

CAPITULO 2

TRABAJOS A DESARROLLAR EN LOS GENERADORES DE VAPOR

INTRODUCCION

El ventilador de tiro forzado proporciona presión suficiente para vencer la resistencia del precalentador de aire a vapor (radiador), precalentador de aire a gases, ductos de aire, -- cajas de aire y suministra el total de aire requerido para -- la combustión.

El oxígeno que es el comburente necesario para la combustión, está contenido en el aire que es impulsado por un ventilador de tiro forzado (45 °C Máx., 41.5 m³/hr.) hacia el precalentador de aire a vapor. Por su interior fluye vapor el cual cede rá su calor al aire que circula por el exterior del precalentador de aire a vapor. Para que este aire adquiera la temperatura suficiente de precalentamiento (85 a 90 °C). Después, el aire precalentado pasa a través del precalentador de aire a gases, el cual consiste de una serie de tubos horizontales, - de dos pasos. Por su interior fluye precalentándose mientras que por su exterior se encuentra en contacto con los gases de combustión (184 °C) que van de salida.

El aire calentado (154 °C) se dirige a los quemadores a través del ducto principal; llegando al hogar de la caldera, facilitando y mejorando la combustión.

Para que el combustible encienda además de que necesita el --

oxígeno, se requiere de calor para iniciar la combustión, ese calor se obtiene de la flama de los pilotos, instalados cerca de los quemadores de la caldera.

El agua de alimentación, con su temperatura ya aumentada por el calentador de baja presión y presurizada por las bombas de agua de alimentación, es conducida al primer paso del economizador (133 °C a 90 ton./hr., Máx.) e inmediatamente después al segundo paso del mismo.

El economizador está localizado en la parte posterior por donde fluyen los gases abajo del sobrecalentador primario.

Está compuesto de un número determinado de tubos horizontales en forma de U, los cuales conectan con el cabezal de entrada del economizador y descargan en el cabezal de salida del mismo.

El propósito del economizador es precalentar el agua de alimentación antes de que entre al domo, se logra por medio de el calor del flujo de los gases que van de salida de la caldera, esto es en contracorriente al flujo de los gases calientes. El agua precalentada es conducida al domo a través del cabezal de salida del economizador.

La tubería de agua de alimentación está conectada al domo en un tubo interior instalado dentro del mencionado domo.

El agua sale del domo a través de los tubos de bajada sin calentarse hasta el cabezal inferior, situado en un punto más bajo. La diferencia de alturas entre el domo y el cabezal in--

ferior ocasionan un aumento de presión, a la que corresponde una temperatura de saturación más elevada, la cual no puede ser alcanzada en los tubos de bajada por no estar sometidos a calentamiento alguno.

Primeramente por mediación de la afluencia de calor, el agua será calentada en los tubos hervidores hasta la temperatura de saturación correspondiente a la presión local reinante.

Una parte del agua se evapora a continuación produciendo una mezcla de vapor y agua, la cual es, en cualquier caso, menos pesada que el agua más fría de los tubos de bajada, siendo menos pesada, cuanto más vapor esté contenida en la mezcla. Por lo tanto cuanto más calor sea transmitido a los tubos, mayor serán en consecuencia la mencionada diferencia de densidades y la fuerza de elevación, aumentando con ello el caudal de las masas en movimiento.

La mezcla de vapor y agua descargan en el domo y es separado en vapor saturado y agua por medio de los separadores instalados en el interior del domo.

El vapor saturado que se genera en el domo, fluye hacia el cabezal de entrada del sobrecalentador primario.

El sobrecalentador primario está localizado en la parte posterior por donde pasan los gases y el vapor que pasa por él es sobrecalentado principalmente por convección de los gases con alta temperatura.

El vapor que sale del sobrecalentador primario, se concentra -

en el cabezal de salida del sobrecalentador primario y llevado después al sobrecalentador secundario.

El sobrecalentador secundario está localizado entre el sobrecalentador primario y la parte superior del hogar por donde pasan primero los gases que provienen del hogar. El vapor que pasa a través del sobrecalentador secundario es sobrecalentado por convección de los gases con alta temperatura.

