

40



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Campus Aragón

Universidad Nacional
Autónoma de México

"PROCEDIMIENTO PARA LA INSPECCION Y LA
LIMPIEZA DE LOS CAMBIADORES DE CALOR"

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICO
PRESENTA:

ALDO OMAR FONSECA MENDOZA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



San Juan de Aragón Edo. de México

2002



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES:

Por el apoyo brindado para poder alcanzar esta meta

A MIS HERMANOS:

Por su confianza depositada en mí

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO:

Que en sus venerables aulas me dio los conocimientos para ser un digno egresado

A LA ENEP ARAGÓN:

Mi agradecimiento por brindarme la licenciatura de Ingeniero Mecánico-Eléctrico

A LOS MAESTROS Y COMPAÑEROS:

A través de mi permanencia en la Escuela me ofrecieron su ayuda.

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INTRODUCCIÓN

El cambiador de calor es un equipo diseñado para recuperar o quitar calor de una corriente caliente líquida o gaseosa, usando ese mismo calor en otra corriente que requiera calentarse, o para utilizar una corriente caliente para evaporar un líquido o una corriente fría para condensar un gas.

La eficiente transmisión de calor obtenida por medio de los cambiadores de calor, ahorra combustible que sería necesario quemar para calentar fluidos por necesidades del proceso, y agua de enfriamiento que se utilizaría para enfriar las corrientes de productos calientes.

Los cambiadores de calor constan de un conjunto de tubos llamado haz dentro de una coraza, y puede circular un fluido dentro de los tubos y otro por fuera estando independientes uno del otro.

Dentro de los cambiadores de calor se trata de evitar una diferencia grande de temperatura que pudiera perjudicar al haz, y para lograrlo se tiende a que los dos fluidos entren a contracorriente, manteniéndose con esto un gradiente de temperatura casi constante en todo el cambiador, en caso de que los fluidos entraran en paralelo, a la entrada del cambiador el gradiente de temperatura sería muy grande y a la salida muy pequeño.

Además de evitar esfuerzos dentro del cambiador, el flujo a contracorriente permite una eficiencia de transmisión de calor mucho mayor que la que se obtiene con el flujo en paralelo.

Puesto que la transmisión de calor en un cambiador depende en gran parte de la convección, es necesario que el fluido lleve una velocidad tal que la transferencia de calor por convección sea la mayor para lo cual en vez de que el fluido pase por todos los tubos a la vez, lo que sería a baja velocidad, se hace que pase por parte de los tubos a mayor velocidad y que recorra el cambiador varias veces.

Esta forma de fluir hace que un cambiador sea de uno o varios pasos por los tubos o de uno o varios pasos por la coraza.

Todas las plantas de proceso están diseñadas para absorber en su capacidad de diseño una energía constante cedida por un calentador, y por lo general, éste se alimenta de un tren de precalentamiento(banco de cambiadores de calor), y mientras este sea más eficiente, el ahorro de energía será sustancialmente más significativo, haciendo el proceso más rentable.

Es por eso que los equipos de intercambio de calor, en la mayoría de los casos se consideran equipos críticos por la importancia de sus funciones en las plantas de proceso.

Proporcionada la importancia de los cambiadores de calor, el presente trabajo tiene como objetivo dar la metodología o los procedimientos para realizar los trabajos de inspección tanto interna como externa, así como la limpieza de los cambiadores de calor llevando a cabo éstos con seguridad.

Para esto primicamente se explican los tipos de cambiadores de calor para que se conozca los que existen, así como sus partes que los integran. Siendo necesario esto debido que para realizar un buen mantenimiento es forzoso conocer con exactitud sobre lo que se esta trabajando.

Ya que con el mantenimiento adecuado se conservarán de una forma apropiada los cambiadores. Con esto se pretende optimizar los recursos materiales y humanos para mantener los parámetros de presión y temperatura dentro de los rangos de operación para lo cual fue diseñado.

Por último se da un ejemplo con el caso práctico de cómo se debe de realizar la inspección, la limpieza de los cambiadores e inclusive como reparar algunas fugas y el tipo de pruebas que se hacen para poder determinarlas.

CAPITULO I

CAMBIADORES DE CALOR EN LA INDUSTRIA

CAMBIADORES DE CALOR EN LA INDUSTRIA

Un cambiador de calor es un aparato recorrido por dos o más medios, uno de los cuales cede a los demás frío. Los cambiadores de calor constituyen parte de los equipos más empleados en la industria, su nombre es empleado incluyendo a todos los equipos que son usados para el propósito de transferencia de calor, bajo una amplia gama de condiciones de temperatura y presión, dentro de éstos equipos se encuentran:

- Enfriadores.
- Precalentadores.
- Evaporadores.
- Recuperadores de calor.
- Enfriadores a baja temperatura.
- Condensadores.

Excluyendo los equipos calentados a fuego directo.

En todos éstos equipos los fluidos son separados por una pared limitante, la cual tiene dos objetivos:

- a) Mantener a los fluidos aparte.
- b) Permitir el flujo de calor del fluido caliente al frío.

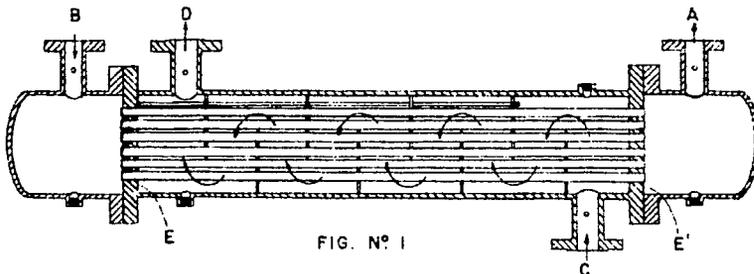
El mecanismo más común por el cual el calor es transferido es el de convección forzada, ya que ambos fluidos están usualmente bajo flujo forzado, aunque el calor se transfiera a través de la pared limitante por conducción.

En la República Mexicana este tipo de equipos comúnmente se construyen según las necesidades del industrial, no siendo así en los Estados Unidos y en otras partes del mundo en los cuales hay una serie de equipos estándar de varias capacidades a los que se tienen que ajustar el diseñador.

1. TIPOS DE CAMBIADORES DE CALOR SEGÚN SU CONSTRUCCIÓN

1.1. CAMBIADORES DE HAZ DE TUBOS FIJOS

Este tipo de cambiador consiste en un haz de tubos fijos por sus extremos, ya sea rolados o soldados a dos placas E y E' (Fig. 1) dentro de una coraza en la que están colocados los cabezales del cambiador, debido a esta construcción los tubos no pueden expandirse ni contraerse lo que limita su uso a intercambio de calor entre fluidos con una diferencia de temperatura pequeña.



En el cambiador descrito, tanto el flujo por dentro de los tubos como el de fuera de los tubos realizan un solo paso por el cambiador, por lo que es un cambiador de un solo paso en ambos lados, véase que el fluido dentro de los tubos entra por "B" y sale por "A" y el fluido por fuera de los tubos entra por "C" y sale por "D".

Una variante del cambiador de haz de tubos fijos es el mostrado en la Fig. 2 en la que el flujo por dentro de los tubos hace dos recorridos por dentro del cambiador, o sea de dos pasos por los tubos y un paso por la coraza. Nótese que un cabezal tiene una placa que lo divide en dos secciones, para lograr que el fluido de los tubos haga dos recorridos completos a lo largo del cambiador.

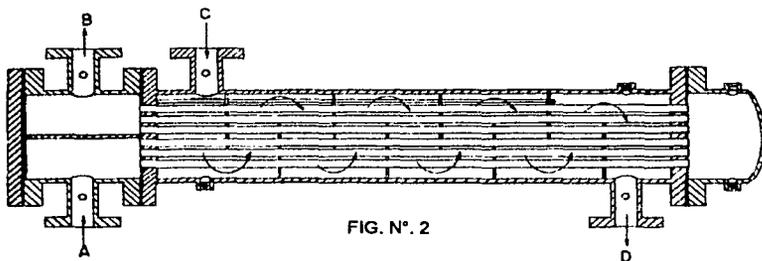


FIG. N° 2

1.2. CAMBIADORES DE HAZ DE TUBOS CON CABEZAL FLOTANTE

En estos cambiadores los tubos que forman el haz se encuentran unidos a una placa fija "G" Fig. 3, en uno de sus extremos, el cabezal flotante "H" tiene los tubos unidos a una placa de diámetro inferior al cabezal "I", de manera que los tubos puedan expandirse por la acción de la temperatura.

Este tipo de cambiador puede usarse cuando la diferencia de la temperatura entre los dos fluidos sea grande.

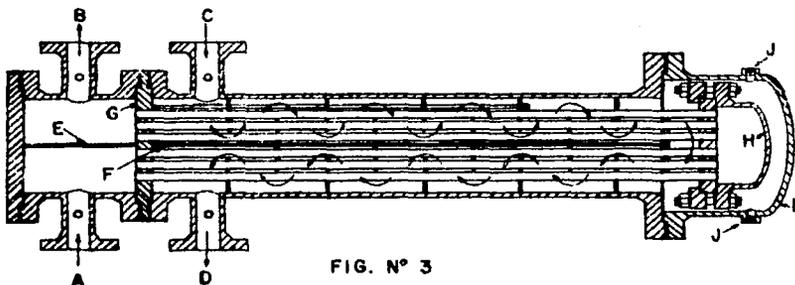


FIG. N° 3

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Otras características de este tipo de cambiadores que tienen la placa "E" que divide al cabezal y así obtener 2 pasos por los tubos, y la mampara "F" para obtener dos pasos por la coraza.

1.3. CAMBIADOR DE HAZ DE TUBOS EN "U"

Como su nombre lo indica, los tubos tienen la forma de una "U" alargada que permite la libre expansión del haz de tubos cuando la diferencia de temperatura entre los fluidos sea grande. (Fig. 4)

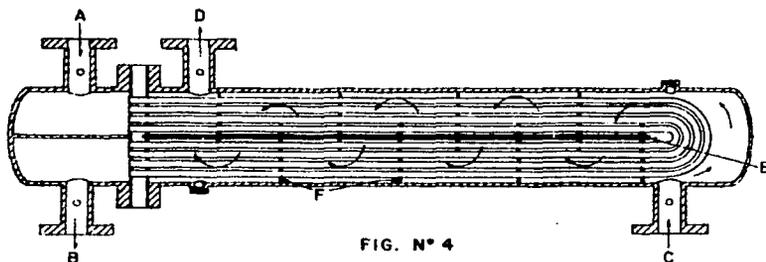


FIG. N° 4

Debido a lo pronunciado de la curva de los tubos, es difícil su limpieza interior, debiéndose usar este tipo de cambiadores sólo cuando el fluido dentro de los tubos sea limpio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.4. DETALLES DE CONSTRUCCIÓN

1.4.1. BAFFLES O DEFLECTORES

Son placas seleccionadas que van colocadas transversalmente dentro de la coraza, y tienen perforaciones para que pasen los tubos. Ver "F" en la Fig. 4 y Fig. 5

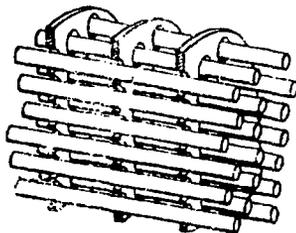


FIG. 5

El objetivo del uso de los deflectores es hacer sinuoso el trayecto del fluido que pasa por fuera de los tubos para obtener un mayor tiempo de contacto con la superficie exterior de los tubos y que dicho flujo tienda a ser perpendicular al haz de tubos. (Fig. 6)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

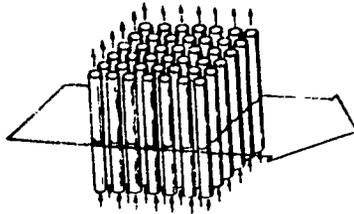


FIG. 6

Hay varios tipos de deflectores transversales, los tipos de deflectores mostrados en las figuras 7, 8, 9 y 10 son para cambiadores de calor de un solo paso por la coraza.

