Año III 15 de Abril de 1903 Núm. 4

ANALES

DEL

INSTITUTO DE INJENIEROS DE CHILE

INCRUSTACIONES

PRODUCIDAS EN LOS JENERADORES DE VAPOR

MEDIOS DE EVITARLAS

INTRODUCCION

El Consejo Directivo de los Ferrocarriles del Estado acordó crear en Diciembre de 1901 i a indicacion del señor Omer Huet, Director accidental en aquella época, diversos puestos de injenieros para el Departamento de Traccion i Maestranza.

Prévio un concurso público nos correspondió a los infrascritos ocupar los cargos de injenieros ayudantes de los jefes de Maestranza en Santiago i Valparaiso respectivamente.

Con fecha 21 de Marzo de 1902 el señor Director de los Ferrocarriles, en nota dirijida al Departamento de Traccion decia testualmente:

«1.° Conviene fijar para cada locomotora el kilometraje o tiempo que corresponde a cada lavado i estudiar otros detalles como ser: naturaleza exacta i calidad de las sales que se depositan o impurezas que quedan en suspension en los calderos; presion, calidad temperatura del agua, etc.

«2.° Para la desincrustacion hai necesidad de hacer el exámen de las aguas i determinar el grado de sus impurezas en tiempo seco i en tiempo de avenida, i buscar las materias que pueden hacer solubles en los calderos las sales que se forman o impiden mecánicamente la formacion de incrustaciones. Asímismo, el empleo de desincrustantes debe ser objeto de una instruccion precisa.

«3.° En cuanto a la depuracion de las aguas de alimentacion como exije procedimientos por accion química o por infiltracion que son onerosos, esta solucion podria convenir sólo en caso de agua mui incrustante o de circunstancia escepcional.

«Pero hai alimentaciones que es posible mejorar o modificar para obtener agua de mejor calidad i este punto debe ser objeto de una atencion especial i de informaciones que permitan a esa Direccion arbitrar medidas sobre el particular.»

El problema que se nos confiara en la nota precedente era mui interesante, de bastante estudio i observacion i de la mayor importancia para los intereses de la Empresa, toda vez que una acertada solucion debia traer como consecuencia un ahorro considera-

ble de combustible, economía ocasionada por la disminucion de las reparaciones de las locomotoras, mejor conservacion i aprovechamiento del material de traccion.

La iniciativa tomada por el señor Huet era tanto mas justificada, cuanto que ademas de conocerse a *priori* la mala calidad de muchas aguas de alimentacion por los efectos producidos en las locomotoras, nada se habia hecho en el sentido de atenuar sus efectos, o prevenirlos. Si hubo ensayos de algunos desincrustantes o sustancias llamadas tales, fueron empleados sin conocimiento prévio de la composicion química de las aguas ni de las materias propuestas para prevenir las incrustaciones; careciendo, en consecuencia, estos ensayos de base científica alguna. Así, pues, léjos de producir buenos resultados, en diversas ocasiones fueron obstáculo para la marcha regular de las locomotoras, formándose lavasas o espumas que perturbaban la produccion del vapor i que produjeron arrastres de aguas a los cilindros.

No era de estrañar entónces la indiferencia, desconfianza i recelos que por parte de los maquinistas se desarrolló en contra de los desincrustantes que despues de nuestros estudios propusimos, alentados como estaban por la esterilidad que dejaron los esperimentos anteriores. Estas resistencias, no obstante, han debido desvanecerse bien pronto ante las evidentes ventajas que han dado los desincrustantes que hemos indicado como buenos.

Análisis de las aguas

Ante todo, debíamos conocer la composicion química de las aguas de alimentacion y la naturaleza de las sales disueltas en ellas. Al efecto, de cada una de las aguadas de la 2.ª seccion (Santiago a Talca i ramales) se llevaron muestras al Instituto de Hijiene para su análisis. (Debemos dejar constancia de que el Instituto, a pesar del recargo de trabajo que tenia, cooperó del mejor modo para realizar los análisis.) A pesar de esto, los de las aguas de la 1.ª Seccion (Santiago a Valparaiso i ramales) fueron hechos personalmente por el señor Jermain en el Laboratorio de la Quinta Normal.