Entre el sobrecalentador primario y el sobrecalentador secundario se encuentra montado el atemperador el cual atomiza agua que proviene de las bombas de agua de alimentación, lo que ayudará a mantener la temperatura del vapor de salida del sobrecalentador uniforme.

El vapor que sale del atemperador es sobrecalentado en el sobrecalentador secundario y conducido hacia el cabezal de salida del mismo, de aquí el vapor sobrecalentado (485°C) es dirigido al colector de la Unidad No. 4. En el colector se une un vapor sobrecalentado proveniente de los sobrecalentadores secundarios de los generadores de vapor 4 y 5. El vapor que sale del colector fluye hacia la turbina de la Unidad.

Los gases de salida escapan por la chimenea, succionados por medio de un ventilador de tiro inducido.

2.1.- CARACTERISTICAS ESPECIFICAS DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS DE LOS GENERADORES DE VAPOR.

Precalentador de aire a gases (primer paso):

Superficie de calentamiento	815 m ²
Número de tubos	444
Tubos	76 mm X 2.5 mm (Diá.xEsp.)
Material Aleación de acero (Especificación ASTM-A-179)	
Precaentador de aire a gases (segundo paso):	
Superficie de calentamiento	855 m ²
Número de tubos	468
Tubos	76 mm X 2.5 mm (Diá.xEsp.)
Material Aleación de acero (Especificación ASTM-A-179)	
Economizador (primer paso):	
Superficie de calentamiento	665 m ²
Tubos	32 mm X 3.0 mm (Diá.xEsp.)
Economizador (segundo paso):	
Superficie de calentamiento	235 m ²
Tubos	38 mm X 3.5 mm (Diá.xEsp.)
Material Aleación de acero (Especificación ASTM-B-200)	
Sobrecalentador primario:	
Superficie de calentamiento	760 m ²
Tubos	38 mm X 3.5 mm (Diá.xEsp.)
Material Aleación de acero (Especificación ASTM-B-200)	
Sobrecalentador secundario:	
Superficie de calentamiento	132 m ²
Tubos	38 mm X 3.5 mm (Diá.xEsp.)
Material Aleación de acero (Especificación ASTM-B-200)	
Tubos hervidores:	
Tubos	63.5 mm X 4.75 mm