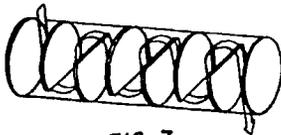


FIG. 7

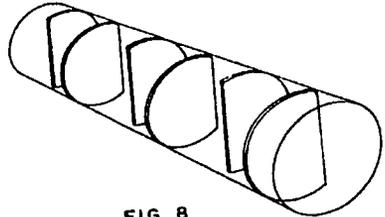


FIG. 8

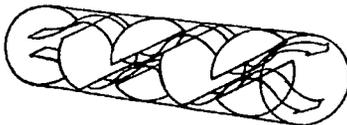


FIG. 9

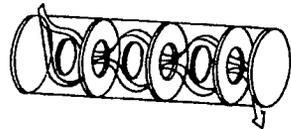


FIG. 10

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El tipo mostrado en la Fig. 11 se usa para cambiadores de dos pasos por la coraza, y el de la Fig. 12 para cambiadores de 3 pasos por la coraza.

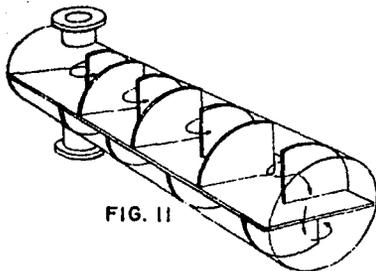


FIG. 11

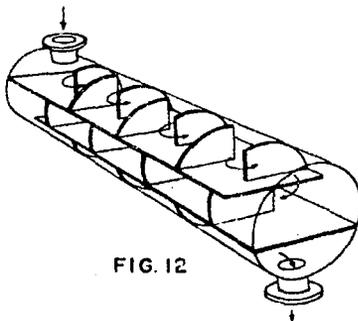


FIG. 12

1.4.2. SEPARADORES DE DEFLECTORES

Son varillas que mantienen paralelos y fijos los deflectores evitando así que se inclinen y rocen el haz de tubos. Ver "E" en la Fig. 4.

1.4.3. MAMPARAS HORIZONTALES

Los cambiadores descritos en los dibujos de las figuras 2, 3 y 4, llevan mamparas horizontales ya sea en los cabezales o en la coraza, por lo que se convierten en cambiadores de paso múltiple.

El cambiador mostrado en la Fig. 1 es de un paso por los tubos y un paso por la coraza, por lo que no lleva mamparas horizontales.

En las figuras 2 y 4 el cambiador es de dos pasos por los tubos y uno por la coraza, teniendo una mampara horizontal dentro del cabezal.

En la Fig. 3 tenemos una mampara horizontal que divide el cabezal en dos y una mampara que divide la coraza obteniéndose con esto un cambiador de dos pasos por los tubos y dos pasos por la coraza. Ver las figuras 13, 14, 15 y 16.



FIG 13



FIG. 14

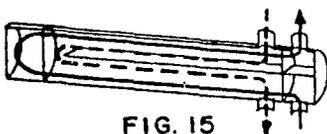


FIG. 15



FIG. 16

1.4.4. MATERIALES UTILIZADOS

Los materiales usados para la construcción de las diferentes partes de un cambiador se seleccionan para resistir lo más económicamente que sea posible la corrosión y a la vez para que transmitan el calor en forma eficiente.

Las corazas se hacen generalmente de acero, pero pueden fabricarse de hierro colado o alguna aleación resistente a la corrosión, o bien pueden ser revestidas con materiales resistentes a esta misma.

Los tubos se hacen de gran variedad de materiales. Cuando se usa agua como medio refrigerante se usa generalmente acero. Cuando el intercambio de calor es entre dos diferentes hidrocarburos, los tubos pueden hacerse de acero o alguna aleación resistente a la corrosión.

Las placas que sujetan a los tubos también se hacen de una gran variedad de materiales. Cuando se usa agua para enfriar o condensar, se hacen generalmente de bronce naval o acero. Cuando el intercambio de calor se verifica entre dos hidrocarburos, las placas deben ser de acero o alguna aleación resistente a la corrosión. En algunos casos es necesario recubrir una de las caras de la placa con un material diferente para tener resistencia a dos medios corrosivos diferentes.

1.5. CAMBIADORES DE HAZ DE TUBOS EXPUESTO

Este tipo de cambiadores consiste en un haz de tubos sin coraza, los tipos más comunes son los mostrados en las figuras 17, 18 y 19, se usan principalmente para dar calentamiento al líquido contenido en un tanque o para calentar el líquido que se extrae del tanque.

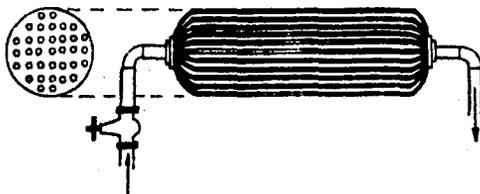


Fig. 17

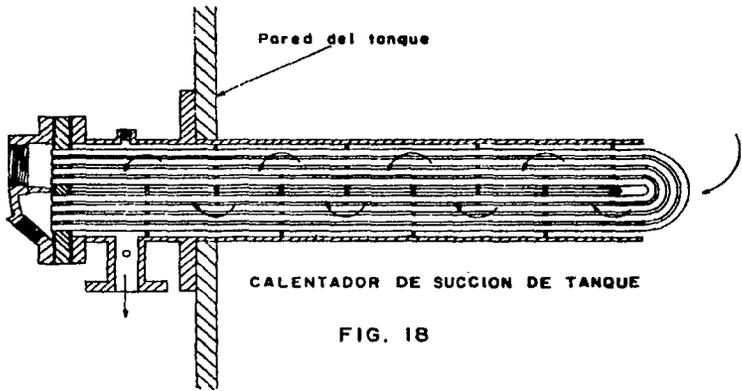


FIG. 18

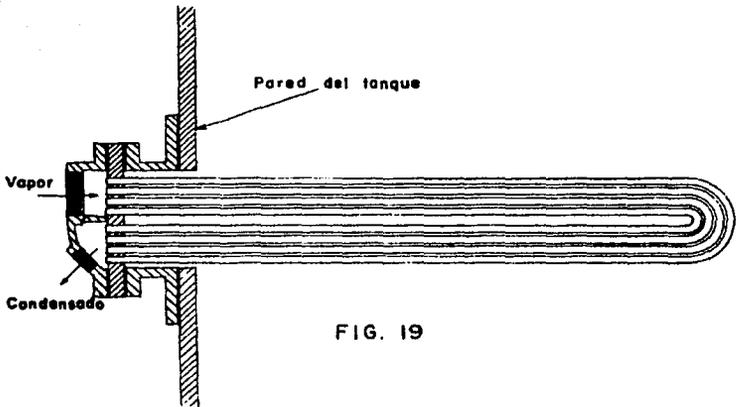


FIG. 19

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.6. CAMBIADORES DE TUBOS CONCÉNTRICOS

Los cambiadores de tubos concéntricos son frecuentemente usados por la sencillez de su construcción y por ocupar espacios reducidos. Por su forma cilíndrica y pequeño diámetro requieren poco espesor de pared no obstante que se usan para manejar líquidos con altas presiones. Consisten en un tubo que envuelve a otro tubo de menor diámetro dejando espacio suficiente para que pueda circular un fluido. (Fig. 20).

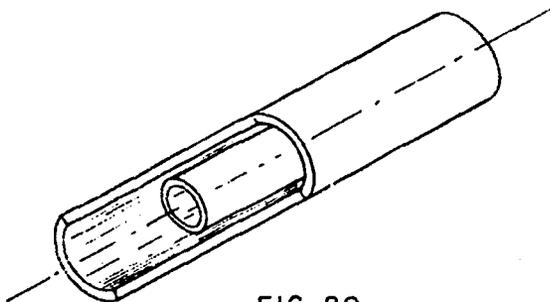


FIG. 20

Cuando estos cambiadores se usan para tratar aceites, llevan raspadores interiores para mantener limpias de parafina sus paredes y aumentar con su movimiento la mezcla del aceite caliente con el frío, aumentando en esta forma la transmisión de calor por convección.

1.7. CAMBIADORES DE TUBOS CON ALETAS

En los cambiadores de tubos, ya sea de haz expuesto o de tubos concéntricos, es frecuente el uso de aletas longitudinales en el tubo interior con el objeto de aumentar la eficiencia en la transmisión de calor.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Con la adición de las aletas en los tubos se requiere menor superficie interna de los mismos y por consiguiente será necesario un cambiador de menor tamaño que cuando no se usan aletas.

En la figura 21 se muestra una sección de cambiador de calor de tubos concéntricos con aletas.

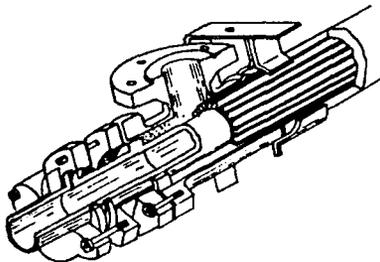


FIG. 21

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2. TIPOS DE CAMBIADORES SEGÚN SU FUNCIÓN

2.1. CAMBIADORES DE CALOR

Nombre bajo el cual se conocen vulgarmente los equipos destinados para recuperar calor de una corriente, cediéndola a otra, estos equipos presentan una gran multiplicidad de diseños, pues el uso de mamparas horizontales tanto en el cabezal, la coraza o el cabezal flotante puede proporcionar todos los pasos que sean necesarios en determinado proceso tanto por dentro como por fuera de los tubos, además pueden construirse para casi cualquier rango de temperaturas.

2.2. CONDENSADORES

Este tipo de cambiador, de acuerdo con su función, generalmente tiene una forma exterior distinta aunque cuenta con los mismos elementos principales que son el haz de tubos unidos a placas fijas o flotantes.

En las grandes plantas de proceso industrial son equipo indispensable, por ejemplo, para condensar el vapor precedente de las turbinas bajando además la presión de salida con el consiguiente aumento de energía utilizable. Por otro lado, la recuperación del condensado para utilizarlo como agua de alimentación a calderas reporta considerable economía.

El vapor circula por el exterior de los tubos y el agua de enfriamiento pasa por el interior de los tubos. Generalmente los condensadores llevan una gran campana en la parte inferior donde se capta el condensado y se puede controlar su nivel, figura 22. los vapores entran por "C" y por "D" sale el líquido condensado. El agua de enfriamiento entra por "A" y sale por "B".

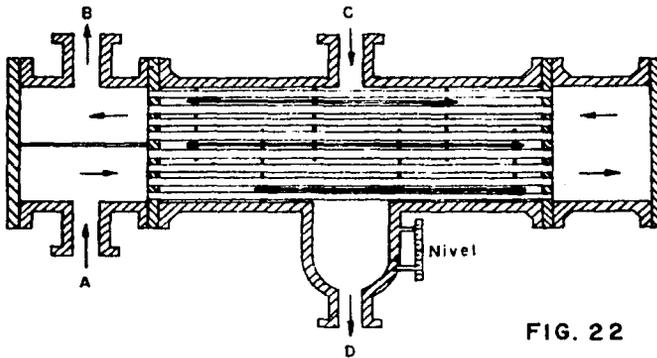


FIG. 22

2.3. CONDENSADORES DE EYECTOR

Cuando en las plantas industriales existen grandes turbinas accionadas por vapor, se requieren condensadores de gran capacidad para recuperar el vapor, condensándolo para aprovecharlo en la alimentación de las calderas.

