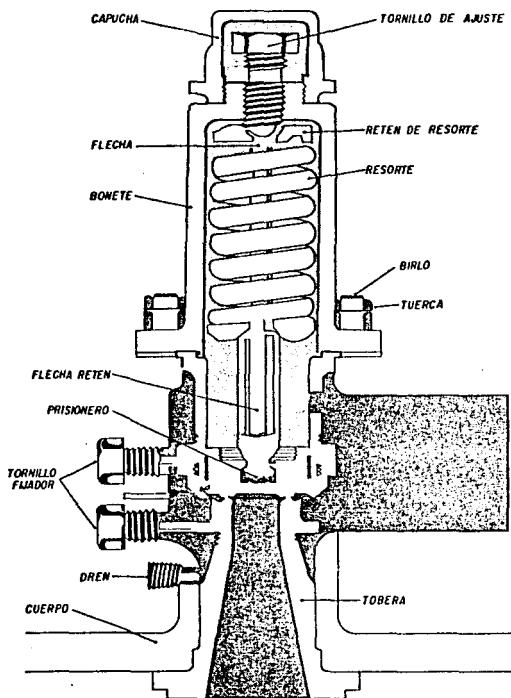


FIGURA 5

VALVULA DE SEGURIDAD

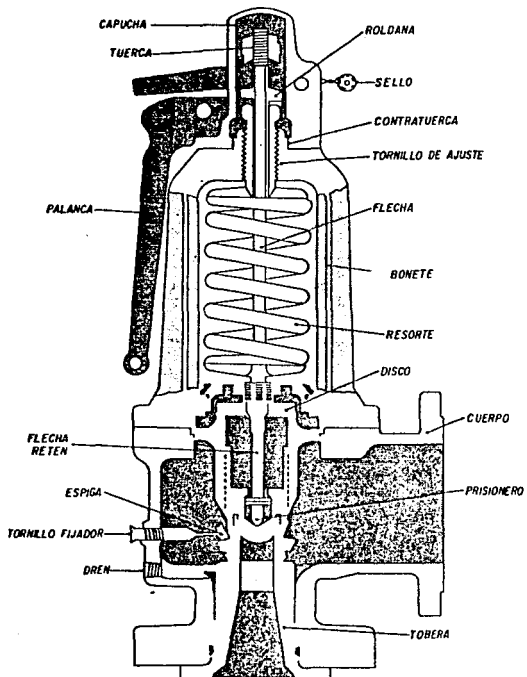


FIGURA 6

para los equipos más relevantes en la industria química, a continuación presentamos un resumen de dichos procedimientos.

Calentadores

1.- Inspección exterior de tubos por exceso de oxidación y protuberancias. Obtener espesores de pared por ultrasonido u otros medios, en los puntos que se especifiquen según los dibujos de calibración.

2.- Inspección de quemadores, asientos, bridas y elementos interiores para detectar fracturas, escoria asentada u otros defectos. Obtener espesores de pared en secciones delgadas.

3.- Inspección para obtener datos que actualicen la información de los registros de corrosión, deformación y de operación.

4.- Inspección de los soportes de tubos para detectar - - fracturas, doblegamiento u otros defectos.

5.- Inspección del revestimiento refractario para determinar resquebramiento, fusión u otro tipo de daño.

6.- Inspección de la verticalidad de la chimenea y funcionamiento de la palometa.

Torre fraccionadora.

1.- Inspección visual de la superficie interior por corrosión o erosión. Medir espesores de cuerpo y tapas, en los puntos determinados por un dibujo de calibración. Inspeccionar y obtener espesores de todas las conexiones. Medir o estimar y -

registrar la profundidad de socavados en los lugares donde se -
presenten.

2.- Inspeccionar los platos y balastras o tapas por corro-
sión: los revestimientos o cubetas recolectoras por fugas.

3.- Inspección de los revertidores por corrosión y otros
defectos.

4.- Inspección del revestimiento en el área indicada por
el dibujo de inspección por fracturas en soldaduras y/o protube
rancias.

Tubería y accesorios.

1.- Medir espesor de pared de todas las tuberías, como se
indica en sus registros.

2.- Inspección y prueba de todas las válvulas antes de -
ser instaladas, para evitar fugas.

Cambiadores de Calor.

Inspeccionar cuerpo, tapas, bridas y haz de tubos por p~~er~~-
dida de espesores a causa de la corrosión o erosión.