DIAGRAMA DE BLOQUES DE AGUA — VAPOR

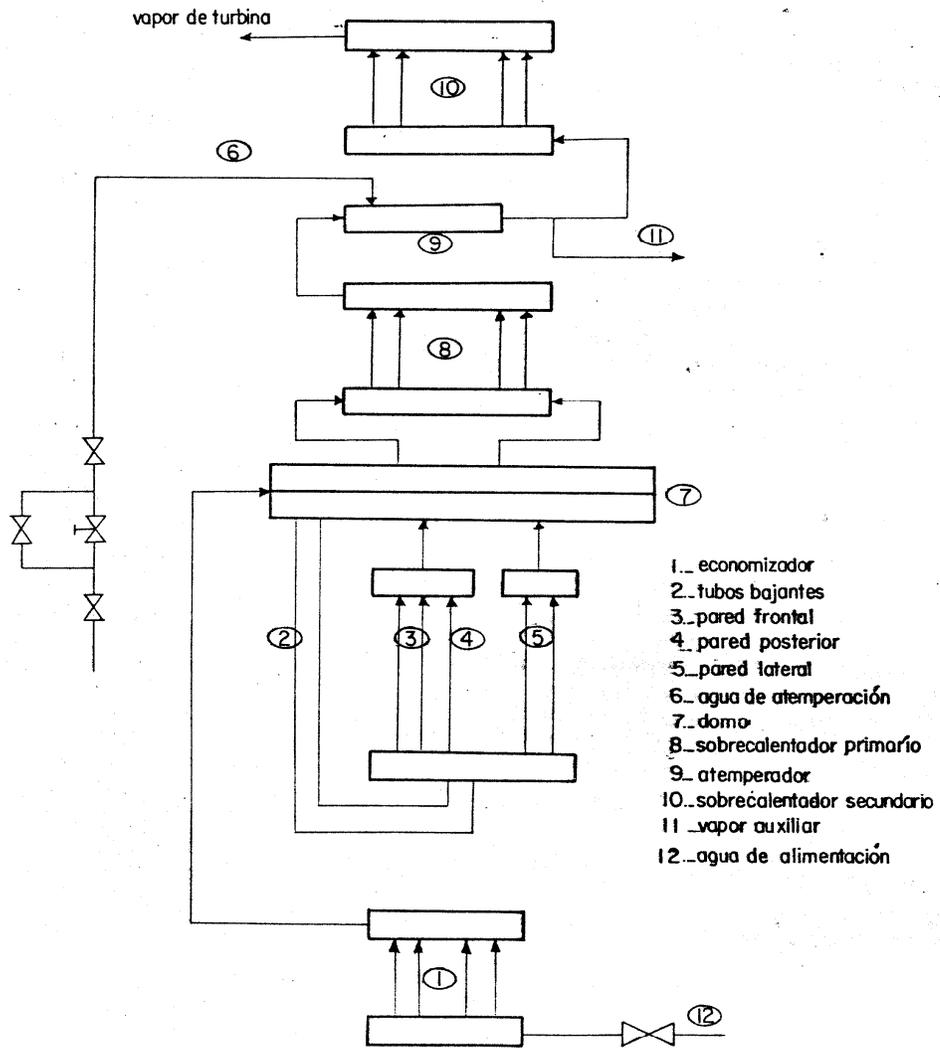
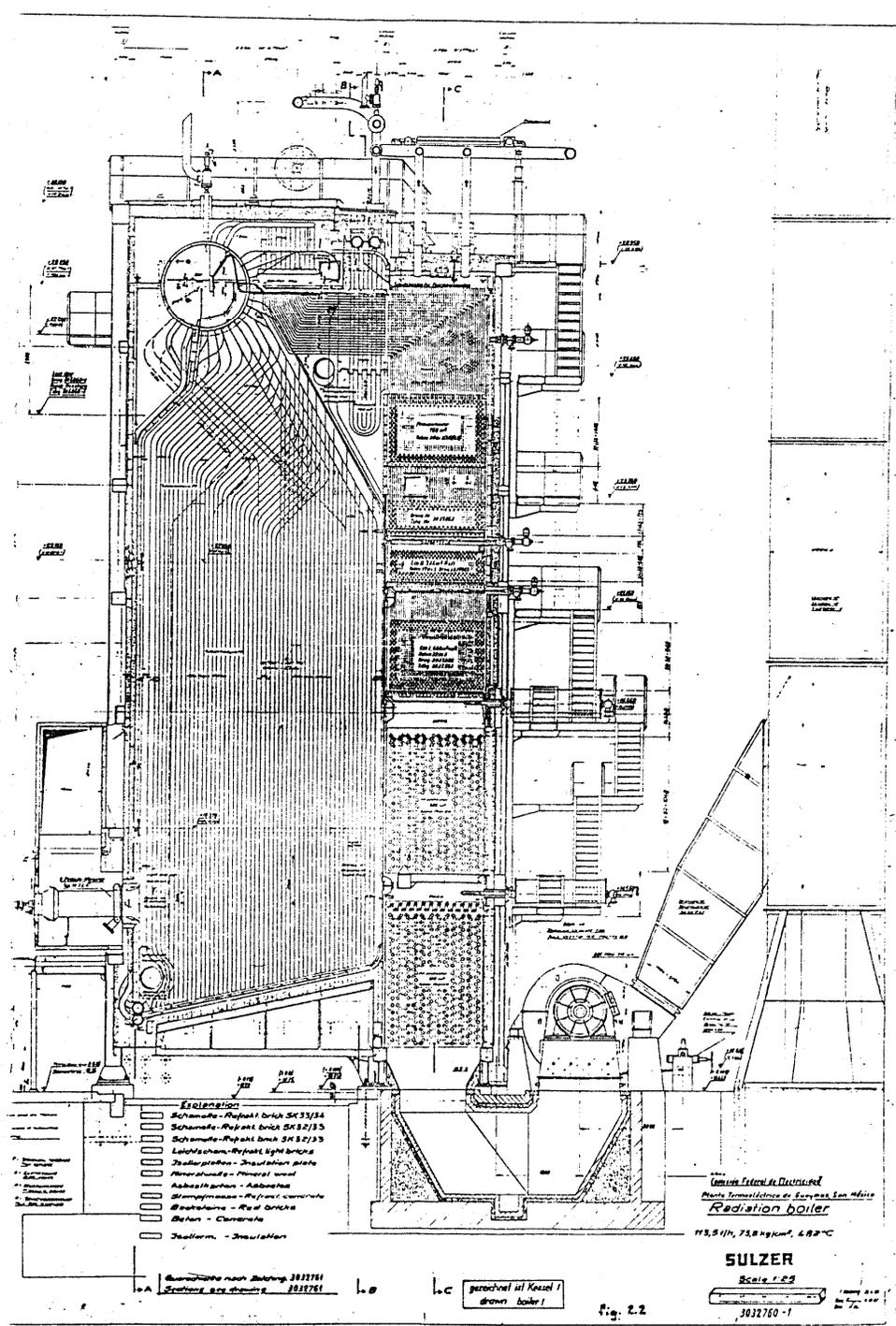