Con el objeto de aumentar la capacidad de los condensadores se recurre a los eyectores de vacío que producen una potente succión dentro de la coraza y alrededor de los tubos. Esto acelera el contacto de los vapores con los tubos fríos aumentando la condensación.

Los eyectores (Fig. 23) consisten en un venturi conectado por un lado a vapor de alta presión y por otro al interior de la coraza del condensador. Al expandirse el vapor en la reducción del venturi, extráe con gran fuerza una parte de los vapores del interior de la coraza provocando una succión en la misma.

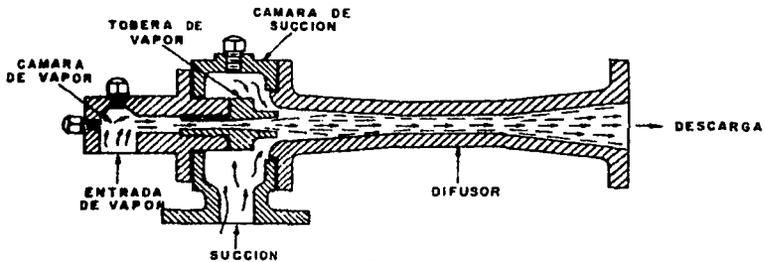


FIG. 23

Los condensadores para gran capacidad son de varios pasos. Por lo general en los turbogeneradores se instalan de dos pasos dobles, o sea que tienen dos entradas del agua de enfriamiento o fluido de los tubos (E y E') en la parte inferior, y dos salidas (S y S'). Fig. 24.

En la misma figura se muestra un esquema de un condensador de eyector como el descrito.

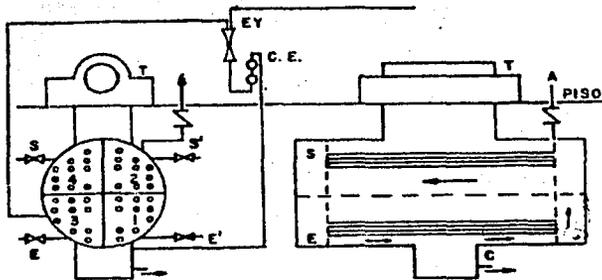


FIG. 24

2.4. ENFRIADORES

Comprenden en este tipo los cambiadores de calor que usan una corriente líquida de enfriamiento tal como el agua y los que usan líquidos refrigerantes, en cuyo caso se denominan "chillers", tales como amoniaco, propano, etc. en los cuales por dentro de los tubos pasa la corriente que se va a enfriar a temperaturas inferiores al ambiente o a 0°C , y estos están sumergidos en el líquido refrigerante contenido en el cuerpo del cambiador a control de nivel, y con una cámara de vaporización por lo cual el diámetro del haz de tubos es considerablemente menor que el cuerpo y colocado excéntricamente para mantenerlo en la parte inferior. Ver figura 25.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

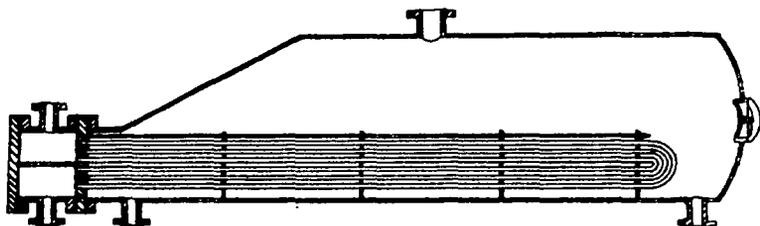


FIG. 25

En este tipo de enfriadores generalmente se suprime el cabezal flotante para evitar la ruptura de los tornillos de sujeción de ésta debido a la gran contracción que sufren usándose en su lugar haces de tubos en "U" o serpentines únicos.

2.5. REHERVIDORES, RECALENTADORES O EVAPORADORES

Este tipo de cambiadores se construyen en tipos verticales y tipos horizontales con cuerpos de diámetro amplio con relación al haz de tubos. Se usan principalmente para proveer vapores de calentamiento y arrastre en torres, reactivadores, regeneradores, etc., como corriente de calentamiento se utiliza vapor recalentado o alguna corriente del proceso que pueda ceder calor necesario para su funcionamiento de vaporizar el líquido del proceso o para producir vapor en cuyo caso se conocen como calderetas.

Un cambiador de haz de tubos con cabezal flotante y de tipo horizontal se muestra en la figura 26.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

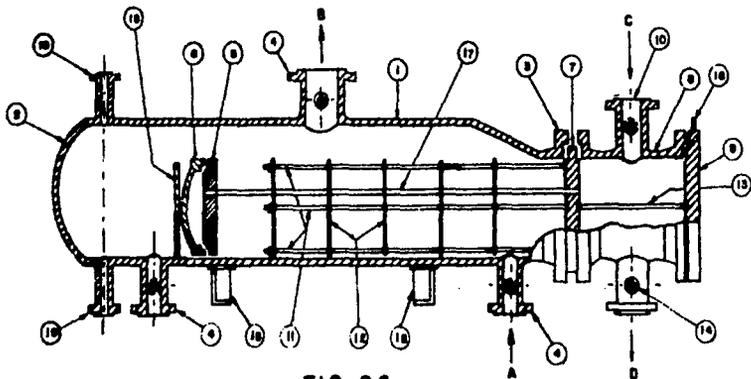


FIG. 26

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1.- Coraza | 12.- Deflectores |
| 2.- Casquete de la coraza | 13.- Mampara horizontal |
| 3.- Brida de la coraza | 14.- Salida de instrumentos |
| 4.- Entradas de la coraza | 15.- Soportes |
| 5.- Placa de tubos flotante | 16.- Alzadera (cáncamo) |
| 6.- Cubierta de la placa flotante | 17.- Tubos |
| 7.- Placa de tubos fija | 19.- Conexión de nivel de líquido |
| 8.- Cabezal fijo | |
| 9.- Tapa del cabezal | |
| 10.- Entrada a los tubos | |
| 11.- Varillas espaciadoras de deflectores | |

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO II

PROCEDIMIENTO PARA EFECTUAR LA INSPECCIÓN DE CAMBIADORES DE CALOR

PROCEDIMIENTO PARA EFECTUAR LA INSPECCIÓN DE CAMBIADORES DE CALOR

El objetivo es contar con un procedimiento general para la inspección tanto externa como interna de los cambiadores de calor.

1. Trabajos previos a la inspección.

Con el propósito de planear adecuadamente la inspección de los cambiadores de calor, se requiere contar con la siguiente información:

1.1. Control de medición de espesores.

Con anticipación a la puesta fuera de operación del equipo, se debe contar con el control de las mediciones ultrasónicas de espesor del cuerpo, cabezote, boquillas, conexiones, tubos (en el caso de cambiadores tipo horquilla) y niplería. En caso de anomalías se enlistarán en el programa de reparación para su corrección.

1.2. Historial del equipo.

La dependencia de inspección técnica de cada centro de trabajo, debe contar con un archivo completo y actualizado de los resultados de las inspecciones anteriores de cada cambiador de calor, así como lo efectuado y lo que quedó pendiente de corregirse.

1.3. Especificaciones de diseño.

La dependencia de inspección técnica de cada centro de trabajo debe tener los planos de construcción y dibujos, las especificaciones de materiales, así como las condiciones de diseño y operación de cada equipo y de los fluidos que maneja.

1.4. Problemas detectados durante la operación.

Es importante tener información del comportamiento del equipo durante su operación para orientar su inspección en forma más adecuada, para lo cual se anotarán en el formato anexo, las condiciones de operación de entrada y salida del cambiador, tanto al inicio como al final de la corrida del equipo, así como las anomalías detectadas.

2. Inspección

Se consideran básicamente dos tipos de inspección: externa e interna.

2.1. Inspección externa.

Esta inspección se realizará indistintamente con el equipo operando o fuera de servicio y consiste en:

2.1.1. Inspección visual.

Se revisa visualmente todas las partes siguientes: cuerpo, cabezote o carrete, tapa, soportes o bases del equipo, boquillas, bridas, conexiones, niplería, tornillería, juntas de expansión, soldaduras, aislamiento, conexiones a "tierra", etc., para detectar corrosión, fugas, falta de pintura y cualquier otra anomalía. Cuando exista evidencia de daños por corrosión por debajo del aislamiento, éste debe de ser retirado para evaluar el estado físico del cuerpo del cambiador.

2.1.2. Determinación de espesores.

Se debe de hacer la determinación de espesores de acuerdo con el procedimiento de calibración preventiva.

2.1.3. Registro.

El resultado final de la inspección exterior, se debe registrar en el formato anexo, llenando las columnas que correspondan.

2.2. Inspección interna

La inspección interna requiere obviamente que el equipo se encuentre fuera de operación.

2.2.1. Inspección visual.

La inspección preliminar visual, se efectúa inmediatamente después de que se desmonten los cabezotes o tapas para registrar el grado de ensuciamiento, su localización, tipo y la cantidad de sedimentos encontrados. Si se considera conveniente, se analizarán los lodos o sedimentos.

Las partes internas a revisar más comunes incluyen: cuerpo, cabezote, tapa, haz de tubos, cabezales flotantes y fijos, placas de choque, ánodos de sacrificio, válvulas de seguridad, válvulas de bloqueo, empaques, etc., las cuales se inspeccionarán visualmente.

2.2.2. Inspección con aparatos.

Se deben determinar los espesores del equipo según la calibración preventiva, y a juicio del inspector, se podrán utilizar los métodos electromagnéticos, líquidos penetrantes, boroscopios, videoendoscopios, partículas magnéticas, durezas, métodos radiográficos, o los que se consideren necesarios para completar la inspección.

2.2.3 Niplería.

La niplería roscada, invariablemente debe ser desarmada e inspeccionada anotando los resultados de ésta última en el formato que corresponda al tipo de arreglo revisado.

2.2.4.Registro.

Para fines de control histórico, se deben de anotar los resultados generales de la inspección interior en el formato anexo de acuerdo al tipo de cambiadores de calor inspeccionado.

3. Periodicidad de la Inspección.

Para cada cambiador de calor, el centro de trabajo determinará los periodos máximos de inspección general tanto externa como interna, en función de lo mencionado en el punto No. 1 de este procedimiento, pero estos periodos, en ningún caso deben de ser mayores a cinco años para la inspección externa y de diez años para la inspección interna.

CAPITULO III

**MÉTODOS DE
LIMPIEZA Y
CONSERVACIÓN
DE LOS
CAMBIADORES**

MÉTODOS DE LIMPIEZA Y CONSERVACIÓN DE LOS CAMBIADORES

Un cambiador es tanto más sensible a los eventuales depósitos, cuanto más elevado es su coeficiente global de transmisión de calor. Según las circunstancias, la suciedad puede influir mucho en la rentabilidad del funcionamiento del cambiador. En tales casos y según hemos visto ya, debe procederse a limpiezas periódicas o impedir que se produzca suciedad. Examinaremos estas dos eventualidades.