En caso de que la reparación del cambiador sea la de tapo-
nar tubos, se recomienda como máximo de tubos taponados, 15% -
por lado, de lo contrario se debe remplazar el haz de tubos.

Antes de retornar a la operación, los cambiadores deben --
ser probados hidrostáticamente por el lado cuerpo y por el lado
tubos, a las presiones establecidas según la operación de cada
equipo.

Bombas

Remover la cubierta e inspeccionarla por daños físicos, como pueden ser corrosión, erosión, fracturas, etc. Medir en su caso espesores. Verificar que cuenten con cubre-cople.

Válvulas de seguridad

Remover, preprobar, limpiar, reparar, probar y volver a colocar todos los dispositivos de relevo a presión, según registros. Registrar la presión de prueba, condiciones físicas, reparaciones y presión de operación del equipo para los expedientes de inspección.

CAPITULO IV

ELABORACION Y MANEJO DE LOS PROGRAMAS DE INSPECCION TECNICA

Tradicionalmente, con una periodicidad no siempre respetada, se suspendía la operación de cada unidad, y de acuerdo a un programa más o menos bien elaborado, se procedía casi a desmantelar el equipo para revisarlo, repararlo y volverlo a la operación, pero esto originaba problemas en la producción y la seguridad. En repetidas ocasiones se han aplicado técnicas modernas de programación, tales como "PERT" técnica de evaluación y revisión de programas, y "MRC" método de ruta crítica, con resultados no siempre satisfactorios, precisamente porque en una proporción sustancial de los trabajos se desconoce el estado que guarda el equipo antes de la inspección.

Debido a esto se vuelve necesario la inspección periódica de los equipos y de las condiciones de operación, ya que en base a estas inspecciones se puede prevenir y predecir la cantidad de trabajo a desarrollar en el interior de los equipos.

Como ya se indicó en el capítulo anterior, muchas de las labores de inspección en el equipo principal, se realizan cuando las unidades están fuera de operación; algunas otras son preferentemente ejecutadas mientras que las unidades están en operación. Para reducir el tiempo fuera de operación, en las plantas de proceso, todas las operaciones posibles se deben realizar con la planta operando, y llevar a cabo todos los trabajos preliminares para la inspección del equipo principal durante su operación, antes del paro.

La información relativa para planear una inspección en una planta nueva, se puede obtener consultando al personal asignado

en otras plantas similares. Guiado por su propio conocimiento y la experiencia de otros, el inspector debe ser capaz, de señalar con precisión las áreas que están sujetas a cierto tipo de deterioro y pérdida de material.

Los programas que se analizan en este trabajo, son precisamente aquellos que se elaboran para reparar las plantas de proceso.

4.1 Elaboración de los programas de inspección

Programar significa planificar y estructurar, preferentemente en forma tabular, las operaciones a desarrollarse en cada unidad y el mantenimiento que se ejecutará, proyectados bajo períodos de tiempo. Esto con el fin de alcanzar una más eficiente y provechosa operación de equipo, seguridad, mano de obra, materiales y tiempo. Para ello se requiere que el control y evaluación no sean únicamente para una unidad individual, sino para el total de las operaciones de la planta.

Para alcanzar este objetivo, es esencial un programa de operación realista, preparado y combinado con los respectivos programas de mantenimiento e inspección.

La adaptación de varios programas de operación y sus respectivos programas de mantenimiento e inspección, hacia la composición de un programa maestro flexible y operable que cubra todas las unidades de proceso, es una labor formidable, que requiere la coordinación de los grupos involucrados. Independientemente del tipo de las unidades y el tamaño de la planta, la composición del programa puede proyectarse para cubrir períodos de hasta cinco años, aunque los más comunes son de un año.

La composición típica de un programa de operación contiene un listado de todas las unidades, los intervalos de paro, así como el paro programado para cada unidad, calendarisándose en términos semanales. En el se indica un área con la fecha y duración del paro tentativo, con diferente color se marca la fecha y duración real de los paros; cuando estas fechas no coinciden, puede ser que el programa sufrió cambio o que se debió realizar un paro de emergencia.

