

Consideraciones sobre la Industria del Salitre

POR

EMILIANO LÓPEZ S.

(Continuación)

B). TRABAJOS DE MÁQUINA

Se llama Máquina, fig. 35, al conjunto de construcciones e instalaciones para elaborar propiamente el salitre.

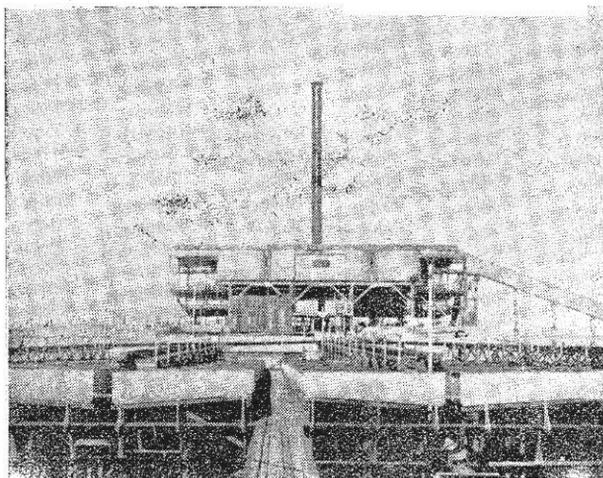


Fig. 35.—Máquina elaboradora del Salitre.

La Máquina, se puede decir, empieza en las rampas adonde se almacena el caliche que se trae de la pampa y termina en las canchas adonde se seca el salitre elaborado.

a) *Trituración del caliche.*—El caliche llega de la pampa en trozos grandes que pueden cargarse a mano por un hombre; pero para la mejor disolución, debe tratarse en los cachuchos en trozos pequeños, por lo que se tritura en chancadoras de las que hay diversos tipos.

Chancadoras.—Las chancadoras reciben el caliche por una abertura amplia llamada boca, se encuentran instaladas al pie de las rampas como se ve en la fig. 36,

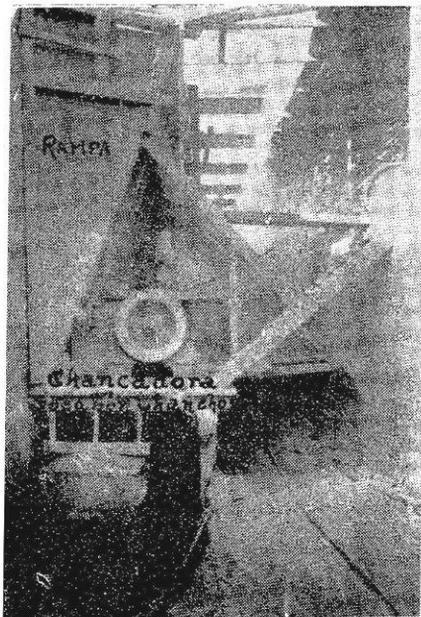


Fig. 36.—Rampa y chancadoras.

que les vacian el caliche por puertas que enfrentan cada chancadora o chancho como se les llama, y cuyo número es muy variable según el tipo de ellos y la magnitud de la Oficina.

Las chancadoras antiguas eran las llamadas de quijadas, una fija y otra móvil, con paladares de acero generalmente ondulados. Después se han usado las chancadoras cónicas giratorias, con muy buen resultado especialmente las «Buldog» y, por último, las giratorias de martillos que en las primeras pruebas han mostrado

como inconvenientes, que se gastan luego los martillos, resultan muchos finos y se producen atascamientos, si no se regula bien el trabajo.

En las chancadoras el caliche se tritura hasta trozos de 3 a 6 centímetros de espesor. Para presentar más superficie a la disolución convendría un acendrado pequeño; pero, en general se evita porque se forma un exceso de polvo fino que entorpece la disolución del conjunto en los cachuchos actuales.

El caliche triturado cae, por una salida inferior de las chancadoras a los carritos especiales—que vacían por el fondo o los costados—y que corren por debajo de ellas, en un espacio que se llama el socavón de los chanchos fig. 36. Llenos esos carros son elevados a la máquina elaboradora propiamente dicha o sea adonde están los cachuchos: por planos inclinados en que se hace la tracción por winches a vapor o eléctricos por ascensores hidráulicos o eléctricos verticales de tipo corriente o por puentes grúas rodantes—como en la Oficina «Coya» de Toco—; o bien, en vez de carritos, se emplean elevadores de rosario y capachos, o correas transportadoras que son quizá las más económicas por lo que se van generalizando en los últimos tiempos. Más reciente es el empleo de silos o grandes depósitos de fierro, para recibir en la parte alta de la Máquina el caliche acendrado solamente o clasificado en grueso, mediano y fino para echarlo a los cachuchos en el orden y proporción convenientes. Tenido el caliche triturado sobre el nivel de la boca de los cachuchos se va vaciando a ellos como corresponda.

b). *Lixiviación del caliche.*—Esta es la operación principal en la elaboración del salitre y consiste: en disoluciones y lavados, sucesivos y metódicos, de porciones de caliche en agua.

Se efectúa en caliente en grandes estanques de fierro llamados cachuchos y por el sistema Shanks que es el procedimiento actual de elaboración y que se denomina así, porque se aplicó a la elaboración del salitre, el aparato Shanks para el tratamiento de la soda bruta en la elaboración del carbonato de sodio.

Como el nitrato de sodio es una sal que va aumentando su solubilidad en el agua a medida que se aumenta la temperatura y, a la inversa va precipitándose a medida que la solución se va enfriando; el sistema Shanks disuelve en los cachuchos el nitrato del caliche en líquidos que se calientan hasta la temperatura de la ebullición y va a precipitarlo por enfriamiento en las bateas. El líquido que en realidad se emplea, en la disolución del nitrato de sodio, es el *agua vieja* o agua madre de salitre, que viene a ser el líquido que sale de las bateas después de haberse enfriado

el *caldo*—como se llama a la solución caliente casi saturada—a la temperatura ordinaria y de haber dejado cristalizado en ellas todo el nitrato de sodio que corresponde precipitar por ese enfriamiento.

El agua vieja, al quedar a la temperatura ordinaria, mantiene disueltos más o menos 425 gramos de nitrato de sodio por litro, junto con cloruro de sodio, sulfatos y otras sales; calentándola con el caliche hasta 100 ó 110 grados centígrados, disuelve nuevamente nitrato, hasta quedar—digamos—con unos 825 gramos, tratándose de caliches pobres, y vuelve a quedar con los 425 gramos al enfriarse hasta los 25 grados, depositando otra vez 400 gramos de salitre por cada litro. El agua vieja es, así, el vehículo para estar acarreado salitre de los cachuchos a las bateas, reemplazando con agua del tiempo la que va perdiéndose por evaporación y derrames.

Algunas Oficinas, como «La Granja» y «Peña Grande» de Tarapacá, evaporan las aguas viejas hasta concentrarlas como caldos, entonces se usa sólo agua común o del tiempo, como se llama, para la disolución.

Cachuchos.—Los cachuchos son estanques formados por gruesas planchas de acero, de 10 a 12 milímetros de espesor, remachadas y atiesadas con escuadras o cantoneras del mismo metal. Casi todos los cachuchos son de sección rectangular, que en dimensiones por pies, como se han construído todos, son: de $28 \times 7 \times 8$ pies de hondura, de $30 \times 7 \times 8$, otros de $32 \times 8 \times 9$ de hondura y también hay de $40 \times 8 \times 9$ pies y aún últimamente se proyectan de mayores dimensiones.

Los cachuchos, cuando son pocos: 6, 8 ó 12 y aún 16, van en una sola fila; pero, si son 16, 24, 32 ó 36 y hasta 40 van en dos filas o tres y en secciones separadas de 6, de 8 o de 9 y 10 en un solo cuerpo. Estas secciones que van en un solo cuerpo se construyen formando el gran cajón o estanque del total de cada sección y después se colocan las divisiones o manparos que forman los cachuchos respectivos.

El conjunto de cachuchos, las líneas férreas que se necesitan al nivel de la boca de ellos, así como las que son menester para carros que deben circular por debajo del fondo de ellos, y otras dependencias, deben quedar elevados a 8 y 12 o más metros, sobre el nivel del suelo; lo que se hace montándolos sobre una sólida estructura de acero, muy bien cimentada con profundos muros de concreto o piedra y cubierto todo el piso con un grueso emplantillado de concreto, para detener toda filtración o derrame de líquidos, que se recogen por desniveles convenientes para llevarlos a estanques enterrados, llamados de derrames y estrujes.