El cuadro siguiente resume los casos que pueden presentarse en la práctica.

| | Limpieza | | Conservación de estado limpio | |
|---------------------------|---|---|--|--|
| | Mecánica | Química | | |
| Durante el funcionamiento | Arrastre de las partículas sólidas a la circulación. | Inyección periódica de productos disolventes. | Inyección de partículas finas de la propia incrustación. | Inyección de productos que impidan la deposición orgánica. |
| En la parada | <ol style="list-style-type: none"> 1. Limpieza con escobillas. 2. Proyección de tampones barredores. 3. Limpieza al chorro con partículas sólidas. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Por llenado. 2. Limpieza al chorro de alta presión. 3. Por regado en forma de lluvia. 4. Por regado centrífugo. | | |

1. LIMPIEZA DURANTE EL FUNCIONAMIENTO DEL CAMBIADOR

Hablaremos en primer lugar de la limpieza mecánica. Para que la descripción resulte lo menos complicada posible, nos extenderemos especialmente sobre el caso, que se presenta con mucha frecuencia en la práctica, de deposición o suciedad en la pared del aparato bañada por el agua de refrigeración.

El agua de refrigeración contiene impurezas mecánicas, materias orgánicas y sustancias que originan la dureza, que provoca depósitos en los tubos. Cuando el enfriamiento se efectúa con ayuda de agua nueva fría, ablandar ésta químicamente sería casi siempre demasiado costoso, dadas las grandes cantidades de agua necesarias. Para destruir las materias orgánicas se esteriliza hoy en día el agua con cloro.

Los barros no adherentes pueden suprimirse aumentando la velocidad del agua.

Para los barros más adherentes, TAPROGGE ha puesto a punto un método según el cual, el agua de refrigeración arrastra escobillas en los tubos que en este modo, se mantiene siempre limpios. A la salida del cambiador las escobillas se recuperan y se ponen de nuevo en circuito, por lo general, en el tubo de aspiración de la bomba.

Las escobillas son preferentemente de caucho esponjoso. El efecto de material esponjoso. El efecto de este material poroso se limita a eliminar completamente sólo una delgada capa de depósito al precio de limpiezas frecuentes de todos los tubos. Pero el caucho esponjoso ofrece la ventaja de dejar pasar una cierta cantidad de agua a través de sus poros. Mientras las escobillas bajo la acción de la presión del agua de refrigeración, recorren los tubos, el agua, que atraviesa sus poros, arrastra la suciedad desprendida de la pared del tubo por las escobillas. Se evita que se agrave la suciedad de los tubos. La forma más favorable para las escobillas es la de una esfera.

Como la densidad de las escobillas puede elegirse igual o casi igual al del agua, éstas flotan en el agua de refrigeración. Esta flotabilidad y el movimiento turbulento provocado por la bomba o por otro dispositivo apropiado en el conducto de entrada y en las cámaras de agua, favorecen la limpieza regular de los tubos. En todo caso, si el número de escobillas afecta al circuito de limpieza suficiente, se asegura la limpieza de todos los tubos, sin excepción.

Si el agua de refrigeración provoca sólo una pequeña suciedad, no es necesario elegir la sección de la escobilla mayor que la del tubo que debe limpiarse. El movimiento, más o menos desordenado, de la escobilla en el tubo basta para asegurar la limpieza. La recuperación y el dispositivo de dirección de las escobillas pueden comprender, por ejemplo, un tamiz en forma de embudo o tamiz (o una rejilla) colocado oblicuamente en la tubería de salida de agua al que pueda añadirse el dispositivo de puesta en circuito de las escobillas.

En general, es posible hacer pasar sin inconvenientes las escobillas por la bomba de agua de refrigeración. La tubería de puesta en circuito de las escobillas desemboca entonces en la tubería de aspiración de la bomba. Las escobillas que golpean el dispositivo de recuperación, montado en la tubería de salida, quedan limpias por la corriente de agua de refrigeración y vuelven a enviarse limpias al circuito de limpieza.

El procedimiento Broman de limpieza por bolas en corriente angular se aplica también durante el funcionamiento. En este procedimiento, bolas de fundición dura de 4 a 6 mm de diámetro, recorren girando las partes que deben limpiarse: en general, las superficies exteriores de los tubos bañadas por el gas. Las bolas, distribuidas generalmente en toda la sección por un distribuidor, rozan los tubos rebotando de uno a otro, cayendo a través de las separaciones entre los mismos y arrancando la capa de depósitos por el efecto de bombardeo a que los someten; al menos 200 bolas por segundo bombardean 1 m² de superficie.

La altura de caída de las bolas se regula de tal forma que no pueda producirse deterioro alguno de la superficie exterior de los tubos. Si existen tabiques de mampostería, deben protegerse mediante un revestimiento de chapa.

Este método de limpieza sólo puede aplicarse, evidentemente, si los gases circulan por el exterior de los tubos —como ocurre, por ejemplo, en los precalentadores de gas de combustión—. Ofrece la siguiente ventaja: en el curso de su aplicación no se puede en ningún momento descender por debajo del punto de congelación. Con los gases de combustión que depositan partículas adherentes sobre los precalentadores, este procedimiento es el único que permite mantener limpias las superficies de caldeo. En numerosos casos se ha mostrado incomparable..

Un procedimiento empleado en los últimos decenios por la firma L.C. Steinmüller de Gummersbach, es la limpieza de las superficies de caldeo por vapor, aire o agua con ayuda de aparatos llamados sopladors de hollin. El soplador Steinmüller, de gran alcance, tiene mucha potencia y se destina a la limpieza de las superficies de caldeo situadas en la zona de mayores temperaturas de los gases de combustión. Por ello se emplea con preferencia para el mantenimiento en estado limpio de las superficies radiantes de los recalentadores y de las superficies en contacto con las llamas.

Gracias a él, pueden eliminarse eficazmente las incrustaciones muy duras que se forman en gran cantidad en altas temperaturas.

La misma casa ha construido, para limpieza de los calentadores de tubos de aletas, un aparato llamado "soplador de bastidor". El bastidor de toberas que lleva este aparato, esta constituido por varias toberas situadas detrás de otras. Se le desplaza paralelamente a los tubos con aletas en un movimiento de vaivén. Con toberas cónicas se obtiene un poderoso efecto de soplado, aun a gran distancia. Las toberas se colocan entre los tubos. Debido a la dispersión del chorro de vapor, quedan limpias incluso las partes de superficie de caldeo situadas al abrigo de la corriente de gas.

Puede también procederse a la limpieza de la superficie exterior de los tubos por sacudida (patente inglesa 732 104). Con este fin, se montan los tubos en zigzag, lo que permite, con ayuda de un dispositivo mecánico, comunicarles un movimiento oscilatorio de bastante amplitud. Se consigue de este modo desprender de la superficie de los tubos las partículas de suciedad no muy adherentes.

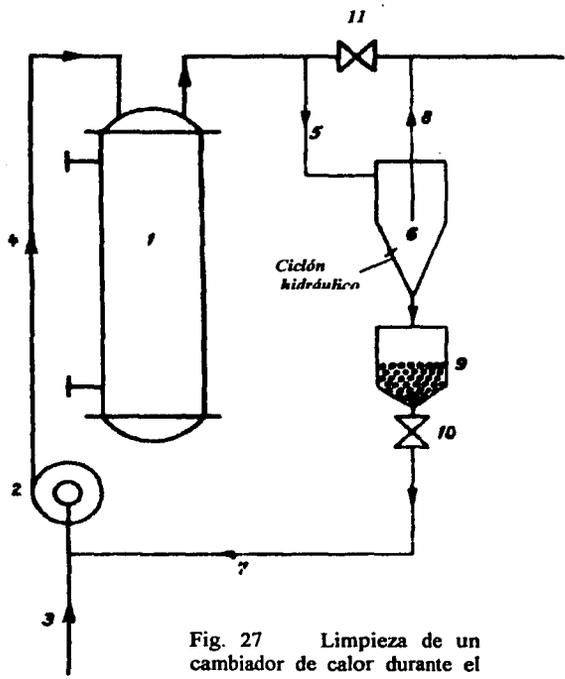


Fig. 27 Limpieza de un cambiador de calor durante el

Describiremos , por último, un procedimiento de limpieza aplicado sobre todo, en Estados Unidos, y cuyo principio consiste en que bolas de metal o de cualquier otro material adecuado, resistente al desgaste y de dureza suficiente, sean arrastradas por el líquido en el tubo que debe limpiarse. La figura 27 representa esquemáticamente una instalación de este tipo.

1 es el cambiador que debe de limpiarse; una bomba *2* aspira, por el conducto *3* el líquido que envía por el conducto *4* a través del cambiador. Por el conducto *7* las bolas llegan al conducto de aspiración de la bomba y recorren los tubos del cambiador limpiándolos por el efecto de los choques contra la pared provocados por la turbulencia. Líquido y bolas abandonan el aparato por el conducto *5* para penetrar en el ciclón hidráulico *6*, en el que las bolas se separan del líquido para reunirse en el depósito *9*, de donde se envían a través del elemento de cierre *10*, en posición de abierto, al conducto *7* y a la tubería de aspiración *3* de la bomba con la que se cierra el circuito. Si se ha elegido convenientemente el diámetro de las bolas, el ciclón hidráulico trabaja casi sin pérdidas.

Para detener la limpieza se cierra *10* y se abre la válvula *11* las esferas se reúnen en el depósito *9* y el ciclón se encuentra cortocircuitando como consecuencia de la abertura de *11*.

La limpieza química no se ha empleado mucho hasta ahora, sobre todo, por razones económicas. Sin embargo, en el caso en el que se recurriera a este procedimiento, sería preciso tener en cuenta ciertos factores; entre otros, la cantidad de suciedad que debe eliminarse durante un tiempo muy corto y la temperatura de funcionamiento, por lo que respecta al peligro de corrosión.

1.1. Conservación en estado limpio del cambiador durante el funcionamiento

La formación de vegetaciones es una forma especial de suciedad. Incluso las aguas más puras empleadas como agua de refrigeración (sobre todo, cuando ésta se

emplea en circuito cerrado y enfriado en torres de refrigeración) tienen tendencia a provocar la formación de vegetaciones. Si se utilizan aguas fluviales, esta tendencia es aún más acusada. Un aumento del pH puede presentar interés en ciertos casos. Desde hace algún tiempo se conoce el procedimiento que consiste en adicionar al agua cloro o sulfato de cobre. Pero la experiencia ha demostrado que algunas variedades de vegetaciones son insensibles al cloro. Por ello se ha recurrido a la cloración discontinua. Según el ritmo de formación de vegetaciones y antes de que el agua entre en el cambiador, se le añade una o dos veces al día, o a intervalos mayores, cada dos o tres días, cloro o lejía de hipoclorito, en tal cantidad que, durante un tiempo limitado, pueda aun encontrarse un exceso de cloro en el agua tratada, a la salida del cambiador. La cantidad de cloro necesaria para este fin es de 5 a 10 g de Cl_2/m^3 de agua en circulación, y esto durante un tiempo de 2 a 5 min. Se consigue así, empleando sólo una cantidad de cloro relativamente pequeña, destruir las vegetaciones no sólo en el propio cambiador, sino también en las torres de refrigeración. Si el enfriamiento se hace en circulación, la operación puede realizarse a intervalos aún más amplios y con una dosis menor de cloro, y no es absolutamente indispensable que a la salida del cambiador pueda detectarse su presencia. Incluso con pequeñas cantidades de cloro se han obtenido resultados satisfactorios. Si las cantidades de cloro adicionadas son demasiado grandes, pueden originar corrosiones.