Es frecuente encontrar que los tiempos estimados de paro se extiendan, debido al tamaño, tipo y edad de cada unidad; la severidad operativa del proceso; el paro de otras unidades o la complejidad de los flujos en la planta; y la mano de obra requerida, son solo algunos de los muchos factores que afectan la duración de los paros. La determinación de períodos precisos es una de las fases más importantes en la programación, generalmente, el tiempo del paro esta gobernado por la cantidad de tiempo requerida para realizar uno o dos trabajos mayores (reparación, remplazo o reposición). En algunos casos el factor determinante puede ser el tiempo para restablecer el equipo a un estado de limpieza satisfactorio para el próximo período de operación.

Actualmente el tiempo de los paros esta determinado, en su mayor parte, por el intervalo de operación de las unidades. Muy a menudo, el período de las corridas se rige por factores fuera del alcance del grupo de inspección; por ejemplo, procesos de limpieza, demanda de productos, cambios físicos, mano de obra requerida, entre otras.

Las condiciones atmosféricas son también un factor que influyen en la duración del paro, ya que la productividad de la mano de obra decrece en condiciones climáticas adversas.

Hay periodos donde el programa de paro esta sobre el periodo máximo permisible de operación, basado en reglas o en el valor estimado de vida útil para una pieza particular de un equipo. En ambos casos, los periodos de operación no se pueden de terminar unicamente con las recomendaciones del grupo de seguridad.

Al preparar el programa de paro de una unidad, es aconsejable que el inspector analice, tan pronto como sea posible, la información generada durante paros anteriores para evitar omisiones en el inmediato paro. El inspector usa estos datos para advertir a la gerencia, de las condiciones del equipo y las reparaciones o reemplazos posibles, que se pueden esperar, con esto logra una mejor planeación de trabajo.

En la preparación del paro de unidades o programa de trabajo, las operaciones o actividades deben ser organizadas de modo que estas se complementen o suplan unas a otras. Análogamente, el trabajo asignado se puede planear de modo que no interfiera uno con otro. Se requiere hacer un esfuerzo para realizar el programa de trabajo en el orden planeado, concientes de cumplir con el lapso de tiempo para el paro y arranque de cada unidad.

Una buena medida es llevar a cabo reuniones antes del paro para su discusión y coordinar los trabajos que se desean realizar. Todos los trabajos contemplados se deben enumerar, discutir y adaptar en una secuencia lógica, es aquí donde el inspector solicita el equipo adicional que requiere revisión o la limpieza especial y el trabajo preparatorio que se necesita hacer. Tan pronto como se renueva la operación de la unidad se celebrará otra reunión para evaluar la ejecución y considerar medidas que mejoren el programa.

Los responsables de las áreas de proceso, operación, mantenimiento e inspección, asisten a estas reuniones, involucrándose directamente en la planeación, dirección y coordinación de las actividades de paro y arranque de las unidades.

Al preparar el programa de inspección de la unidad, se enlistan para revisión, todos los equipos sujetos a corrosión o erosión y otras formas de deterioro, excluyéndose el equipo que ha estado fuera de operación y algún otro trabajo de inspección que pueda realizarse, mientras la unidad esta operando. Con esto, el inspector puede asignar una prioridad a dicho equipo y formular un programa realista y funcional.

Aunque ciertamente una considerable cantidad de trabajo de inspección se realiza, mientras que la unidad es operanda, la mayor parte del trabajo de inspección se ejecuta durante el paro de las unidades, y si éste involucra una reparación general, hace posible que el grupo de inspección examine la mayoría del equipo complementando las inspecciones parciales hechas durante los períodos de operación o durante previos paros cortos.

Como ya mencionamos, la cantidad de trabajo de inspección que se efectúa en un paro de unidad, esta limitado por el lapso de tiempo en que la unidad este fuera de operación. Esto nos indica que el cumplimiento del trabajo de inspección en el tiempo concertado, esta relacionado con el trabajo preliminar y preparatorio, que se realice. Esto es especialmente cierto en inspecciones de unidades principales; para obtener la mayor extensión posible, el trabajo de inspección se tiene que llevar a cabo en coordinación con el trabajo regular de limpieza, reparación y mantenimiento; normalmente, el trabajo de inspección no se puede prolongar más alla del tiempo calendarizado para el paro de la unidad o planta.

Una forma de coordinar eficientemente las diversas fases - del paro y el trabajo relacionado con éste, es el de conocer - todo el orden en el que la unidad saldrá de operación y arrancará. Generalmente, el grupo de operación prepara e imprime un procedimiento de paro estandar para cada unidad, estructurando el orden exacto, en el cual la unidad deberá para y arrancar.