El método usado en todas partes para estos análisis es el llamado hidrotimétrico de Clark, perfeccionado por Boutron i Boudet que permite determinar en peso, los siguientes cuerpos:

Carbonato de cal.
Sulfato de cal.
Carbonato de magnesia.
Sulfato de magnesia.
Acido carbónico.
El total de la cal i magnesia, ademas,
La dureza total i permanente del agua.

Sin duda, son estas sales las que producen la casi totalidad de las incrustaciones i en consecuencia las que se necesita neutralizar por la adicion de otras sales.

Antes de proceder al análisis indicado, se ensayaban las muestras cualitativamente i si este análisis revelaba la presencia de nuevas sales igualmente incrustantes, cuya determinacion no era posible por el método de Boutron, se hacia el análisis químico por alguno de los procedimientos conocidos.

Otra parte importante del análisis de las aguas es la determinacion del resíduo seco por litro de agua evaporada, lo que permite fijar el kilometraje que debe hacer cada máquina entre uno i otro lavado de su caldero, a fin de que no se forme sino cierta cantidad de depósito i no esperar que una grande acumulacion venga a manifestar la necesidad de su lavado, cuando se hayan producido perniciosos efectos.

Los cuadros que siguen dan el resultado de los análisis de las aguas de la 1.ª i de la 2.ª seccion de los Ferrocarriles del Estado.

ANÁLISIS

DE LAS AGUAS DE ALIMENTACION DE LA 1.ª SECCION DE LOS FERROCARRILES DEL ESTADO

(Vaparaiso a Santiago i ramales)

Procedencia de la muestra	Resíduo seco a 180°	Dureza total	Dureza permanente	Carbonato de cal	Sulfato de cal	Carbonato de magnesia	Sulfato de magnesia	Cal total	Magnesia total	Cloro	Cloruro de sodio	Acido carbónico	Silice
	grs.			grs.	grs.	grs.	grs.	grs.	grs.	grs.	grs.	lt.	grs.
Baron.....	0,080	4,°2	4,°	0,028	no hai	0,003	0,009	0,014	0,004	—	0,020	0,0025	—
Salto (1)....	0,180	7,2	6,	0,032	0,051	no hai	0,003	—	—	—	—	—	0,028
Quilpué.	—	28,5	15,	0,175	0,028	—	—	0,108	0,042	—	—	—	—
Limache....	0,368	21,6	10,	0,128	0,014	0,009	0,063	0,076	0,025	0,018	—	0,011	—
Quillota	0,369	23,3	8,3	0,175	0,004	0,009	0,050	0,099	0,021	0,008	—	0,005	—
Calera.....	0,416	24,0	8,5	0,182	0,021	no hai	0,050	0,009	0,017	—	0,017	0,004	—
Ocoa.....	0,468	31,0	10,5	0,229	0,018	0,008	0,066	0,134	0,026	—	0,046	0,007	—
Llaillai.....	0,432	29,5	11,0	0,201	0,021	no hai	0,081	0,119	0,027	—	0,014	0,010	—
Las Chilcas	0,492	27,5	10,8	0,172	0,025	0,009	0,062	0,106	0,025	—	0,015	0,137	—
Montenegro	1,188	66,	52,	0,165	0,462	0,141	—	0,279	0,067	—	0,005	0,163	—
Tiltil..	0,182	10,6	4,8	0,080	no hai	0,006	0,019	0,042	0,009	no hai	no hai	0,005	—
Lampa.....	0,284	20,	8,	0,129	no hai	0,009	0,050	0,070	0,021	no hai	no hai	0,013	—
Colina.....	0,492	18,8	6,	0,163	no hai	no hai	0,075	0,132	0,025	—	0,063	—	—

(1). El resíduo fué secado a 105.°

ANÁLISIS

DE LAS AGUAS DE ALIMENTACION DE LA 2.ª SECCION DE LOS FERROCARRILES DEL ESTADO

(Santiago a Talca i ramales)

PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	Residuo seco	Dureza total	Dureza permanente	Carbonato de cal	Sulfato de cal	Carbonato de magnesia	Sulfato de magnesia	Silice
	grs. p. lt.			grs. p. lt.	grs. p. lt.	grs. p. lt.	grs. p. lt.	grs. p. lt.
Santiago	0,238	13,°20	7,°20	0,051	0,049	0,012	0,017	0,015
San Bernardo	0,069	4,°20	3,°00	0,009	0,039	no hai	no hai	0,015
Guindos	0,657	30,°00	22,°80	0,046	0,139	0,020	0,134	0,016
Hospital	0,160	4,°80	4,°20	0,005	0,054	no hai	no hai	0,016
San Francisco	0,137	9,°60	7,°20	0,021	0,063	no hai	no hai	0,024
Rancagua	0,320	15,° 6	12,°00	0,033	0,095	0,006	0,037	0,048
Requínoa	0,250	13,°20	7,°80	0,040	0,075	0,008	0,012	0,010
Rengo	0,080	5,°40	3,°60	0,016	0,047	no hai	no hai	0,016
Pelequen	0,180	9,°60	7,°20	0,034	0,039	no hai	0,012	0,038
San Fernando	0,120	8,°40	6,°60	0,017	0,068	no hai	no hai	0,012
Quinta	0,244	10,°80	8,°40	0,020	0,098	0,002	0,013	0,028
Curicó	0,160	8,°40	6,°60	0,017	0,078	no hai	0,011	0,016
Camarico	0,100	6,°00	3,°60	0,012	0,023	0,003	no hai	0,038
Talca	0,190	12,°00	7,°20	0,039	0,080	0,007	0,012	0,014
Santa Cruz	0,695	30,°00	20,°40	0,068	0,194	0,036	0,092	0,038
Talagante	0,880	45,°60	28,°80	0,098	0,213	0,064	0,111	0,042
Melipilla	0,480	62,°40	36,°00	0,246	0,390	0,022	0,129	0,040
Peumo	0,250	13,°20	9,°60	0,038	0,087	no hai	0,009	0,020
Placilla	0,240	13,°80	8,°40	0,037	0,069	0,010	0,026	0,033
Palmilla	0,190	12,°00	6,°00	0,038	0,054	0,004	0,006	0,012
Alcones	0,590	20,°40	10,°80	0,052	0,083	0,034	0,049	0,045
Rauquen	0,120	6,°00	5,°40	0,007	0,056	no hai	no hai	0,009
Tanguao	0,180	9,°60	7,°80	0,010	0,066	no hai	0,002	0,022

ANÁLISIS DE ALGUNAS INCRUSTACIONES

PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	Ácido carbónico	Silice i materias insolubles que existian en el agua	Cal	Magnesia	Ácido sulfúrico
	grs. p. %	grs. p. %	grs. p. %	grs. p. %	grs. p. %
Máquina N.º 259 (en la caldera)	9,15	34	21	6	15,28
» » (en los tubos).....	12	16	15	6	16
» Nº 86.-Gultro (en la caldera).....	12,40	17	28,56	6,18	21,25
« » (en los tubos).....	6	27,60	15,68	1,44	6,56
» » (en la caldera).....	5,80	29,00	20,16	2,268	5,040
» » 76.-San Bernardo (en la caldera)	11	30	14,56	6	13

Clasificacion de las aguas

Como se manifiesta en los cuadros precedentes, han resultado algunas aguas que sólo contienen carbonato de cal.

Para la clasificacion se atiende solamente a las sales de cal, llamándose aguas calcáreas las que contienen carbonatos de cal. Los depósitos que forman estas aguas son pulverulentos, forman lodo i se estraen fácilmente de los jeneradores por medio de lavados, i no atacan químicamente los palastros i tubos.

Las aguas que contienen sulfatos de cal se llaman *selenitosas*. Los depósitos que forman son adherentes i difíciles de estraer, tanto que muchos de ellos requieren el uso del cincel para despegarlos. Con motivo de las reacciones producidas por la elevacion de la temperatura en los calderos, hai desprendimiento de ácido sulfúrico que ataca los diversos metales produciendo corrosiones.

Por fin, existen las aguas que contienen carbonato i sulfato de cal. Aunque el carbonato de cal por sí solo es mas o ménos blando, asociado con el sulfato de cal forman las costras mas duras i adherentes i las mas difíciles de estraer.

Son por consiguiente estas dos últimas clases de aguas las que producen las mayores incrustaciones i daños en los jeneradores de vapor, i lo que se procura es depurar préviamente estas aguas o introducirle elementos tales que neutralicen su accion, formando depósitos pulverulentos, fáciles de estraer.

Efectos producidos por las incrustaciones

Las costras que recubren las paredes de los calderos i tubos son malas conductoras del calor i por consiguiente impiden una rápida vaporizacion, lo que se traduce en un mayor gasto de combustible que en ocasiones ha llegado a un 50% o 60% para incrustaciones variables entre 6 i 10 milímetros de espesor.