Se ha aplicado con éxito otro método para evitar las incrustaciones en las instalaciones de vaporización de lejías de sulfitos, cuyos vaporizadores resultan con incrustaciones de yeso tras poco tiempo de funcionamiento. Si en el circuito del vaporizador se introduce de 2 a 4 % en peso de cristales de yeso de 20 a 40 μ de grosor y que presentan una enorme superficie que, en algunos casos, puede ser cientos de veces mayor que la superficie transmisora de calor, el yeso se deposita sobre los cristales que, desempeñando el papel de gérmenes, se desarrollan y depositan después en un multiciclón empalmado tras el cambiador o se llevan a un depósito de decantación. Una parte de los cristales que así se depositan no vuelve a introducirse en el circuito del vaporizador; los demás por el contrario, se ponen en

recirculación después de haberlos reducidos a trozos más pequeños, por ejemplo, por trituración. Este método ha dado excelentes resultados para la conservación en estado limpio de los cambiadores durante el servicio.

2. LIMPIEZA DEL CAMBIADOR DURANTE SU PARADA

Para esta limpieza, en Europa se prefieren los métodos mecánicos. Según la naturaleza de las incrustaciones y la composición del material de los tubos, se emplean cepillos metálicos de acero o latón. Pero conviene poner la mayor atención al desgaste de la pared por el cepillado. Igualmente, pueden lanzarse en los tubos —casi siempre por medio de aire comprimido— cepillos individuales.

También puede procederse a la limpieza mecánica introduciendo en los tubos materias granulosas arrastradas por la corriente de un inyector. Esta limpieza se utiliza, sobre todo, para las superficies con aletas.

La limpieza química permite al constructor de los aparatos mucho mayor libertad para concebirlos; por ejemplo, en lo que respecta al límite inferior del diámetro de los tubos, en el caso de cambiadores de haz de tubos, se han puesto a punto en Estados Unidos diferentes métodos de limpieza química, considerando sobre todo las condiciones de construcción y espacio.

Cuando el volumen del recinto cuyas paredes deben de limpiarse químicamente no es demasiado grande con respecto a la superficie de transmisión de calor, puede aplicarse el método que consiste en llenar este recinto. El cambiador se llena con un ácido que disuelva los depósitos, al que se le ha añadido un inhibidor adecuadamente elegido en función del material de la pared. La duración de la operación depende, evidentemente, del espesor de la capa de depósitos. Los óxidos de hierro, los lodos silicatados y fosfatados se

disuelven por medio de ácido clorhídrico. En caso de que las paredes estuvieran recubiertas de vegetaciones, éstas se eliminan, antes del llenado, por medio de ácido diluido. En general, los refrigeradores se tratan con sulfato de cobre, cloro u otros productos químicos análogos.

En los cambiadores que trabajan a alta temperatura, puede suceder que cierta proporción de sustancias orgánicas disueltas o líquidas por naturaleza (como aceites) se descompongan, haciéndose insolubles y formando una especie de depósito laqueado muy difícil de eliminar. En este caso, antes de llenar en aparato con ácido diluido, conviene tratarlo con una solución acuosa alcalina de un agente oxidante.

En caso de incrustaciones espesas de caldera, se emplea la limpieza por inyección a alta presión. El chorro, a presión de 150 a 300 atm, levanta a veces estos depósitos por la sola acción mecánica. El dispositivo entonces empleado consiste en un tubo flexible, en cuyo extremo se ha montado una tobera, que por la acción dinámica del chorro, se introduce en el tubo que debe de limpiarse animada de un movimiento de rotación. En otros procedimientos del mismo tipo, las toberas introducidas en los tubos están taladradas de orificios diametralmente opuestos.

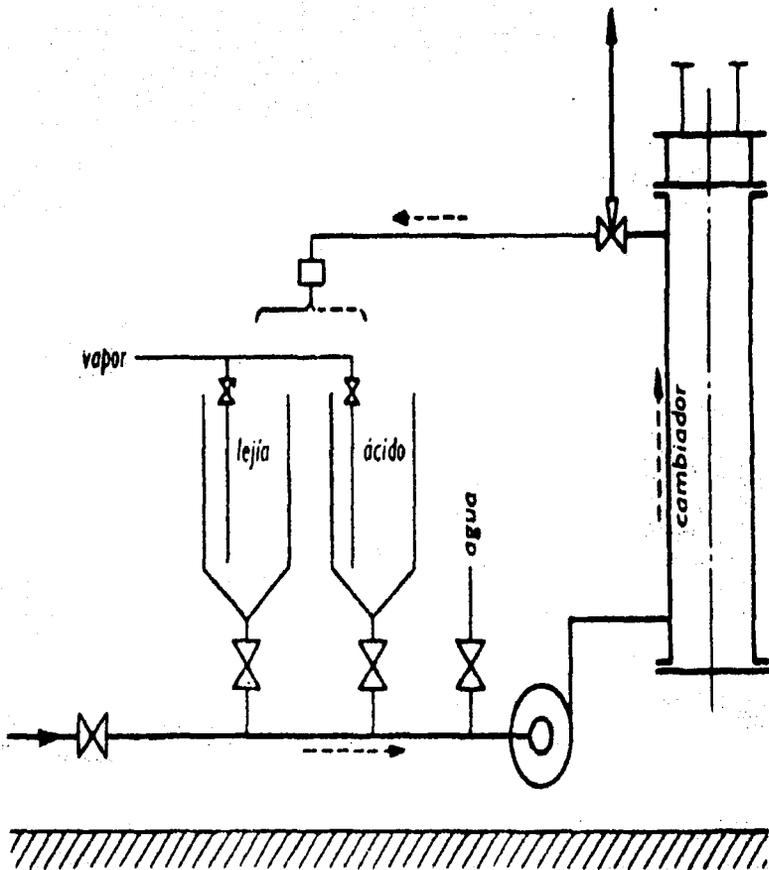


Fig. No 28 Limpieza química de un cambiador de calor durante una interrupción del servicio

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

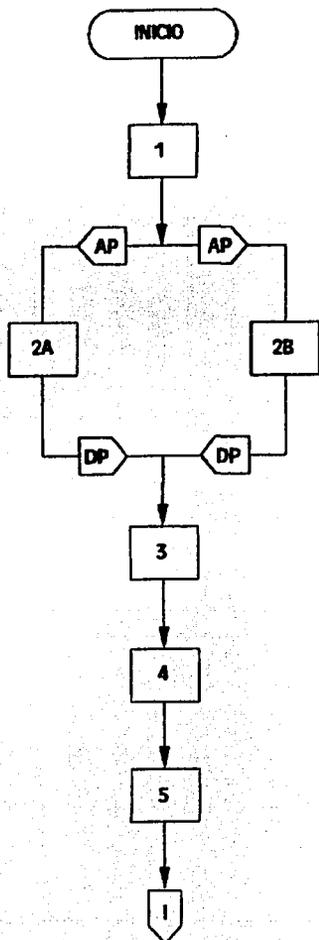
Los aparatos que presentan una superficie relativamente pequeña con respecto al volumen de líquido que contienen, pueden limpiarse fácilmente por los métodos de llenado y de inyección, una vez que las superficies recubiertas de depósitos se han regado con el disolvente. La limpieza se realiza entonces únicamente por disolución de los depósitos.

La elección del disolvente depende del espesor de la capa de depósitos y de su composición química. Si esta capa está formada por caliza, se la disuelve con ayuda de ácido o de soluciones acuosas ácidas, cuya concentración depende del espesor de la capa. Pero si el depósito está sobre todo constituido por óxidos de hierro, que son mucho más difíciles de disolver que la caliza, conviene utilizar disolventes concentrados, que deben permanecer el mayor tiempo posible en contacto con las paredes hasta que el depósito se desprenda. Con este fin, se emplea un cuerpo como la esponja que absorbe el agua, el ácido, por ejemplo, ácido clorhídrico al 20 o 25 % y después un tercer ingrediente que constituye una película sobre el líquido que recubre la pared y cuyo objeto es retrasar la evaporación del ácido. Para eliminar los depósitos grasos y el aceite se emplean emulsiones del tipo ácido oleico, que no deben ser demasiado fluidas para que puedan estar suficiente tiempo en contacto con las paredes verticales y suspendida. La fracción emulsionante del disolvente asegura también cierta estabilidad al producto, de tal forma, que pueda prepararse así con algún tiempo de anticipación. Cuando nos encontramos con depósitos aceitosos podemos emplear también como disolvente el tricloretileno. En las limpiezas por llenado, puede suceder, con tubos de gran longitud y pequeño diámetro sobre todo, que el proceso de disolución sea muy lento. Entonces, es preciso recurrir a la recirculación, lo que exige añadir una bomba suplementaria de recirculación(fig. 28).

CAPITULO IV

PROCEDIMIENTO PARA LA LIMPIEZA DE CAMBIADORES DE CALOR

PROCEDIMIENTO PARA LA LIMPIEZA DE CAMBIADORES DE CALOR



INICIO DE PROCEDIMIENTO.

1.- SOLICITAR A OPERACION.

A PROCEDIMIENTO.

2A.- COLOCAR JUNTAS CIEGAS EN CARCAZA SEGUN " PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA COLOCACION DE JUNTAS CIEGAS EN LINEAS Y EQUIPOS DE HIDROCARBUROS LIQUIDOS, GAS COMBUSTIBLE Y VAPOR ".

2B.- COLOCAR JUNTAS CIEGAS EN BOQUILLAS SEGUN " PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA COLOCACION DE JUNTAS CIEGAS EN LINEAS Y EQUIPOS DE HIDROCARBUROS LIQUIDOS, GAS COMBUSTIBLE Y VAPOR ".

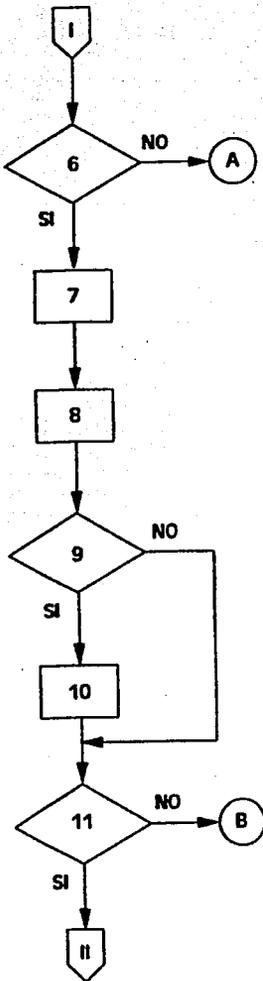
DE PROCEDIMIENTO.

3.- RETIRAR TAPA DE CABEZAL.

4.- COLOCAR ARREGLO PARA PRUEBA DE INUNDACION.

5.- EFECTUAR PRUEBA DE INUNDACION.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



6.- ¿ TIENE TUBOS ROTOS ?
 SI PASA A 7 NO PASA A 42.

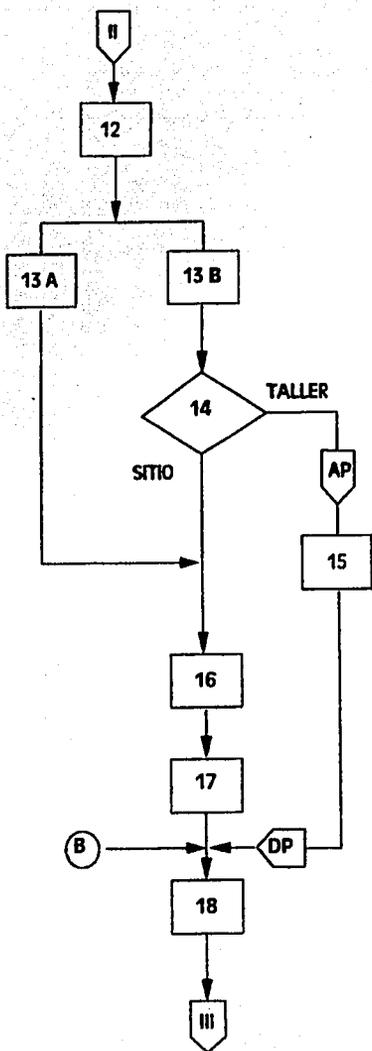
7.- DESMONTAR CONCHA FUA Y FLOTANTE.

