

CONTROL QUIMICO DE LOS DIVERSOS
TRATAMIENTOS DE AGUAS EN LOS
FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO.

1955

EDUARDO SARAVIA OSORNO.

G. D. M.



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.

12
543.3(04)

Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Ciencias Químicas.

◆

T E S I S

que para su Exámen Profesional
de Químico, presenta el alumno

EDUARDO SARA VIA OSORNO.

México, D. F.

1955.

A mis idolatrados padres
Sr. Ing. Ignacio Saravia Milán

y

Sra. Emma O. de Saravia.

Como infimo tributo a sus desvelos.

A la memoria de mis inolvidables
hermanos:

Ignacio Saravia Osorno

y

Humberto V. Saravia Osorno.

*Con todo mi cariño a mi esposa,
Sra. Lucila Cuevas de Saravia.*

A mis adorados hijos:

Lucila,

Ignacio H.,

Eduardo H.,

Emma Matilde

y

Humberto V. Saravia Cuevas.

*Con perenne gratitud a mis maestros,
especialmente a:*

Quím. Tec. Sr. Rafael Illescas J.

Ing. Quím. Ramón Medellín O.

Ing. Quím. Othón Canales.

Ing. Quím. Pedro López M.

Ing. Quím. Jorge Sierra.

*A mis compañeros de la generación de
1938*

*Y con todo reconocimiento al Ing. Quím.
Héctor Herrera.*

*A mis compañeros del Departamento de
Pruebas y Analisis, Sec. Tratamiento
de Aguas de los I. F. C. N. de M.*

*A mis excelentes amigos a los que les debo
la cooperación en éste trabajo Sres:*

Ing. Jorge Maurice Lira

y

Agapito Aguilar Chavira.

CAPITULOS.

- I.—ANTECEDENTES.—
- II.—ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA.—
- III.—CAUSAS DE DEFICIENCIA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS.—
- IV.—PARTE EXPERIMENTAL.—
 - a).—Tratamiento interno.—
 - b).—Tratamiento externo.—
 - c).—Desmineralizador.— (intercambio iónico).
- V.—CUADRO ANALITICO.—
- VI.—CONCLUSIONES.—
- VII.—BIBLIOGRAFIA.—

CAPITULO I.

ANTECEDENTES.—

Es indudable que las condiciones actuales de nuestro País exigen el mejoramiento continuo de los diferentes sistemas de transportación, con el objeto de estar a la altura del actual desarrollo industrial.

Los Ferrocarriles Nacionales de México forman las redes de comunicación más importantes de México, la que no admite competencia debido principalmente al bajo costo de movimiento de gran tonelaje en grandes recorridos dentro de nuestro sistema de comunicaciones; por desgracia hace unos cuantos años los Ferrocarriles Nacionales de México guardaban las mismas condiciones que a fines del siglo pasado, pues aún se encontraban en servicio tipos de locomotoras de la clase F-2, No. 703 a 725 que se adquirieron en el año de 1881-1888, por lo cual es fácil deducir la poca efectividad del servicio ferrocarrilero en México.

Por ello es motivo de felicitación a aquellas personas que estando íntimamente ligadas a nuestros últimos gobiernos, se han preocupado por dejar a México un patrimonio de prosperidad, al iniciar la rehabilitación de nuestra industria ferroviaria, rehabilitación que hasta ahora ha consistido principalmente en verificar el cambio de rieles en las vías de mayor tránsito, en la adquisición de gran número de máquinas modernas como son las Diesel-Eléctricas, de nuevos carros de carga y numerosos carros coches de pasajeros, adelantos que sólo se traduce a una sola palabra o sea, por un México mejor.

Mas la labor no está terminada, existen gran número de problemas por resolver, entre ellos el que trataré en este punto de TESIS de vital importancia para conservar la vida de las calderas de las locomotoras, problema que con el tiempo y naturalmente con el decidido apoyo de los directivos de los ferrocarriles tendrá que resolverse poniéndose de manifiesto que la labor de los Ingenieros Químicos Inspectores que empezó a atacar y resolver los problemas que sobre la marcha se presentaban, no ha sido infructuosa, pues resuelto este problema se pondría en evidencia que se obtienen grandes ahorros por concepto de:

I.—Reparación de calderas, ya que en un gran porcentaje se debe a la mala calidad de agua con la que se surten las máquinas en sus recorridos dentro de sus diferentes Divisiones, disminución del número de lavados de calderas, disminución de reparación ya sea de tipo pesado o ligero dentro del hogar de la caldera, de las sangrias o de los cambios

totales de fluslería y por la substitución parcial o total de tirantes.

II.—Por mano de obra así como ahorro de material; pero fundamentalmente de la disminución del tiempo perdido de máquinas por reparación ya que las pérdidas económicas que por este concepto sufre la Empresa son tan altas como todas las otras causas anotadas.

En renglones anteriores hice referencia al grupo de Ingenieros Químicos Inspectores de las plantas de tratamiento de aguas y ya que toqué este punto haré una sinopsis del desenvolvimiento de este grupo y el trabajo que ha desarrollado en la corta vida que tiene este Departamento de tan vital importancia para nuestra Industria Ferrocarrilera.

No fué sino hasta el año de 1930, cuando los Ferrocarriles Nacionales de México comenzaron a prestar alguna atención al tratamiento químico del agua destinada al uso de locomotoras, incluyendo sus tratamientos en una sola línea, que fué la de México-Nuevo Laredo.

En 1912 el Departamento de Pruebas y Análisis, gestionó que se empleara el tratamiento de aguas; habiendo conseguido en 1914 que la Gerencia General aceptara un plan en el que se incluía todo el sistema. Este plan se puso definitivamente en marcha cuando a fines de 1944 se aprobaron los nombramientos de seis Ingenieros Químicos a los que se les asignó la inspección de tratamiento en las siguientes Divisiones: Cárdenas, Centro, Guadalajara, Golfo, Jalapa, Monterrey, Oaxaca, Pacífico, Puebla, Querétaro, Torreón e intervención periódica en el Sureste.

El suministro de aguas que industrialmente puedan considerarse eficientes para ser empleadas en un sistema ferroviario, es una labor muy ardua, debido a que los problemas inherentes a la aplicación de un tratamiento adecuado se multiplican de acuerdo con el volumen del agua y la cantidad de la misma, que es muy variable en cada una de las tomas del recorrido de una locomotora.

Los problemas que se presentaron a los nuevos Inspectores de tratamiento de aguas de los Ferrocarriles Nacionales de México fueron por lo tanto muchos y de muy diversa índole, ya que cada uno de estos Ingenieros recorría alrededor de 2,000 kilómetros en ciclos de 30 a 40 días, efectuando durante este recorrido la inspección de las plantas en camino, de las terminales y sub-terminales; tomando muestras y efectuando sobre la marcha los análisis de las aguas crudas y tratadas, tanto de las calderas fijas como de las locomotoras en tránsito; teniendo que llevar además un control de las existencias de desinfectantes; revisando las instalaciones de los dosificadores de reactivos y vigilando por medio del control químico el cumplimiento de las instrucciones dadas, con respecto a las descargas o purgas, para la realización de un tratamiento adecuado y efectivo.

La actual administración de los Ferrocarriles, fiel a sus planes de rehabilitación, se ha distinguido por la preponderante atención que ha puesto a todo aquello que ayude a incrementar el control técnico en los trabajos que realiza, por lo que no se ha dejado lo importante que significa un buen tratamiento de agua para ser usado en las calderas y jipes y en las calderas de locomotoras, motivos más que suficientes para que la Gerencia, con toda visión haya autorizado el gasto de fuertes sumas de dinero que anualmente totalizan más de cuatro millones de pesos, habiendo creado nuevas plazas para Ingenieros Químicos y ayudantes de ingenieros reduciendo con esto el territorio asignado a cada Inspector, comprando además cinco plantas Desmineralizadoras para ser instala-

das en aquellas partes de mayor tránsito para las locomotoras Diesel-Eléctricas.

En la actualidad el 97% del tratamiento químico corresponde al llamado sistema interno; pero la tendencia es implantar el proceso del tratamiento externo con plantas de cal-soda, así como el de desmineralizadores de intercambio iónico, ya que el tratamiento interno saca un costo hasta de \$1.08 por metro cúbico de agua tratada, en contra de \$0.60 que reportaría el tratamiento del mismo volumen de agua de la misma calidad, empleando el sistema externo o sea el de cal-soda. Para la realización de este plan se han puesto en operación tres plantas de cal-soda, una en Villa Frontera (Monclova), Coah., otra en Ramos Arizpe, Coah., y la de Venegas, S. L. P., etc. Además se tiene el proyecto de instalar las plantas de mineralizadoras que acaba de adquirir la Gerencia en los Estados Unidos de Norte América, faltando solamente para llevar a cabo dicha instalación el terminar las casetas en las Casas Redondas escogidas estratégicamente o sea aquellas partes de mayor tránsito de máquinas Diesel-Eléctricas y dando preferencia a terminales o sub-terminales, estando ya instalada la de Tlalcapantla, Edo. de México y por terminar la de Irapuato, Gto., Chihuahua, Chih., Ciudad Juárez, Chih., Nuevo Laredo, Tamps. y San Luis Potosí S.L.P.

Por último, quiero hacer notar que como resultado de la implantación de estos tratamientos sumado hasta que al momento se lleva, las reparaciones originadas por cambios de tubos de calefacción (fluses), tirantes, placas de tubos, etc., etc., que cada día va siendo mayor la vida de éstos, se verificarán, con los tratamientos antes mencionados y adecuados, cada tres a cinco años; obteniéndose por conclusiones obvias las economías en el gasto de combustible y agua.

De acuerdo con la apreciación de Ingenieros Mecánicos Ferrocarrileros de Estados Unidos de Norte América, los perjuicios originados por un kilo de incrustación en una caldera, representa un valor de \$3.66. Estos perjuicios pueden ser eliminados por medio de un tratamiento adecuado del agua de alimentación, con un costo aproximado de \$0.70 x metro cúbico de agua; basándose en este dato y tomando en consideración el volumen de agua requerido para el servicio de locomotoras en todo el sistema, así como también la diferencia de calidad de aguas, puede calcularse aproximadamente, que en los Ferrocarriles Nacionales de México, se conseguiría un ahorro de cerca de un millón de pesos por año.

CAPITULO II.—

ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

Con el objeto de facilitar este punto lo dividiré en dos partes principales:

PRIMERO:— Problemas técnicos causados por falta de aplicación de un tratamiento adecuado al agua problema; y segundo, problemas mecánicos resultantes de la falta de remoción de incrustaciones en los lavados de calderas, Corrosión y picaduras en las calderas.

I.—Este punto lo trataré someramente, debido a que en los capítulos siguientes trato extensamente cada uno de los diferentes tratamientos usados en los Ferrocarriles Nacionales de México, así como los problemas que traen por secuela al ser usados inadecuadamente.

Es de vital importancia, para observar prácticamente el resultado de un buen tratamiento, así como el efecto buscado al tratarse el agua, tener en continua observación los fluses y tirantes de una caldera, caso de haber incrustación, ver espesor de la misma, llevando un control estricto de las diferentes hileras que formen la flusería. Al analizar dicha incrustación se llega a conclusiones tales como que el encargado de aplicar el tratamiento no esté acatando las instrucciones del Ingeniero Químico Inspector o que por el contrario, no está dosificada correctamente la caldera; o bien que el tratamiento ordenado no sea el adecuado; estas conclusiones no deben de ser básicas para tomar una determinación; ya que muchas veces al analizar las incrustaciones se encuentran uno con capas formadas por incrustaciones que ya tienen bastante tiempo, capas que al haberse efectuado lavados anteriores de la caldera no fueron removidas.

II.—Problemas mecánicos resultantes de la falta de remoción de todos incrustantes en el interior de una caldera, Corrosión y picaduras en las calderas.

Ya se indicó que el lavado defectuoso de las calderas, trae por consecuencia, el entorpecimiento de labores del Ingeniero Químico Inspector para resolver los problemas sobre la supervisión del tratamiento; también es causa de requerir de un tiempo mayor para levantar la presión, del vapor, de un mayor consumo de agua, de un mayor gasto de combustible y sobre todo acorta la vida de una máquina, ya que a mayor espesor de incrustación mayor será la cantidad de calor para la ge-

neración de vapor.

Es de recomendarse se observen y lleven a cabo los siguientes puntos, para conseguir un correcto lavado de las calderas:

a).—Todas las calderas deben de estar completamente frías antes de iniciar el lavado, exceptuando como es natural los lavados que se efectúen en aquellas Casas Redondas a donde se cuente con instalaciones de calentadores de agua.

Cuando las calderas se enfrían por procedimientos naturales se desvaporarán; pero teniendo cuidado de que el agua permanezca siempre cubriendo el cielo del fogón, y en esta forma se dejarán, hasta que la temperatura se haya reducido en las láminas de fogón a unos 35° C., se procederá a tirar el agua, pudiendo lavar a continuación la caldera. Cuando la caldera no pueda ser retirada del servicio el tiempo suficiente de espera, para que se enfríe en la forma descrita, se procederá como sigue:

"Cuando haya suficiente presión en la caldera, se pondrán a trabajar los inyectores, hasta que los mismos por falta de presión dejen de hacerlo; a continuación se deberá de conectar la manguera de presión de agua en el tubo de alimentación entre el tanque y la máquina, debiéndose llenar la caldera hasta la parte superior, dejando al mismo tiempo que el vapor que aún quede, salga por la válvula desvaporizadora; la cual se localiza en la parte superior del domo.

El descargador se deberá abrir con el objeto de que salga el agua, pero no tan rápidamente que la cantidad de agua que salga, sea superior a la cantidad de agua que está entrando por el check; con esto se persigue el conservar la caldera completamente llena; este flujo de agua se mantendrá hasta que la temperatura de la lámina del fogón sea de 35° C. Por último se procede a remover todos los tapones dejando que la caldera se vacíe. (ver dibujos números 1 y 2).

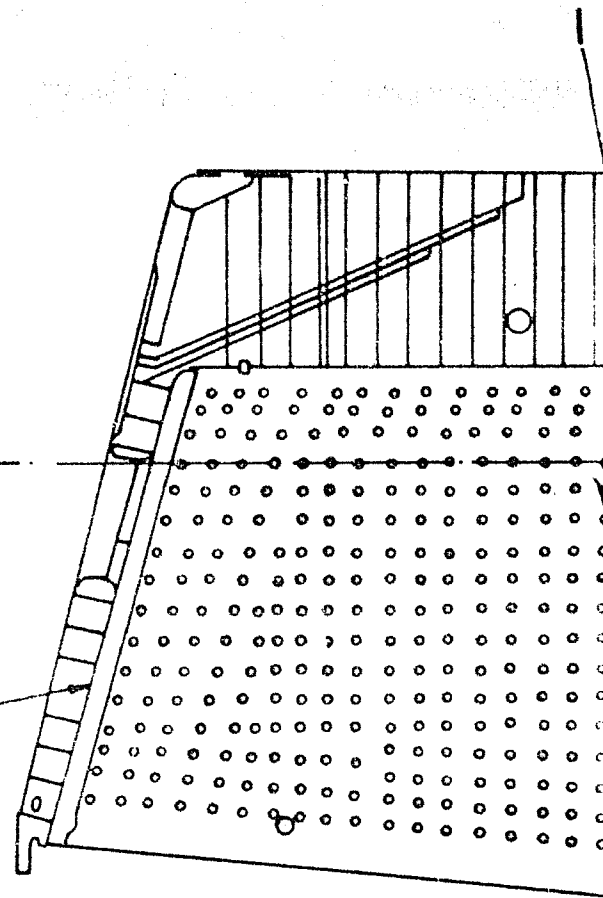
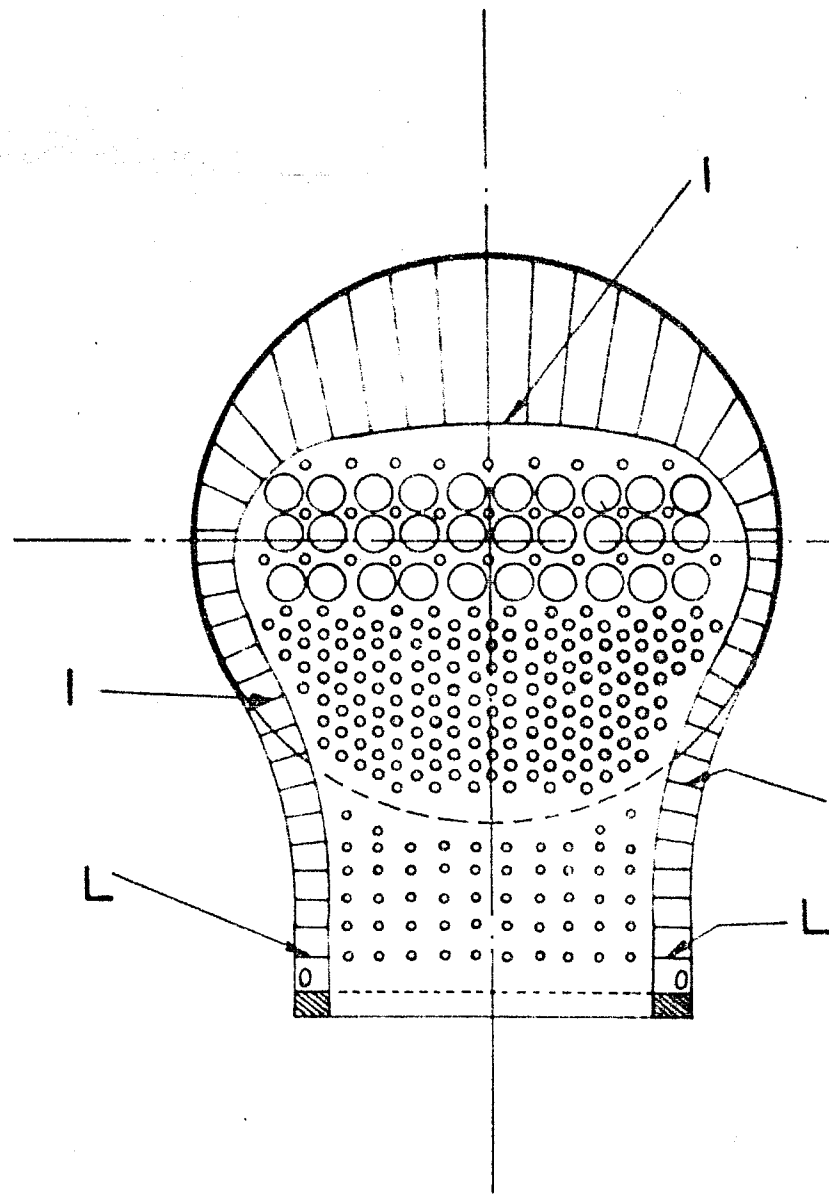
b).—Una vez removidos todos los tapones, se deberá principiar el lavado por los agujeros que se encuentran en la parte del frente de la lámina que forman el cielo del fogón. El cielo se debe de lavar con las boquillas números 1 y 2 (ver dibujo número 3). A continuación con las boquillas 3 y 4 para ejecutar el lavado entre las hileras de las barras y tirantes radiales, formando un ángulo hacia el lado derecho y dirigiendo el chorro de agua hacia la parte de tras del cielo del fogón.