Esa mayor elevación que se da a los cachuchos o estanques disolvedores, es para que los líquidos que van resultando, se ecurran por gravedad como sea necesario; que los líquidos que se usan en los cachuchos, bajan de otros estanques más elevados, o suben por bombas y el caliche por elevadores.

Varios grupos de estanques, se encuentran alrededor de los cachuchos y a niveles inferiores al fondo de ellos, como los chulladores o decantadores, los estanques de relaves, los de estrujes y los de agua vieja. Y a nivel bastante superior a la boca de los cachuchos, van los tres o más estanques elevados, que se llaman de *agua del tiempo*, de *agua vieja* y de *relaves*.

En muchas Oficinas de Tarapacá y en otras, donde se ha podido, se ha aprovechado las faldas de cerros para ubicar convenientemente las distintas instalaciones, a fin de tener sin grandes costos los desniveles necesarios, como se ve en la figura 37.

Cubre toda la parte de los cachuchos y las pasarelas que los rodean, un gran techo o ramada de caña de Guayaquil generalmente, para proteger contra la intemperie a los obreros de la Máquina.

En el interior de los cachuchos, hay un segundo fondo movable de planchas de acero perforadas, como criba, a 25 ó 30 centímetros del fondo verdadero, que se llama *crinolina*. Hay también en el interior de cada cachucho, seis o más vueltas de cañerías de acero, de 3 ó 4 pulgadas de diámetro, llamadas serpentinas—que se dividen en dos independientes por lo general—que van a unos 50 centímetros de los costados y por cuyo interior circula el vapor de calentamiento. Además, hay comunicaciones de unos cachuchos con otros por medio de sifones y llaves, así como otras comunicaciones para dar salida por medio de llaves compuertas y sifones a las soluciones, a fin de que por canales sean llevadas a los chulladores. Por último, por sobre la boca de los cachuchos corre de atraveso una canal triple por donde se puede vaciar a ellos: o agua vieja, o relaves, o agua del tiempo de los estanques elevados. Y en el fondo de los cachuchos hay 2, 3 ó 4 puertas, según la longitud de ellos, para votar los residuos o ripios a carritos que los transportan por la parte inferior, que se llama el socavón de los ripios, fig. 38.

Calderos.—Como la disolución del nitrato se hace en caliente, empleando vapor, y muchos de los motores que producen la fuerza son también a vapor, una de las secciones más importantes de las Oficinas salitreras, es la batería o sala de calderos.

Antes, la generalidad de los calderos eran del tipo Lancashire de dos fogones: dos o más de alta presión, sus 120 libras por pulgada cuadrada para los motores que producían la fuerza y varios de baja presión, de 30 a 40 libras para la producción

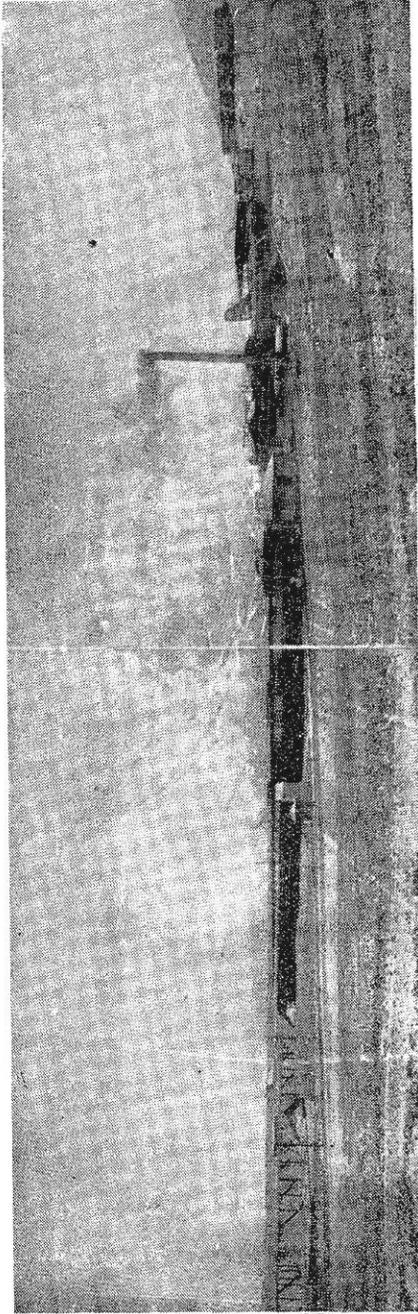


Fig. 37.—Perfil de la Oficina "José F. Vergara", ubicada en falda de cerro.



Fig. 38.—Socavón de los rípios con sus líneas y carros para el desripio.

de vapor que circula por los serpentines para el calentamiento de las soluciones en los cachuchos. En los últimos tiempos se han generalizado los calderos de alta presión, tubulares, principalmente los Babcock Wilcox, que trabajan a más de 200 libras por pulgada cuadrada, accionando los motores especiales y aprovechando el vapor de escape para el calentamiento de los cachuchos.

En las Oficinas bien equipadas, hay numerosos aparatos de control, como indicadores y registradores de presiones, medidores del consumo de vapor, medidores del agua consumida por los calderos y de las aguas condensadas, pirómetros indicadores de las temperaturas de los gases a la salida de las chimeneas, indicadores de los gases de la combustión, etc.

Los calderos son alimentados con la mejor agua que se dispone y en muchas Oficinas con agua resacada o sea condensada especialmente. El combustible que se usa en los calderos, es actualmente en su mayor parte petróleo crudo, por las muchas calorías que da—sus 10 000 a 11 000 calorías—por las comodidades para su uso y por no dar casi mermas; todo lo que, unido a su precio moderado de 50 a 70 cheelines la tonelada, lo hacía anteriormente más económico. Pero, se ha usado también de todos los carbones que se ha podido obtener a precios convenientes. Antes se usaba carbón inglés Cardiff y carbón australiano, después se ha usado principalmente carbón americano del tipo Pocahontas, que viene pagando poco flete, por lo que se consigue con frecuencia a precios análogos a nuestro carbón nacional; pero, a veces sube mucho de precio, viene generalmente muy molido y de calidad inferior,

hasta con abundancia de piritas que provocan las combustiones espontáneas, al menor descuido en su almacenamiento.

El carbón nacional, de las minas del Sur de Chile, se usa poco en las salitreras y rara vez en los calderos, porque su precio es relativamente alto, es difícil de conseguirlo oportunamente y también llega muy molido.

Por el alto precio que va teniendo el petróleo y por preverse que seguirá subiendo, hay interés en la actualidad de preparar los calderos con parrillas movibles de cadena con cargadores mecánicos del combustible, para usar carbones molidos y estudiar las mezclas más convenientes para nuestro carbón nacional, como lo hace la Compañía Chilena de Electricidad Ltda. en su gran planta a vapor del «Mapocho» en Santiago, que quema con éxito carbones de «Schwager» de más de 7 500 calorías, con carbones de «Lirquén» de unas 5 000 calorías; en su gran batería de calderos Babcock Wilcox de hogares automáticos con parrillas de cadena movibles, alimentadas con carbón molido por cargadores mecánicos. También se hacen a la fecha en Chile, pruebas de instalaciones mejoradas para el uso de carbones pulverizados nacionales; de ellas hay en la Maestranza Central de los Ferrocarriles del Estado en San Bernardo, que trabajan en buenas condiciones y con gran eficiencia.

Motores.—Tanto las chancadoras, como los elevadores, bombas etc. de una Máquina, se mueven generalmente por corriente eléctrica generada por grandes dinamos acoplados a los motores que en un tiempo fueron en gran parte Diessel; pero hay ahora una gran variedad de otros motores y en los últimos tiempos, motores a vapor de alta presión, cuyo vapor de escape se emplea en la elaboración y entre estos motores, están figurando las turbinas a vapor que son muy económicas. Las últimas turbinas montadas son las que han empezado a trabajar en las Oficinas «Chacabuco» y «Francisco Puelma» de la pampa de Antofagasta. Las de la Oficina «Puelma», generan fuerza a precio bajo para varias Oficinas y alcanza hasta la Oficina «Arturo Prat» a más de 15 kilómetros, y el vapor de escape va a los cachuchos para la elaboración. Excepcionalmente, se usan turbinas hidráulicas para mover dinamos y proporcionar parte importante de la fuerza, como en las Oficinas «Prosperidad», «Rica Aventura» y «Santa Fe», todas del Toco, que aprovechan las aguas del Loa por medio de tranques; sirviendo para las dos primeras, el llamado «Tranque Sloman» de 30 metros de altura, que da el agua para tres turbinas de 450 HP. cada una, y el que aprovecha la Oficina «Santa Fe», es de 12 metros de altura y para producir 260 HP. en corriente de 5 000 volts. que la usa para la Máquina, trenes de caliche y compresora de aire para las perforadoras mecánicas de las cuevas.