Por otra parte, si no se impide la formacion de estos depósitos duros, la limpia del caldero no podrá efectuarse por los simples lavados con chorros de agua de alguna presion, ni aun ausiliándose de rastrillos metálicos. De manera que para limpiarlo completamente es necesario estraer los tubos e introducir operarios al interior del caldero para que con el cincel safen las incrustaciones. Esta operacion debe ser hecha por mecánicos diestros i aun así el metal sufre bastantes deterioros.

Naturalmente que esta última operacion orijina gastos de jornal, de materiales i luego la paralizacion del motor.

Ademas de estos perjuicios, las incrustaciones pueden orijinar accidentes mui sérios por la mala conductibilidad i falta de homojeneidad de ellas; el metal sufre dilataciones desiguales, lo que produce hendiduras i rasgaduras, aflojamiento de los remaches i en consecuencia desuniones de las planchas.

Como las planchas del fogon no estan en contacto directo con el agua porque la incrustacion lo impide, se enrojecen, se soplan i se rasgan. Si la incrustacion, por cualquiera circunstancia llega a desprenderse o abrirse, de manera que permita la entrada del agua ésta encuentra la plancha enrojecida, se produce una gran cantidad de vapor, las válvulas de seguridad no son suficientes para dar salida a este esceso, la presion aumenta mas allá del timbre del caldero i éste estallará.

Todavia la mala calidad de las aguas trae consigo las corrosiones del caldero, del hogar i de los tubos i por tanto su poca duracion. Estas se producen en forma de pústulas o en una estension mas o ménos grande i se denominan corrosiones por superficie. Estas corrosiones adelgazan las planchas a tal punto que es necesario cambiar algunas que se atacan con mas facilidad, i que son jeneralmente las de la parte inferior del cuerpo cilíndrico.

Mui a menudo, los remaches i estalles del hogar se aflojan i corroen, dando lugar a escapes de agua; las planchas se hunden i rasgan, exijiendo la colocacion de frecuentes parches en el hogar.

Manera de evitar las incrustaciones

1.°) Por la depuracion prévia de las aguas.

2.°) Por el empleo de desincrustantes.

La cuestion de la depuracion de las aguas que alimentan a los jeneradores de vapor ha preocupado siempre a los Departamentos de Traccion en todos los Ferrocarriles del mundo i en los cuales existen aguadas de mala calidad.

El problema ha sido tratado con verdadero lujo de datos i detalles mui interesantes

en el Congreso Internacional de Ferrocarriles del año 1900, al cual han enviado respuestas del cuestionario formulado por el Congreso, 69 compañías de ferrocarriles esparcidas en diversas partes del globo.

La conclusion a que arriba el Congreso, tomando en cuenta los datos suministrados por las mas importantes compañías, es que la depuracion prévia es la solucion mas acertada, no obstante de usarse con éxito líquidos desincrustantes en muchas compañías en que no se justifica la primera solucion.

La depuracion prévia es, sin duda alguna, el mejor de los medios para evitar las incrustaciones, por cuanto ántes que el agua llegue a los calderos se la despoja casi completamente de las sales nocivas. Pero, por desgracia, este procedimiento exije gastos de instalacion de estanques i aparatos especiales de bastante precio, que no se justificarán sino en una red de tráfico mui intenso, i de un detenido estudio respecto a la cuestion económica del problema.

El empleo de los desincrustantes introducidos en los jeneradores de vapor está en uso en diversas compañías, i naturalmente que conviene adoptarlo miéntras no se establezca la depuracion prévia.

Estos desincrustantes son de dos clases.

Unos son sustancias inertes que introducidas en la caldera tienen por objeto interponerse entre las partículas de las sales incrustantes e impedir su union en masas compactas i adherentes. Su accion, como se ve, es *mecánica.* Son: arcilla, zinc, talco, vidrio molido, cuerpos grasos i materias amiláceas.

Estos desincrustantes tienen el inconveniente de esponer a las calderas a golpes de fuego por su acumulacion. Ademas las corrientes que se producen pueden ocasionar arrastres de estas materias en los órganos de la máquina (llaves, cilindros, etc.,) que se deteriorarian rápidamente. En vista de estos inconvenientes, han caido en desuso.