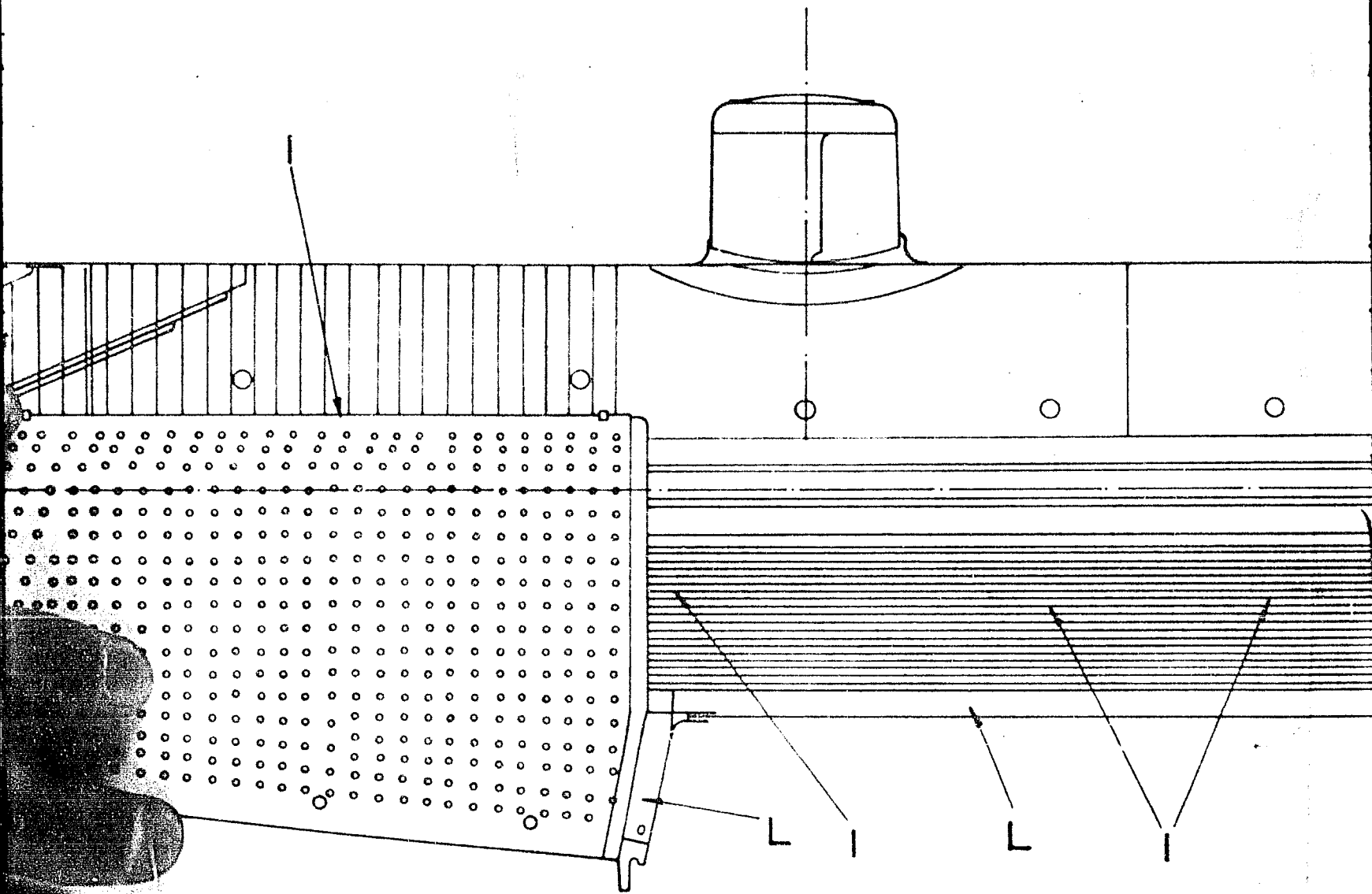
El objeto que se persigue con esta forma de lavado, es hacer que el lodo y las incrustaciones que se encuentran en el cielo del fogón, caigan hasta los lados y a la parte de atrás de la caldera, evitando que dichas incrustaciones y lodos se depositen en la parte de atrás de los tubos de calefacción.

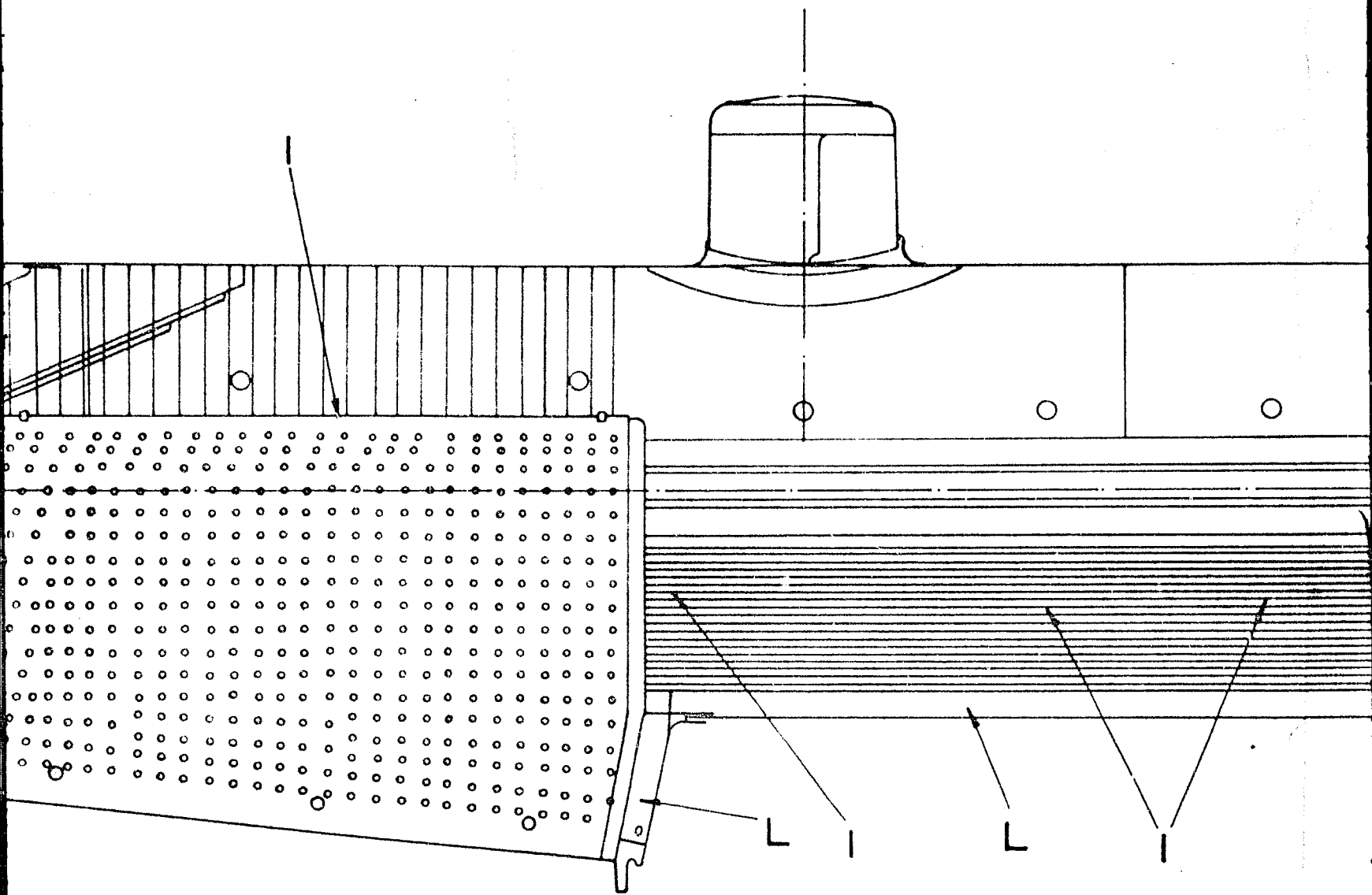
c).—El cielo del fogón se deberá de lavar desde la cabeza de la caldera, usando las boquillas 1 y 3 ó 6, debiendo de añadir a un tubo con gozne estas boquillas para imprimir un movimiento de rotación para alcanzar la parte superior de la caldera.

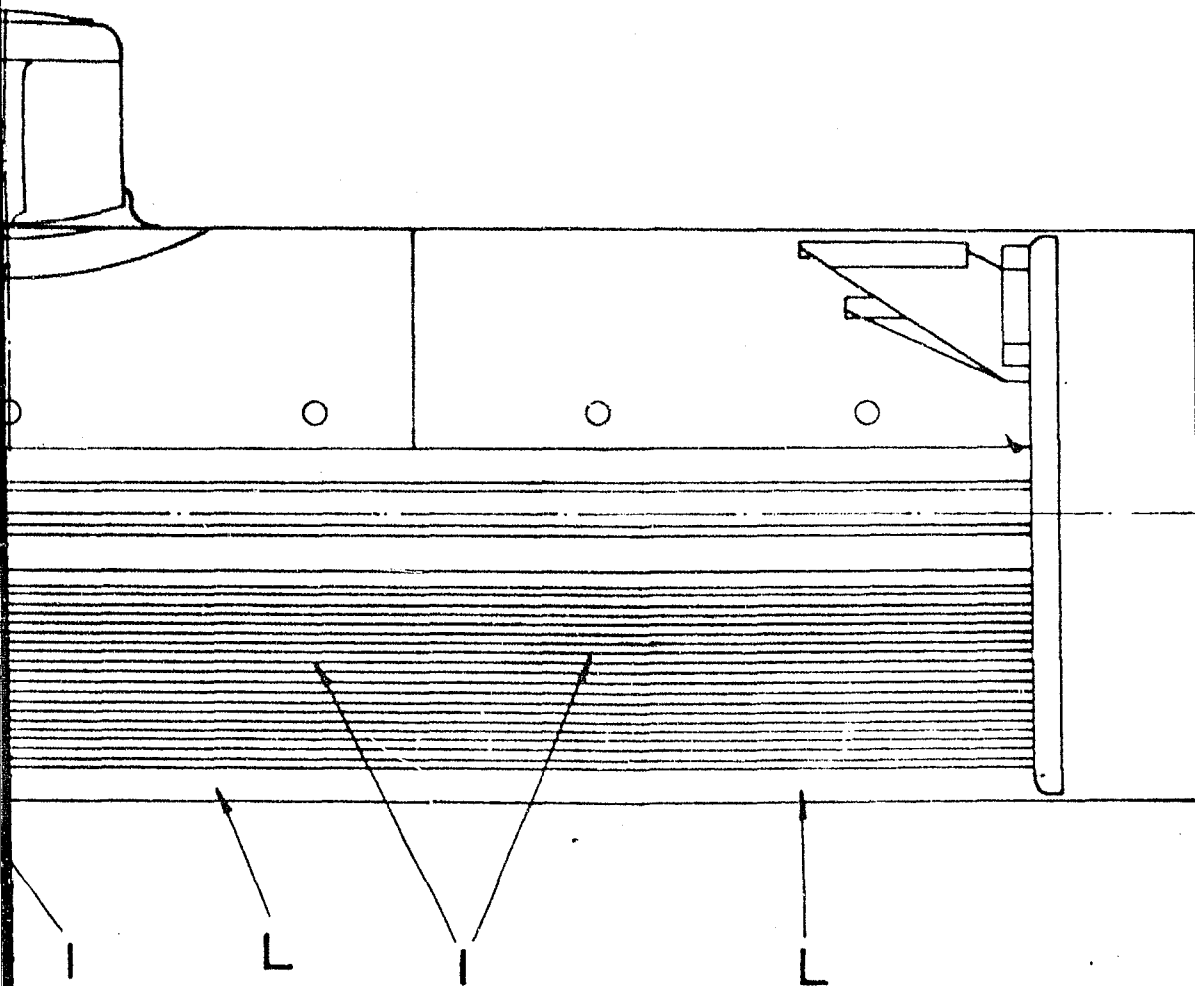
Los tubos de calefacción deben de lavarse empezando desde la parte posterior usando las boquillas 5 y 6, imprimiéndoles un movimiento pausado de rotación.

d).—Para lavar el espacio de agua existente en la cabeza de la caldera y la lámina que forma la puerta del fogón, se introducirá la boquilla número 6 por los agujeros que se encuentran en la parte posterior de la cabeza de la caldera, teniendo cuidado de remover todo el lodo









I=Incrustacion

L=Lodo.



Secciones Transversal-
y Longitudinal de una-
caldera tipo locomotora

TESIS

Dibujo

1955

E.Saravia O.

y las incrustaciones que se encuentren arriba y abajo de la puerta del fogón.

e).—Los tubos de arco deberán de lavarse y desincrustarse con raspadores neumáticos, cada vez que se laven las calderas. Si se permite que se forme incrustación en los tubos de arco, el metal se sobrecalentará formándose bolsas o ampolladuras, lo que produce el doblamiento de los tubos con lo que pierden su alineamiento los agujeros, provocando tensiones que dan lugar a esfuerzos que originan reventadas, siendo esto de sumo peligro, ya que pueden originar que el tubo se safe de la lámina y explote. Por lo tanto, no se debe permitir que una locomotora salga de su terminal con tubos de arco ensarrados (incrustados).

Las condiciones de los tubos de arco en lo que respecta a la incrustación en el lado que corresponde al agua, se puede ver fácilmente por la presencia de escoria en el lado que dá al fuego. Si un tubo de arco está limpio en la parte que corresponde al agua, se puede tener la seguridad que está limpio y terso del lado que dá al fuego. Es índice de formación de incrustación un tubo el que presente escoria adherida o aspereza arenosa en la parte que dá al fuego.

f).—Estas mismas recomendaciones son extensibles para el lavado de las láminas de costado, así como el lavado de los checks que es también muy importante el tenerlos limpios.

Para el lavado del barril de la caldera se aplica la boquilla de la manguera en el agujero del fondo.

INSPECCION PARA DESPUES DEL LAVADO

Esta no deberá de basarse en el hecho de que por los agujeros de lavado salga el agua limpia, sino que todos los espacios deberá de ser examinados cuidadosamente, valiéndose de una luz y de ser posible de una varilla con punta o un raspador de acero para aquellos lugares que no sean visibles.

No debe de pasarse por desapercibida la importancia que tiene el llenado de locomotoras y calderas, que se debe de hacer en la siguiente forma:

Estas operaciones se deben hacer por el chief injector, debiendo conservarse la válvula del tubo de vapor del inyector cerrada en la fuente.

Si se cuenta con agua caliente y tratada, se deberá de llenar por el purgador.

Para la remoción de los fondos e incrustaciones adheridas a la lámina que no se desprendieron, la presión del lavado (120 libras) deberá de golpearse la lámina con un martillo circular sin filo, de 1 1/2" de diámetro por 6" de largo.

He aquí algunos problemas que causan los lavados incompletos y defectuosos en los interiores de las calderas, problemas que serían de fácil resolución si se llevara un control estricto de estas recomendaciones, una que salta a la vista es que la incrustación no removida cubre

PICADURAS en los tubos y hasta pequeñas reventadas en los mismos, defectos que son imposible darse cuenta por encontrarse en el complicado sistema de vaporización de la caldera, trayendo por consecuencia que estas picaduras se hagan de mayor diámetro y las reventadas se agranden, terminando porque esa máquina forzosamente tenga que fallar, traduciéndose en pérdida económica para los Ferrocarriles.

Ahora bien, puede disminuirse el número de lavados que requieren las calderas, siempre y cuando el tratamiento usado dé resultados positivos, ya que al desempeñar el tratamiento un papel efectivo, no tiene por qué existir incrustaciones ni formarse siquiera, pero al llevarse a cabo un tratamiento inadecuado es natural que haya formación de lodos incrustantes, siendo cuando más debería de exigirse un lavado perfecto.

Luego, las ventajas que traen consigo al usar tratamientos efectivos y adecuados es el espaciar el período de lavados de las calderas, o bien que el sarro o incrustación formada y adherida sea suave y fácil de desprender, siendo suficiente el chorro de agua a unas 110 o 120 libras de presión por pulgada cuadrada para desprender todas las incrustaciones, todas estas ventajas se traducirían en dinero ahorrado para los Ferrocarriles, ya que se evitaría el pago de obreros, compra de materiales de reposición y sobre todo pérdida de tiempo por estar la máquina parada, o bien evitar fallas de calderas en camino y no poder la locomotora continuar su recorrido.

Un punto muy interesante de este Capítulo es la corrosión y picadura en los tubos de calefacción. Estos son términos que se aplican a la oxidación o ataque que sufre el metal de la caldera, la primera es comúnmente uniforme y está bien distribuida sobre la superficie afectada, mientras que la picadura se sujeta a áreas determinadas y aparece en formas de agujeros pequeños los cuales crecen con extraordinaria rapidez.