Bombas.—Hay también en las Oficinas, un cuarto o sala de bombas, donde se encuentran las bombas para alimentar los calderos, para el agua vieja que sube a los estanques elevados para servir en la elaboración o para extinguir incendios de salitre—por producir explosiones el agua común o del tiempo—, las bombas de relaves, las de agua del tiempo, etc. Y en la Máquina, se encuentran bombas centrífugas para circulaciones de líquidos en los cachuchos, para relaves, estrujes, etc. Comúnmente, todas esas bombas son movidas por motores eléctricos y las hay de muchos tipos.

Continuando la descripción de las operaciones que constituyen la lixiviación del caliche, hay que decir: que los cachuchos se llenan casi completamente de caliche triturado, en cuanto están listos para ello.

En esta parte hay que considerar, si se ha hecho o no separación de finos; porque, al respecto, hay diversidad de criterios:

Unos dicen, que si los finos que se producen en la trituración del caliche, quedan incorporados en medio de la masa, se dificulta la circulación de los líquidos, haciendo que éstos busquen vías fáciles por donde pasa la mayor parte, resultando imperfecta la disolución en el resto; por lo que aconsejan la separación de los finos, que permite se elabore sola la masa granada de caliche—donde los líquidos pueden circular con facilidad por toda esa masa, agotando mucho más el caliche—y pudiendo tratarse aparte los finos por procedimientos de filtros, como en la Oficina «Paposo» de Tarapacá, o incorporándolos en una capa sobre el caliche granado, en el mismo cachucho o en el primer alimentador, como en la Oficina «La Granja», también de Tarapacá, donde se asegura no molestan o muy poco la circulación de líquidos, porque la mayor parte permanece encima.

Otros estiman, que si separan los finos, para incorporarlos en una capa encima del caliche granado, luego que empieza la ebullición, si la hay, o al circular los líquidos, bajan los finos al medio de la masa y entorpecen la circulación y por tanto la disolución. Y que, si los finos se tratan aparte, los procedimientos son caros y no hay ventaja en la separación.

Por último hay Oficinas, como la «Coya» de Toco que, siendo los finos muy arcillosos o borrientos, los separa y los elimina de la elaboración. Otras, como la «Acon-

cagua» de la pampa de Antofagasta, que en la clasificación del caliche triturado, separaba tres gruesos en tres silos: los trozos más grandes en uno, lo granado menudo como grava en otro y el polvo fino en el último; al cargar el cachucho, colocaba lo grueso abajo, en seguida la grava y encima la capa de fino.

Esta cuestión de la separación de los finos, tiene una gran importancia en la lixiviación del caliche pobre, que generalmente es difícil para disolver; porque, es indudable que separando los finos se puede triturar más chico y los líquidos penetran más fácilmente al interior de los trocitos y circulan uniformemente por toda la masa homogénea que llena el cachucho, haciendo la disolución en las mejores condiciones posibles. Naturalmente, si el caliche es borriento y se disgrega con el agua, será inútil separar finos y no convendrá triturar chico, sino mezclarlo bien con caliches duros que no tengan esos inconvenientes, usándolos en poca cantidad y con todas las precauciones del caso.

Algunos opinan que deben separarse los finos y eliminarlos, dejándolos en grandes depósitos hasta que haya un procedimiento que los elabore económicamente y, aún, que no deben trabajarse por ahora con el sistema actual los caliches muy borrosos, cuando no constituyen parte importante de las existencias de la pampa; porque los resultados generalmente son malos: se tiene mal rendimiento y su costo así es alto.

La Oficina que separa y que trabaja en mayor escala los finos borrosos pobres, es la Oficina «Papo», que emplea para ello los filtros Butters con resultados muy favorables, según publicaciones últimas en el «Caliche», pero la instalación de esos filtros ha sido muy cara—que entiendo se pagó en tiempo de precios altos del salitre— parece emplear mucha fuerza y mucha agua, usando además una tela especial (*monel*) que es sumamente cara y que se gasta o corroe, no encontrando aún manera económica de reemplazarla. Indudablemente, que la elaboración del granado sólo, se hace muy bien y económicamente.

Es, pues, éste un problema de gran trascendencia, que debe seguir estudiándose.

Siguiendo nuestras operaciones, llenos los cachuchos del caliche triturado o poco antes, se empieza a echarles líquido. En esto hay que distinguir, si se trata de fondada directa para caldo o de prepare, llamándose *fondada* a la serie de operaciones desde que empieza a llenarse el cachucho con caliche hasta que termina de sacarse el residuo de la elaboración o sea lo que se llama *ripio*. Se llama *caldo* a la solución

caliente que tiene la densidad necesaria para correrla a chulladores y bateas. Se llama *fondada para caldo*, la que está en tratamiento y que va a correr caldo antes que otra en proceso, que tampoco haya dado caldo. Y *prepare*, es una o más fondadas que se llevan en tratamiento adelantado, aprovechando los cachuchos que terminan sus fondadas antes que les corresponda su turno y que se llena en el acto con caliche triturado, para avanzar la disolución cuando hay apuro.

Si se trata de *prepare*, el cachucho que se llena de caliche triturado, se alimenta directamente con agua vieja que debe llegar caliente y con relaves ricos de una fondada anterior, aplicándole desde luego vapor moderadamente. Y si el cachucho recién lleno con caliche, es la *fondada para caldo*, se alimenta también con agua vieja, pero echándola al cachucho contiguo, que acaba de correr caldo y cuyo líquido tiene más nitrato que el agua vieja; así es que ésta se enriquece y puede disolver más nitrato en el mismo cachucho por la temperatura apropiada que encuentra y así se traspaasa al cachucho que tiene el caliche, completándose el relleno de él con relave rico del cachucho anterior. Se llaman *relaves*, a los líquidos que pasan por el caliche después del que se concentró en él hasta dar caldo, porque se estima que los líquidos que corren como caldo, al penetrar el caliche a alta temperatura y estar embebiendo la masa por cuatro o más horas han disuelto todo o casi todo el nitrato; pero gran parte de ese nitrato queda en el líquido de imbibición del caliche, el que se va extrayendo por los lavados sucesivos de los líquidos que siguen pasando por su masa.

Cargado el cachucho con caliche, y cuando el líquido con que se está alimentando ha llenado más de la mitad, se abre una llave de vapor para que empiece a circular por la sección inferior del serpentín. Y en cuanto el líquido cubre todo el caliche, se abre la otra llave de vapor para que circule también por la sección superior del serpentín y se deja así con todo el vapor necesario por unas 3 ó 4 horas, si es *fondada para caldo*, que es la que seguiremos. En tanto, como el circuito relaciona por lo menos cuatro cachuchos más atrás, se está rellenando el cachucho contiguo anterior, que traspasó el líquido al cachucho recién en tratamiento, con agua vieja si hay disponible, con borras ricas de los chulladores o con relave del cachucho anterior, que es rico aún, y que se va alimentando de los otros cachuchos por traspaaso por los sifones y llaves respectivas, hasta que todos quedan llenos de líquidos y con vapor en sus serpentines en graduación descendente. Esto así, el primer cachucho del circuito relacionado, se llama *de caldo*, el que sigue (que es el último que dió caldo) pasa a ser 1er. alimentador y los que siguen 2.º, 3.º y 4.º alimentador. El

cachucho siguiente, está en lavado con agua del tiempo por circulaciones con bombas que la toman abajo y la echan arriba, cuyo relave más pobre suele alimentar al 4.º alimentador, pero que generalmente va al estanque de relaves para alimentaciones posteriores.

Con termómetros centígrados y densímetros Twaddle, se va examinando las condiciones de los líquidos y regulándoles sus temperaturas, que así como las densidades deben ir descendiendo gradualmente, hasta el último alimentador, cuya temperatura no será superior a 40 ó 50º centígrados y su densidad a 50 ó 60º Twaddle, con lo que el 4.º alimentador no necesita se le aplique vapor, sino el calor que le queda de operaciones anteriores.