Los otros desincrustantes obran químicamente, i son numerosos: materias orgánicas, estractos de diversas maderas, tanatos alcalinos, materias azucaradas como glicerina. Materias minerales: carbonato de sodio, silicatos alcalinos, soda i potasa, cloruro de bario, barita, cromatos, oxalatos alcalinos, la cal i la magnesia.

A pesar de la bondad de algunos desincrustantes, quedan de hecho eliminados por su precio elevado, como ser los oxalatos alcalinos.

Debemos preferir aquellas sustancias minerales que reuniendo la condicion de su bajo precio, trasformen las sales que forman incrustaciones duras, en otras que no tengan ningun poder incrustante. De las ya mencionadas, la que reune ámbas condiciones es el *carbonato de sodio.*

Como casi la totalidad de las aguas ensayadas contiene carbonato de cal i de magnesia, con la adicion del carbonato de sodio se producen las siguientes reacciones:

El carbonato de sodio precipita el carbonato de cal que se encuentra en solucion en el agua, como se indica

$$(Co_3\ H)^2\ Ca + 2Co_3 Na_2 = \underbrace{(Co^3)^3\ Na_4\ H^2}_{\text{soluble}} + \underbrace{Co_3\ Ca}_{\text{insoluble}}$$

El sesquicarbonato de sodio que se forma, se descompone en carbonato neutro i en bicarbonato, conforme a la ec. siguiente:

$$(Co_3)^3\ Na_4\ H^2 = 2Co_3\ Na\ H + Co\ \ Na_2$$

El bicarbonato desprende una parte de su ácido carbónico para dar carbonato neutro

$$2CO_3\ Na\ H + CO_3\ Na_2 = 2CO_3\ Na_2 + H_2O + CO_2$$

Esta reaccion demuestra que se obtienen dos moléculas de carbonato neutro que quedan en solucion prontas para entrar nuevamente en accion. Encontrándonos así en presencia de una reaccion cíclica, es decir, que se repite.

Con el sulfato de cal, la mas perniciosa de las sales incrustantes, el carbonato de sodio obra así:

$$SO_4\ Ca + CO_3\ Na_2 = \underset{\text{insoluble}}{CO_3\ Ca} + \underset{\text{soluble}}{SO_4\ Na_2}$$

Como se ve, el sulfato de cal es descompuesto en carbonato que precipita i en sulfato de sodio, cuerpo soluble i que, en consecuencia, pierde su poder incrustante.

Con el sulfato de magnesia se produce una reaccion análoga a la indicada por el sulfato de cal:

$$SO_4\ Mg + CO_3\ Na_2 = \underset{\text{insoluble}}{CO_3\ Mg} + \underset{\text{soluble}}{SO_4\ Na_2}$$

El cloruro de magnesio, cuerpo mui incrustable i esencialmente corrosivo, es precipitado por el carbonato de sodio a carbonato de magnesia i se forma cloruro de sodio soluble:

$$Mg\ Cl_2 + CO_3\ Na_2 = \underset{\text{insoluble}}{CO_3\ Mg} + \underset{\text{soluble}}{2Na\ Cl}$$

Con el cloruro de calcio se verifican reacciones del todo semejantes, quedando carbonato de cal insoluble i cloruro de sodio soluble.

Si el agua no contiene sino carbonato de cal, basta una pequeña dósis de carbonato de sodio para precipitar grandes cantidades de aquella. En efecto, 100 gramos de carbonato de sodio por caballo de vapor pueden bastar durante un mes en un jenerador que funcione diariamente. Si el agua contiene sulfato de cal será preciso agregar 78 gramos mas de carbonato de sodio puro por 100 gramos de sulfato de cal anhidro contenido en el agua. (*)

(*) De la Coux.

Los sulfatos dan oríjen, como se ve, a un mayor gasto de reactivo.

Al carbonato de sodio se le agrega estracto de madera de campeche i de quebracho, cuya accion consiste en interponerse entre las partículas de materias incrustantes, impidiendo la union i adherencia de ellas.

No pasaremos en revista una série de combinaciones de sustancias minerales i orgánicas mui recomendadas por sus inventores, i algunas de las cuales han dado mas o ménos buen resultado. Preconizamos aquí el carbonato de sodio con los estractos de madera de campeche i quebracho, fácil de preparar, de un uso sencillo, de precio bajo i cuya accion química acabamos de indicar.

Una proporcion recomendada es ésta:

17 kilógramos de carbonato de sodio.

(*) 7 kilógramos de madera de campeche.