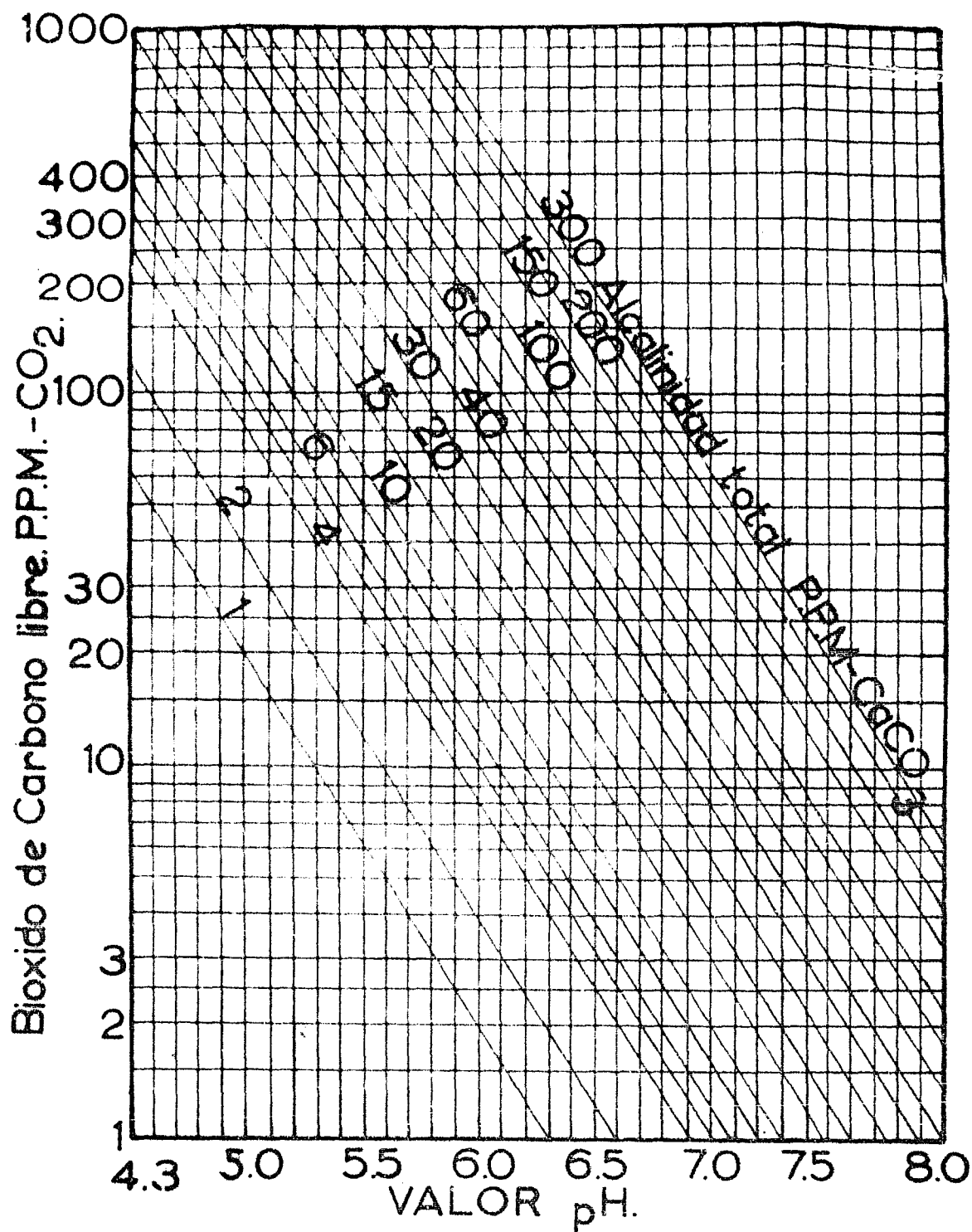
La corrosión es uno de los peores enemigos de la caldera, porque ataca al metal de la misma y sus efectos dañosa no pueden ser reparados más que substituyendo la parte atacada. La corrosión puede presentarse en las líneas de alimentación, pero más a menudo en los economizadores, en la parte de la caldera que recibe el agua de alimentación en las líneas por donde regresa el condensado y en general en todos los lugares donde el agua o el vapor entran en contacto con el metal.

Los métodos más comunes para evitar la corrosión consisten en el uso de calentadores para el agua de alimentación y de algunos productos a base de reactivos de carácter alcalino. La corrosión más frecuente, es la ocasionada por gases disueltos, estos gases se eliminan haciendo pasar el agua a través de calentadores o por la acción de los citados productos para que reaccionen con el bióxido de carbono y el oxígeno, también es frecuente el uso de pequeñas cantidades de sulfato de sodio con el fin de eliminar el oxígeno disuelto.

La corrosión del metal en la caldera trae por consecuencia la "fatiga de corrosión" la cual se produce por efectos de las tensiones intermitentes a las que están sujetas las masas metálicas debilitadas por la corrosión, provocando que éstas se rajen o se separen, esta fatiga se acentúa por la presencia de sólidos en suspensión en el agua de la caldera.

Como decía líneas anteriores, los gases, principalmente el "bióxido de carbono y el oxígeno" son los que intervienen en las corrosiones, siendo éste último el de mayor importancia en los ataques de co-

GRAFICA 3.



Relacion alcalinidad.-pH.-Bioxido de Carbono.



TESIS.

Dibujo

1955

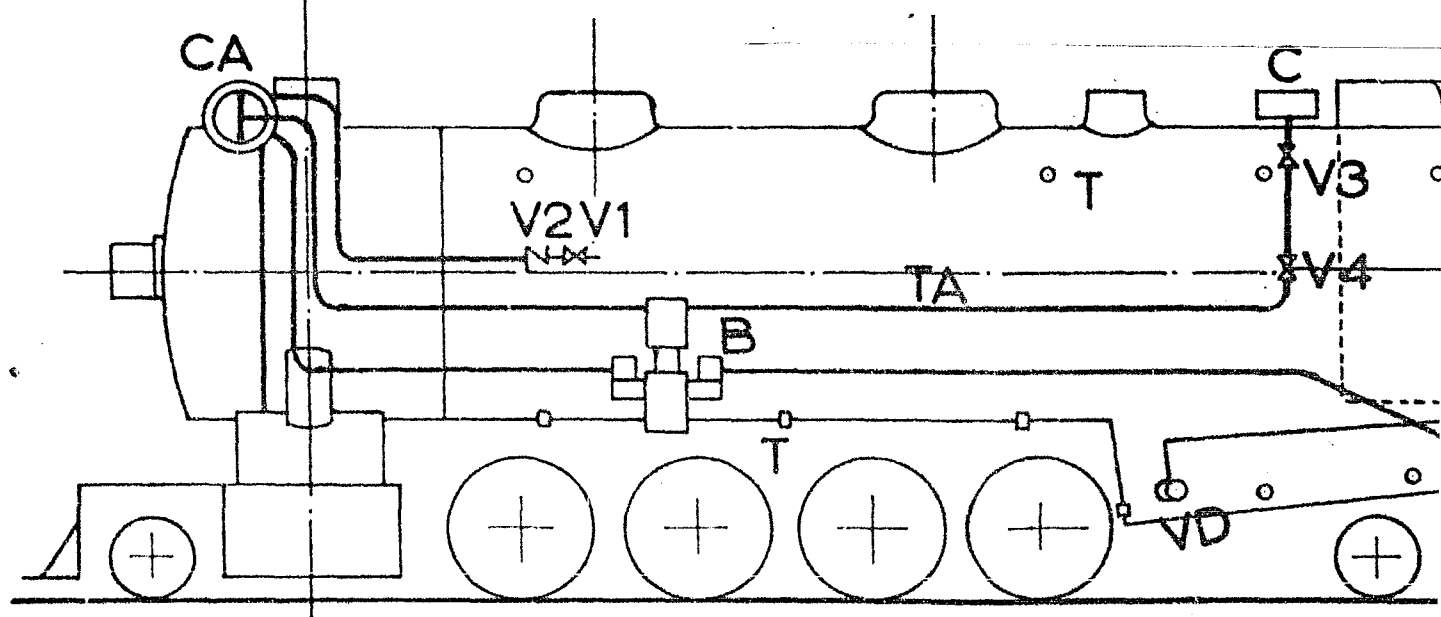
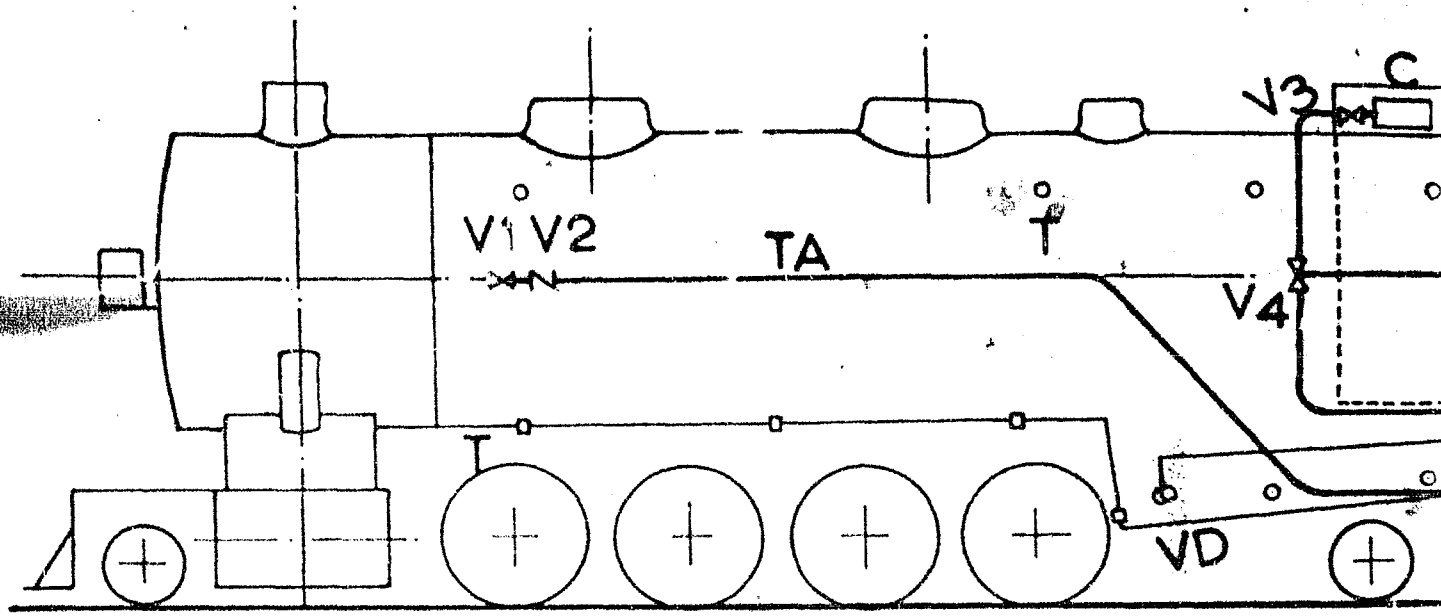
E.Saravia O.

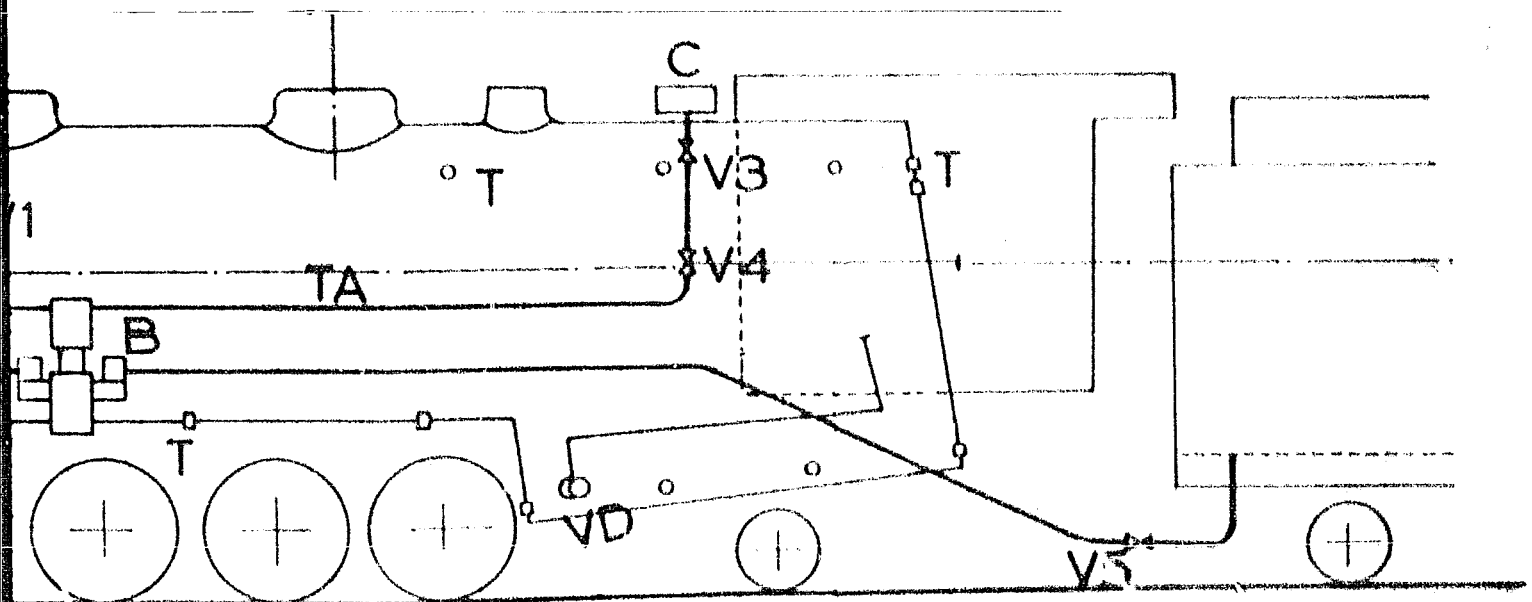
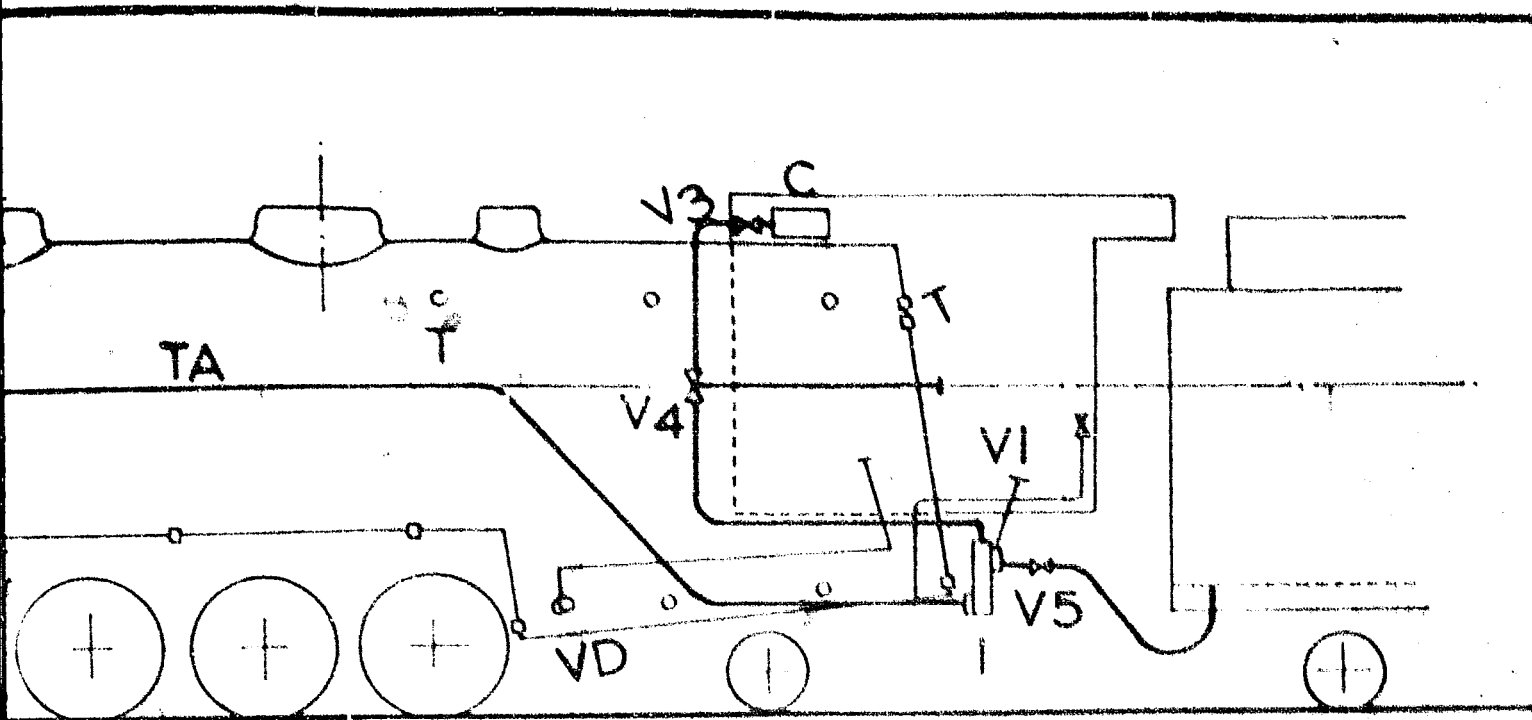
rosión.

EL OXIGENO es el principal factor de los procesos de corrosión en cualquier sistema de agua; dentro de las calderas se desprenden los gases que vienen disueltos, el oxígeno se combina con el hidróxido ferroso y dá como resultado el hidróxido férrico, el cual precipita. Cuando además se tiene la presencia del bióxido de carbono el oxígeno completa con él otras reacciones cíclicas de oxidación.

El bióxido de carbono, es otro gas que como el oxígeno va a ocasionar en las calderas y generadores de vapor la corrosión. Tiene dos orígenes, Primero: El gas que se encuentra en la atmósfera y que se disuelve en el agua; segundo: la presencia en el agua de bicarbonatos de calcio, de magnesio y de sodio, los cuales se descomponen con el calor, dejando libre en el interior de la caldera CO_2 .

El contenido de bióxido de carbono depende fundamentalmente del valor del pH, para una alcalinidad constante. La gráfica nos indica contenidos de bióxido de carbono libre en partes por millón desde 1 a 10000, de valores de pH de 4.3 a 8 y para alcalinidades máximas de 300 partes por millón.