Después de unas 3 ó 4 horas de cocimiento—según la calidad del caliche—la disolución del nitrato de sodio debe haberse hecho, la temperatura se habrá mantenido entre 100 y 110º, y la densidad habrá llegado entre 95 y 100º Tw., según se tenga fijado para largar el caldo en vista de la ley de los caliches que se trabajen, para saber lo cual se sacan muestras de tiempo en tiempo. En cuanto alcance el caldo la densidad fijada, se puede ya correr, para lo que se cierran las llaves de vapor, por lo menos la inferior, para que disminuyan las circulaciones de líquidos, y se asiente algo la borra. Se abre en seguida la llave llamada de caldo, que por un sifón le da salida al líquido turbio, borriento o barroso de la parte inferior del cachucho, el que cae a una canal de fierro semi-cilíndrico que va a media altura de los cachuchos con fuerte desnivel hasta los chulladores.

Cuando ha corrido la mitad del caldo del cachucho—lo que había sobre la llave de escurrimiento—para que siga saliendo el caldo se suele recurrir a bombas o se ponen en circulación los alimentadores de los cachuchos que siguen más atrás abriendo primero la llave que comunica el cachucho con el contiguo, que va a ser el primer alimentador y, como hay desnivel de líquidos, pasa fácilmente ese relave que es rico, que tiene temperatura y densidad un poco inferior a la del caldo, mezclándose con él y dando desnivel para que siga saliendo el caldo. Cuando ha bajado el nivel del líquido del 1er. alimentador, se abre la llave que lo comunica con el 2.º alimentador y así en seguida las llaves que los comunican con el 3.º y 4.º alimentador, quedando todos comunicados con desniveles que van ascendiendo gradualmente hacia atrás, así como a la inversa sus temperaturas y densidades van gradualmente descendiendo hacia atrás.

Cuando la densidad del caldo que está saliendo por el chullador, baja del grado Twaddle que se ha fijado para detener la corrida—según sea refinado u ordinario

el salitre que se pide—unos 94, 92 ó 90° Tw., según las normas de cada Oficina, se corta el caldo o sea se cierra su llave de salida al chullador y a la vez se cierran las llaves de comunicación de los distintos alimentadores. Se prepara en seguida la alimentación del cachucho que acaba de dar caldo para traspasarle los líquidos necesarios a la que va a ser fondada para caldo o al prepare, así como indiqué antes. Los alimentadores se rellenan con traspasos o por bombas, para que sus líquidos queden al mismo nivel, echándoles líquidos de los cachuchos contiguos que continúan con menos temperatura y menos densidad; como deben hacerse siempre las alimentaciones, de un cachucho que tiene líquido menos concentrado a otro cuyo líquido sea un poco más concentrado.

Si a un cachucho que acaba de correr su caldo, le sigue otro que es prepare o sea que ya está en cocimiento, se le aumenta a éste la circulación del vapor, como corresponda para que siga como fondada para caldo y el que acaba de correr caldo entra a proporcionar líquido a otra fondada de prepare que acabe de cargarse con caliche triturado y llega a ser 1er. alimentador y los que siguen aumentan de número a la vez. Y de un modo análogo siguen estas operaciones. En tanto, después del 4.º cachucho alimentador, hay un cachucho que ha recibido ya cinco o más lavados y ha servido por lo menos 4 veces como alimentador, estaba recibiendo lavados de agua del tiempo y circulaciones de líquidos con bombas por el mismo. El material de ese cachucho ha entregado ya a los líquidos, todo el nitrato que es comercial sacarle, por lo que el líquido del último lavado se deja escurrir a los estanques de relaves, que están en serie, comunicados, debajo de los cachuchos; en ellos depositan



Fig. 39.—Vaciando un carro de ripio.

las borras por decantación y el relave más claro pasa, concentrándose algo de unos a otros, hasta salir de ellos y seguir al estanque elevado correspondiente. Sacado el líquido del cachucho, quedan en él los residuos de la elaboración que son: el *ripio* y la *borra*, se abren los taponés de estrujes del fondo y se dejan escurrir los últimos líquidos que van por el socavón de los ripios a los estanques de relaves y estrujes. El mismo camino siguen los últimos estrujes que salen al abrir las puertas del cachucho por donde se sacan después con barretillas y palas los ripios, que en los carritos especiales figs. 39 y 40 van en convoyes arrastrados por winches en planos

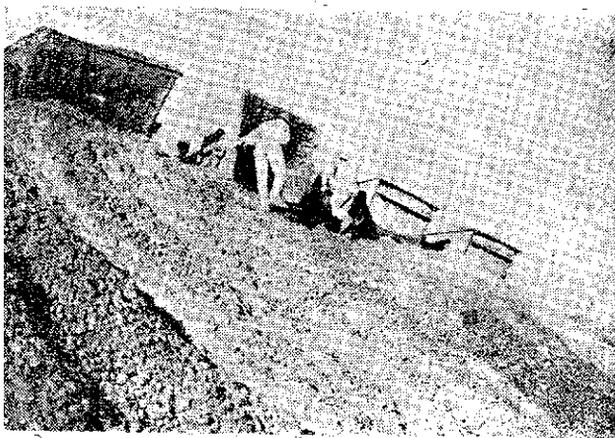


Fig. 40.—Terminando^o de vaciar un carro.

inclinados o por locomotoras a vapor fig. 41 o eléctricas a ser botado al gran montón llamado *torta del ripio*. En algunas Oficinas, como antiguamente en la Oficina «Aconcagua» del cantón de Antofagasta, y últimamente en las Oficinas «Alemania» de Taltal y «San Pedro» de Tarapacá, se sacan los ripios por andariveles o ferrocarriles aéreos de bastante altura y gran recorrido, porque los montones crecen ligero alcanzando la altura del cable y, además, para que se vacie todo el ripio de las vagonetas y para que corran por los chaffanes del montón, necesitan algunos ripios llevar mucha agua. lo que no siempre es posible, por la escasez que hay de ellas en las Oficinas.

Sacado el ripio, se van quitando las planchas perforadas del doble fondo o sea la crinolina, y después los cajones que van sobre las puertas para sacar en carros aparte las borras, que se acumulan ahí y que se botan, aunque llevan bastante nitrato, por falta de procedimiento económico para extraerlo.

Vacío el cachucho, se cierran y ajustan las puertas del fondo, se cierran sus

llaves y taponos, lavando en seguida el ripio y sal que se pegan a los serpentines con agua del tiempo, que se echa al cachucho en la cantidad indispensable y que se saca en seguida, llevándola por bombas al estanque de relaves. Hecho eso, se vuelve a cargar el cachucho con caliche triturado y siguen de nuevo las operaciones anteriores.

Chulladores.—Volvamos ahora a los chulladores, adónde se enfría algo también el caldo y deposita el exceso de cloruro de sodio que haya disuelto cuando el caliche es pobre, por no encontrar el nitrato suficiente para la saturación a la temperatura que se indicó y también deposita la sal común o cloruro de sodio en suspensión.

Las Oficinas Salitreras, guiándose por las curvas de solubilidad de las sales, confeccionan unas tablas donde se indican las temperaturas hasta que deben enfriarse las soluciones en el chullador, según las densidades de ellas. Tratándose de caliches pobres, al largar el caldo de los chulladores, la temperatura ha bajado a cerca de 80° y la densidad en el enfriamiento ha subido a 98 ó 100° Twaddle. Cuando

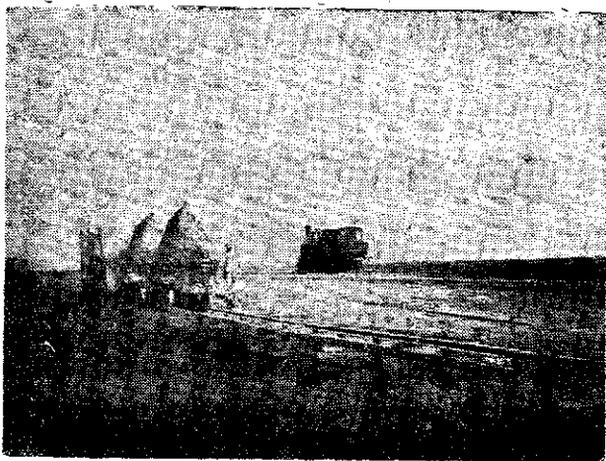


Fig. 41.—Locomotora en busca del convoy.

se ha obtenido ese enfriamiento—y se ha usado harina común de trigo, guano de corral u otro aglomerante de la borra arcillosa—se consigue se hayan asentado la borra del caldo y la sal en suspensión, a la vez que habrá precipitado el exceso de sal o cloruro de sodio disuelto. Esto se expresa diciendo que se larga el caldo del chullador a las bateas en el momento que se ha clarificado, que ha terminado de precipitar la sal común y que va a empezar a precipitar el salitre; lo que demora unos pocos minutos o algunas horas, según la calidad del material y la temperatura del ambiente.