fig. 2.1



2.2.- LIMPIEZA GENERAL DEL LADO DE GASES DEL SOBRECALENTADOR Y ECONOMIZADOR.

Existen en el combustible una gran cantidad de sustancias indeseables que dificultan el proceso de combustión.

La cuantificación de dichas sustancias está principalmente dada por el contenido de Asfaltenos, compuestos poliaromáticos - condensados en los que se encuentran íntimamente ligados el Vanadio, el sodio y el resto de metales pesados. Bajo condiciones normales de combustión son difíciles de quemar, lo que provoca una disminución en el aprovechamiento del poder calorífico de combustión, y gran cantidad de depósitos carbonosos en los tubos del sobrecalentador secundario, sobrecalentador primario y economizador (primario y segundo paso). Por lo que estos tipos de compuestos tienden a precipitar y formar sedimentos en éstos.

Los altos excesos de oxígeno con que operan los generadores de vapor de la Unidad No. 4, ocasionan que el Vanadio alcance su más alto valor de oxidación, tendiendo a formar productos de bajo punto de fusión (a base de V_2O_5), lo cual puede ser observado en la tabla 2.1, y se da a continuación.

Tabla 2.1.- Productos de bajo punto de fusión (a base de V_2O_5)

Compuestos Formadores de Escoria	Temp. Fusión (°C)
Sulfato de magnesio ($MgSO_4$)	1112
Pentóxido de vanadio (V_2O_5)	690
Sulfato de níquel ($NiSO_4$)	840

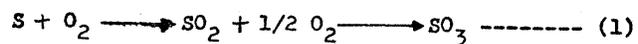
Sulfato de sodio (Na_2SO_4)	879
Metavanadato de sodio ($\text{Na}_2\text{O}-\text{V}_2\text{O}_5$)	629
Pirovanadato de sodio ($2\text{Na}_2\text{O}-\text{V}_2\text{O}_5$)	654
Ortovanadato de sodio ($3\text{Na}_2\text{O}-\text{V}_2\text{O}_5$)	865
Ortovanadato de Níquel ($3\text{NiO}-\text{V}_2\text{O}_5$)	890
Vanadil Vanadato de sodio ($\text{Na}_2\text{O}-\text{V}_2\text{O}_4 \cdot 5\text{V}_2\text{O}_5$)	623

Estos productos tienden a depositarse en forma líquida en las zonas de alta temperatura (sobrecalentador y economizador) -- e influyen de manera notable en el proceso de corrosión. .

Una viscosidad inadecuada y superior al valor óptimo, provoca una deficiente atomización, que da origen a la producción de una gran cantidad de partículas sin quemar, que conjuntamente con el contenido de cenizas propio del combustible, se depositan parcialmente en las superficies de los tubos al quedar -- atrapados en la fase fundida de la escoria.

Otra parte, queda adherida en el precalentador de aire a gases y el resto, es lanzado a la atmósfera a través de la chimenea.

El azufre es otro de los compuestos de gran interés, que durante la combustión se combinan con el oxígeno dando como productos, óxidos de azufre. En la reacción inicial (1), se -- obtiene dióxido de azufre (SO_2), parte del cual se transforman en trióxido de azufre (SO_3).



Esta transformación se lleva a cabo en la flama de los pilotos.

Otro componente importante, es el contenido de cenizas del combustible formado principalmente por compuestos metálicos de potasio, níquel, aluminio u silicio.