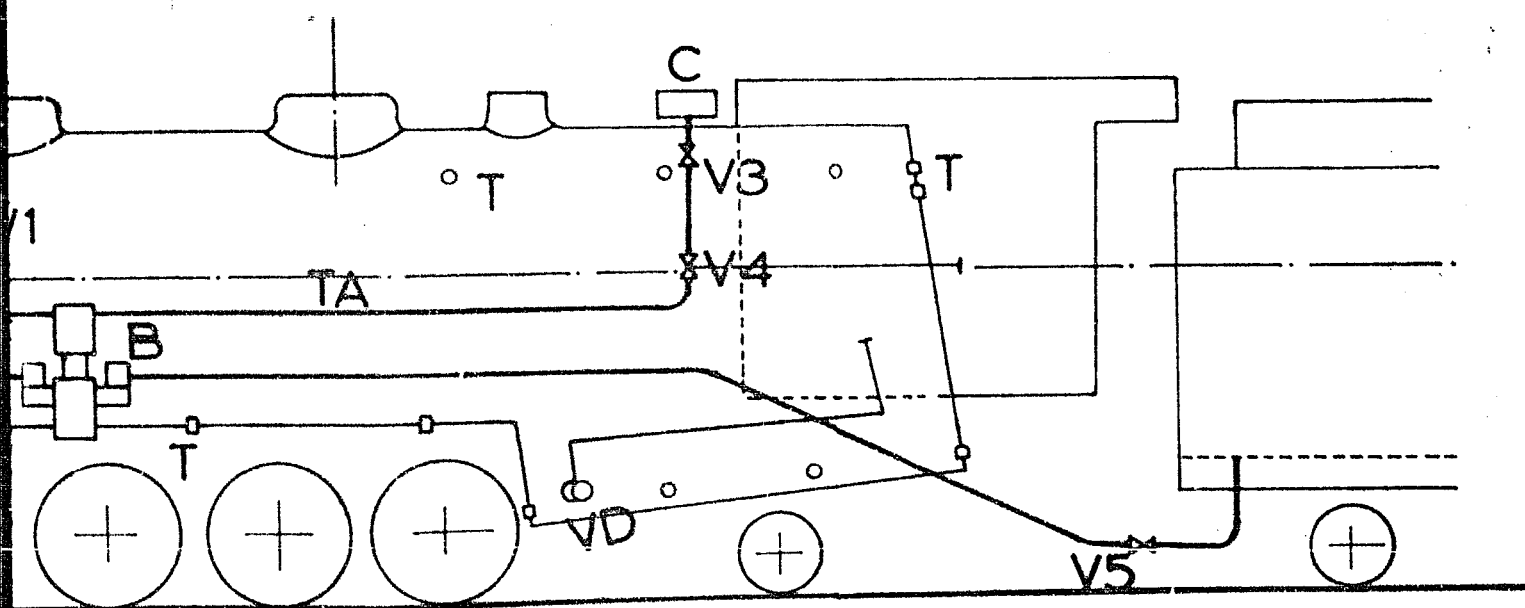
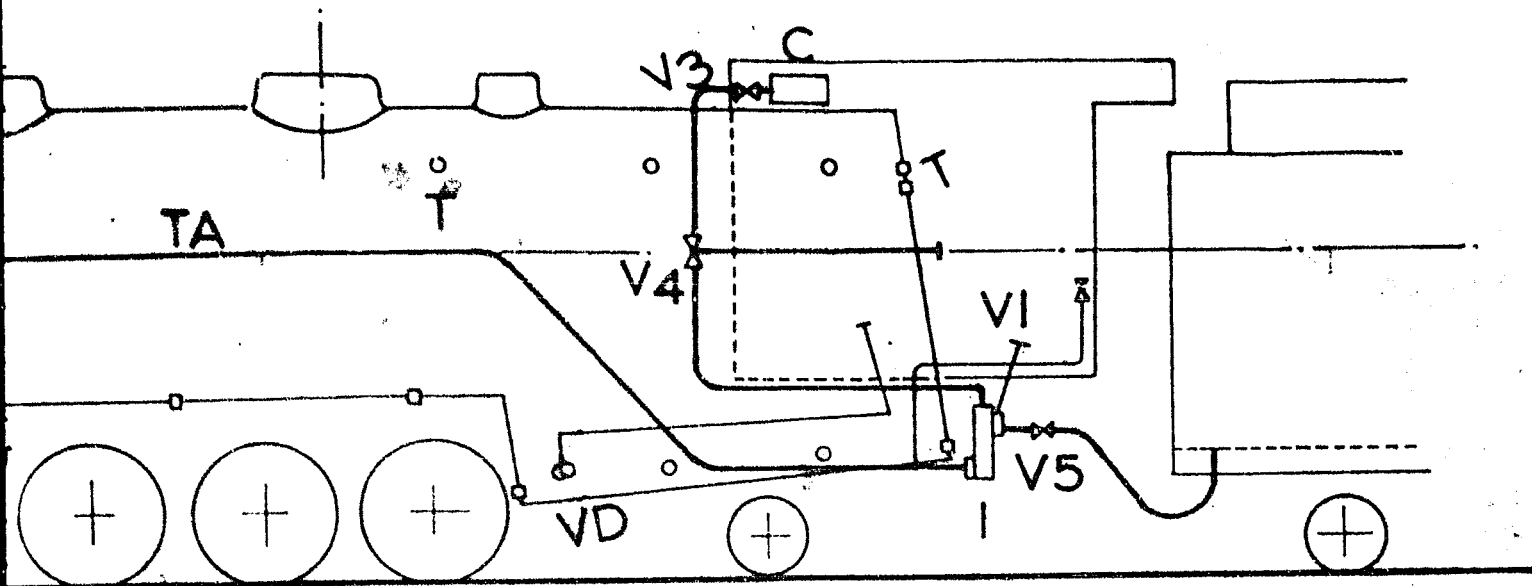
Sistema alimentacion.-
 Tapones de lavado y
 Tubos de descarga.

TESIS

Dibujo

1955

E. Saravia O.



Sistema alimentacion.-
 Tapones de lavado y
 Tubos de descarga.

TESIS

Dibujo

1955

E.Saravia O.

CAPITULO III.—

CAUSAS DE DEFICIENCIA EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA.—

Dos son los puntos principales en este Capítulo; en el primero explicaré y puntualizaré las dificultades que traen por secuela, el uso de tratamientos no seleccionados; especialmente para resolver los problemas que presentan cada una de las aguas, con las cuales se abastecen las locomotoras tanto de patio como de camino, así como calderas estacionarias. En el segundo punto trataré de las dificultades que se presentan a los Ingenieros Químicos Inspectores al tener que inspeccionar y controlar el tratamiento en zonas tan extensas como tienen ahora asignadas.

PRIMERO:— En este punto será bastante breve, ya que en Capítulos posteriores trato extensamente de cada uno de los tratamientos, que deberían aplicarse, teniendo en consideración el resultado de los análisis verificados en las aguas crudas con el objeto de obtener un rendimiento y de eficacia tal, que justificará plenamente el gasto de cinco millones de pesos anuales que es la cantidad que en la actualidad erogan los Ferrocarriles en tratamiento de sus aguas destinadas para usos industriales; pues a mi parecer, una aplicación más adecuada de esta suma de dinero, traería aparejado un mayor ahorro en el gasto de combustible, de tubos de calefacción, de tirantes y placas, así como una disminución en las nóminas de los lavadores y palleros, y en el número de accidentes por explosiones en las calderas; las que en su mayor parte son debidas al mal estado de conservación de las mismas originado por falta de tratamientos adecuados; consiguiendo en general una mayor vida de las locomotoras, que es el fin primordial que con este servicio persigue la Empresa de los Ferrocarriles Nacionales de México.

Con el objeto de normar un criterio que nos sirva para la clasificación de las diferentes clases de agua con que cuenta el Ferrocarril a continuación intercalo una tabla que toma como base la dureza de las aguas crudas.

GRANOS POR GALON. PARTES POR MILLON. CALIDAD DE AGUA.

de 1 a menos de 10	de 17.1 a menos de 171	Buena.
de 10 a 20	de 171.0 a 343	Acceptable.
de 20 a 30	de 343.0 a 513	Pobre.
de 30 a 40	de 513.0 a 684	Mala.
Más de 40	Más de 684	Pésima.

En el sistema de los Ferrocarriles Nacionales de México existen aguas de todas las clases pero por lo general las aguas malas y pésimas se encuentran en el Norte de la República (la mayor parte sulfatadas); en el Centro son bastante aceptables y en el Sur aguas bastante buenas; es natural que haya sus excepciones, pues en el Norte se pueden localizar aguas aceptables así como en el Sur aguas pésimas.

CLASIFICACION DE AGUAS EN EL SISTEMA FERROVIARIO.

DIVISION MONTERREY:— En el ramal de Monterrey a Matamoros es a donde se localizan las aguas de mejor calidad, no obstante necesitan de un tratamiento externo a base de Aluminato de Sodio y una demineralización pequeña de Carbonato de Calcio y Caldra, pues son aguas que por provenir de ríos son ricas en sólidos en suspensión, como ejemplo de estas plantas de agua son las de Ahlamas, N.L., Camargo y Arráduas, Tamps.; las plantas de Pesqueria, N.L. y Control, Tamps., son aguas cuya calidad se puede considerar entre los límites de aceptable y por último la terminal de Matamoros, Tamps., la podemos considerar como agua de carácter pobre necesitando por lo tanto un tratamiento externo a base de Cal-Soda.

En la Troncal de Saltillo, Coah., a Nuevo Laredo, Tamps., la planta de Ramos Arizpe cuenta con agua de pésima calidad; en este lugar estaba instalada una Planta de Tratamiento Externo a base de Cal-Soda. Planta que se está desmontando por haberse dieselizado la División Monterrey, son aguas aceptables las de Soledad, Monterrey, Morales, Villa Ahlamas, Guadalupe y Tampazos, N.L. En los límites de aguas pobres podemos considerar la de Ojo Caliente y Anáhuac, N.L., y la de Nuevo Laredo, Tamps. En la actualidad esta División se encuentra Dieselizada, motivo por el cual salen sobrando los tratamientos internos o externos a base de Cal-Soda. En las Plantas de Agua de Nuevo Laredo, Tamps., se está instalando una planta desmineralizadora a fin de surtir el agua necesaria para la refrigeración de los motores Diesel.

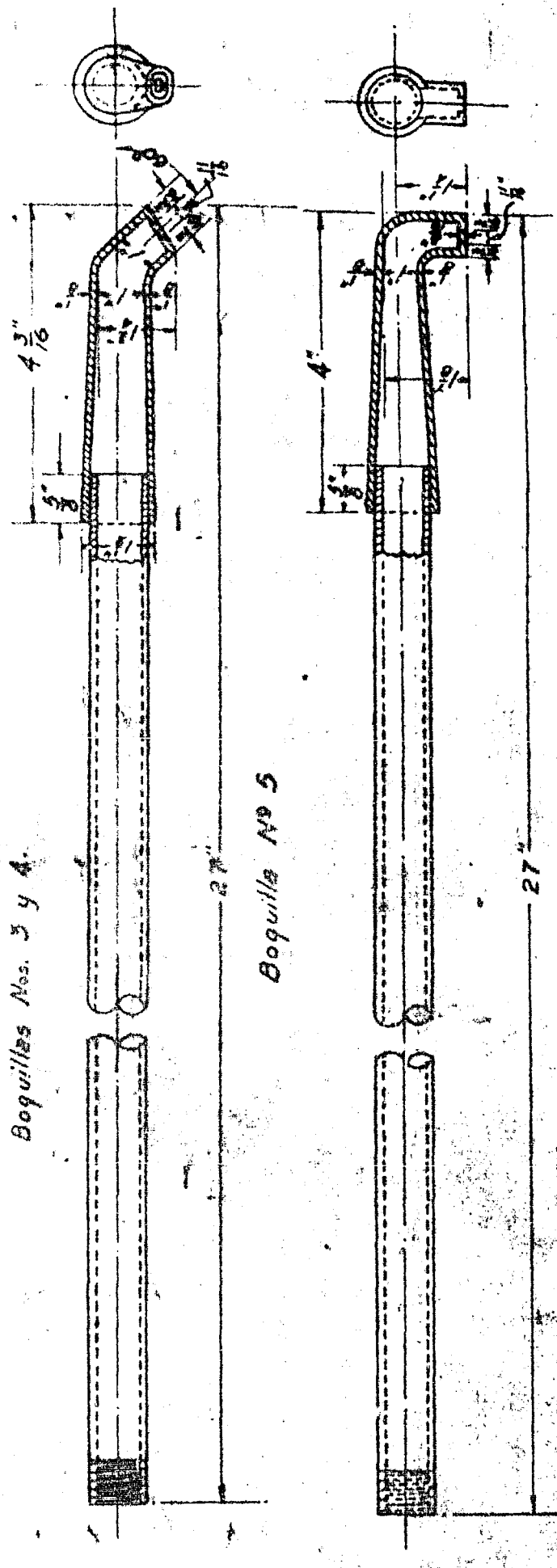
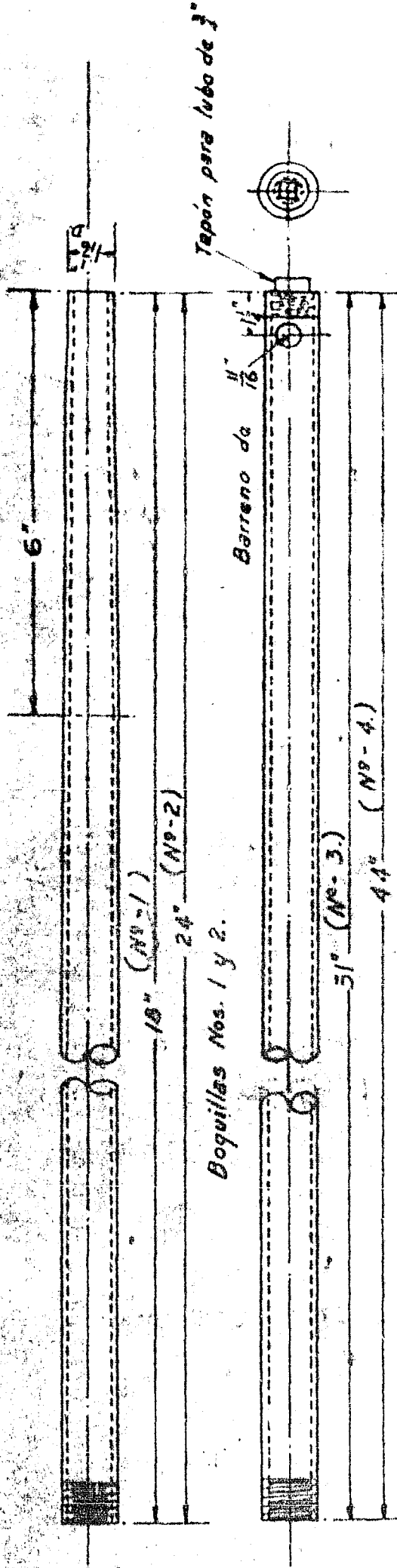
DIVISION GOLFO:— Esta división se encuentra dividida en Golfo Norte y Golfo Sur, comprendiendo la Golfo Norte de Monterrey, N. L., a Piedras Negras, Coah., con los ramales de Paredón, Coah., a Hipólito, Coah., de Monclova a El Oro, Coah.; de Barroterán a Múzquiz, Coah., y de Allende a San Carlos, Coah., pudiendo clasificar las aguas de la manera siguiente: Aguas aceptables la de Higo, Hidalgo, Las Moras, Espinazo, La Polka, Arocha, El Oro y Los Rosales, perteneciendo Hidalgo y Espinazo a Nuevo León y el resto de las Plantas a Coahuila; en los límites de aguas pobres encuentranse las de Hipólito, Múzquiz y San Carlos, Coah., y por último las aguas de mala calidad son las de Buzaleshe, Adjuntas, Lechuguilla y Piedras Negras, Coah. En la actualidad la subterminal de Monclova, Coah., se encuentra en operación una planta de tratamiento externo a base de Cal-Soda.

La División Golfo Sur, comprende de Monterrey a Doña Cecilia, Tamps., con el ramal de Calles, Tamps., a Ciudad Mante, Tamps.; teniendo en esta División aguas aceptables como las de El Cerro de la Silla, San Juan, Montemorelos, N.L., Garza Valdez, Cruz, Ciudad Victoria, Lavin, González y Alvaro Obregón, Tamps.; en el límite de aguas pobres tenemos las de Linares, N.L.; y por último en el límite de las pésimas tenemos las de Ignacio Zaragoza, Ciudad Mante y Los Esteros, Tamps., con el agua de Doña Cecilia, Tamps., que es a donde se encuentran los Talleres de Caja Redonda, sucede que en tiempo de llu-

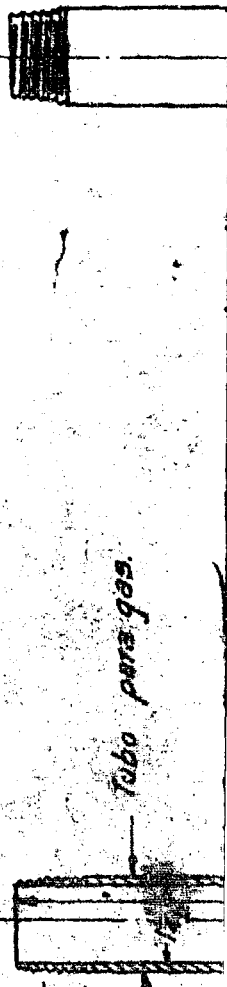
vas el agua se puede considerar dentro de los límites de aceptable, sufriendo lo contrario en tiempo de secas ya que se transforma en agua de carácter pélsimo por la cantidad de Cloruro de Sodio que contiene, pues resulta que el mar invade los ríos de Pánuco y Tamesí, fuentes de abastecimiento de las Lagunas de Chahrol y Tancol; lagunas que proveen de agua a la ciudad de Tampico, Refinería de Petróleos Mexicanos y a los Talleres de Doña Cecilia. Los dos primeros citados han resuelto su problema haciendo una captación de agua a 80 kilómetros río arriba; quedando solamente por resolver su problema los Ferrocarriles Nacionales de México.

Como se puede ver por esta pequeña clasificación de aguas en las Divisiones Golfo y Monterrey, existen en promedio gran cantidad de plantas que deben ser tratadas por métodos externos, sin embargo en su totalidad (menos Monclova) se tratan a base de sistema interno, en consecuencia el resultado que hasta la fecha se ha obtenido es casi nulo, y si el fracaso no ha sido completo es debido a la capacidad y experiencia del Grupo de Ingenieros Químicos Inspectores, con los que cuenta el Departamento de Pruebas y Análisis de los Ferrocarriles Nacionales de México.

SEGUNDO: Cada uno de los Ingenieros Químicos Inspectores tiene a su cargo dos Divisiones del sistema Ferroviario, por lo cual creo pertinente aclarar por que tienen que efectuar recorridos de 1,500 a 2,000 kilómetros mensuales; recorridos que se efectúan a bordo de Automones; en estas inspecciones se lleva un control de cada una y todas las plantas comprendidas a lo largo de las Divisiones a su cargo, control que consiste en analizar las aguas crudas de abastecimiento de los tanques (10 a 50 tanques) de entrega a las máquinas, de este análisis calcular la cantidad de tratamiento por metro cúbico y total de bombeo en cada 24 horas, efectuar análisis de agua tratada para el control de la misma y comprobar si la desinfección del tratamiento es correcta, además llevar un control del agua cocida de calderas fijas y de máquinas y otros trabajos de menor importancia que consisten en verificar las existencias de tratamientos, comprobando por medio de este recuento de existencias si el encargado de aplicar el tratamiento ha cumplido o no, además se tiene que revisar los dosificadores de "by pass" con el objeto de comprobar si dicho dosificador está trabajando en general correctamente, en fin son labores que exigen que en cada una de las Divisiones haya un Ingeniero Químico Inspector, con su respectivo ayudante, además creo necesario la presencia de otro Ingeniero Químico en las Casas Redondas que lleven el control de salidas y entradas de las máquinas, así como a la vez ayuden en la supervisión de lavados de calderas, llevando estadísticas tanto de las calderas de Casa Redonda. De esto se deduce que el número de Ingenieros Químicos Inspectores con que actualmente cuentan los Ferrocarriles, es insuficiente para llevar a efecto un tratamiento correcto.