Esto se echa en una cuba cónica de palastro que contenga 76 litros de agua i se le hace hervir durante tres horas al baño de maria. El líquido así preparado debe marcar de 8 a 10° Beaumé.

Se emplean k. 0,016 de líquido desincrustante por m.^{3} de agua i por cada grado hidrotimétrico.

Supongamos, por ejemplo, un agua de 13° hidrotimétricos, como la de Santiago; i que la locomotora gaste 30m^3 en el dia; habrá que usar:

K. 0,016 × 13 × 30 = k. 6,240 de líquido desincrustante, cuyo precio resulta al rededor de 5 centavos. Así, pues, con un gasto diario de 30 centavos por máquina, se le puede mantener en buen estado de limpieza.

Despues de cada lavado se le echará al caldero unos 4 lts. de desincrustante. Como las diferentes aguadas tienen distintos grados hidrotimétricos, podria sacarse un promedio para adoptar la cantidad de líquido desincrustante por emplear. Por lo demas el jefe del servicio de lavados de calderos i los maquinistas mismos pueden notar si la cantidad es suficiente o hai que aumentarla, fijándose en que el líquido haga toda su accion, lo que se ve en las aguas barrosas provenientes del lavado. Debemos agregar que no hai el menor peligro en usar el doble de líquido desincrustante del indicado.

Lavado de los calderos

No conviene que se produzca grande acumulacion de depósitos en la caldera, ésta debe ser lavada despues de un cierto servicio, que puede variar segun la naturaleza de las aguas de alimentacion.

En la red de Lyon no se deja depositar mas de 25 kilógramos de materias sólidas sin someter la caldera al lavado.

El peso de este depósito se obtiene multiplicando el número de kilógramos de agua consumida por el peso del resíduo sólido que deja cada kilógramo de agua. Esto está indicado en los cuadros precedentes.

(*) Se ha omitido la madera de quebracho por no haberse encontrado en el pais.

Jeneralmente no se pesa el agua consumida, sino que se deduce por el peso del carbon empleado; a menudo, un kilógramo de hulla vaporiza unos 7 kilógramos de agua.

Para lavar una caldera se abren los diferentes orificios que sirven al efecto i se dirije al interior un chorro de agua tan poderoso como sea posible; se ayuda la accion del agua raspando las superficies sucias que pueden alcanzarse con pequeños rastrillos.

La dificultad de los lavados no consiste en la operacion misma, que no exije sino cuidado para ser bien ejecutada; pero exije un tiempo considerable si se quiere economizar calderas. Todo enfriamiento rápido sea por el aire atravesando el hogar, sea sobre todo por un chorro de agua fria, es una amenaza para las calderas i determina los escapes en los tubos.

Para no fatigar una caldera es necesario, pues, dejarla enfriar lenta i completamente ántes del lavado, lo que exije una larga paralizacion de la locomotora. En ocasiones una máquina no está bien fria sino durante la noche que precede a su partida, lo que es ménos cómodo para la operacion del lavado.

Se puede sin inconveniente reducir la paralizacion exijida para el lavado, a condicion de hacerlo con el agua caliente; no habia necesidad de esperar el enfriamiento completo de la caldera para principiar el trabajo.

A veces se abre la llave de vaciar las calderas cuando están aun calientes a fin de arrastrar los depósitos barrosos; pero es necesario cuidarse de bajar demasiado el nivel del agua por este vacío en caliente, porque el cielo del hogar podria calentarse notablemente (sobre todo en las máquinas provistas de una bóveda de ladrillos, que conserva largo tiempo el calor): resultaria una alteracion del metal i tambien un endurecimiento de los depósitos que lo recubren.

Los tapones cónicos deben ser revisados con cuidado, torpemente puestos en su lugar, con filetes mal hechos, dan lugar a escapes, que podrian exijir el vaciado del caldero. Se debe engrasarlos ántes de atornillar i no tomar otra precaucion.

Para volver a llenar la caldera en frio, con la ayuda de un tubo flexible acodado a la llave de vaciar se deja escapar el aire que contiene abriendo el regulador i las purgas: es necesario no olvidar jamas de volver a cerrar el regulador cuando la caldera está llena.