Los gases de combustión al ir transfiriendo su calor primeramente a los tubos hervidores; van a través del sobrecalentador secundario, sobrecalentador primario e inmediatamente al primer paso y segundo paso del economizador.

Dichos gases al ir pasando por estos van dejando por su paso residuos de cenizas (hollín); los cuales se adhieren en los tubos debido al arreglo triangular y a la separación de tubo a tubo de 1 pulgada. Al encontrar en su recorrido escoria en fase líquida incrustándose en estos e incrementándose el volumen de los depósitos y acelerando el ensuciamiento de los generadores de vapor.

Se tomaron muestra de hollín y escoria en los sobrecalentadores y economizadores; los cuales fueron analizados en el laboratorio central de Comisión Federal de Electricidad y -- arrojaron los siguientes resultados (tabla 2.2).

Tabla 2.2.- Resultados de muestras de hollín y escoria tomadas en los sobrecalentadores y economizadores.

Sustancia: Hollín	Composición (%)
Carbono	89.1

Vanadio	1.7
Humedad	0.4
Escoria	Depósitos en el sobrecalentador y economizador (%).
SiO ₂	7.0
Al ₂ O ₃	4.1
Fe ₂ O ₃	5.8
CaO	4.5
MgO	2.5
NiO	1.1
V ₂ O ₅	0.9
Na ₂ O	23.7
SO ₃	46.7

La limpieza de todo generador de vapor se lleva a cabo debido a que se requiere una máxima transferencia de calor del exterior (gases de combustión) hacia el interior de los tubos --- (agua y/o vapor) y por lo tanto se obtenga una mejor eficiencia en estos.

Estando la unidad No. 4 programada para Mantenimiento Anual - se procede a efectuar las actividades que se han designado para los generadores de vapor, como son la limpieza de lado de gases del sobrecalentador y economizador.

La limpieza se lleva a cabo de la siguiente manera:

- 1.- Primeramente se efectúa la limpieza del lado gases de los sobrecalentadores.

Un grupo de obreros (seis personas) se introducen al interior del generador de vapor, por los registros de éste, con el propósito de efectuar la limpieza del exterior de los tubos.

Para esto se tienen disponible las varillas, para eliminar el hollín y la escoria que se encuentra adherida al rededor de los tubos. Se coloca una lona debajo del sobre calentador para que el hollín se deposite sobre ésta e inmediatamente después se proceda a sacarla al exterior de la caldera.

2.- Se efectúa la limpieza del lado gases del economizador. Se lleva a cabo de la misma manera que el punto No. 1.

2.3.- DETECCION DE TUBOS ROTOS Y CAMBIO O TAPONAMIENTO DE LOS MISMOS EN PRECALENTADOR DE AIRE A GASES.

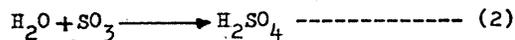
Los gases de combustión después de circular por la zona de alta temperatura, pasan a través del precalentador de aire a gases. El hollín que van dejando se deposita en la tubería de éste aumentando el ensuciamiento y corrosión de los mismos.

Se tomaron muestras de depósitos en el precalentador de aire a gases, los cuales fueron analizados en el laboratorio central de Comisión Federal de Electricidad y arrojaron los siguientes resultados:

Tabla 2.3.- Resultados de muestras de depósitos en el precalentador de aire a gases.

Escoria	Depósitos en el Precalentador de aire a gases (%).
SiO ₂	3.3
FeO	21.2
CaO	0.5
MgO	1.7
NiO	4.3
Na ₂ O	0.8
V ₂ O ₅	10.9
SO ₄	52.7

El trióxido de azufre (SO₃) que traen consigo los gases de -- combustión, al llegar a la zona de baja temperatura (preca--- lentador de aire a gases) absorven humedad proveniente del -- vapor de atomización del combustóleo y de la humedad que --- arrastran el aire al ir circulando por el radiador. En estas--- zonas, el trióxido de azufre al encontrar humedad reacciona--- formándose una cantidad apreciable de ácido sulfúrico (H₂SO₄) como lo muestra la reacción número 2.