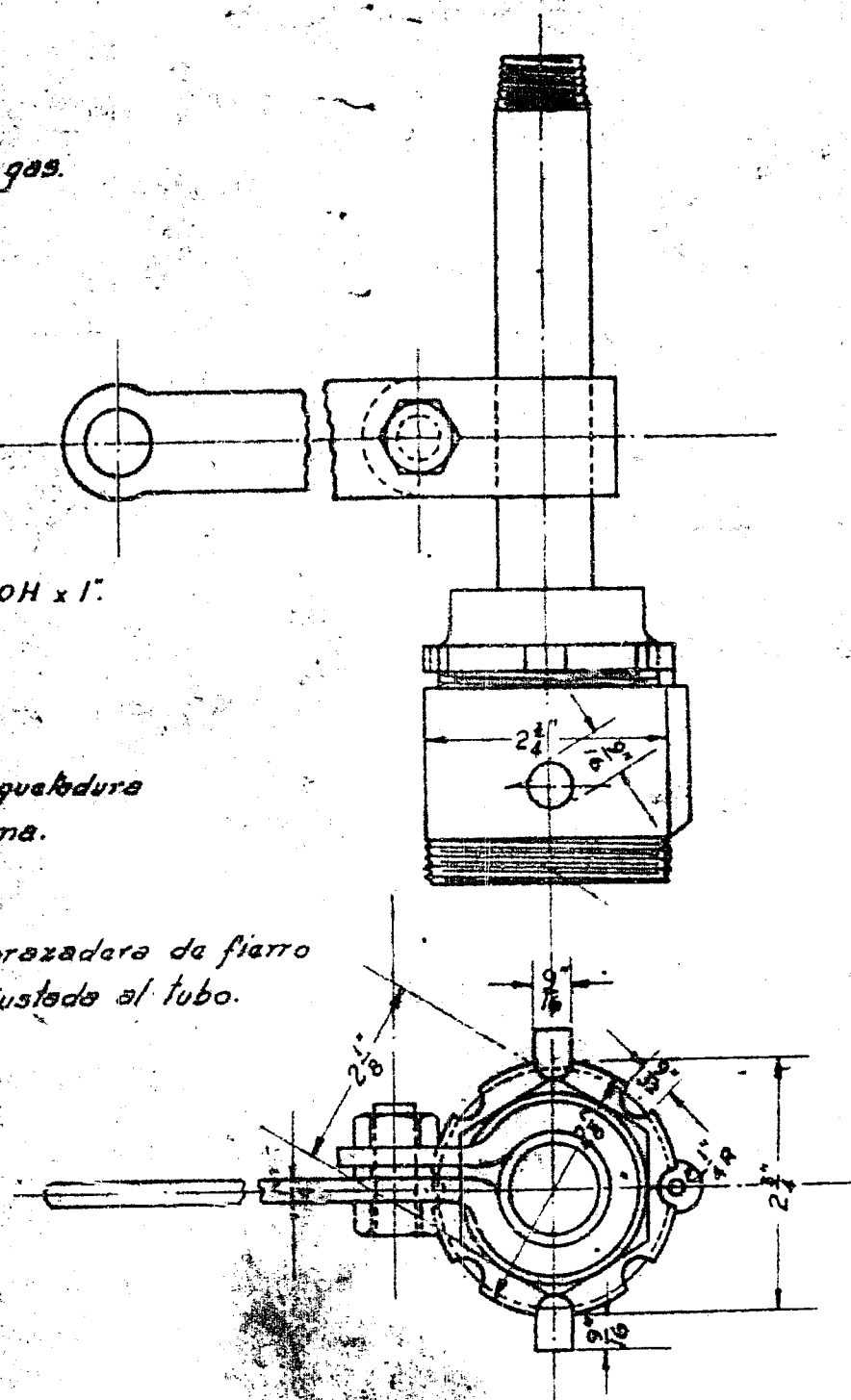
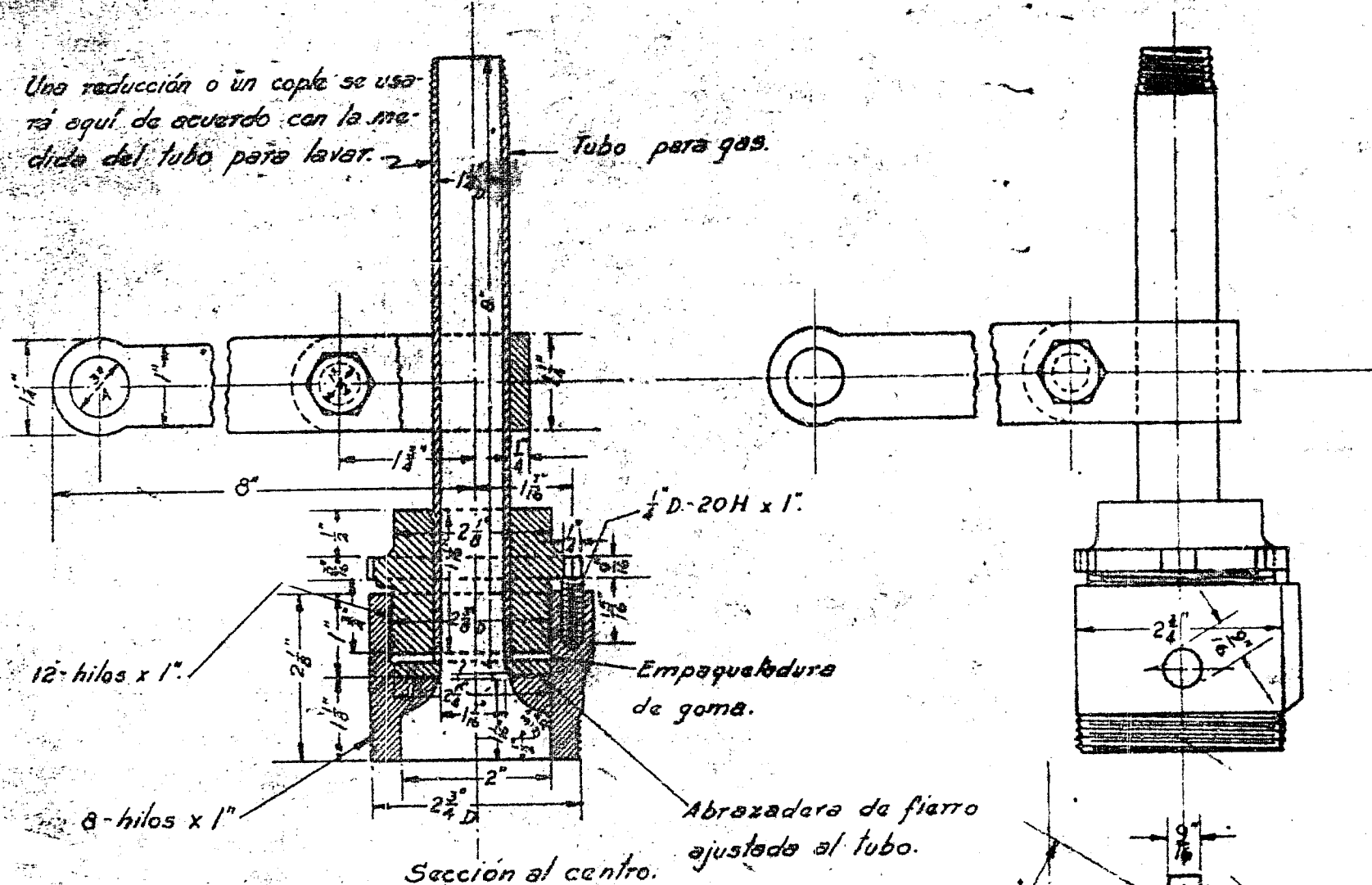
Manufacturadas con tubo de 1" para gas.



Una reducción o un cople se usa
 en el punto de acoplamiento con la me-
 dida del tubo para lavar.

Manufacturadas con tubo de 1" para gas.

Una reducción o un cople se usará aquí de acuerdo con la medida del tubo para lavar.



BOQUILLAS REGLAMENTARIAS "AAR" -
PARA LAVADO DE CALDERAS FIJAS
Y DE LOCOMOTORAS.



Eduardo Saravia O. Dibujo:

1955.

TESIS.

Boquilla Giratoria.

CAPITULO IV.—

PARTE EXPERIMENTAL.

Es imposible tratar de resumir en un solo Capitulo los diferentes tratamientos a seguir en aguas crudas; no por la cantidad de tratamientos, sino por lo extenso del sistema ferroviario y por la diversidad de las calidades de sus aguas, por lo tanto tomaré tal como se hace o clasifica el Sistema en los Ferrocarriles Nacionales de México, es decir por "Divisiones", siendo las Divisiones Monterrey y Golfo las que más se facilitan para el desarrollo de este trabajo, ya que en estas Divisiones se cuenta con las aguas más difíciles y de calidad más diversa.

A lo largo de cualquier División encuéntranse tomas de agua o tanques elevados situados estratégicamente, pues se ha calculado de antemano el consumo de agua, cálculo basado en los diferentes tipos de locomotoras, dando por resultado que los tanques se encuentren situados más o menos 50 kilómetros uno de otro. Las fuentes de abastecimiento de estos tanques son: ríos acequias, presas, norias, pozos, etc., etc., para la elección de los tratamientos de agua, debe comenzarse por considerar la fuente de abastecimiento, ya que las aguas de río, presa, acequia, necesitan coagulantes para sedimentar sus sólidos en suspensión y en algunas ocasiones se requiere hasta filtrar el agua para que el tratamiento dé resultados positivos; ahora bien, el agua desde el punto de vista químico en general y en forma burda, se clasifica en: aguas SULFATADAS Y BICARBONATADAS, clasificación que puede servirnos de base para la elección de un tratamiento el cual además puede ser Interno o Externo, a base de ablandadores o intercambio Iónico.

a).—TRATAMIENTO INTERNO:— Se conoce por tratamiento interno aquellos reactivos que se agregan a un agua cruda para producir reacciones en el interior de las calderas.

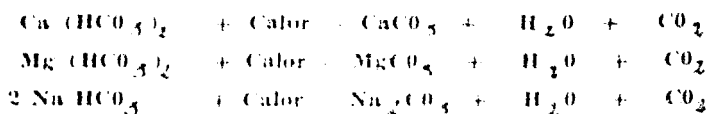
Actualmente en los Ferrocarriles Nacionales de México, se emplea en su gran mayoría para el tratamiento de aguas esta clase de tratamiento; siendo precisamente las Divisiones seleccionadas las únicas, además de la División San Luis que cuenta con una planta de tratamiento externo; estas plantas de tratamiento externo se encuentran en la División Monterrey, en Ramos Arizpe, Coah.; División Golfo Norte, en Monclova, Coah., (Villa Frontera) y en la de San Luis, en Venegas, S. L. P., siendo éstas como ya indiqué las únicas plantas de tratamiento externo con que cuenta los Ferrocarriles Nacionales de México.

El tratamiento interno se recomienda para aquellas aguas donde la dureza no sea mayor de unos 200 p.p.m., siendo el caso precisamente que a pesar de que muchas aguas sobre pasan estos límites se continúa aplicando esta clase de tratamiento. En la actualidad y desde que se inició el tratamiento de aguas en los Ferrocarriles Nacionales de México, se ha usado el tratamiento interno el cual consiste en dosificar el agua por tratar "x" cantidad de reactivo, basándose en el análisis químico del agua cruda y en su consumo probable. En el Ferrocarril, el reactivo calculado se aplica en aparatos dosificadores de "By pass", los cuales dejan pasar determinada cantidad de reactivo, cantidad que puede ser controlada por el Ingeniero Químico Inspector por medio de una llave de paso (válvula macho). Esta cantidad de tratamiento va de acuerdo con la cantidad de agua que pasa por la columna de llenado del tinaco. Por lo regular la aplicación del reactivo se efectúa por la tubería de llenado del tanque de abastecimiento, pero hay casos en que no puede hacerse por utilizarse también el agua de estos tanques para usos domésticos, en este caso el dosificador debe de instalarse a la garza del tinaco, presentándose entonces el gravísimo problema de no poder controlar el agua tratada, ya que el reactivo pasa únicamente cuando una locomotora toma agua, pudiendo suceder que en ocho, diez o más horas no pase ninguna, y encontrándose el reactivo en solución ya que el dosificador está lleno de agua, la máquina que pase después de este lapso de tiempo se surta con agua con tratamiento sobre pasado y por acaso pasara en seguida otra, el agua que tomara estaría escasa de tratamiento, siendo ambos casos una causa de falla en el resultado del tratamiento.

El tratamiento por aplicar, consiste en fórmulas especiales, vendidas a los Ferrocarriles, por diferentes firmas comerciales. Fórmulas que están basadas más o menos en los mismos componentes centesimales. Los principales componentes son el carbonato de sodio, polifosfatos, metafosfatos, materias orgánicas ricas en taninos y ligninas, tales como el quebracho, el castaño de las Indias, etc. Solamente me referiré a las reacciones de los principales compuestos que intervienen en el tratamiento.

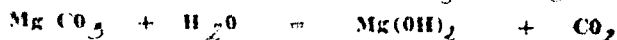
CARBONATO DE SODIO:— Esta sustancia tiene la ventaja de ser muy soluble en agua alcanzando un valor de 28,000 p.p.m. (28%) se recomienda para usarse en aguas de carácter sulfatado pero en donde la diferencia de dureza total menos alcalinidad total, no sea mayor de 200 p.p.m.

La presencia de una cantidad considerable de bicarbonatos en las aguas de alimentación de una caldera, viene a ser parte fundamental del problema para el tratamiento interno del agua, los bicarbonatos de calcio, magnesio y sodio se descomponen con el calor en:

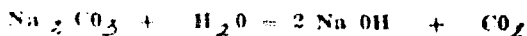


De los tres carbonatos formados, el de calcio precipita rápidamente ya que tiene una solubilidad de 13 p.p.m. a 100° C. y expresado como CaCO_3 El MgCO_3 tiene una solubilidad de 75 p.p.m. a las mismas condiciones, motivo por lo que tendrá que precipitar más lento, razón por lo que se transforma en $\text{Mg}(\text{OH})_2$ el cual tiene una solubilidad de 8 p.p.m.

compuesto que se forma al reaccionar el $MgCO_3$ con el agua.



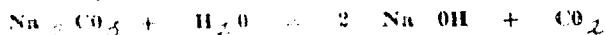
El carbonato de sodio, como ya dejó dicho líneas arriba, es muy soluble, al igual que todas las sales de sodio, de manera que no precipita, sino por el contrario permanece en solución en concentraciones muy variables. Este carbonato reacciona con el agua dando sosa cáustica en solución.



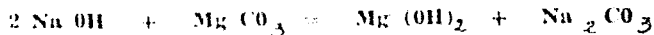
El carbonato de calcio y el hidróxido de magnesio precipitan en forma de "lodos" apareciendo éste último como "gel" y actuando como coagulante, no adhiriéndose al metal en tanto no se presenten los sulfatos y silicatos, que son los que vienen a formar las incrustaciones duras, siendo el motivo por el que al analizar una incrustación en las calderas de las máquinas de los Ferrocarriles, un 85% está formada por carbonato de calcio.

De las sales que forman la dureza de los no carbonatos, la que mayor dificultad presenta es el SULFATO DE CALCIO, éste tiene una solubilidad de 1,246 p.p.m. a 100° C. pero al sobrepasar estos límites tiende a precipitar dando lugar a la formación de incrustaciones duras, actuando como cemento con el carbonato de calcio y el hidróxido de magnesio, compuesto que por gravedad tienden a sedimentarse.

El carbonato de sodio es recomendado para abatir la dureza, principalmente la de aguas no carbonatadas, es decir, las que tengan en solución sulfatos, este abatimiento es debido a la formación del carbonato de calcio, pero el carbonato de magnesio el cual es más soluble, como ya dejó dicho, por lo que se precipita como hidróxido, por hidrólisis del carbonato de sodio. Con el tratamiento de carbonato de sodio se consigue abatir la dureza pero en cambio se incrementa la alcalinidad, incremento que hay que controlar por medio de análisis del agua tratada con objeto de evitar estos excesos de alcalinidad.



La Sosa al reaccionar con el $MgCO_3$ deja en solución Na_2CO_3



Normalmente la dureza dentro de la caldera no debe de exceder a un valor de 10 p.p.m., quedando los valores de alcalinidad entre 205 y 598 p.p.m.

FOSFATOS.— La eliminación de la dureza de aguas no carbonatadas; se logra con gran eficiencia por medio de los fosfatos alcalinos. Recomendándose sobre todo para aguas que tengan dureza baja, no mayor de 60 o 70 p.p.m., usándose principalmente en aquellas aguas que tengan alto contenido en sólidos en suspensión; y si se le agrega aluminato de sodio para ayudar a la coagulación se obtienen mejores resultados.

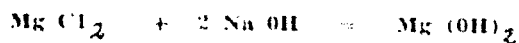
Los fosfatos que más se utilizan son: el monosódico, disódico, trisódico y ácido fosfórico. Cada uno de estos compuestos da diferentes condiciones de alcalinidades y su poder de ablandamiento está relacionado con el contenido en P_2O_5 y la alcalinidad del agua. El precipita:

do que se obtiene está formado por fosfatos tricálcico y trimagnésico, aunque la sal de magnesio puede posteriormente transformarse en $Mg(OH)_2$, cuando se utilizan mancomunadamente los fosfatos y exceso de carbonato de sodio.

La siguiente tabla indica los diferentes fosfatos que se utilizan en el tratamiento de aguas, así como su contenido en $P_2 O_5$ y cantidades de carbonato de calcio eliminadas por una cantidad unitaria de fosfatos.

TIPO DE FOSFATO	% $P_2 O_5$	Lbs. $CaCO_3$ que eliminan 100 lbs. de fosfato.
$NaH_2 PO_4$	58	122
$NaH_2 PO_4 \cdot H_2 O$	51	108
$Na_2 HPO_4$	48	101
$Na_2 HPO_4 \cdot 12 H_2 O$	19	40
$Na_3 PO_4 \cdot H_2 O$	39	82
$Na_3 PO_4 \cdot 12 H_2 O$	19	40

REACCIONES.—



DOSIFICACION Y CALCULOS PARA REQUERIMIENTOS DE UN TRATAMIENTO.—

... Cualquier tratamiento que sea usado internamente, pero que tenga como base estas sustancias citadas arriba, su cálculo para la dosificación en el agua por tratar, estará basado en el INDICE DE SUAVIZACION del producto ya sea para ser aplicado en aguas sulfatadas o bicarbonatadas.