Algunos sostienen, que toda la sal que cae en el chullador está en suspensión en el caldo; pero, en el caso de caliches pobres muy salados, según las curvas de solubilidad de Lorsch, tiene que haber también precipitación del exceso de cloruro de sodio disuelto. El cuadro que sigue, formado por Lorsch, da las temperaturas, densidades y cantidades en gramos de nitrato y de cloruro de sodio contenidos por litro de solución, cuando se trata de caliches pobres y salados:

NITRATO Y CLORURO DE SODIO CONTENIDOS POR LITRO DE CALDO Y DENSIDADES A LAS TEMPERATURAS QUE SE INDICAN

| Temperatura | Safitre | Sal | Densidad Twaddle |
|-------------|---------|-------|------------------|
| -10° C. | 270. | 235. | --- |
| 6 | 280.6 | 229.1 | --- |
| 0.5 | 306.6 | 221.7 | 84° |
| + 4 | 326.6 | 215.1 | 83° |
| 8.75 | 345.9 | 210 | 82° |
| 17 | 384.9 | 197.9 | 84° |
| 24 | 422.3 | 187.5 | 85.5 |
| 30 | 451.8 | 179.1 | 87.5 |
| 40 | 505.2 | 165.8 | 91.5 |
| 50 | 565.4 | 151.7 | 93. |
| 55 | 598.9 | 145. | 94. |
| 60 | 628.7 | 137.5 | 97.5 |
| 70 | 682.5 | 127.8 | 99.5 |
| 80 | 706.4 | 121.1 | 99.5 |
| 90 | 720.3 | 131.9 | 98° |
| 98 | 726.4 | 138.5 | 95° |
| 100 | 727.4 | 139.1 | --- |
| 105 | 728.6 | 143.4 | 93.5 |
| 110 | 729.1 | 148.1 | 92.5 |

En el cuadro se verá cómo, una vez que la temperatura pasa de 90°, se disuelven cantidades insignificantes de nitrato y casi nulas pasado de 100°. En cambio

la solubilidad del cloruro de sodio, que venía disminuyendo más y más al aumentarse la temperatura, en cuanto ésta pasa de 80° empieza a aumentar la solubilidad y más al pasar de 100°; a la vez las densidades que venían aumentando con los aumentos de temperatura, quedan estacionarias de 70 a 80° y pasada esa temperatura vuelve a bajar y siguen haciéndolo hasta 110°, como si sólo se influenciara por la dilatación del líquido y no hubiera disolución de sales.

De lo anterior, resulta la nueva escuela de elaboración que ha empleado temperaturas bajas, un poco inferiores a 100° o a los 105° que empieza la ebullición, y jamás emplea la ebullición tumultuosa. Esta, en contra de la antigua escuela, que aún es seguida en gran número de Oficinas, de calentar el caldo hasta la ebullición violenta o sea hasta más de 110° y correr caldos con frecuencia de 115° centígrados.

Cuando los del primer sistema quedan en temperaturas de 100 a 105 grados estimo que hacen bien, pero cuando exageran y trabajan a menos de 80° creo que emplean mucho más tiempo que el que conviene; así como estimo que consun en exceso de combustible los que pasan en sus temperaturas de 110° por la vaporización considerable que se produce.

Los primeros sostienen que es inútil casi pasar de 80 a 90° de temperatura, con los caliches actuales que son pobres, puesto que el líquido no disuelve más salitre, porque todo el del caliche está disuelto, como lo indican las densidades; así es que todo el calor que se dé superior a 90°, es perdido, con mayor razón si se llega a la ebullición tumultuosa que produce grandes pérdidas de combustible; y, por último, que una concentración de líquidos que no corresponde a la ley de la materia prima, la dejará penetrada de caldo gordo o rico y habrá que empobrecerla después con los lavados.

Los otros sostienen que las temperaturas altas aumentan proporcionalmente el poder o avidez de solubilidad del líquido, pudiendo extraer mejor el nitrato de los caliches pobres y pudiendo disminuir el tiempo del tratamiento; que esas temperaturas altas hacen más violentas las circulaciones de líquidos, que facilitan la penetración en toda la masa y por tanto la disolución del nitrato; que si las densidades no acusan disolución, es porque—como sería poca—predominan los efectos de la dilatación del líquido; y que la concentración de líquidos por evaporación moderada, es solamente en el cachucho para caldo que recibe después todos los lavados, siendo a la vez beneficiosa porque al disolverse nitrato a temperaturas altas, se precipian cloruro de sodio y sulfatos, dando caldos de mejor calidad.

Conviene agregar, que otros puntos importantes que hay que observar y comprobar, además de los anteriores, cuando se aplican temperaturas superiores a 110°

son: Los desprendimientos abundantes y perjudiciales de vapores de yodo, que se producen en algunos casos y que pueden ser resultantes de la acción del cloro o del ácido clorhídrico—que vendría de la descomposición por el calor del cloruro de magnesia, que es común exista en el caliche—sobre el yodato de sodio, que se va acumulando en los líquidos de la elaboración. Y lo otro, es el efecto que producen esas altas temperaturas; tanto en las arcillas de los caliches borrientos, que las transforman en arcillas coloidales de difícil asentamiento y que retienen gran cantidad de líquidos ricos; como en la descomposición del sulfato de alúmina, que también acompaña al caliche, separando alimina gelatinosa que cubre el caliche, impidiendo la disolución del nitrato y la acción de los lavados posteriores.

Esta diversidad de opiniones, indica lo mucho que queda por estudiar y resolver al respecto, esperándose que el Laboratorio Científico de Experimentaciones, que se empieza a organizar a expensas de la Asociación de Productores de Salitre, definirá esas divergencias, precisando lo que más convenga al respecto. Otro tanto convendrá experimentar científicamente, para determinar los procedimientos que deben seguirse en otros casos en que hay opiniones tan diversas.

Volviendo ahora a la salida del caldo de los chulladores, para que no se remueva la borra asentada en el fondo, se larga el líquido por sifones movibles de cañería, que dan salida por el fondo, pero que al girar van tomando el líquido claro de la superficie, porque va bajando lentamente la boca del sifón y en cuanto va a salir la borra se suspende el sifón y se corta la salida, para seguirla si es necesario cuando vuelve a aclararse, hasta que quede en el fondo solamente el líquido borriente que se lleva por bombas—como relave rico—para alimentar un cachucho cuyo proceso está empezando. El líquido claro sigue a las bateas para que deposite el salitre, como se indicará después.

INVENTOS.—Como la generalidad de los inventos o nuevos procedimientos para la elaboración del salitre, se refieren a la lixiviación; al terminar la simple reseña, que me he limitado a hacer de las operaciones rutinarias del sistema Shark, actualmente en uso, conviene me refiera brevemente a ellos:

Evaporadoras.—Uno de los primeros fenómenos que se notan en la lixiviación del caliche, es la propensión a tener sobrantes de líquidos cuando se procura hacer más completas las disoluciones y los lavados para extraer el nitrato de sodio; sobrantes de líquidos que cuestan caro eliminarlos, porque sólo disminuyen haciendo lavados imperfectos después o valiéndose de las evaporaciones tumultuosas en los cachuchos actuales, que son vaporizaciones al aire libre de lo más anti-económicas. Lo completo de las disoluciones cuando se emplea exceso de líquido y el mejor agotamiento del caliche cuando no se emplean las aguas viejas, trajo desde hace muchos años el empleo de evaporadoras para los caldillos o soluciones débiles del nitrato, a fin de tener en ellas la concentración necesaria para obtener caldos corrientes, que deben largarse a las bateas o cristalizadoras; o bien para evaporar las aguas viejas y obtener el nitrato que ellas conservan.

Los inventos modernos, se han limitado a concebir evaporadoras sencillas y económicas o a adaptar para el caso del nitrato de sodio las evaporadoras más perfectas que se han aplicado a otras industrias. Por desgracia, la aplicación de evaporadoras, aunque tiene la gran ventaja de emplear temperaturas bajas en la lixiviación y recurrir a medios adecuados de vaporización, no ha sido todo lo económica que se necesita y de ahí que en gran parte se han abandonado. Sin embargo, en varias Oficinas importantes se usan todavía con ventajas, aunque nó con todo el éxito esperado.

Filtros.—Numerosos y de distintos sistemas, se han aplicado desde hace más de diez años para los caliches borrientos y para el tratamiento de los finos, empezando por los filtros Butters, Oliver, Kelly, etc., tomados de la industria del oro con algunas modificaciones y siguiendo con otra serie de filtros originales, como filtros prensa y por centrifugación; pero, todos ellos, en general lentos, no introducen economías importantes que permitan establecerlos a firme, como auxiliares del sistema Shanks para los indicados caliches.