EFECTUAR INSPECCION VISUAL.

9.- ¿ ESTA SUCIO POR DENTRO DE TUBOS ?
 SI PASA A 10 NO PASA A 11.

10.- EFECTUAR LIMPIEZA INTERIOR DE TUBOS.

11.- ¿ ESTA SUCIO POR EXTERIOR DE TUBOS ?
 SI PASA A 12 NO PASA A 18.



12.- DESEMBRIDAR Y DESMONTAR CABEZAL.

13A.- LIMPIEZA Y PINTURA A CABEZAL
 13B.- DESMONTAR HAZ DE TUBOS.

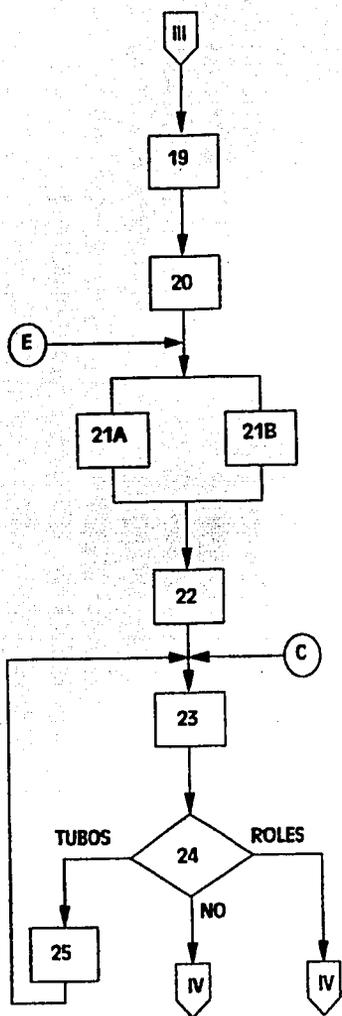
14.- ¿REQUIERE DE LIMPIEZA EN TALLER O EN SITIO ?.
 TALLER PASA A 15 EN SITIO PASA A 16.
 A PROCEDIMIENTO.

15.- EFECTUAR LIMPIEZA A NIDO EN TALLER

16.- EFECTUAR LIMPIEZA INTERIOR EN CUERPO.

17.- EFECTUAR LIMPIEZA DE HAZ DE TUBOS EN SITIO.
 DE PROCEDIMIENTO.

18.- EFECTUAR REVISION DE NIPLERIA.



19.- MONTAR HAZ DE TUBOS.

20.- MONTAR CABEZAL Y EMBRIDAR BOQUILLAS.

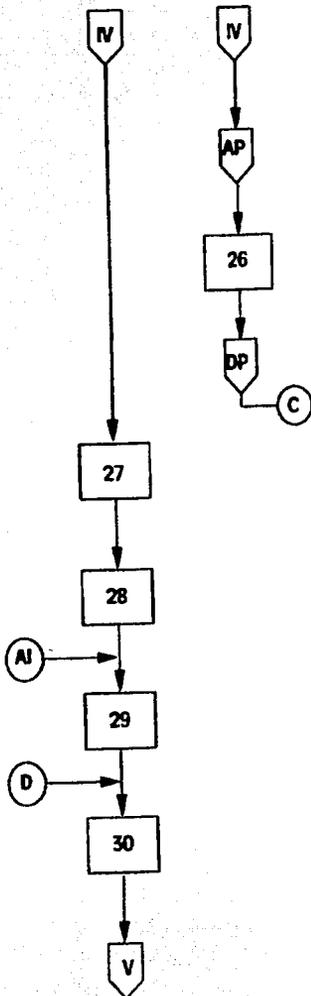
21A.- COLOCAR ANILLO DE PRUEBA.
 21B.- MONTAR ARREGLO PARA PRUEBA HIDROSTATICA.

22.- SOPLETEAR TUBO POR TUBO.

23.- EFECTUAR PRUEBA HIDROSTATICA LADO DE TUBOS.

24.- ¿EXISTE FUGA POR ?
 TUBOS PASA A 25.
 ROLES PASA A 26.
 NO FUGA PASA A 27.

25.- COLOCAR TAPONES EN TUBOS CON FUGA.



A PROCEDIMIENTO.

26.- ROLAR LOS TUBOS CON FUGA

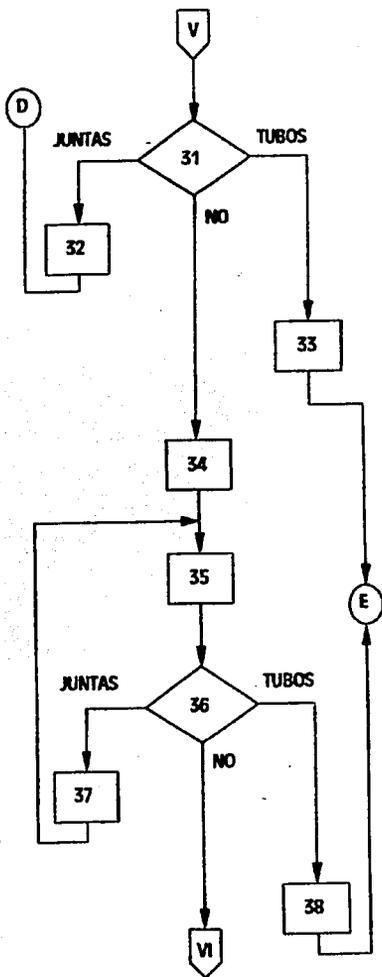
DE PROCEDIMIENTO.

27.- DESMONTAR ANILLO DE PRUEBAS.

28.- MONTAR CONCHA FUJA.

29.- MONTAR TAPA CAMBIADOR.

30.- EFECTUAR PRUEBA HIDROSTATICA LADO TUBOS.



31.- ¿ EXISTE FUGA POR ?
 JUNTAS PASA A 32.
 TUBOS PASA A 33.
 NO FUGA PASA A 34.

32.- REAPRETAR O CAMBIAR JUNTAS.

33.- DESMONTAR TAPA Y CONCHA FLOTANTE.

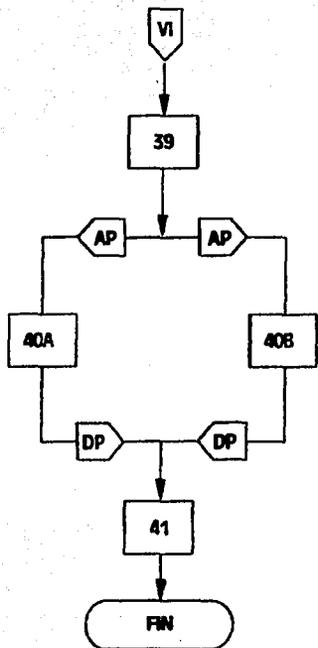
34.- MONTAR CONCHA FIJA.

35.- EFECTUAR PRUEBA HIDROSTATICA LADO CUERPO.

36.- ¿ EXISTE FUGA POR ?
 JUNTAS PASA A 37.
 TUBOS PASA A 38.
 NO FUGA PASA A 39.

37.- REAPRETAR O CAMBIAR JUNTAS.

38.- DESMONTAR TAPA, CONCHA FIJA Y FLOTANTE.



39.- COLOCAR MIPLERIA E INSTRUMENTACION.

A PROCEDIMIENTO.

**40A.- RETIRAR JUNTAS CIEGAS EN CARCAZA Y
40B.- RETIRAR JUNTAS CIEGAS EN BRIDAS
SEGUN * PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA
COLOCACION Y RETIRO DE JUNTAS CIEGAS
EN LINEAS Y EQUIPOS DE HIDROCARBUROS
LIQUIDOS, GAS COMBUSTIBLE Y VAPOR *.**

DE PROCEDIMIENTO.

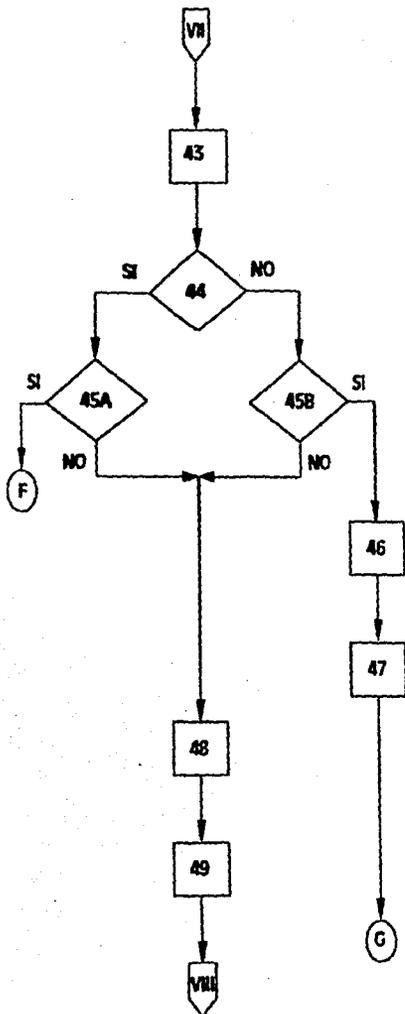
**41.- REALIZAR LIMPIEZA EN AREA DE TRABAJO Y
ENTREGAR A OPERACION.**

FIN DE PROCEDIMIENTO.



VIENE DE ACTIVIDAD No 6.

42.- DESMONTAR CONCHA FLUJ.



43.- INSPECCION VISUAL POR INTERIOR Y EXTERIOR DE TUBOS.

44.- ¿ESTA LIMPIO POR DENTRO DE TUBOS ?
SI PASA A 45A NO PASA A 45B.

45A.- ¿ESTA LIMPIO POR FUERA DE TUBOS ?
SI PASA A 29 NO PASA A 48.

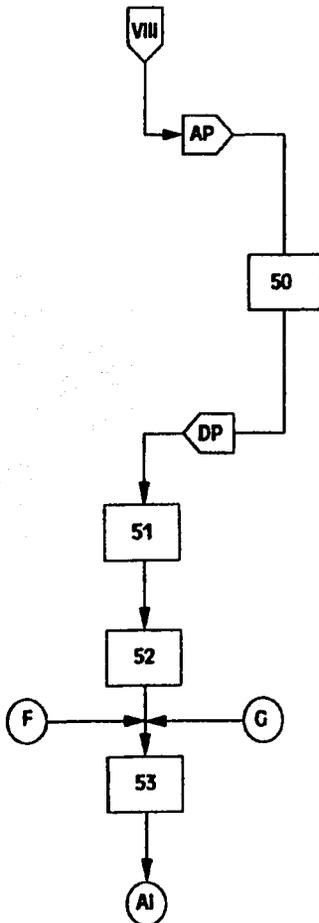
45B.- ¿ESTA LIMPIO POR FUERA DE TUBOS ?
SI PASA A 46 NO PASA A 48

46.- DESMONTAR CONCHA FLOTANTE.

47.- LIMPIEZA DE HAZ EN SITIO.

48.- DESMONTAR CONCHA FLOTANTE Y CABEZAL.

49.- DESMONTAR HAZ DE TUBOS.



A PROCEDIMIENTO.

50.- EFECTUAR LIMPIEZA DE HAZ DE TUBOS

DE PROCEDIMIENTO.

51.- MONTAR HAZ DE TUBOS.