Tenemos por ejemplo un tratamiento "X" cuyo índice de suavización es de 54.0%, por el índice de suavización alto se ve que este tratamiento es para ser usado en aguas de carácter sulfatado, con este dato se procede a determinar el factor del producto, o sea, cantidad de gramos de este tratamiento que se deberán le aplicar, para abatir la

dureza por metro cúbico de agua.

$$(H - M) + 0.25 (Sd - H) = M'$$

$M' \times F = \text{gr. x m. cúbico de agua}$

$$\frac{M' \times 100}{54} = \frac{M' \times 100}{54} = 1.85$$

Quedando: $((H - M) + 0.25 (Sd - H)) \times 1.85$

Este factor 1.85 y substituyendo las literales por las determinaciones analíticas del agua cruda, nos dará la cantidad de tratamiento "X" para dosificar gramos de tratamiento por metro cúbico de agua.

Tratamientos internos a base de COAGULANTES:— Estos sirven para conglomerar los sólidos en suspensión, para que convertidos en flocs puedan ser fácilmente expulsados del sistema de que se trate. Los coagulantes se usan en el tratamiento de aguas en cuatro casos diferentes.

a).— Para la clarificación de aguas en tratamientos externos, ya sean en frío o en caliente, o bien antes de aplicar un tratamiento interno.

b).— Para aglomeración de partículas finamente divididas en las calderas, tratadas por métodos internos.

c).— Para eliminar coloides, calzos o sustancias orgánicas presentes en las aguas crudas.

d).— Para remover aceites en los condensados contaminados.

La importancia que tienen las sustancias químicas usadas únicamente para lograr la "Coagulación", reside en el hecho de que muy a menudo las partículas formadas por el tratamiento químico, o aquellas que ya estaban presentes en el agua natural o cruda, son tan diminutas que no se precipitan con rapidez en los tanques de tratamiento. Para acelerar la precipitación y poder mantener a un mínimo el tamaño de las partículas en los tanques de reacción, se usan coagulantes que juntan estas pequeñas partículas y hacen que se precipiten con mayor rapidez. Con la ayuda de coagulantes la velocidad de la precipitación de los sólidos en suspensión en el agua pueden aumentarse de un 25 a un 50%. Los coagulantes también presentan ayuda a los filtros y en la mayoría de los casos después de salir de los tanques de tratamiento. Cuando las partículas son muy finas tienden a obstruir los filtros, mientras que el material grueso y esponjoso objeto del coagulante, no pasa por los poros de los filtros, por lo que en lugar de obstruirlos ayuda a la filtración.

Substancias o sales que se usan como coagulantes.

Aluminato de sodio.— El aluminato de sodio es muy efectivo para remover el magnesio residual que resulta de los tratamientos ligeramente excedidos en carbonatos de sodio y cal, formado de silicato doble de aluminio y calcio o magnesio. Para que el aluminato de sodio sea efectivo es necesario tener una concentración mínima de SiO_2 , Magnesio y calcio, si estas cantidades requeridas no son suficientes en el agua por tratar, será necesario agregar sulfato de magnesio.

Es muy efectivo como coagulante a temperaturas bajas 34° F. o sean aproximadamente 1.8° C. a esta temperatura tienen mayor velocidad en flocular ya que entre mayor va siendo la temperatura del agua por tratarse con aluminato de sodio, será mayor la velocidad de floculación, ya que va disminuyendo la viscosidad del agua, lo cual acelera la sedimentación del Floc, no pausadamente que es lo que se requiere. Esta la National Aluminate Corporation recomienda que se agregue al agua tratada con aluminato de sodio una impureza adicional, como sulfato de magnesio, para garantizar la formación de un buen Floc, en el interior de las calderas.

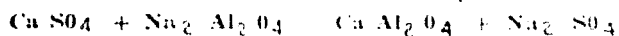
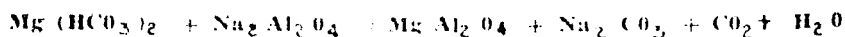
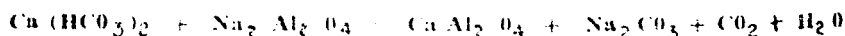
La coagulación interna es de básica importancia para asegurar la generación de vapor seco, evitar fermentaciones y arrastres de agua. Con un buen Floc la sustancia en suspensión en un volumen determinado de agua puede aglomerarse fácilmente en miles de partículas de tamaño relativamente grande en vez de varios cientos de miles de tamaño menor, pero cuyo peso total es el mismo.

En los tratamientos internos con aluminato de sodio se consigue además que la sílice reaccione con el aluminio, eliminándose en forma análoga como en los tratamientos externos.

La coagulación en las aguas de las calderas se controla observando la formación de Floc en muestras tomadas periódicamente, mas su control no es por análisis químicos. En las muestras tomadas de agua tratada por coagulantes cuando está bien tratada, se observa que el Floc se sedimenta rápidamente, dejando en la parte superior del líquido una porción clara del mismo y en el fondo se forma un lodo característico que se asienta y fluye fácilmente.

El aluminato de sodio es soluble en agua, dentro de límites de pH amplios estando su solubilidad en proporción directa con la alcalinidad, basado en que la sal comercial se produce disolviendo hidróxido de aluminio en una solución concentrada de sosa cáustica. Es por lo mismo muy soluble en aguas para calderas muy alcalinas, aplicándose por esto con mucha ventaja en aguas para uso de tratamiento interno. El alumbre o sulfato ferroso (côpera) como coagulante necesita de una cantidad adicional de hidróxidos alcalinos para neutralizar su propia reacción acida, o de lo contrario, disminuye la alcalinidad de las soluciones. Como el aluminato de sodio es alcalino no requiere un tratamiento adicional de álcalis, sino antes bien, reduce el empleo de dicho álcali porque sustituye una cantidad de equivalente de éstos con su propia alcalinidad.

REACCIONES.—



b).—TRATAMIENTO EXTERNO:— El tratamiento externo, tal como su nombre lo dice, significa tratar el agua por medios externos, es decir antes que entre a la caldera, este método es de gran utilidad sobre todo en aquellas aguas donde la dureza es muy alta o bien que la

dureza existente entre la dureza y la alcalinidad toda sea bastante marcada.

Desgraciadamente, como ya he citado antes, los Ferrocarriles Nacionales de México, solamente cuenta con tres plantas para esta clase de tratamientos instaladas; estando actualmente en operación la de Monclova, Coah., la de Venegas, S. L. P., y suspendida la de Ramos Arizpe, Coah., por estar Dieselizada la División Monterrey.

Haciendo mucha falta que en los Ferrocarriles Nacionales de México se dé incremento a esta clase de tratamientos, pues se ha demostrado que el tratamiento interno no dá ningún resultado en plantas de agua como son las de Ignacio Zaragoza, Ciudad Mante y la Terminal en Doña Cecilia, Tamps., perteneciendo estas citadas plantas a la División Golfo Sur y en la Golfo Norte existen plantas con tipos de agua pésima como la de Paredón, Allende y Piedras Negras, Coah. En la División Monterrey actualmente Dieselizada se están instalando plantas Desmineralizadoras, que es una clase de tratamiento externo que trata en el inciso "c".

El tratamiento externo como he indicado, es recomendable en aquellas aguas cuya dureza es muy alta, y por lo tanto la precipitación de sales incrustantes es tal, que tratándolas internamente se aterrarían continuamente las calderas, con el tratamiento externo, como la precipitación de sales se produce afuera de las calderas, entra el agua exenta o casi exenta de sales incrustantes, y con una alcalinidad fácil de ser controlada antes de entrar a la caldera, que si se tiene cuidado de que no sea excesiva, es una garantía de que no existirá incrustación dentro de la misma.

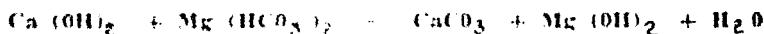
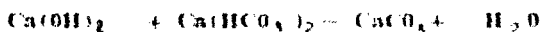
Efectivamente el costo de la planta de tratamiento externo es alto, pero los ferrocarriles tienen la ventaja de que en los talleres de Casa Redonda se pueden hacer estas plantas, tal como fueron hechas las que están instaladas en Ramos Arizpe, Monclova, Coah., y la Venegas, S.L.P. (ver plano de este tipo de plantas manufacturadas en los talleres de San Luis Potosí y Aguascalientes por elementos ferrocarrileros e instaladas por personal técnico de la misma Empresa, dibujos 1 y 2 JM), más aún, si el costo por mano de obra y material comprado por la Empresa fuera alto, se tendría la ventaja de contar con plantas para un tratamiento efectivo para esta clase de aguas, transformándose los gastos iniciales en ganancias o ahorros para los Ferrocarriles, ya que las reparaciones por concepto de sangrías o cambios parciales o totales de fluses (tubos de calefacción) serían cada cuatro o cinco años, los lavados de calderas no serían necesarios más que después de muchos miles de kilómetros recorridos por la locomotora, teniéndose la ventaja que el costo por concepto de precio del tratamiento externo es muy reducido, ya que en esta clase de tratamiento intervienen solamente hidróxido de calcio (cal) y carbonato de sodio, y no fórmulas como son las que se usan en los tratamientos internos que resultan tres o cuatro veces mayor en precio, por lo tanto en unos cuantos meses de operación de las plantas de tratamiento quedaría pagada por concepto de ahorro entre un tratamiento y otro.

Las plantas de tratamiento externo son muy fáciles de operar, así como sencillo su control analítico. En el Capítulo V pongo el cuadro de control analítico que llevé al instalar la planta de Monclova, Coah.

DIFERENTES CLASES DE TRATAMIENTOS EXTERNOS

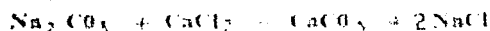
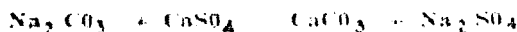
PRIMERO:— A base de cal-soda.— El objeto fundamental de este tratamiento es eliminar las sales de calcio y magnesio, causantes de la dureza total del agua, por medio de la cal (Ca(OH)_2) y el carbonato de sodio (Na_2CO_3).

La cal reacciona con los bicarbonatos de calcio y de magnesio y con el bióxido de carbono, eliminando la dureza de los carbonatos.

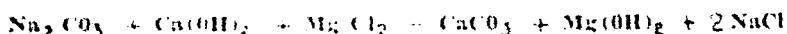


Se hace necesaria una doble dosificación para eliminar el bicarbonato de magnesio, en relación con la necesaria para eliminar el calcio.

El carbonato de sodio reacciona con la dureza permanente de calcio que se encuentra presente en el agua.



Para precipitar la dureza de los "no" carbonatos de magnesio se hace necesario usar conjuntamente los dos productos.



CALCULOS Y FORMULAS PARA LA APLICACION DEL TRATAMIENTO A BASE DE CAL-SODA.

Hidróxido de Calcio de 85%.

+ +

(Mg + M + CO_2 + Exc. "O") 0.84 = grs. /metro cúbico de agua.

Carbonato de Sodio.

[(H-M) + Exc. de "S"] 1.08 = grs. /metro cúbico de agua.

CONDICIONES REQUERIDAS:—

Cuando "H" sea menor de 25 p.p.m. el pH mínimo debe ser 10.5.

"O" de 5 a 15 p.p.m. "H" máxima será de 8.6 p.p.m.

"S" de 25 a 50 p.p.m. "M" máxima será de 850 p.p.m. y "M" mínima de 342 p.p.m.

EJEMPLO PRACTICO EN LA PLANTA DE MONCLOVA, COAH.—

Cálculo de afinación que efectuó en esta Planta.—

El consumo probable de agua en 24 horas es de:—

Consumo de calderas fijas, 3 de 175 H.P. cada una

HP x W x 4 x factor	36,000 galones
Por promedio de 18 máquinas y tender de 4,000 Galones	90,000 "
	126,000 "

Total:— — — — 126,000 galones

O sean 487 metros cúbicos en números cerrados el consumo de agua en 24 horas en estos falleres.

El análisis del agua cruda fué el siguiente:

H	GP	P	M	Cl	Sdt
420.7	352.3	00	263.3	126.5	855. Resultados en p.p.m.

CAL CALCULADA:— El exceso es a criterio del Ingeniero Químico Inspector:—

$$++ \\ (\text{Mg} + \text{M} + \text{CO}_2 + \text{Exc. de } 0) 0.84$$

El exceso "0" debe estar entre los límites de 68.4 y 161 p.p.m.

Substituyendo las literales tenemos:

$$(68.4 + 263.3 + 115.2 + 85.5) 0.84$$

$$532.4 \times 0.84 = \text{a } 447 \text{ grs. /metro cúbico de agua.}$$

Como el consumo de agua en 24 horas es de 487 metros cúbicos tendremos por lo tanto:

$$487 \times 447 = 217 \text{ kls. /487 metros cúbicos de agua.}$$

CARBONATO DE SODIO.—

El exceso de carbonato de sodio "S" debe de estar entre los límites de 51.3 a 85.5 p.p.m.

$$[(\text{H.M}) \text{ Exc. de "S"}] 1.08 = \text{grs. /por metro cúbico de agua.}$$

Substituyendo las literales por las determinaciones analíticas tendremos:

$$(157.4 + 51.3) 1.08 = 235 \text{ grs. /por metro cúbico de agua.}$$

Como el consumo de agua en 24 horas es de 487 metros cúbicos tendremos por lo tanto:

$$487 \times 0.225 = 109 \text{ kls. /487 metros cúbicos de agua.}$$

C O N T R O L.—

FALTANTE DE CAL.—

Si no hay "0" se debe de aumentar la cal sobre lo calculado.

$$[(\text{H-GP}) + \{0\} \text{ "0" deseada}] = 0.12 \text{ Lbs. /1000 gal. de agua.}$$

"0" presente, pero menor que "0" deseada.

$$(\text{"0" deseada} - \text{"0" presente}) 0.12 = \text{Lbs. /1000 gal. de agua.}$$

EXCESO DE CAL.—

Para la disminución de cal calculada, cuando hay un exceso:

("D" presente — "0" deseada) 0.12 dá lbs. /1000 galones de agua.

FALTANTE DE CARBONATO DE SODIO.—

([S] + S deseada) 0.16 aumentar lbs. /1000 galones de agua.

o sea (S calculada — S presente) el resultado hay que agregárselo sobre la S calculada.

EXCESO DE CARBONATO DE SODIO.—

(S presente — S calculada) 0.16 el resultado hay que disminuirlo sobre lo calculado.

INTERPRETACIONES:—

0 = 2P.M; [0] = M.2 P ; S = M.H ; [S] = H.M.

INTERPRETACION GRAFICA.—

Una manera práctica para la determinación de la cantidad de carbonato de sodio que debemos emplear para un agua que vamos a tratar exclusivamente a base de cal-soda, es la siguiente:

La gráfica número 2 del dibujo número 5 nos da prácticamente la cantidad de carbonato de sodio comercial de 99% de pureza y en términos expresados como CaCO_3 , dándonos los resultados de libras de carbonato de calcio por mil galones de agua, así como lo mismo tenemos que partir de un análisis expresado en g.p.g.

Se entra a la tabla con el valor de la dureza total, se corre la horizontal hasta encontrar el valor de la alcalinidad, se sube verticalmente hasta encontrar el valor de la acidez y finalmente se llega con una horizontal hasta las líneas de exceso de tratamiento, obteniéndose la dosificación en la horizontal a la derecha del centro.

Las determinaciones requeridas son: Dureza total, alcalinidad total; y acidez del agua, expresados en g.p.g., quedando su fórmula $W = (H-M)/6.5$.

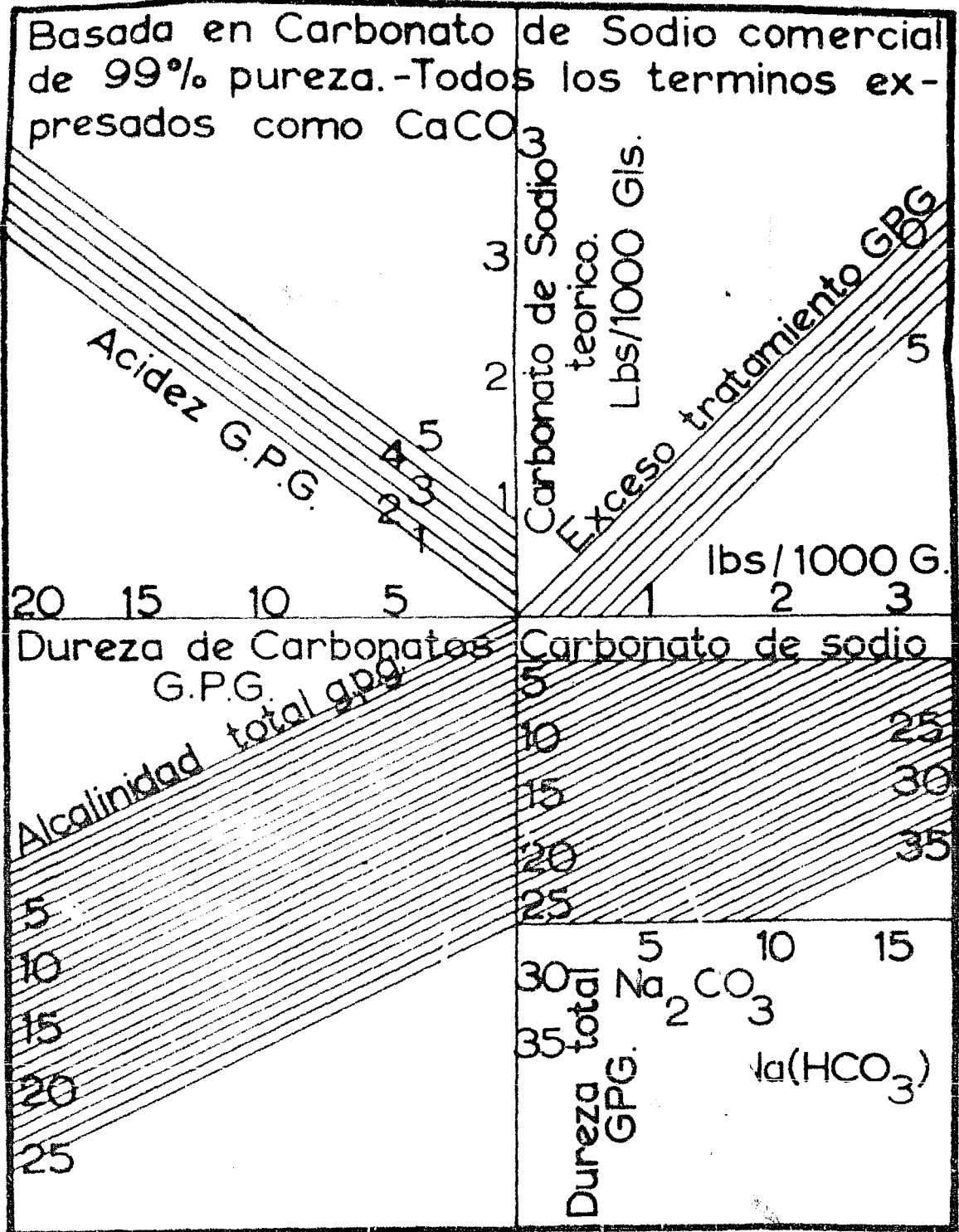
Para ver el cuadro analítico del control del agua tratada en el tanque de Monclova, Coah., ver capítulo V.