Este procedimiento es ejecutado estrictamente, sirviendo - de base para la formulación del programa de trabajo de cada unidad. En la planeación del programa de trabajo, todas las operaciones o trabajos relacionados con el paro pueden integrarse o combinarse, paso a paso, con el procedimiento empleado para el paro y arranque. Aquí se incluye el trabajo que involucra dejar disponible y seguro el equipo intervenido durante el paro; el trabajo rutinario de limpieza y mantenimiento; la limpieza - especial y el trabajo preparatorio; el trabajo de reparación, - incluyendo algunas reemplazos que pueden necesitarse; el trabajo adicional que resulte del reemplazo o cambio físico ; el trabajo de inspección; monitoreo o alguna otra prueba adicional que se pueda requerir; y los trabajos involucrados para el arranque de la unidad. Para seguir este procedimiento, todas las actividades del paro son dispuestas en secuencia lógica, lo que implica que una operación o trabajo interfiera con otro, permitiendo que se realicen en forma segura, ordenada y eficiente. El programa de trabajo de cada unidad es una combinación del procedimiento de paro y un programa de trabajo.

Se puede preparar un diagrama de flujo con el programa de trabajo y colocarlo en el cuarto de control o alguna otra localización central donde pueda ser consultado por el personal de operación, mantenimiento e inspección. En este diagrama se enfatiza el equipo donde el progreso del trabajo de limpieza y - mantenimiento normal es lento, o el equipo donde la carga de -

trabajo es mayor. Dependiendo del tamaño de la unidad, aunado al grado de coordinación y control deseado o necesario, el programa de trabajo puede ser bastante simple o muy elevado.

Puesto que el programa de inspección esta planteado para seguir el progreso del trabajo regular de limpieza y mantenimiento, es usual que no interfiera con estas operación. Sin embargo, a causa de reparaciones mayores y reemplazos o cambios físicos, el trabajo de inspección puede necesitar, ser realizado antes, durante o después de alteraciones. En ocasiones, el inspector solicita examinar rapidamente, un equipo particular o parte del mismo, tan pronto se encuentre disponible y la inspección sea segura. Si una condición particular requiere una considerable cantidad de trabajo de mantenimiento y reparación a desarrollar, en breve antes del paro, el inspector debe examinar el equipo en la primera oportunidad para determinar las reparaciones o reemplazos necesarios.

Si una reparación o reemplazo es terminado, el inspector debe hacer un exámen breve del equipo para asegurarse que el al cance del trabajo se cumplió adecuadamente. Además esta inspección sirve para obtener datos originales con el reemplazo de piezas o partes, al mismo tiempo que los datos de la inspección normal se enriquecen con el dato de antigüedad de las partes. Esto es especialmente importante cuando se hacen reemplazos o cambios físicos.

A menudo la inspección de equipos grandes pueden ser extensa, por ejemplo: la inspección de un reactor y regenerador del craqueo catalítico o la inspección de torres fraccionadoras altas, que pueden deber su tamaño a causa de que los equipos de destilación y fraccionamiento tienen que colocarse uno sobre otro, para formar una torre, físicamente. La duración del paro

se puede determinar por la cantidad de tiempo que se requiera - para limpiar y completar el trabajo de mantenimiento de uno o - dos equipos grandes. Por lo tanto, es de suma importancia que toda operación o actividad, se adapte en función del tiempo es- perado para ejecutar estos trabajos.

Aunque el paro de operaciones puede estar bien organizado y coordinado, incluyendo un sistema o método de monitoreo del - avance, es aconsejable que el supervisor de operación, el super- visor de mantenimiento y el inspector se reúnan diariamente du- rante el paro para discutir los avances realizados y las posi- bles dificultades que se presenten. Esto requiere un orden - - para hacer ajustes por retraso en la ejecución de una operación particular o por algún trabajo adicional y para revisar las pró- ximas o subsecuentes operaciones.

No obstante que los programas de paro son generalmente muy rígidos, existen factores impredecibles que pueden ocasionar el paro de las unidades antes del tiempo programado ocasionando di- dificultades operativas. Dichas dificultades son algunas veces - causadas por una falla mecánica en algún equipo; otras pueden - atribuirse a fallas en el suministro de servicios auxiliares. También, la emergencia o paro fuera de programa puede ser resul- tado de una fuga, falla de soldadura, falla de una válvula o al- guna otra dificultad que aparentemente no son significativas.