CAPITULO V

CASO PRÁCTICO

CASO PRÁCTICO

Se realizara la limpieza de un cambiador de calor de haz de tubos fijos de dos pasos. Lo primero que se debe de observar es que el equipo debe de estar depresionado y purgado, solicitando así el equipo a operación. Se colocan los andamios y las juntas ciegas para poder desmontar la tapa del cabezal.

Se bajara la tapa con la herramienta y equipos indicados colocando sobre el piso o plataforma con los asientos hacia arriba para su limpieza, inspección, reparación y aplicación de anticorrosivo, teniendo cuidado de no golpearla durante la maniobra.

Si por dentro de los tubos se maneja agua, es conveniente primero inspeccionar el tipo de incrustación que se tenga, para determinar si es necesario efectuar un lavado ácido antes de desarmar.

Colocar arreglo para prueba de inundación realizando esta con agua contra incendio. A continuación, se elimina toda la humedad del interior de los tubos con aire a presión y se procede a colocar arreglos de pruebas según anexo no. 1 y con agua de hidrante se presiona. En este momento se observara si tiene fugas y si esta sucio por el interior de los tubos.

Si tiene tubos rotos se procede de acuerdo al diagrama de flujo de limpieza de cambiadores de calor.

Para bajara las conchas fija y flotante con la herramienta y equipos indicados en el anexo no.2, colocando en el piso o en plataforma con los asientos hacia arriba para su limpieza, inspección, reparación y aplicación de anticorrosivo teniendo cuidado de no golpearla durante la maniobra. En caso de que se requiera grúa, se indicara previamente además con el permiso de inspección y seguridad para él transito de la misma. Al efectuarse la limpieza y reparación, deberán cambiarse los ánodos de sacrificio.

Después de desmontadas las conchas fija y flotante, se realizara una inspección visual por el interior y exterior de los tubos y será aquí, cuando se determine si se desmonta el haz para limpieza exterior o se realiza únicamente la limpieza por el interior de los tubos en sitio sin desmontar el haz. Si esta sucio por el exterior de los tubos hay que desbridar, desmontar cabezal y el haz de tubos.

Se extrae y se transporta el haz al taller de cambiadores de calor, esta actividad es critica y riesgosa porque se puede dañar el haz de tubos al safarse, si no se maniobra adecuadamente, por lo que es necesario preparar, revisar y probar antes el equipo y herramientas, para efectuar la maniobra de extracción del haz, deben seguirse los siguientes pasos:

- a) Recabar permiso de operación e inspección y seguridad para el tránsito y operación de la grúa y winche dentro de la planta, cumpliendo los requisitos de seguridad que dictaminen para ello.
- b) El espejo fijo tiene en el frente o a sus lados barrenos roscados; atornille cancamos (pernos de ojo) de la medida para la colocación de las gasas que jalan el haz.
- c) Coloque el winche al frente del cambiador, pase el cable del winche por una polea inferior pegada a la plataforma. Si el cambiador esta en alto, la polea superior del winche se puede desmontar y colocarse en donde se requiera para que el tirón sea recto con respecto al haz. Conecte el cable del winche con las gasas a los cancamos del espejo fijo, el tirón del cable del winche debe de ser horizontal y a nivel del centro del cambiador. En el caso de que no existan soportes para nivelar el cable, el gancho de la grúa sirve para nivelar el tirón.
- d) El personal que efectuó la maniobra deberá colocarse en área segura, para evitar ser golpeado por el cable del winche si este llegara a zafarse.
- e) Jalar hasta extraer un tramo que permita colocar la primera o única banda de carga, la que debe quedar colocada centrada con el primer bafle inferior. Enganchar la

banda al diferencial que previamente se instalo y temprarla hasta que se levante sin pegar en la parte superior del cuerpo.

- f) Seguir extrayéndola hasta permitir colocar la segunda banda de carga la cual, si el haz no es muy largo será la única que quede colocada a la mitad del haz y engancharla a la grúa que cargara el haz en su totalidad. Soltando la primera maniobra y retirando la primer banda, se seguirá jalando el haz hasta que quede totalmente fuera y soportado por la grúa.
- g) En caso de que la rosca de los orificios para extraer el haz de tubos se vea dañada o el haz se encuentre pegado se procederá a colocar una placa posterior con cuatro varillas o barra roscada en los extremos y otra placa en el frente con una oreja perfectamente soldada y que resista para extraer el haz.

Sacado el haz, limpiar las paredes interiores y asientos de empaque con rasqueteo y agua a presión. Inspeccionar buscando poros, grietas o socavaciones por corrosión y en caso de ser severas solicitar a inspección y seguridad calibre en forma exhaustiva para determinar el tipo de reparación, o en su caso el reemplazo del cuerpo y reparar lo que resulte de esta inspección.

Antes de transportar el haz de tubos al patio de limpieza, es necesario elaborar y llevar al taller de cambiadores de calor la orden de taller correspondiente con objeto de contar previamente con lo siguiente:

- El peso y longitud del haz en la orden de taller.
- La tina para disolver el producto del que esta sucio el haz indicado este en la orden de taller.
- Bancos de limpieza libres y en buenas condiciones.
- Grúa y cuadrilla para maniobras de acomodo del haz de las tinas a los bancos de limpieza.

- Turbinas, flechas, brocas, mangueras, sondas y bomba de alta presión en buen estado.

Una vez libre el haz bájese y colóquese sobre una plataforma y trasládese al patio de limpieza, en donde por medio de una grúa se introducirá en posición horizontal en la tina de lavado, si es necesario o directamente sobre los bancos de limpieza.

Se procede con la limpieza interior y exterior del haz. Este evento esta contemplado en una limpieza mecánica. La cual consiste en lavarlos a presión con agua-diesel y aire. Para las incrustaciones que queden en el interior después de haber realizado este procedimiento se introducen las sondas metálicas la cual en su punta de acuerdo al tipo de suciedad se utilizan brocas o cepillos de un diámetro menor al de la tubería. Es importante limpiar los pasos entre la tubería para que queden libres, este trabajo se lleva acabo con espadas o con chorro de arena.

En el transcurso de la limpieza del haz de tubos, se limpia y revisar el cuerpo.

Se inspecciona la niplería y se procede a la colocación de tomas manométricas, manómetros, termopozos o termómetros. Se desmontaran todos los arreglos roscados que estén conectados al cuerpo, cabezal y a las boquillas de estas partes, así como sus arreglos bridados con tapa ciega (si es que tienen).

Después de haber realizado la limpieza del cambiador se realiza una prueba hidrostática para la detección de algún tubo dañado. En caso de que al probar el cambiador salga con un 30% de tubos dañados es necesario la rehabilitación del mismo.

Antes de transportar el haz de tubos ala planta deberá de ser aceptada la limpieza por parte de inspección y seguridad o un ingeniero de turno de operación de la planta.

Una vez recibido de limpieza, con una grúa se montara el nido sobre plataforma y se transportara lo mas cerca posible de su cuerpo.

Terminada la limpieza del haz y del cuerpo, se fijara a la misma la junta, espejo-cuerpo. Para fijar la junta se usara grasa fibrosa y durante toda la maniobra se vigilara que no se dañe esta ni los asientos correspondientes.

Para efectuar la maniobra se deberán seguir los pasos siguientes: .

Recabar permisos de operación y de inspección y seguridad para el tránsito de grúa y winche dentro de la planta, cumpliéndose los requisitos de seguridad dictaminados en el mismo.

Si el haz no sobrepasa los 5 metros, de largo se levantara con una sola banda, influye también el peso, radio y ángulo al cual va a trabajar la grúa. Previamente se le amarrara en el extremo en el espejo fijo una tira de manila para guiarlo y evitar que gire al levantarlo, se elevara hasta una altura del cuerpo quedando el centro del cuerpo, girara la grúa lentamente hasta lograr que el extremo del espejo flotante se introduzca en el cuerpo.

La grúa maniobrara de tal manera que girara hacia el cuerpo para introducir el haz, pero al mismo tiempo mantendrá horizontal y alineado axialmente el haz con respecto al centro del cuerpo y así sucesivamente hasta que tope la banda con el cuerpo. Se colocara un soporte de estructura del piso al espejo fijo para poder recorrer la grúa hasta que soporte el haz lo que auxiliara para poder recorrer la banda hacia el espejo fijo. Una vez hecho esto, se correrá la banda y se le ordenara a la grúa que continúe maniobrando y metiendo el haz; se repetirán los pasos anteriores cuantas veces sea necesario hasta que el haz entre en su cuerpo totalmente, si el haz llegara a atorarse, se colocaran dos estrobos a los costados del haz sujetos a la grúa y se girara hasta llegar a introducir totalmente el haz al cuerpo.

A continuación se procederá a nivelar el haz agarrando con un estrobo a un cancamo que se colocara en el espejo fijo en el lado que se requiera izquierdo o derecho para girar el haz de tal manera que la ranura del espejo fijo quede perfectamente horizontal (a nivel).

Enseguida montar el cabezal usando grúa y dos estrobos de acero con dos grilletes, teniendo cuidado de que la junta no quede fuera del lugar ni mordida. .

La separación o claro entre las bridas del cabezal y el cuerpo deben ser uniformes para lo cual se medirá con un flexometro en 8 puntos equidistantes del perímetro; enseguida apriete siguiendo la secuencia marcada en dicho anexo. Dar un apriete en frío igual al torque dado con una palanca de un metro de largo, usando llaves de cola, o aplicando en el extremo una fuerza de 40 a 50 Kg; si se usan las llaves de golpe se le dacha un apriete final hasta que el marro rebote sobre la llave sin que gire la tuerca, comprobando al final que todos los espárragos tengan el mismo apriete cualquiera que sea la llave usada. Si se usa el torquímetro se le dará el torque de acuerdo a la medida del espárrago. Después de apretado el cabezal embridar las boquillas de entrada y salida con empaque previamente seleccionado.

Previamente al montaje se verificara físicamente el anillo de pruebas y se le dará mantenimiento a las roscas, repasándolas con machuelos de acuerdo a su diámetro y limpiando los asientos de juntas. Se deberá de contar con los aditamentos necesarios como tapones, empaques, espárragos y con herramienta y equipo indicado en anexo no.2.

Para el montaje del anillo de pruebas se colocan los arreglos y se conecta la bomba de prueba hidrostática. Sopletear tubo por tubo hasta eliminar la humedad.

Se realiza prueba hidrostática por exterior de tubos, esta debe de ser a la presión de acuerdo a formato de censo de cambiadores de calor o de acuerdo a la placa del equipo, previa revisión de niplería.

Si se presenta fuga por roles se medirá el diámetro interior del tubo que fuga y también de tubos adyacentes. Después de haber tomado las medidas de los tubos adyacentes se sacara el promedio de esta medida y con la cual se rolara el tubo que fuga en ambos espejos si es necesario. Si continua la fuga por roles, se eliminara esta, cancelando el tubo.

Si tiene fuga por tubos rotos se taponaran ambos espejos con tapones cónicos del material del tubo en el que presento fuga, para ver dimensiones de tapones requeridos ver anexo no. 4.

Se volverá a realizar prueba hidrostática cuantas veces sea necesario después de haber realizado los dos puntos anteriores, hasta que las fugas desaparezcan por completo y sea recibida la prueba por inspección y seguridad.

Es conveniente tomar en cuenta que el taponamiento de tubos reduce la eficiencia del cambiador de calor y que dependerá de las condiciones de operación para determinar si el equipo requiere reentubarse.

Para desmontar el anillo de prueba se aflojan los espárragos de preñe-estopa y posteriormente aflojar espárragos de sujeción del anillo con herramienta y equipos marcados en el anexo no.2.