Algunos nuevos sistemas, establecen percolaciones o filtraciones de los líquidos en los mismos cachuchos, modificándolos en parte y otros los filtran a través del mismo caliche chancado fino; pero, ninguno de esos procedimientos ha dado resultados manifiestamente ventajosos como para que sean adaptados por distintas Oficinas.

Centrífugas.—Ingeniosos dispositivos de centrífugas para la elaboración, se han ideado y probado en la Industria del Salitre; pero, tampoco, ninguna ha satis-

fecho aún en forma que le haya permitido ir poniéndose ante los industriales, que están ansiosos de obtener resultados más económicos que los del procedimiento Shanks.

Disoluciones en frío.—Ix portantes ideas se han reunido para dar forma a sistemas de elaboración en frío, circulando grandes cantidades de agua por el caliche en grandes trozos, a fin de disolverle un 95% de las sales solubles, proponiéndose después decantaciones, y evaporaciones al aire libre, por la acción del calor solar y de los vientos de la pan pa, en estanques de poca hondura y gran superficie, hasta tener la concentración necesaria y seguirla después hasta depositar a sequedad todas las sales contenidas, que se tratarían en seguida en los cachuchos ordinarios, con o materias ricas en nitrato, más de 50% y libres de materias insolubles, siguiendo el proceso corriente. Las grandes cantidades de agua necesarias y la magnitud de los estanques requeridos, que envolverían grandes desembolsos de dinero, no ha permitido poner en práctica este sistema.

Otros procedimientos en frío se han ideado y se han ensayado con molienda fina y clasificada, empleando circulaciones de aire comprimido para agitar la masa en cilindros verticales, para pasar las soluciones borrientas y concentradas por filtros especiales, que daban líquidos que se aprovechaban provisoriamente en la elaboración corriente; pero el procedimiento resultaba de costo elevado, aunque agotaba bastante la materia.

Por último, dentro de los procedimientos de lixiviación en frío o tibio, debo citar un procedimiento patentado en los últimos años en Chile, porque introduce en las operaciones de lixiviación en frío, el uso de sustancias o compuestos químicos denominados *estabilizantes*. Recurre a trituración fina y uniforme, humedece la materia antes de cargarla, operación que hace después con aparatos especiales para tener una masa homogénea, sin huecos, en el cachucho; los líquidos se hacen obrar por percolación a través de la masa, por acción de la gravedad y pasan de unos cachuchos a otros para concentrarse, yendo en seguida a los aparatos automáticos cristalizadores, dispone ciclos continuos y para la lixiviación tibia—de 20 a 60° centígrados más o menos—usa calores perdidos en las instalaciones que necesitan ser enfriadas. Los estabilizantes forman un compuesto insoluble con el sulfato de sodio que molesta en la disolución en frío y que así va a los rípios. Este procedimiento, probado en una Oficina Salitrera en escala semi-industrial, parece está implantándose en grande escala en un grupo de nuevas Oficinas.

Otros inventos.—Son numerosos los otros inventos, cuyas pruebas no se han hecho aún en escala industrial y si se hicieron, están suspendidas las operaciones, hasta introducirles modificaciones o mejoras que al empezar se ha visto era necesario introducir.

Muchos procedimientos nuevos han tenido que abandonarse, no porque los sistemas en sí sean malos, sino algunas veces porque dichos procedimientos no superan al sistema Shanks, en la proporción que imponga el abandono de las instalaciones actuales. Con caliches de buena calidad o fáciles para disolver, con buenas instalaciones y llevando metódicamente los trabajos, los resultados del sistema Shanks son bastante satisfactorios; pero, si a esa misma máquina se le hace trabajar con materiales pobres, borricos o duros para desatar, no sólo disminuye la producción, sino que baja mucho el rendimiento, aumentando el costo hasta cifras que obligan a usar pequeñas cantidades de esos materiales malos o a eliminarlos. Ahora, si un procedimiento nuevo hace alarde de que puede trabajar cualquier material malo o que puede vencer las condiciones difíciles; pues, se le hace trabajar con esos materiales malos y en esas condiciones difíciles—que son las que necesita vencer la industria—para que si da buen resultado, se vea claro que es un gran procedimiento; pero, naturalmente, lo general es que en esas condiciones fracasen los inventos y haya que abandonarlos.

C). CRISTALIZACIÓN DEL SALITRE

Bateas.—El caldo claro va por los canales de fierro de fuerte pendiente (para que no se enfríe) a las bateas, que son estanques de fondo inclinado de poca profundidad y tamaños variables—un tipo término medio, tiene 15 pies por 15 pies de sección y 2 pies de profundidad en un frente y 2.5 pies en el otro frente—van montadas generalmente sobre construcciones de madera y en algunas Oficinas sobre estructuras de fierro, que se prolongan como muelles o puentes, en las partes de las líneas de descarga.

El número de bateas, varía según la ley media de los caliches que van a elaborarse, variando su capacidad total de 2 a 3 veces la capacidad de los cachuchos, con lo que resulta su número de 10 a 12 veces el número de cachuchos. En las bateas va enfriándose lentamente el caldo al aire libre y el nitrato de sodio va cristalizando y depositándose en el fondo y en los costados de las bateas, hasta que su enfriamiento

llega a la temperatura ordinaria, lo que se demora de 4 a 8 días, según la temperatura del aire ambiente y según se ralle o agite más o menos el líquido de las bateas, por corrientes de aire o por rastrillos de madera, fig. 41'.

Cuando el líquido llega a la temperatura ordinaria, se larga con el nombre de agua vieja o agua madre, a los estanques enterrados respectivos, por tapones que tienen las bateas en la parte de más profundidad de su fondo inclinado y por canales que están a lo largo de las filas de bateas por su parte inferior, para todo lo cual se necesitan los desniveles de que ha sido tratado antes.

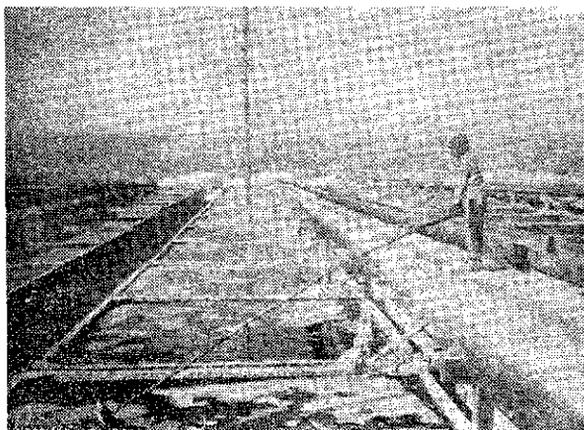


Fig. 41'.—Rayando las bateas para activar la cristalización.

Este procedimiento para cristalizar el salitre—que demora varios días, que emplea un bateaje enorme, que pierde agua vieja en la cancha, que obliga a usarla nuevamente en la elaboración para no perder ni su salitre ni su agua y que pierde el calor considerable con que sale el caldo de los chulladores—es el que se usa en todas las Oficinas, pues no se han puesto en práctica aún los aparatos conocidos para cristalizar sales, ni los nuevos procedimientos patentados.

Volviendo a la marcha de la operación, se deja que escurra el agua vieja, que estruja de la masa de salitre y después—cuando filtra poco ya—se arrolla o arruma el salitre, paleándolo para que se amontone en el frente de menos profundidad de las bateas, para que siga escurriendo el agua vieja. Uno o dos días después, cuando va a necesitarse el grupo de bateas o cuando se estima ha estrujado ya el agua vieja de fácil escurrimiento, se palea el salitre o carritos fig. 42, que circulan por líneas férreas que van entre las filas de bateas, que les presentan los frentes de menos hondura, adonde se arruma el salitre; lo que facilita el carguío de los carritos que se mue-

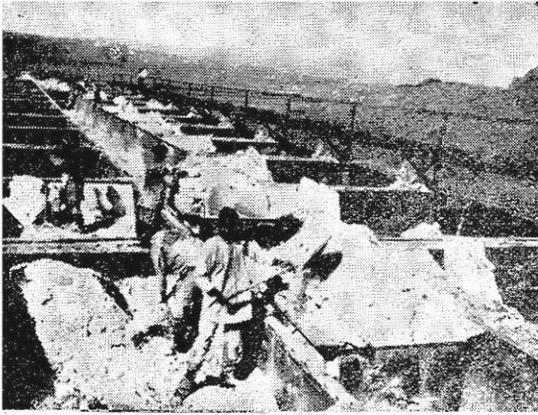


Fig. 42.—Cancharo el salitre arrollado en las bateas.