En resumen los problemas operacionales pueden atribuirse a fallas mecánicas, algunas producto de la operación, otras pue- den atribuirse a una inadecuada operación de los equipos, como puede ser el recalentamiento de un serpentín de calentamiento - por aplicación directa de las flamas; el rápido ensuciamiento o taponamiento de los cambiadores por fallas operacionales; el de- cremento en la actividad de un catalizador por contaminación de

los productos de alimentación.

Cuando un paro de emergencia sucede, en breve la unidad se somete a una inspección general y reparación, cuando no son por falla de servicios auxiliares, ejecutándose los trabajos de reparación rápidamente para retornar la unidad al servicio operativo. Sin embargo, si el paro de emergencia ocurre en fecha próxima al paro programado, es aconsejable la ejecución del programa general de inspección y el programa de reparación mientras la unidad esta parada, lo cual ahorra un paro extra de la unidad.

Ya que las unidades pueden ser paradas en un tiempo diferente al pronosticado o indicado en el programa general, los programas de paro e inspección deben ser flexibles. Si la operación de la unidad va más allá de la fecha deseada en el programa de inspección, la fecha tomada de previas inspecciones puede ser revisada para determinar si hay suficiente tolerancia, en los materiales, por corrosión remanente, que permita la operación segura durante otro período.

Para finalizar podemos formular un formato básico para todos los programas de reparación, que incluirá todas las actividades a desarrollar, de acuerdo con lo siguiente:

- A) Fecha probable del paro y motivo del mismo.
- B) Medidas generales de seguridad.
- C) Trabajos previos al paro. Se deberán considerar aquellos trabajos tales como:

La preparación de líneas para vaporizar tuberías y equipo, preparación de conexiones y mangueras para lavado de equipo, es

caleras de "gato", andamios, tarimas, maniobras especiales, materiales para reparación o sustitución de tuberías, conexiones o equipo, artículos de protección personal, iluminación, grúas, máquinas de soldar, etc.

D) Trabajos por ejecutarse con la planta o unidad fuera - de operación.

D.1 Lista de juntas ciegas necesarias para aislar la planta o unidad, y para la revisión del equipo indicado.

D.2 Equipos que se intervendrán en el paro y trabajo por ejecutar en ellos. De acuerdo con Operación, Mantenimiento e - Inspección, se seleccionarán los equipos a intervenir, qué registros se abrirán, las pruebas que se harán, las reparaciones que se espera se tendrán que hacer, las partes a revisar, lavados químicos que se realizarán, cuales se deberán calibrar, etc.

D.3 Válvulas de seguridad.- Aquí se enlistarán las válvulas de seguridad y relevo con fechas de revisión vencidas o próximas a vencerse y también las que presenten problemas especiales. Se deberá mencionar su nomenclatura, su medida, su presión de calibración y su localización. Las válvulas así seleccionadas se desmontarán, limpiarán, revisarán, se repararán de ser - necesario y se calibraran. Se deberán identificar adecuadamente antes de ser desmontadas.

D.4 Líneas Generales.- Se mencionarán aquí las líneas - que se calibrarán o inspeccionarán, las modificaciones o adiciones que se efectuen de acuerdo al mejoramiento del proceso, las que requieran limpiezas especiales, las válvulas de bloqueo que se deban cambiar o instalar, etc.

D.5 Niplerfa.- Se mencionarán los equipos o tuberías en los cuales se revisará la niplerfa, ya sea calibrándola o radio grafiándola si ésta es soldada o desarmándola si es roscada, - como es el caso de cambiadores de calor, bombas, torres, etc.

D.6 Emplazamientos y solicitudes de prefabricación.- Se enlistarán todas las tuberías, equipo o conexiones con valores bajos de espesor, materiales fuera de especificación o en mal - estado que durante la reparación deberán ser cambiadas.

D.7 Válvulas Checks.- Se enlistarán las válvulas check que de acuerdo con Operación, Inspección y Mantenimiento se deban - desmontar, revisar y probar, dando atención especial a aquellas que podrían provocar situaciones de riesgo durante la operación en caso de fallar.

D.8 Instrumentos.- Se considerarán los trabajos que el - departamento responsable, llevará a cabo durante la reparación de la unidad o planta. De igual modo las mejoras o instrumentos nuevos que se instalarán dando especial importancia a los - sistemas de protección que tienen los equipos de la planta, - alarmas, etc.