Se ha comprobado en mantenimientos anteriores que el ácido -- sulfúrico se concentra más en la entrada del primer paso del--- precalentador de aire a gases; debido a que el aire propor--- cionado por el ventilador de tiro forzado al pasar por el ra--- diador absorbe humedad, la cual es arrastrada por éste y al---

ponerse en contacto con los tubos se transfiere hacia el exterior de los tubos del precalentador de aire a gases. Esta es la causa de que en esta zona exista mayor cantidad de ácido sulfúrico (aproximadamente en los primeros 30 Cm.), -- siendo este ácido el causante principal de la corrosión que sufren los tubos en el precalentador de aire a gases.

El método que se sigue para detectar tubos rotos es el siguiente:

- 1.- Después de un mantenimiento anual se toman muestras de análisis de gases Orsat, antes y después del paso de los gases de combustión por el precalentador de aire a gases. Esto se efectúa con el fin de saber en cada punto el porcentaje de exceso de aire que llevan los gases de combustión.
- 2.- Si el porcentaje de exceso de aire a la entrada del precalentador de aire a gases es igual al porcentaje de exceso de aire a la salida; con este criterio podemos saber que no existe tubo roto en dicho precalentador.
Este tipo de análisis se realiza cada mes con el fin de saber cuándo empieza a corroerse los tubos.
- 3.- Si el porcentaje de exceso de aire a la entrada es menor que el porcentaje de exceso de aire a la salida, nos indica que existe tubo roto en el precalentador de aire a gases; debido a que en ese instante el aire que va circulando por el interior del tubo corroído escapa por la

fisura rota al ser succionada, al igual que los gases de com bustión, por el ventilador de tiro inducido, trayendo como - consecuencia que las compuertas de gases de combustión se -- abran demasiado debido al mayor flujo que está succionando - dicho ventilador. Este método para detectar tubos rotos en - el precalentador de aire a gases es útil exclusivamente pa-- ra saber cuándo empieza a haber tubos rotos, y no nos indica cuántos y en qué parte de éste existe el tubo.

4.- Para poder detectar los tubos rotos es necesario programar - unidad para mantenimiento anual. Estando fuera de servicio - se introducen dos obreros por la compuerta de entrada del -- precalentador de aire a gases, utilizando un foco, se coloca cerca del tubo con el propósito de identificar la fisura co-- rroída. Localizado dicho tubo se procede a taponearlo por -- los dos extremos, utilizando tapones de aluminio quedando el el tubo clausurado.

5.- Existiendo un número mayor del 30 % de tubos clausurados en-- la sección del primer paso del precalentador de aire a ga--- ses, se procede a efectuar el cambio de tubería.

6.- Cuatro obreros se encargan del cambio de tubería en el preca-- lentador de aire a gases, realizando el trabajo de la si---- guiente manera:

a).- Por el extremo de entrada de aire al primer paso del -- precalentador de aire a gases, los tubos se encuentran-- mandrilados (separación del espejo a la boca del tubo -

de 2 pulgadas) mientras que por el exterior izquierdo se encuentran sin expandir (separación del espejo a la boca del tubo de 2 pulgadas) mientras que por el extremo izquierdo se encuentra sin expandir (separación del espejo a la boca del tubo de 3 1/2 pulgadas). El espejo del precalentador en este último extremo se encuentra recubierto con cemento refractario anclado sobre una tela de alambre (aproximadamente a 1 1/2 pulgada del espejo) para proteger a éste de posible corrosión y con el propósito de que cuando se efectúe este tipo de trabajo se ahorre tiempo en el cambio de tubería.

- b).- Se utiliza un cincel y un marro para golpear la parte del tubo que se encuentra mandrilado, para que éste se deslice con mayor facilidad al ser jalado por el otro extremo.
- c).- Estando todos los tubos desmandrilados se procede a trabajar por el extremo sur del precalentador (a la salida del primer paso) efectuándose maniobra para acondicionar el tirfor, para que quede en una dirección horizontal al tubo deseado. Después se suelda una varilla aproximadamente a unas 3 pulgadas del interior del tubo para amarrar el estrobo del tirfor, sacando por medio de este tubo.
- d).- Después de haber sacado todos los tubos, se lleva a cabo el remplazo de tubería nueva; utilizando una máquina neumática con el objeto de mandrilar dichos tubos.