Existen otras sustancias las cuales se usan para tratar las aguas por sistema externo, como:

El sulfato doble de aluminio y de potasio, conocido como alumbre en el comercio, cuya fórmula es: $\text{K}_2 \text{Al}_2 (\text{SO}_4)_2 \cdot 24 \text{H}_2 \text{O}$, éste se dosifica en proporción de 8.6 a 31.2 p.p.m., o sea 0.07 a 0.28 lbs. por mil galones de agua.

Mayor rapidez se logra en la floculación con dosificaciones más altas en la práctica no más de 2.0 g.p.g., o sean 31.2 p.p.m. Someramente se puede decir que 1 g.p.g. de alumbre neutraliza 8 p.p.m. o sea 0.5 g.p.g. de la alcalinidad del agua, debido a que el alumbre tiene carácter ácido, reaccionando con las impurezas salinas que producen la alcalinidad del agua. La coagulación con alumbre es óptima o digamos, más activa, cuando el pH del agua varía entre 5.7 y 6.6 con un pH de 5.5 la floculación es mejor si el agua tiene acidez debido a sulfatos; pero si sólo hay presencia de cloruros los mejores resultados se obtienen

CARBONATO DE SODIO NECESARIO PARA TRATAMIENTO EXTERNO.



con un pH de 8.0. Es de hacerse notar que estos valores de pH son más bajos de aquéllas que realmente se obtienen en la práctica de aguas tratadas, debido a que el agua es notoriamente alcalina y cáustica por presencia de oxihidrilos a causa de los reactivos alcalinos que se agregan para suavizar o ablandar el agua. Se desprende también que el alumbre no se adapta particularmente a tales circunstancias sin embargo, siendo su uso común, puede emplearse en condiciones de pH donde su eficiencia no es precisamente la mayor.

El hidrato o hidróxido de aluminio es soluble, en soluciones con un valor alto de pH (alcalinidad alta) por lo que se reduce su poder coagulante en aguas de este tipo, como son las de las calderas, así mismo es soluble en soluciones fuertemente ácidas.

Los sulfatos de hierro y aluminio nunca se deben de usar en tratamientos internos como coagulantes, su uso está estrictamente confinado a tratamientos externos, generalmente en frío. Como ambos son esencialmente de carácter ácido su utilidad para aguas suaves para calderas es NULA; el resultado es perjudicial puesto que eleva el costo del tratamiento a más que aumenta la concentración de impurezas en el agua, debido a que se hace necesario agregar carbonato de sodio o algún otro alcali para contrarrestar su acidez. Sin embargo el alumbre se ha empleado para aumentar el contenido de sulfatos en el agua, con objeto de evitar la fraglización cáustica.

ABLANDADORES A BASE DE ZEOLITAS.— Estos tratamientos son muy recomendados para usar en los Ferrocarriles debido principalmente a la cantidad de agua que habría que tratar, ya que hay timacos, que consumen en 24 horas de 100,000 a 200,000 galones de agua, por tal motivo saldría carísimo usar un agua ablandada por Zeolitas, no por la regeneración de las mismas, sino por el costo de las resinas.

ZEOLITAS REGENERADAS CON CLORURO DE SODIO.— El ablandamiento se lleva a cabo por medio de una sustitución iónica; la zeolita que es un compuesto de sodio es capaz de cambiar sus iones Sodio, por los de Calcio y Magnesio que se encuentran disueltos en el agua, formando la dureza.



El material suavizante tiene una capacidad definida de manera que si no tuviera la propiedad de ser regenerable, tendría una duración de poder inter iónico muy poco durable en tiempo, pero tiene la

++

propiedad de regeneración o sea cuando se ha saturado de iones de Ca

++

y Mg se le da un retrolavado con una solución sobresaturada de cloruro de sodio viéndolo el cambio nuevamente pero ahora cambiando los iones de Calcio y Magnesio por los de Sodio nuevamente, quedando lista la Zeolita para trabajar y desempeñar su papel de suavizar o ablandar el agua.

La Zeolita, que es un material granuloso, se coloca en plantas especiales diseñadas por ciertas especializadas en estos trabajos, planta por la cual se hace pasar una determinada cantidad de agua a determinada velocidad, lográndose el ablandamiento hasta conseguir valores de 0.0 en durezas. La planta tiene un contador de agua, el cual va marcando el número de galones o metros cúbicos que van pasando por la planta para su ablandamiento, una vez pasados "x" números de galones, según la capacidad de la planta y de acuerdo con la dureza del

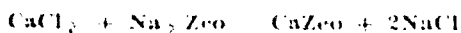
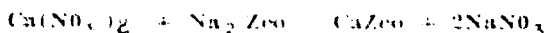
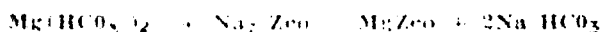
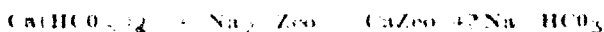
agua, se procede a su regeneración con cloruro de sodio, quedando la planta nuevamente lista para continuar el ablandamiento.

Las Zeolitas pueden ser, naturales, sintéticas y resinosas. Las primeras como la "arena verde" tiene una capacidad comprendida entre 6,400 y 8,000 gramos/metro cúbico, es de estructura compacta y con peso específico de 1,200 y 1,440 Kg/metro cúbico, se utiliza para aguas de baja dureza, que tengan pocas cantidades de sílice y fierro, trabajan a temperaturas no mayores de 66°C (150°F) un valor de pH es casi neutro y que la materia en suspensión sea casi nula.

ZEOLITAS SINTÉTICAS.— Son de tipo gelatinoso, de color amarillento, de bajo peso específico, 800 Kg/metro cúbico y de capacidad comprendida entre 18,300 y 27,100 gr./metro cúbico. Son adaptables para aguas de poca dureza, necesitando las mismas condiciones que la Zeolita natural.

ZEOLITAS RESINOSAS.— Son de una capacidad de 34,200 gr/metro cúbico, no tienen sílice y son recomendables para aguas altas en dureza y para trabajar a temperaturas de 82°C (180°F), con las mismas características especificadas en sólidos en suspensión, sílice y fierro.

REACCIONES PRINCIPALES DE LAS ZEOLITAS.—



Igual son las reacciones para el Magnesio.

REGENERACION DE ZEOLITAS.



INTERCAMBIO IONICO.

DESMINERALIZADOR.—

El tratamiento Desmineralizador está basado en el intercambio "iónico" que sufre el agua por tratar, al pasar por unos recipientes con canas de resinas, las cuales pueden ser sintéticas, arcillosas u orgánicas.

Actualmente en los Ferrocarriles Nacionales de México se cuenta con cinco plantas de este tipo, las cuales serán montadas e instaladas en Casas Redondas a donde las máquinas Diesel Eléctricas tengan mayor movimiento.

El agua obtenida de este proceso es de una calidad magnífica, sobre todo para lo que se requiere en los Ferrocarriles, o sea, para ser

usada en los sistemas de enfriamiento de los motores, (agua de circulación).

El precio de estas plantas es de un costo elevado, pero se obtienen resultados óptimos. Ahora bien, si esta agua fuera para ser usada en las calderas de vapor tanto de fijas como de locomotoras, no sería recomendable por el encarecimiento tanto de las plantas como de su mantenimiento, pero para el uso que se destinarían, los resultados no tardarían en comprobarse y el excedente de agua desmineralizada podrá usarse para ayuda en las aguas de calderas tanto fijas como de máquinas.

Actualmente el agua de enfriamiento de los motores Diesel es tratada con inhibidores (cromato de potasio) (tratamiento que ha dado muy buenos resultados, para evitar corrosiones), es usado con agua cruda común y corriente sin previo tratamiento para abatir las durezas, siendo obvio que algunas máquinas (depende de la parte a donde se abastezcan de agua), en su sistema de enfriamiento se encuentran incrustadas, dificultando la perfecta circulación del agua para el continuo enfriamiento de los motores; este problema quedará resuelto cuando sean instaladas las plantas a que me refiero y las máquinas exclusivamente tomen esta clase de agua o sea la desmineralizada.

Las máquinas Diesel-eléctricas de pasajeros están provistas de un generador de vapor, cuyo objeto principal es dar calefacción a los coches de pasajeros, estos generadores CLARKSON constan de un serpentín de cobre de 1 1/2" de diámetro, cuyo paso de agua es interno, dichos serpentines sufren continuas incrustaciones al grado que el diámetro se ve completamente reducido, trayendo por consecuencia, el deterioro prematuro y la falta de calefacción del convoy, la desincrustación se efectúa con Inhibidores cargando más aún el costo de reparación del generador. Estos desperfectos causados por el agua que toman, quedarán resueltos al ser implantado el tratamiento Desmineralizador exclusivo y para máquinas Diesel-eléctricas.

La desmineralización o proceso de intercambio iónico, que se puede comparar con un proceso físico a una simple filtración a temperatura ambiente, produce agua, la cual es equivalente, desde el punto de vista químico, a un agua bidestilada.

CARACTERISTICAS DEL SISTEMA.— Por intercambio de iones positivos y negativos del agua con la resina sintética proporcionaladora

de iones OH^- y H^+ , el agua sometida a tratamiento sale del desmineralizador en un grado más puro. Este proceso tiene dos faces: la primera; los cationes o elementos metálicos positivos del agua (calcio, Magnesio, Sodio, etc.) son removidos simplemente cuando el agua pasa a través de la cama de resina intercambiadora de hidrógeno. Este intercambio se conoce como "INTERCAMBIADOR CATIONICO".

El agua pasa entonces a la segunda face: en la cual pasa el agua a través de otra cama intercambiadora, conociéndose como intercambiador "ANIONICO", la cual es activada por un álcali. Cuando el agua pasa a través de esta cama es despojada de sus ácidos minerales (sulfúrico, clorhídrico, nítrico) y así el flujo del agua que sale es de la conocida como AGUA DESMINERALIZADA, —conteniendo bióxido de carbono, el cual puede ser fácilmente removible pasando el agua por un aereador.— Las celdas Catiónicas y aniónicas, o sean las positivas y negativas respectivamente, deben de ser regeneradas cuando se agoten, usando

para ello ácido clorhídrico comercial (muriático) y carbonato de sodio. Es indispensable que en la regeneración de la celda catiónica se utilice para el retrolavado la unidad de agua suavizada.

La celda aniónica deberá de lavarse con agua suavizada, siendo el objeto principal que el material humano quede eliminado, no existiendo el peligro del descuido u olvido respecto a la regeneración del suavizador.

USOS DEL AGUA DESMINERALIZADA EN LOS FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO.—

AGUA EN LOS RADIADORES.— Agua de circulación de las máquinas Diesel. Hay tenders en las máquinas Diesel con una capacidad de 200 galones de agua para ser usada en los radiadores, si consideramos que la única pérdida de agua es por evaporización y tomando un promedio aproximado de 5% de pérdida, deberá de reponerse diariamente 10 litros en cada unidad (en la subterminal de Monterrey en 1952 habla de 13 a 20 máquinas Diesel, ya fueran de patlo o de camión) tomando en cuenta este número de máquinas, el gasto diario de agua sería de 800 litros por reponerse de agua desmineralizada.

AGUA PARA LOS GENERADORES DE VAPOR.— El agua en los generadores de vapor como ya dije dicho, ha creado, por conceptos de incrustación en los serpentines gastos de bastante consideración, a veces por reposición completa de la unidad de cobre y otras por reparaciones en la misma, problemas que quedarán resueltos de inmediato al ser usada el agua desmineralizada.

En la Sub-Terminal de Monterrey en 1952 sólo tomaban agua para uso de calefacción los trenes números 1 y 2, cuyo paso respectivamente era a las 3.30 horas y 22.20 horas. Los tanques para agua de uso en el generador de vapor son de una capacidad de 1,000 galones de agua, como son dos trenes el gasto total por concepto de generadores sería de 2,000 galones, o sea 7,570 litros, lo cual este gasto tan pequeño de agua, pagaría sólo en unos meses la planta desmineralizadora.

RESINAS USADAS.—

La Chauconita, resina del tamaño del grano de arena, la cual es extraída de un aglomerante de arcilla, se tiene que refinar y clasificar. El valor del cambio varía entre 2700 a 5000 granos por pie cúbico (expresado como CaCO_3), dependiendo del material usado y de la cantidad de sal usada en la regeneración. Esta clase de resinas presenta resistencia relativamente fuerte al desgaste y rotura, y al ataque de aguas de bajo pH.

GRUPO SINTETICO PRECIPITADO.— Estas son partículas angulares blancas, más o menos del tamaño del grano de la cebada. Se producen por medio de la precipitación de una solución química seguida por secamiento, trituración, cribadura, etc. Los valores de cambio varían de 6000 a 12000 granos por pie cúbico (expresado en CaCO_3). Estas resinas son muy sensitivas al ataque de aguas duras que tengan un valor de pH menor 6.8, estas resinas son muy usadas en aguas de poco consumo dando óptimos resultados sobre todo si son aguas sin sólidos en suspensión.

Son partículas de carácter duro y vítrioso, similares al grupo sintético precipitado, pero de cambio tan sólo como la mitad de éste.

GRUPO ORGÁNICO.—

Hace pocos años se introdujo un nuevo tipo de material cambiador de cationes y se basa sobre un material orgánico no silíceo. Es negro de un tamaño más grande que la "glauconita". Su valor de cambio varía de 5000 a 12000 granos por pie cúbico. Es muy recomendado para usos de agua de alimentación para calderas de alta presión.

Posee una característica extraordinaria en que además de reaccionar en un ciclo sódico, puede regenerarse con ácido, en cuyo caso cam-

biaría iones H^+ , por el sodio, calcio y magnesio en el agua. Es evidente que esto provee un medio de eliminar todos los bicarbonatos, incluyendo entre ellos a los de sodio, del agua, pues al pasar por esta resina los bicarbonatos, con funcionamiento en ciclo de hidrógeno se convierten en ácido carbónico, el cual a su turno produce bióxido de carbono y agua. El bióxido de carbono se elimina por aeración. El agua resultante es muy baja en sólidos disueltos.

RESINA DE ACIDETE.— De Acidete es una resina sintética que tiene la notable propiedad de cambio de aniones y absorción de ácido, por esta razón se eliminan todas las sales minerales presentes. Se regenera con carbonato de sodio anhidro.

TABLA COMPARATIVA DE LA CALIDAD DEL AGUA
DESMINERALIZADA Y AGUA DESTILADA.—

	Agua Destilada. Agua Desmineralizada			
	A	B	C	D
Dureza en p.p.m. $CaCO_3$	0	6	0	0
Alcalinidad " "	13	9	3	4
Sulfatos " SO_4	0	0	0	0
Cloruros " Cl	4	0	0	0
	—	—	—	—
Total de sales en p.p.m. de $CaCO_3$: 17	15	3	4	

Son partículas de carácter duro y vítreo, similares al grupo sintético precipitado, pero de cambio tan sólo como la mitad de éste.

GRUPO ORGÁNICO.—

Hace pocos años se introdujo un nuevo tipo de material cambiador de cationes y se basa sobre un material orgánico no silíceo. Es negro de un tamaño más grande que la "glauconita". Su valor de cambio varía de 5000 a 12000 granos por pie cúbico. Es muy recomendado para usos de agua de alimentación para calderas de alta presión.

Posee una característica extraordinaria en que además de reaccionar en un ciclo sódico, puede regenerarse con ácido, en cuyo caso cambiaría lones H^+ , por el sodio, calcio y magnesio en el agua. Es evidente que esto provee un medio de eliminar todos los bicarbonatos, incluyendo entre ellos a los de sodio, del agua, pues al pasar por esta resina los bicarbonatos, con funcionamiento en ciclo de hidrógeno se convierten en ácido carbónico, el cual a su turno produce bióxido de carbono y agua. El bióxido de carbono se elimina por aereación. El agua resultante es muy baja en sólidos disueltos.

RESINA DEACIDETE.— De Acidete es una resina sintética que tiene la notable propiedad de cambio de aniones y absorción de ácido, por esta razón se eliminan todas las sales minerales presentes. Se regenera con carbonato de sodio anhidro.

TABLA COMPARATIVA DE LA CALIDAD DEL AGUA
DESMINERALIZADA Y AGUA DESTILADA.—

	Agua Destilada, Agua Desmineralizada			
	A	B	C	D
Dureza en p.p.m. $CaCO_3$	0	6	0	0
Alcalinidad " "	13	9	3	4
Sulfatos " SO_4	0	0	0	0
Cloruros " Cl	4	0	0	0
	—	—	—	—
Total de sales en p.p.m. de $CaCO_3$:	17	15	3	4

CAPITULO V.—

CUADROS ANALITICOS.—

El primer cuadro corresponde a los análisis de agua CRUDA per-

tenecentes a las plantas de abastecimiento de locomotora localizada en la división Golfo Norte o sea la subdivisión Monclova.

Los análisis son promedio de 10 muestras tomadas en diferentes épocas, estando los resultados expresados en partes por millón y en términos de carbonato de calcio.

Planta.	Dureza Ale. parcial			SiO ₂	SO ₄	NaCl	Obreros Totales
	H.	P.	M.				
Hidalgo	119.7	17.1	136.8	5.1	11.9	6.5	171
Paredón	517.2	0.0	119.7	11.9	339.4	162.1	736
Higo	239.4	6.8	119.7	8.6	63.1	51.3	473
Las Moras	136.8	10.3	119.7	6.8	34.2	34.2	295
Hipólito	153.9	15.1	153.9	8.6	34.2	17.1	265
Esplnazo	171.9	17.1	188.1	11.9	27.3	15.4	123.1
Bocatoche*	414.6	0.0	265.5	13.7	—	119.7	355
Monclova**	414.6	0.0	265.5	13.7	—	119.7	355
Adjuntas	414.6	0.0	265.5	13.7	—	119.7	355
La Polla	265.2	0.0	265.2	6.8	58.6	17.1	342
Arocha	342.0	0.0	256.5	11.9	119.7	51.3	513
El Oro	222.3	0.0	153.9	6.8	85.5	63.1	425
Lechuguilla	359.1	0.0	256.5	8.6	85.5	119.7	581
Múzquiz	125.5	0.0	256.5	19.3	152.9	34.2	564
Sablías	376.2	0.0	188.1	6.8	17.1	153.9	513
Los Rosales	342.0	0.0	256.5	8.6	34.2	17.1	461
Allende	178.8	0.0	256.5	19.3	119.7	51.3	449
P. Negras	513.0	0.0	222.3	11.9	256.5	162.1	1325

*El agua de Bocatoche es bombeada a la plaza de Monclova y de ésta a las Adjuntas.