Montar concha flotante colocando empaque o junta en superficie completamente limpia y adherida con grasa fibrosa.

Se utilizaran dos estobos de acero y dos grilletes, recibíendola y llegando con los primeros cuatro espárragos, teniendo cuidado de que la junta no quede fuera de lugar o mordida, la separación o claro entre bridas de la concha espejo flotante debe ser uniforme, para lo cual se medirá con un flexometro en ocho puntos equidistantes del perímetro, enseguida apriete siguiendo la secuencia de dicho anexo.

Dar un apriete en frío igual al torque dado con una palanca de un metro de largo usando llaves de cola, aplicando en el extremo una fuerza de 40 o 50 k9,

Si se usan las llaves de golpe se dará un apriete final hasta que el marro rebote sobre la llave sin que gire la tuerca. Comprobando al final que todos los espárragos tengan el mismo apriete cualquiera que sea la llave empleada. Si se utiliza el torquímetro se le dará el torque de acuerdo a la medida del espárrago

Montar tapa del cabezal, para esto se colocara el empaque o junta pegada a la tapa con grasa fibrosa y previamente limpiando los asientos. El montaje se realizara con grúa y dos estobos de acero con dos grilletes continuar este procedimiento de acuerdo con la secuencia desarrollada para el montaje de la concha flotante o del cabezal.

La prueba hidrostática lado tubos tiene como objeto revisar la hermeticidad; por lado tubos, por empaque de concha flotante, por empaque espejo-cabezal, por empaque de tapa por cabezal y boquillas de este así como sus soldaduras.

Montar concha fija. Se colocara el empaque o junta adherida con grasa fibrosa en el asiento de la concha previamente limpios los asientos para que al montarla, se realice esta actividad de acuerdo con la secuencia desarrollada anteriormente.

Realizar prueba hidrostática por exterior de tubos o lado cuerpo, llevando acabo ésta de acuerdo a la presión indicada en el formato del censo del cambiador de calor o de acuerdo con la placa del equipo.

Si no se tienen estos datos se realizara a 1.5 veces la presión de operación.

En esta prueba se verifica hermeticidad en la junta del espejo fijo-cuerpo, junta cuerpo-concha fija, boquillas y soldaduras del cuerpo y concha fija. Se volverá a realizar esta prueba hidrostática cuantas veces sea necesario hasta que las fugas desaparezcan por completo y sea aceptada por el inspector de seguridad industrial, si aparecieran fugas por el interior de los tubos regresar al procedimiento de fuga por roles o el de tubos rotos realizando nuevamente las secuencias hasta eliminar las fugas.

Se coloca la niplería e instrumentación y retirar juntas ciegas esta actividad se realizara de acuerdo al procedimiento establecido.

Terminadas las actividades, se procederá a desarmar, limpiar, retirar y guardar los andamios tubulares y tablonés; a la bodega de herramienta del taller, reportando cualquier desperfecto de las mismas.

Terminando de retirar los andamios y herramientas de maniobras se procederá a realizar una limpieza alrededor del equipo reparado, recogiendo todo el material extraño y

ajeno ala operación del mismo. Retirar y guardar en un lugar adecuado el anillo de pruebas, juntas ciegas y espárragos sobrantes en buen estado.

Como última actividad, el ingeniero especialista de mantenimiento de plantas hará la entrega física del cambiador reparado recabando la firma de aceptación en la orden de trabajo

El equipo se deberá entregar pimado y con todo el recubrimiento térmico, que por alguna causa (montaje y desmontaje), se haya deteriorado.

CONCLUSIÓN

CONCLUSIÓN

Se debe de puntualizar que debe de haber una planeación en un sistema de mantenimiento preventivo para evitar así que se sufran paros no programados, perjudicando por lo tanto a la producción aumentando así los costos de ésta última; ya que cuando suceden estos paros el daño que sufren en este caso los cambiadores de calor es grande, teniendo casi siempre que cambiarlos por lo que resulta más costoso.

Además de un mantenimiento preventivo adecuado, para obtener una operación normal de los cambiadores de calor es necesario apegarse a las normas de trabajo establecidas en lo que se refiere al control exacto de la temperatura y presión de operación.

Para una continua y eficiente operación es muy importante que los cambiadores de calor estén libres de fugas, razonablemente limpios, y con los deflectores en buenas condiciones y bien colocados.

Uno de los aspectos más importantes en la operación de cambiadores de calor es la inspección continua, para detectar y reportar cualquier falla desde el momento en que se produce.

Por lo general el trabajo de los cambiadores de calor debe de ser interrumpido y por éste motivo después de cierto tiempo es cuando se debe de realizar la limpieza por el personal de mantenimiento.

Como conclusión diremos que los procedimientos de inspección y limpieza de los cambiadores de calor nos ayuda a optimizar los recursos humanos y materiales; ya que siguiendo estos o teniéndolos como precedentes no se cometerán errores al momento de realizar estas operaciones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

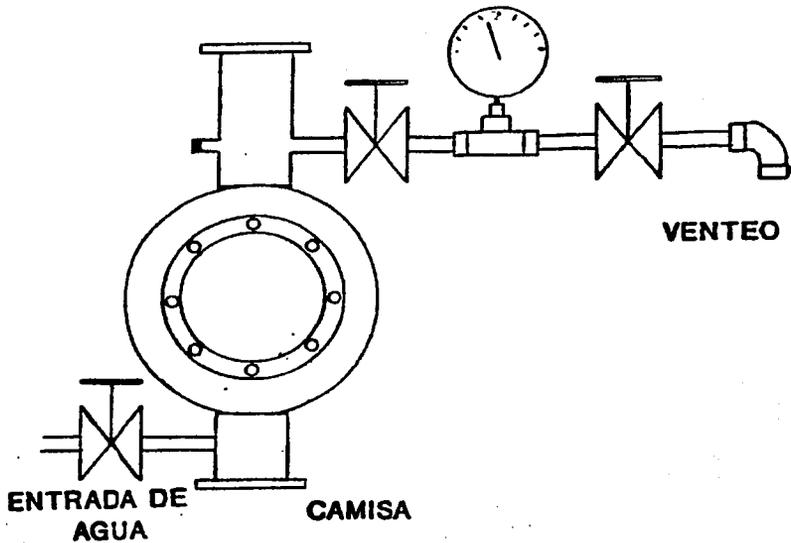
ANEXOS

**ESTA TESIS NO SALI
DE LA BIBLIOTECA**

ANEXOS

ANEXO I

CONEXIONES PARA LLENADO Y PRUEBA
POR FUERA DE TUBOS



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ANEXO 2

ARMADO Y DESARMADO

| | |
|--------------------------|----|
| LLAVE DE IMPACTO Y DADOS | 1 |
| LLAVE DE GOLPE | 2 |
| LLAVE DE COLA | 3 |
| LLAVE ESPAÑOLA | 4 |
| LLAVE STELSON | 5 |
| DIFERENCIALES | 6 |
| MANUEBAS Y CONEXIONES | 7 |
| CABLES MAMLA O ACERO | 8 |
| BANDAS DE CARGA | 9 |
| EXTRACTORES | 10 |
| ANDAMIOS | 11 |
| TRANSPORTE | 12 |
| GRUA | 13 |
| | 14 |
| | 15 |
| | 16 |

PRUEBA HIDROSTATICA

| | |
|-----------------------------|----|
| JUNTAS CIEGAS | 17 |
| LLAVES | 18 |
| LLAVES STELSON | 19 |
| MANUEBAS Y CONEXIONES | 20 |
| TUBERIA Y CONEXIONES | 21 |
| VALVULAS ENT. AGUA Y VERTEO | 22 |
| BOMBA DE PRUEBA | 23 |
| MAMOMETROS | 24 |
| ANILLO DE PRUEBA | 25 |
| | 26 |
| | 27 |
| | 28 |

LIMPIEZA

| | |
|--------------------------------|----|
| ANDAMIO | 29 |
| TURBINA, FLECHA MOTRIZ Y BROCA | 30 |
| MANUEBAS CONEXIONES | 31 |
| CEPILLO | 32 |
| RASQUETAS | 33 |
| TURBINA Y TROMPO | 34 |
| BOMBA ALTA PRESION | 35 |
| VARILLA Y BOQUILLA ASPERSORA | 36 |
| | 37 |
| | 38 |
| | 39 |

CAMBIO DE TUBOS

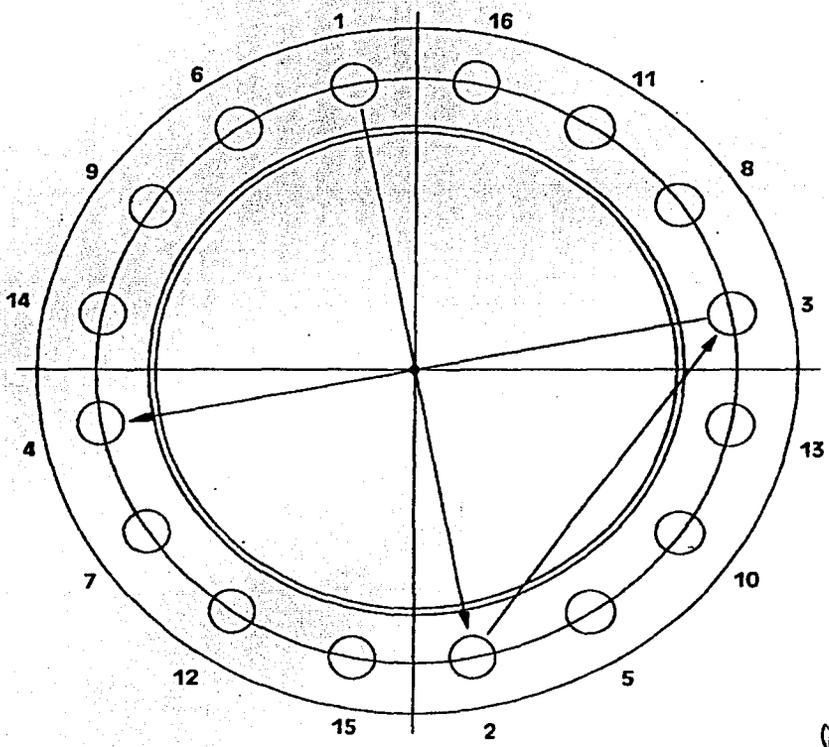
| | |
|-----------------------|----|
| CORTADOR | 40 |
| EXTRACTOR | 41 |
| EXPANSOR | 42 |
| TURBINA PARA ROLAR | 43 |
| MANUEBAS Y CONEXIONES | 44 |
| CALIBRADORES | 45 |
| | 46 |
| | 47 |

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ANEXO 3

NORMA TEMA E-3.25 PROCEDIMIENTO RECOMENDADO PARA APRIETE DE TUERCAS

ES IMPORTANTE QUE TODAS LAS JUNTAS ATORNILLADAS SEAN APRETADAS UNIFORMEMENTE BAJO UN PATRÓN DIAMETRAL COMO SE MUESTRA



BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- 1. CAMBIADORES DE CALOR
DR. ING. ROMANO GREGORIG
URMO S.A. DE EDICIONES, ESPAÑA**
- 2. MANUAL DEL INGENIERO QUÍMICO
PERRY, ROBERT H.
MC GRAW HILL, MÉXICO**
- 3. PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO DE PLANTAS
PEMEX**
- 4. STANDARS OF THE TUBULAR EXCHANGERS MANUFACTURERS
ASSOCIATION.**
- 5. APUNTES SOBRE CALOR
INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO
TOMO IV**