ven a mano, aprovechando un suave desnivel, a lo largo de los puentes o muelles elevados 3, 4 o más metros sobre el nivel de las canchas secadoras del salitre y se va vaciando, por las puertas de los costados, fig. 43, para que quede arrumado en montones, adonde sigue escurriéndose el agua vieja de imbibición, que absorben

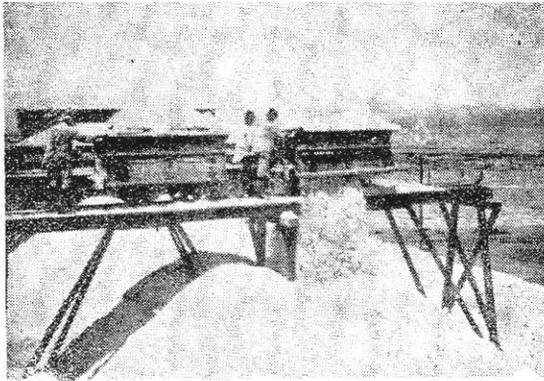


Fig. 43.—Vaciando el salitre en la Cancha.

algunas canchas que son permeables. Parte del agua vieja se evapora y parte queda por mucho tiempo en medio de la masa de los cristales de nitrato, dejándole ambas cosas las impurezas: humedad, cloruro de sodio, sulfatos, etc. que el agua vieja contiene a saturación; por eso el interés en que el agua vieja escurra todo lo posible del salitre y, con ese mismo objeto, muchas Oficinas tienen falcas o sea plataformas de

fierro inclinadas por encima y a los lados de las bateas, para que el líquido que escurra caiga a las mismas bateas, adonde queda el salitre varios días sin molestar otras operaciones y de ahí se cargan los carritos, cuya circulación está dispuesta convenientemente.

En la misma *cancha de salitre* para facilitar ese escurrimiento y para que se llenen mejor los sacos de salitre, los terrones de éste o sea las aglomeraciones de cristales, se rompen o trituran con especies de mazos pequeños de mango largo, por niños llamados *terreros* o *matazapos*.

Algunas Oficinas, como «Paposo» y «Peña Grande» de Tarapacá y «Santa Luisa» de Taltal, llevan el salitre en cuanto lo canchan de las bateas, a las *centrifugas* que le extraen el agua vieja y donde lo lavan ligeramente con agua que tiene salitre en disolución, para disolverle el cloruro de sodio y otras sales que le deja agua vieja al evaporarse, sin disolverle nitrato, llevando después el salitre por cintas transportadoras a las canchas adonde se ensaca.

C). TRABAJOS DE EMBARQUE

Una vez que el salitre se seca en la cancha, se procede a ensacarlo y a cargarlo para hacer su acarreo al puerto de embarque.

a). *Ensacadura*.—Esto se hace en sacos normales, de 23" × 33" o ligeramente modificados a 24" × 33" con peso de 24 onzas y con capacidad para contener 80 kilogramos de salitre. La ensacadura se hace generalmente por los mismos cargadores, fig. 44 y la costura del saco por niños llamados *costuras*.

Las máquinas especiales para ensacadura, peso y costura, no están aún en uso en las Oficinas.

b). *Acarreo*.—Los acarreos a los puertos de embarque, se hacen en carros de los ferrocarriles que viven de las salitreras de cada región. Esos carros entran por desvíos a través o a lo largo de la cancha, fig. 45, que le sirve de andenes. El carguío lo hacen obreros especiales llamados *cargadores del salitre* y el arrastre se hace hacia el puerto por convoyes especiales.

c). *Bodegaje*.—En los puertos de embarque, a veces los carros que llegan con salitre de la pampa, pasan directamente a los muelles para el embarque directo en las lanchas; pero, generalmente, van los carros a las bodegas o grandes galpones techados con caña de Guayaquil, por lo general, adonde son descargados y arrumados en pilas de 7, de 14 o de 21 sacos.

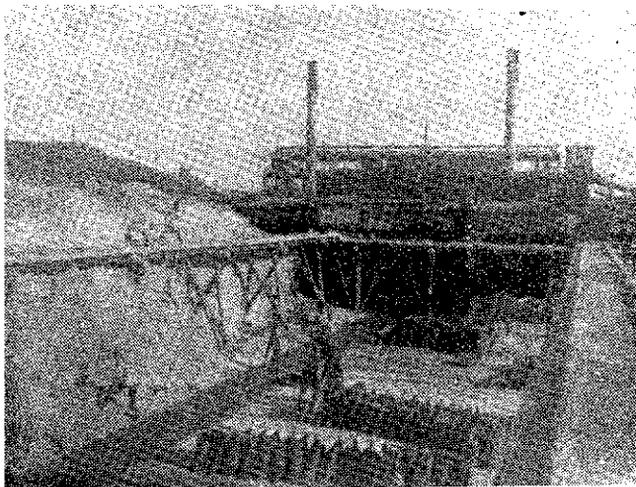


Fig. 44.—Cargadores del salitre llenando sacos.

d). *Embarque.*—Cuando los vapores están listos para el embarque en los puertos respectivos, pasan directamente carros que bajan cargados de la pampa a los muelles de embarque o se cargan en los carritos especiales para ese objeto los sacos depositados en las bodegas y se llevan en convoyes a los mismos muelles, adonde están las romanas que pesan los carros cargados, ante representantes del vendedor, del comprador y de la Aduana que cobra el impuesto del Gobierno. Rebajadas las taras de carros y de sacos, se tiene el peso neto del salitre, que en cuanto se termina el cargamento se avisa a las Gerencias para su cobro inmediato.

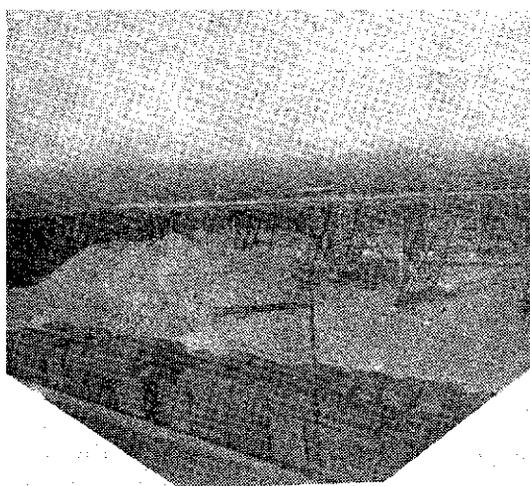


Fig. 45.—Convoy de salitre listo para pajar al puerto.

Pesados los carros, se llevan a los muelles frente a los buzones, por donde se vacían a las lanchas; sistema muy rudimentario, pero que se emplea en todas partes; pues, los medios mecánicos por transportadores, no se han aplicado, aunque han sido proyectados en algunas partes para dichos embarques. Las lanchas son remolcadas hasta el costado de los buques y ahí termina generalmente la tarea del industrial salitrero que vende al costado del buque. La carga de los sacos del salitre se hace por los winches del buque, para ser estibados en las bodegas y transportados a los puertos que indica el comprador.

III. ECONOMIA SALITRERA

Este capítulo de la Industria del Salitre, en los tiempos actuales—de costos altos de producción y de competencias efectivas en los mercados—es tanto o más importante, que la descripción misma de los procedimientos en uso para la elaboración del salitre.

El boletín de la Asociación de Productores, publica mes a mes en cuadros especiales los datos numéricos referentes a producción, consumo y situación de los mercados del salitre, a la vez que sus relaciones con los abonos artificiales; por ello, basta solamente citar dicho boletín para llenar parte importante de este capítulo y, para dar idea aquí de cómo han variado esas cantidades, es conveniente copiar el cuadro que resume las producciones, exportaciones, consumos y provisión visible totales, en quintales métricos y correspondientes al período de 95 años, corridos desde 1830 hasta el año 1924 que acaba de pasar.

Las producciones de salitre anteriores a 1830, fueron pequeñas. Según el libro «Los Capitales Salitreros de Tarapacá» del señor Guillermo E. Billinghursts, aunque el año 1800 estaban ya descubiertos los depósitos de salitre de Tarapacá, no se vino a beneficiarlos en forma práctica hasta que en 1809 el naturalista don Tadeo Haenke, que vivía en Cochabamba con renta del rey y ocupado en la botánica, encontró el procedimiento para separar la soda del salitre y reemplazarla por la potasa, para obtener el nitrato de potasio que era ya muy buscado en el comercio. A la vez el señor Haenke, mejoró el sistema de beneficio del caliche, que entonces se hacía en pailas de cobre y pronosticó que el salitre sería una gran riqueza y se explotaría en grandes cantidades.