Despues del lavado de la caldera, es necesario asegurar i limpiar el mecanismo; las costuras i las ruedas. Hablando de las provisiones, hemos dicho que en seguida de esta operacion, a menudo las cajas se llenan de agua. El lodo arrastrado por el agua, penetrando en las articulaciones del mecanismo, corren el riesgo de caldearse: por lo que conviene disponer las máquinas en movimiento, cuando se lavan las calderas, con los dos codos de los ejes dirijidos hácia lo alto e inclinados a 45.°

ESPERIENCIA.—La locomotora número 215, que hace su servicio en la 2.ª Seccion, salió con caldero nuevo el dia 15 de Noviembre de 1902 i se ha empleado en ella el líquido anterior, en marcha i despues de lavar el caldero con un resultado mui satisfactorio, pues el caldero se ha mantenido limpio hasta la fecha, lo que no ha ocurrido en otras máquinas que habiendo salido en iguales condiciones, no usan líquido desincrustante.

El jefe del servicio de calderos de la Maestranza de Santiago, don Francisco Conta-

dor, ha podido comprobar la eficacia de este desincrustante, por cuanto en las máquinas que lo usan aparece en forma de lodo las sales que habrian formado las incrustaciones.

Los buenos resultados obtenidos en estas esperiencias han hecho jeneralizar el uso del desincrustante indicado i hoi dia a toda máquina lavada en la Maestranza de la 2.ª Seccion se le echa al caldero unos 4 litros de ese líquido.

El uso de estos desincrustantes tiene como consecuencia la disminucion de las reparaciones de las locomotoras, por consiguiente, economía de jornales i materiales. (La Compañía del Norte de Francia obtuvo el primer año de implantacion de la depuracion prévia 480,000 francos de economía por la disminucion de reparaciones de sus máquinas, sin tomar en cuenta el menor consumo de combustible,) (*) mejor aprovechamiento del material de traccion, porque disminuyendo las reparaciones, disminuirá el tiempo que permanece en los talleres, mayor duracion de los calderos, fogones i tubos, cuyo importe en cada locomotora es al rededor de 13,000 pesos, por último, la gran economía que resultará por el menor consumo de combustible.

En los jeneradores de vapor fijos podria usarse una depuracion prévia bastante sencilla i que es como sigue:

Siempre que las aguas contengan carbonato de cal, con un poco de sulfato de cal, está señalada la cal como buen neutralizador.

Si el agua contiene sólo carbonatos de cal, se satura el ácido carbónico libre i semicombinado por una cantidad de cal exactamente equivalente. Si tambien hai un poco de sulfato de cal, se agrega a la lechada de cal carbonato de sodio en cantidad equivalente a este sulfato. La cal es precipitada al estado de carbonato i en el segundo caso queda en disolucion un poco de sulfato de sodio.

El líquido lechoso así obtenido debe ser clarificado sea por un reposo real i relativo, sea por una filtracion inmediata, sea por los dos medios sucesivos a fin de llegar limpia al jenerador.

La depuracion por la cal sola es mui barata. La proporcion mas comun es de 20 kilógramos de cal viva por 100 metros cúbicos de agua.

Se emplea al estado de agua de cal o lechada.

La depuracion se vuelve mas costosa cuando se ha recurrido a la soda. El carbonato de soda, sal de Solvai, vale en Santiago 15 pesos los 100 kilógramos. Por 100 metros cúbicos de agua, se emplean jeneralmente k. 2.65 de carbonato de sodio por grado hidrotimétrico de sulfato de cal, miéntras que no es necesario por grado de carbonato de cal sino k. 1.4 de cal pura (a menudo k. 2.8 de la cal que se encuentra en el comercio.)

Habríamos deseado dar las cifras exactas del menor gasto que el uso de los desincrustantes traerá para nuestros ferrocarriles, pero el hecho de haberse efectuado pocas esperiencias todavia i desde hace mui corto tiempo, nos impide hacerlo. No obstante, sin temor de ser contradichos, i en vista del éxito obtenido en otras compañías de ferroca-

---

*) Delhôtel.

rriles, ya sea que usen la depuracion prévia o los desincrustantes, podemos afirmar que las ventajas i disminucion de gasto serán de importancia en Chile.

Tan pronto como hayamos completado nuestros estudios sobre un problema tan interesante como el que nos ocupa, i tengamos hechas las esperiencias en número suficiente, ampliaremos este trabajo.

WENCESLAO SIERRA M. EDUARDO GERMAIN K.
Injenieros del Departamento de Traccion i Maestranza de los Ferrocarriles del Estado

Santiago, Marzo de 1903.