D.9 Trabajos a efectuar por mantenimiento eléctrico.- Aquí incluirán los sistemas o equipos de tipo eléctrico a los - cuales se les revisará y dará mantenimiento como son: motores, arancadores, transformadores, circuitos, alimentadores, etc.

D.10 Trabajos a efectuar por mantenimiento mecánico.- Las bombas, compresores, turbinas, válvulas , y en general todo el equipo mecánico que de acuerdo con Operación, Mantenimiento e - Inspección deba ser revisado, mantenido o probado, deberá ser - incluido en el programa.

D.11 Trabajos a efectuar por mantenimiento civil.- Se -
mencionarán los trabajos de tipo civil a efectuar en la repara-
ción, tales como: limpieza de drenajes, reposición de aisla- -
miento térmico, aplicación o reparación de refractarios, repara-
ción de pisos, etc.

D.12 Trabajos a efectuar por mantenimiento de plantas.-
Aquí se mencionarán los trabajos especiales de pailería, solda-
dura, tubería, patio, etc., que se hayan incluido en los puntos
anteriores.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones

Podemos afirmar que la inspección técnica contribuye a mantener en niveles óptimos el proceso y la eficiencia mecánica, - así como, incrementar la seguridad operacional de los equipos - en las plantas de procesos; es una gran ayuda para reducir el - número de paros de emergencia y también abate los costos de mantenimiento y reparación al reducir tiempos en los programas, a la vez que predice las reparaciones necesarias en los equipos a intervenir.

Un acertado programa de inspección depende del trabajo hecho en la planeación de inspecciones futuras, para lo cual se - requiere saber el deterioro del equipo y las condiciones que lo originan.

El inspector de plantas de proceso, necesita una gran capacidad de comunicación, para trabajar estrechamente con los grupos de la organización de la planta. Tanto con operarios de unidades y de mantenimiento, así como con los técnicos de mantenimiento mecánico, mantenimiento eléctrico, mantenimiento de - plantas, instrumentistas y los de operación.

El inspector adquiere un papel sobresaliente en la operación de los procesos, ya que requiere tener un conocimiento completo del equipo y condiciones de operación, con la ventaja adicional de ser capaz de localizar la forma de deterioro de cada uno.

El inspector requiere de una buena capacitación teórico-práctico cuando se inicia en este campo, así como de una constante actualización.

5.2 Recomendaciones.

1.- Todo técnico que quiera ingresar a la inspección técnica, deberán someterse a un largo periodo de capacitación teórico y práctico en los centros de trabajo, hasta que no se imparte una especialización en este tema.

2.- Cuando se realicen los preparativos de un paro programado, es aconsejable que el inspector prepare un procedimiento de inspección o bosquejo.. En la preparación del bosquejo, el inspector deberá ejercer un juicio firme para determinar la extensión y tipo de inspección requerida para cada unidad y para cada equipo.

3.- En la elaboración de los programas de reparación, se deben programar las obras a ejecutar de acuerdo a los siguientes criterios en orden de importancia:

- a) Seguridad de las personas e instalaciones.
- b) Mayor continuidad de operación.
- c) Mayor capacidad y mejores rendimientos.
- d) Mayor facilidad de operación y mantenimiento.

4.- El procedimiento debe ser repasado y posiblemente revisado, tanto antes como inmediatamente después de cada inspección, para que se realicen adiciones o correcciones, basándose en los internos reemplazados y/o reparados; las recomendaciones resultantes de la inspección, y los cambios físicos hechos du-