**Los análisis de Monclova fueron efectuados antes de ser montada la planta de tratamiento externo.

El segundo cuadro corresponde a los análisis de agua TRATADA

CAPITULO V.—

CUADROS ANALITICOS.—

El primer cuadro corresponde a los análisis de agua **CRUDA** pertenecientes a las plantas de abastecimiento de locomotoras localizadas en la división Golfo Norte o sea la subdivisión Monclova.

Los análisis son promedio de 10 muestras tomadas en diferentes épocas, estando los resultados expresados en partes por millón y en términos de carbonato de calcio.

Planta.	Dureza Ale. parcial Ale. Total			Silice	Sulfatos	Cloruros	Totales
	H.	P.	M.				
Hidalgo	119.7	17.1	136.8	5.1	11.9	8.6	171
Paredón	547.2	0.0	119.7	11.9	239.4	102.1	786
Hlgo	239.4	6.8	119.7	8.6	68.4	51.3	478
Las Moras	136.8	10.3	119.7	6.8	34.2	34.2	205
Hípólito	153.9	15.4	153.9	8.6	34.2	17.1	203
Espinazo	171.0	17.1	188.1	11.9	27.4	15.4	188.1
Bocatoche ²	444.6	0.0	256.5	13.7	—	119.7	855.
Monclova ^{2*}	444.6	0.0	256.5	13.7	—	119.7	855
Adjuntas	444.6	0.0	256.5	13.7	—	119.7	855
La Polka	205.2	0.0	205.2	6.8	68.0	17.1	342.
Arocha	342.0	0.0	256.5	11.9	119.7	51.3	513
El Oro	222.3	0.0	153.9	6.8	85.5	68.4	425
Lechuguilla	359.4	0.0	256.5	8.6	85.5	119.7	581
Múzquiz	425.5	0.0	256.5	10.3	153.9	34.2	564
Sabinas	376.2	0.0	188.1	6.8	17.1	136.8	513
Los Rosales	342.0	0.0	256.5	8.6	34.2	17.1	461
Allenle	478.8	0.0	256.5	10.3	119.7	51.3	649
P. Negras	513.0	0.0	222.3	11.9	256.5	342.0	1025

²El agua de Bocatoche es bombeada a la planta de Monclova y de ésta a las Adjuntas.

^{*}Los análisis de Monclova fueron efectuados antes de ser montada la planta de tratamiento externo.

El segundo cuadro corresponde a los análisis de agua **TRATADA**

a base de reactivos internos, pertenecientes a las plantas de abastecimiento de locomotoras localizadas en la División Golfo Norte o sea la subdivisión Monclova.

Los análisis son promedio de 10 muestras tomadas en diferentes épocas, estando los resultados expresados en partes por millón y en términos de carbonato de calcio.

Plantas	H.	P.	M.	NaCl.	SdT.	Observaciones
Hidalgo	119.7	34.2	205.2	17.1	256	Satisfactorio
Paredón	459.9	85.5	410.4	119.7	1111	Antieconómico
Higo	119.7	34.2	117.0	34.2	256	Satisfactorio
Las Moras	136.8	51.3	171.0	34.2	307	"
Hipólito	sin tratamiento por agua rica en sólidos en suspensión.					
Espinazo	171.0	51.3	290.0	17.1	312	Prácticos
Bocatoche	411.6	58.1	307.8	107.0	1026	Antieconómico
Monclova	425.5	85.5	342.0	171.0	1282	Antieconómico
Adjuntas	410.4	51.3	324.9	188.1	1197	"
La Polka	188.1	51.3	239.4	17.1	342	Satisfactorio
Arcoha	324.9	54.2	207.8	51.3	513	Regulares
El Oro	Nunca se ha tratado esta agua.					
Lechugilla	342.0	51.3	342.0	85.5	684	"
Múzquiz	410.4	51.3	303.3	34.2	752	"
Sabinas	273.6	85.5	342.0	136.8	615	Prácticos
Los Rosales	342.0	6.8	359.4	34.2	513	Regulares
Abende	478.9	3.4	324.9	51.3	855	Antieconómico
P. Negras	478.9	51.3	339.4	342.0	1026	"

El tercer cuadro corresponde a los análisis de agua CRUDA pertenecientes a las plantas de abastecimiento de locomotoras localizadas en la División Golfo Sur.

Los análisis son promedio de 10 muestras tomadas en diferentes épocas, estando los resultados expresados en partes por millón y en términos de carbonato de calcio.

Planta	H.	P.	M.	SO ₂	SO ₄	NaCl.	SdT.
C. de la Silla	239.4	1.7	205.2	11.9	171.0	85.5	615
San Juan	171.0	0.0	153.9	8.6	68.4	85.5	290
Montemorelos	273.6	9.9	182.1	8.6	171.0	17.1	513
Linares	324.9	0.0	171.0	8.6	205.0	34.2	513
G. Valdez	273.6	0.0	273.6	10.3	205.2	68.4	398
Cruz	205.2	0.0	133.9	6.8	119.7	13.7	273
C. Victoria	324.9	0.0	171.0	6.8	68.4	11.9	290
Layán	307.8	0.0	324.9	10.3	102.6	119.7	513
I. Zaragoza	684.0	0.0	171.0	8.6	256.5	58.1	1026
C. Obregón	188.1	0.0	188.0	6.8	17.1	10.3	222
C. Mañá	752.4	0.0	290.7	8.6	301.8	136.3	1197
González	153.9	0.0	153.9	10.3	34.2	51.3	239
Esteros	461.7	0.0	171.0	6.8	171.0	478.8	940
D. Ceclia	376.2	0.0	171.0	8.6	136.8	513.0	1026

El cuarto cuadro corresponde a los análisis de Agua TRATADA a base de reactivos internos, pertenecientes a las plantas de abastecimiento de locomotoras localizadas en la División Golfo Sur.

Los análisis son promedio de 10 muestras tomadas en diferentes épocas estando los resultados expresados en partes por millón y en términos de carbonato de calcio.

Plantas	H.	P.	M.	NaCl.	SdT.	Observaciones
C. de la Silla	256.5	51.3	312.0	85.5	615	Satisfactorios
San Juan	239.4	51.3	307.8	34.2	342	Satisfactorios
Montemorelos	273.6	10.0	324.9	34.2	461	"
Linares	425.6	34.2	393.9	68.4	684	Regulares
G. Valdez	307.8	51.3	273.6	85.5	513	"
Cruz	189.1	51.3	256.5	17.1	342	Resultados buenos
C. Victoria	342.0	34.2	359.1	17.1	684	"
Lavín	239.4	85.5	307.8	119.7	530	Satisfactorios
I. Zaragoza	666.9	68.4	342.0	85.5	1282	Antieconómico
C. Obregón	189.1	34.2	239.4	17.1	256	Satisfactorios
C. Manfe	Suspendido por no dar resultado ningún tratamiento.					
González	153.9	34.2	239.4	17.1	342	Resultados buenos
Esteros	111.6	85.5	324.9	161.7	1026	Antieconómico
D. Cecilia	Los análisis de esta planta tienen mucha discrepancia debido a lo explicado en el Capítulo IV de esta Tesis.					

El quinto cuadro corresponde a los análisis de agua CRUDA pertenecientes a las plantas de abastecimiento de locomotoras localizadas en la División Monterrey, ramal Monterrey Matamoros.

Los análisis son promedio de 10 muestras tomadas en diferentes épocas, estando los resultados expresados en partes por millón, y en términos de carbonato de calcio.

Planta	H.	P.	M.	NaCl.	SdT.
Pesquería	359.1	0.0	273.6	68.4	513
Alta Vista	342.0	0.0	324.9	119.7	598
Aldamas	290.7	0.0	85.5	119.7	425
Camargo	256.5	6.8	136.8	256.5	769
Anzalduas	307.8	0.0	117.0	425.5	1197
Control	256.5	0.0	136.8	256.5	684
Matamoros	161.7	0.0	359.1	239.4	974

El sexto cuadro corresponde a los análisis de agua TRATADA a base de reactivos internos pertenecientes a las plantas de abastecimiento de locomotoras localizadas en la División Monterrey, Ramal Monterrey Matamoros.

Los análisis son promedio de 10 muestras tomadas en diferentes épocas estando los resultados expresados en partes por millón y en términos de carbonato de calcio.

Plantas	H.	P.	M.	NaCl.	SdT.	Observaciones
Pesquería	376.8	51.3	513.0	68.4	561	Resultados Buenos
Alta Vista	256.5	102.6	513.0	136.8	564	" "
Aldamas	222.3	51.3	256.5	136.8	461	" "
Camargo	203.2	68.4	290.7	273.6	855	" "
Anzalduas	273.6	34.2	222.3	110.4	1179	" regulares.
Control	256.6	85.5	561.3	239.4	1043	" "
Matamoros	393.3	68.4	520.1	239.4	1145	" antiecon.

Los resultados en estas plantas son buenos aunque el tratamiento interno no es incoercible debido preclaramente a las dosificaciones tan altas que se necesitan aplicar para abatir las sales incoercibles. Las plantas de Aldamas, Camargo y Anzalduas tienen un tratamiento especial

a base de aluminato de sodio que se les aplica a las piletas de almace-
namiento y reposo, con una dosificación baja de carbonato de sodio e
hidróxido de calcio por ser agua sumamente rica en sólidos en suspen-
sión.

El séptimo cuadro corresponde a los análisis de agua CRUDA per-
tenecientes a las plantas de abastecimientos de locomotoras, localizadas
en la División Monterrey línea "B".

Planta	H.	P.	M.	NaCl.	SdT.
Ramos Arizpe	684.0	0.0	171.0	119.7	1026
Ojo Caliente	376.2	0.0	188.1	34.2	342
Soledad*	256.5	13.7	171.0	23.9	307
Monterrey	256.5	13.7	171.0	23.9	307
Morales	239.4	0.0	273.6	51.3	342
Villa Aldama	290.7	0.0	307.8	13.7	342
Colondrinas	273.6	0.0	273.6	17.1	342
Lampazos	256.5	0.0	239.4	17.1	342
Anáhuac	239.4	0.0	51.3	68.4	425
Nuevo Laredo	290.7	0.0	85.5	153.9	444

* El agua de Soledad es llevada en carros tanques de Monterrey a
esta planta.

El octavo cuadro corresponde a los análisis de agua TRATADA a
base de reactivos internos, pertenecientes, a las plantas de abastecimien-
to de locomotoras localizadas en la División Monterrey línea "B".

Los análisis son promedio de 10 muestras tomadas en diferentes
épocas estando los resultados expresados en partes por millón y en tér-
minos de carbonato de calcio.

Plantas	H.	P.	M.	NaCl.	SdT.	Observaciones
Ramos Arizpe	suspendido por no dar ningún resultado el tratamiento.					
Ojo Caliente	376.2	34.2	324.9	34.2	513	Sin resultados prácticos
Soledad	256.5	17.1	290.7	34.2	307	Resultados satisfactorios
Monterrey	256.5	17.1	290.7	34.2	307	" "
Morales	290.7	13.7	324.9	13.7	513	" "
Villa Aldama	273.6	17.1	307.8	20.8	342	" "
Colondrinas	256.5	34.2	322.3	20.8	342	" "
Lampazos	256.5	0.0	273.6	13.7	359	" "
Anáhuac	256.5	0.0	171.0	51.3	491	Sin resultados prácticos
Nuevo Laredo	tratamiento muy desigual por falta de aplicación de parte de los encargados.					

El cuadro noveno corresponde al control efectuado en Monclova
(Villa Frontera, Coah.), al ser instalada la planta de tratamiento exter-
no. Dicho control es exclusivo en los análisis de afinación.

H.	P.	M.	Hora al sacar muestra
171.0	51.3	85.5	8.00
171.0	153.9	239.4	12.00
136.8	160.9	249.7	14.00
102.6	153.9	256.5	15.00
34.2	136.0	256.5	18.00
13.7	205.0	307.8	20.00
34.2	153.9	256.5	8.00
30.8	171.0	307.8	12.00
17.1	177.8	324.9	16.00
17.1	177.8	324.9	18.00
34.2	153.9	307.8	20.00
Controlada en:—			
34.2	153.9	307.8	

CAPITULO VI.—

CONCLUSIONES.—

En la actualidad, con el programa que se ha trazado la Gerencia de los Ferrocarriles Nacionales de México para la rehabilitación de los mismos el punto que resuelve con la distribución en el sistema de las locomotoras de vapor y Diesel-Eléctricas, ha sido bastante acertada, ya que dicha distribución se basa en la clasificación de las aguas del mismo sistema, es decir, la parte Norte trabajará la fuerza tractiva a base de máquinas Diesel, ya que es la zona donde se encuentran las aguas más ricas en sales incrustantes y el agua se agota por falta de lluvias; es sabido que las máquinas Diesel tienen un consumo insignificante de agua, ya que sólo es necesaria aquella que es utilizada para el sistema de enfriamiento de los motores y generador de vapor. Al ser instaladas las plantas Desmineralizadoras compradas por la Empresa de los Ferrocarriles, el problema por concepto de agua para abastecimiento de las máquinas Diesel quedará resuelto en su totalidad.

LAS CONCLUSIONES A LAS QUE SE HA LLEGADO EN ESTE PEQUEÑO TRABAJO SON LAS SIGUIENTES:—

I.—Es de tomarse muy en cuenta que los recorridos tan largos que efectúan los Ingenieros Químicos Inspectores del Departamento de Pruebas y Análisis, pues con tales recorridos la eficiencia baja mucho, ya que sabido es que cada agua por tratar tiene su propio problema, y en la actualidad estos problemas se van multiplicando, ya que cada día va aumentando el movimiento de trenes y por lo tanto el consumo de agua se va multiplicando. Hasta la fecha, los Ingenieros especializados en tratamiento de aguas tienen a su cargo dos Divisiones con un promedio de 10 a 50 plantas de agua más las Terminales y Sub-Terminales, teniendo que efectuar trabajos de tanta importancia como son los análisis de agua cruda, para calcular la dosificación del tratamiento, análisis de control del agua tratada, análisis del agua de calderas fijas y de locomotoras, trabajos secundarios como los de revisión de dosificadores, composuras de los mismos, tomar existencias del tratamiento que se está aplicando, observar si las calderas fijas están trabajando, si están apagadas, comprobar si hay o no incrustación y en caso de haber incrustación ver de qué naturaleza es; todos estos recorridos se efectúan mensualmente y a bordo de Autoarmones; la mayor parte de los

Ingenieros tienen un Ayudante, pero el trabajo por desempeñar correctamente requiere un Ingeniero Químico Inspector con su respectivo Ayudante en cada una de las Divisiones del Sistema.

II.—Tener una estricta supervisión de parte de Fuerza Motriz y Maquinaria, en el perfecto lavado de calderas fijas y de locomotoras, así como el uso adecuado de las boquillas para efectuar estos lavados, mantener una presión mínima de 80 libras por pulgada cuadrada en el chorro del agua para la remoción de lodos e incrustaciones.

Quedando resuelto o cuando menos alargar estos periodos de lavados al ser tratadas las aguas según lo indiquen sus análisis.

III.—Este punto es la parte vital del trabajo y de no llevarse a cabo satisfactoriamente, el tratamiento seguirá siendo deficiente.

LAS AGUAS DEBEN TRATARSE CORRECTAMENTE, POR MEDIO DE TRATAMIENTOS SELECCIONADOS ESPECIALMENTE PARA CADA CASO DE AGUA—PROBLEMA; ESTOS TRATAMIENTOS PUEDEN SER INTERNOS, EXTERNOS, DESMINERALIZADORES, ETC., ETC., EN LA FORMA QUE ACTUALMENTE SE LLEVA, NO DA COMPLETA GARANTIA Y POR NINGUN CONCEPTO DEBERA ESPERARSE EFICIENCIA. Esto se comprueba fácilmente por medio del cuadro analítico de este trabajo, del Capítulo V en el control de aguas efectuado en las Divisiones Monterrey, en la Golfo Norte y Golfo Sur, y prácticamente se puede ver por el número de máquinas que por concepto de fallas por caldera se encuentran en reparación en los Departamentos de Pallería en las casas redondas. Ahora esto no sólo sucede en las Divisiones que cito, sino en cualquier Casa Redonda del Sistema.

IV.—Descalcizando la zona Norte del Sistema Ferroviario quedaría resuelto el problema por concepto de lavado e incrustaciones en las calderas siempre y cuando se instalen a la mayor brevedad las plantas Desmineralizadoras, pues la falta de ellas traerá problemas de índole más grave.

V.—Es urgente que se lleven a cabo los estudios efectuados por los diferentes Ingenieros Químicos Inspectores, en la clasificación de aguas en sus respectivas Divisiones, con objeto de tratarlas según lo requiera cada una. Este punto abarca los tratamientos Internos, Externos, Ablandadores, Desmineralizadores, Inhibidores, Filtraciones, Decantaciones, Coagulaciónes etc. El caso es obtener un agua de calidad óptima para ser usada en la generación de vapor de las calderas.

Traduciendo todo esto en máxima eficiencia, mayor rapidez en la generación de vapor, mayor vida en los tubos de calefacción, placas, frentes, etc., en general a toda la caldera de las locomotoras y fijas, evitar sobrecalentamientos que truen por secuela la fatiga prematura de los materiales.

Las economías se botendrán por un consumo mínimo de combustible, disminución del gasto por concepto de reparaciones, obteniéndose una mayor vida de las locomotoras y por lo tanto conseguir una disminución de la nómina mensual en los talleres de Casa Redonda.

BIBLIOGRAFIA.—

LIBROS:—

Roller Feed and Boiler Water Softening H.K. Blanning and A.D. Rich.
Text Book of Quantitative Inorganic Analysis Kolthoff and Sandell.
Roller Feed Water Purification S.T. Powell.

REVISTAS:—

Locomotive Fire Box Company del 28 de Febrero de 1943.

CATALOGOS:—

Magnus Chemical Company Garwood, N.J.

BOLETINES:—

National Aluminate Corporation Chicago Ill.
Dearborn Chemical Company Chicago Ill.
Permutit Hot Process Water Softeners
Angeles Water Softener Company Los Angeles, Cal.
Chemical Wilson Feeders Inc. Buffalo, N.Y.
Water and Sewage Chemistry and Chemical Inflico.
Informes personales a los FF.CC. N. de M.—