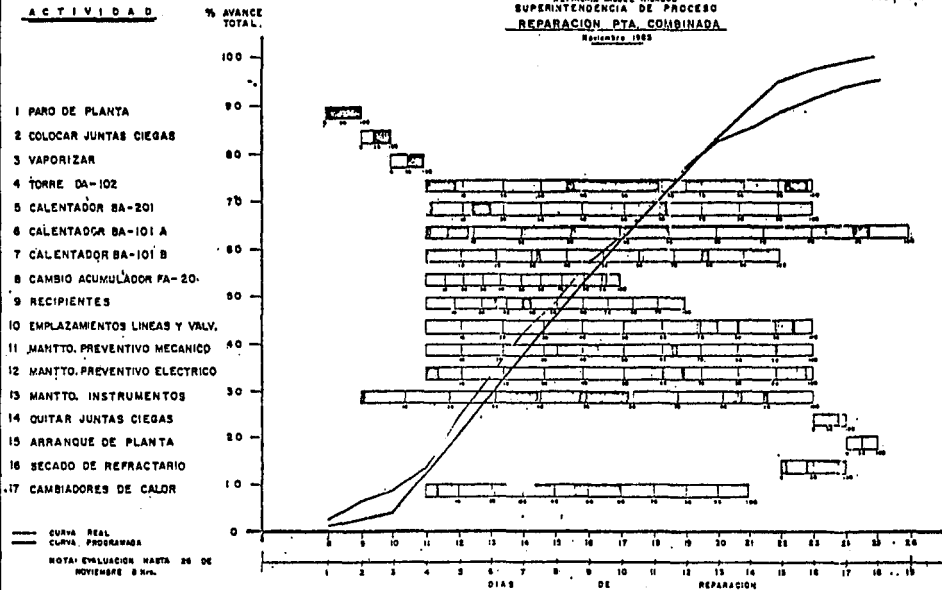
rante los periodos de operación o en los paros de las unidades.

5.- Para evitar, en lo más posible, el incumplimiento en los tiempos programados de los paros se recomienda utilizar el método de ruta crítica, y la técnica de evaluación y revisión - de programas. Una vez obtenidos los diagramas de barras o de - Grant, se debe designar un responsable que actualice y compare la información real con la información programada. (Ver Fig.7)

6.- Con las experiencias adquiridas, se debe fomentar el intercambio de métodos técnicos y procedimientos con otras plan^{tas} de proceso a fin de que se normalicen los métodos y las ins^{pecciones} se lleven a cabo en la mejor manera.

FIGURA 7

REFINERIA MOQUEL HUALDE
SUPERINTENDENCIA DE PROCESO
REPARACION PTA. COMBINADA
Noviembre 1983



BIBLIOGRAFIA

- 1.- Morrow, L.C. "MANUAL DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL" C.E.C.S. A., 1980.
- 2.- Newbrough, E.T. "ADMINISTRACION DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL". DIANA, 1981.
- 3.- AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE "GUIDE FOR INSPECTION OF REFINERY EQUIPMENT". API publication.
- 4.- SCHOOL OF NONDESTRUCTIVE TESTING "CURSO TEORICO-PRACTICO - DE PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS POR EL METODO DE ULTRASONIDO". KRAUTKRAMER-BRANSON.
- 5.- GERENCIA DE PROTECCION ECOLOGIA E INDUSTRIAL "NORMA Y PROCEDIMIENTOS PARA LA INSTALACION Y REVISION DE NIPLERIA EN LINEAS Y EQUIPOS DE PROCESO EN UNIDADES EN CONSTRUCCION Y EN OPERACION". PEMEX, 1986.
- 6.- GERENCIA DE REFINERIAS "CURSO BASICO DE ULTRASONIDO". PEMEX, 1983.
- 7.- DEPARTAMENTO DE PROCESO, REFINERIA MADERO "MANUAL PARA SELECCIONAR VALVULAS DE SEGURIDAD". PEMEX, 1965.
- 8.- James A. Trotter & Moore Associates "NEW TOOLS FOR MODERN - MAINTENANCE", CHEMICAL ENGINEERING, Mc. Graw Hill publication, febrero 1973.
- 9.- GERENCIA DE PROTECCION ECOLOGICA E INDUSTRIAL, GPEI-IT 4003, "PROCEDIMIENTO PARA ELABORAR LOS PROGRAMAS DE INSPECCION Y REPARACION DE LAS UNIDADES DE PROCESO Y SERVICIOS AUXILIARES", PEMEX, Enero 1985.
- 10.- GERENCIA DE PROTECCION ECOLOGICA E INDUSTRIAL "PROCEDIMIENTO PARA EFECTUAR LA INSPECCION Y PRUEBA DE CAMBIADORES DE CALOR", PEMEX, Enero 1988.
- 11.- Ackoff-Sasieni, "FUNDAMENTOS DE INVESTIGACION DE OPERACIONES". Editorial LIMUSA.
- 12.- Luthe-Olivera-Schutz "METODOS NUMERICOS". Editorial LIMU-

SA, 1978.

- 13.- GERENCIA DE PROTECCIÓN ECOLOGICA E INDUSTRIAL "PROCEDIMIENTO PARA EL REGISTRO, ANALISIS Y PROGRAMACION DE LA CALIBRACION PREVENTIVA". PEMEX, Noviembre 1985.