De 1810 a 1812 se establecieron en Tarapacá 7 u 8 Oficinas que empleaban en la elaboración del salitre, los antiguos fondos de beneficiar plata, dispuestos convenientemente sobre fogones, en conformidad a las indicaciones del señor Haenke, formalizando así el sistema de Paradas. De 1812 a 1813 se estimó la producción anual en 70,000 quintales españoles. La producción siguió aumentando lentamente hasta 1853, que el salitrero chileno don Pedro Gamboni aplicó el vapor directo a la disolución del salitre, para reemplazar el antiguo sistema de Paradas. Por esa época don Angel Custodio Gallo y sus hermanos, proporcionaron más de medio millón de pesos para levantar nuevas Oficinas. Después, en 1870 y 1873, una Compañía Chilena de Consignaciones aportó la suma de \$ 1 500 000 y el Banco de Edwards con cuatro o cinco Casas de Valparaíso \$ 1 000 000 también para levantar Oficinas Salitreras. Y, desde entonces, se siguieron formando varias otras sociedades para levantar Oficinas. Pero, las producciones de salitre mejoraron más rápidamente, cuando don Santiago Humberstone en 1876 aplicó al cocimiento del caliche el vapor encerrado en serpentines, que presentaba gran superficie de calentamiento y evitaba que las disoluciones de salitre o los caldos se diluyeran; y, mayores ventajas se tuvo aún, cuando en 1878 el mismo señor Humberstone, aplicaba el sistema Shanks a la elaboración del salitre.

El cuadro a que me referí antes y que copiaré en seguida, permitirá formarse idea de los progresos y de las alternativas de la industria del salitre natural. También convendrá referirse después a la razón de ser de las producciones de las Oficinas, recordando los puntos hacia los cuales habría conveniencia de llevar investigaciones, para mejorar las fases no precisas del procedimiento de elaboración, a fin de que cada Oficina lleve su trabajo conforme a normas técnicas y científicas, para que a la vez de obtener la producción máxima—que corresponda a la calidad de su materia prima y a la capacidad mecánica de sus instalaciones—lo haga con un costo mínimo y con un rendimiento máximo. También habría que considerar los impuestos que gravan el salitre y las otras maneras cómo la industria toma parte en la economía nacional; por los obreros que ocupa, por los productos agrícolas que consume y por el aporte que hace a la riqueza pública.

PRODUCCIÓN, EXPORTACIÓN, CONSUMO EN EL MUNDO ENTERO Y PROVISIÓN VISIBLE
DEL SALITRE EN QUINTALES MÉTRICOS

| Años | Producción | Exportación | Consumo mundo | Prov. visible |
|------------------|--------------------|--------------------|---------------|---------------|
| 1830 1879 | 39 327 866 | 39 327 866 | 38 443 946 | 883 920 |
| 1880 1899 | 166 202 028 | 163 483 396 | 157 308 994 | 10 778 945 |
| 1900 | 14 938 308 | 14 537 070 | 14 003 798 | |
| 1901 | 13 049 444 | 12 597 202 | 14 415 419 | |
| 1902 | 13 721 654 | 13 841 144 | 13 064 386 | |
| 1903 | 14 852 791 | 14 579 631 | 15 008 638 | |
| 1904 | 15 590 914 | 15 001 907 | 15 068 970 | |
| 1905 | 17 546 046 | 16 503 634 | 16 361 383 | |
| 1906 | 18 221 438 | 17 274 594 | 17 301 011 | |
| 1907 | 18 460 358 | 16 560 845 | 17 400 605 | |
| 1908 | 19 709 742 | 20 509 409 | 18 364 806 | |
| 1909 | 21 109 606 | 21 349 583 | 20 462 062 | |
| 1910 | 24 654 153 | 23 359 410 | 23 596 525 | |
| 1911 | 25 210 235 | 24 495 149 | 24 003 481 | |
| 1912 | 25 858 505 | 24 930 820 | 25 295 448 | |
| 1913 | 27 722 541 | 27 383 391 | 25 558 624 | 17 650 997 |
| 1914 | 24 633 561 | 18 467 830 | 24 574 075 | |
| 1915 | 17 557 512 | 20 233 208 | 17 426 255 | |
| 1916 | 29 124 333 | 29 883 691 | 26 482 159 | |
| 1917 | 30 016 526 | 27 763 654 | 27 448 218 | |
| 1918 | 28 645 379 | 29 191 771 | 27 443 153 | |
| 1919 | 16 790 540 | 9 155 388 | 11 014 229 | |
| 1920 | 25 246 313 | 27 953 936 | 23 933 856 | 22 504 560 |
| 1921 | 13 155 525 | 11 139 106 | 10 065 360 | |
| 1922 | 10 717 973 | 13 125 650 | 19 074 078 | |
| 1923 | 19 057 022 | 22 662 422 | 22 247 325 | 16 655 040 |
| 1924 | 24 031 965 | 23 631 237 | 23 208 175 | 16 358 793 |
| | <hr/> | <hr/> | <hr/> | <hr/> |
| | 715 152 278 | 698 942 944 | 688 574 979 | |
| Mermas | — 7 360 934 | + 8 848 400 | exist. Costa | |
| | <hr/> | <hr/> | <hr/> | <hr/> |
| En 95 años | <u>707 791 344</u> | <u>707 791 344</u> | | |

| | | | |
|------------------------|---|-----------|---------|
| Oficinas en trabajo en | { | 1920 | 80 103 |
| | | 1921..... | 101 34 |
| | | 1922..... | 31 53 |
| | | 1923..... | 55 81 |
| | | 1924..... | 82 92 |

Total de Oficinas Salitreras..... 150

El consumo en el año 1924 se descompone así:

| | |
|---------------------------------|--------------------------|
| Consumo en Estados Unidos | 10 335 810 Qts. métricos |
| Consumo en Europa..... | 11 520 235 » » |
| Consumo en Chile | 90 779 » » |
| Consumo en Países varios | 1 261 351 » » |

Consumo total en 1924 23 208 175 Qts. métricos.

Y la provisión visible al 31 de Diciembre de 1924, estaba repartida:

| | |
|---------------------------------|---------------------|
| En Europa y Egipto | 6 818 480 Qts. mts. |
| En Estados Unidos de N. A. | 602 333 » » |
| En Japón y otros países..... | 89 580 » » |
| Existencia en la Costa | 8 848 400 » » |

Prov. visible en 31 Diciembre 1924 ... 16 358 793 Qts. méts.

Once Oficinas prendieron sus fuegos en 1924 y otras han empezado a hacerlo en los meses que van del año actual; pero, como otras a la vez se paralizan, en el de Junio había 64 Oficinas totalmente paralizadas.

(Continuará)

a) Elección del voltaje más económico de transmisión. Los voltajes comerciales de transmisión son: 2 300, 5 000, 12 000, 22 000, 33 000, 44 000, 66 000, 88 000, 110 000, 150 000 y 220 000 volts. Resulta así que los tanteos con la tensión de transmisión quedan limitados a estos valores, lo que simplifica grandemente el cálculo.

Se han dado también fórmulas empíricas para fijar el voltaje de transmisión en función de la potencia por transmitir y la longitud de la línea. Así, el profesor Alfred Still encontró que la relación

$$K. V. = 5,5 \sqrt{L + \frac{Kw}{100}}$$

concordaba bien con las líneas construídas en E.E U.U. En esta fórmula K. V. es el voltaje en kilovolts, L el largo de la línea en millas y Kw. la potencia transmitida en kilowatts. (Electric Power Transmission).

Las líneas de transmisión recientemente construídas en nuestro país se encuadran bastante bien dentro de esta fórmula y creemos que puede ella adoptarse como una primera aproximación sobre el voltaje que se elija en definitiva. Sin embargo, cuando se trata de construir una línea de alguna importancia, es mejor hacer un estudio comparado de diversos voltajes. Para ello se deberá tener presente que con las variaciones de la tensión de transmisión no sólo se altera el costo de los conductores, aisladores y postes, sino también, y en forma muy efectiva, el de los transformadores, interruptores y demás equipo de alta tensión de las estaciones terminales de la línea.

No hay motivo para evadir el empleo de altas tensiones de transmisión (88 000 ó 110 000 volts) pues, contrariamente a lo que a menudo se cree, tales líneas están menos expuestas a los inconvenientes de las sobretensiones, ya que su aislamiento es mejor y las corrientes resultan también menores. Desgraciadamente, las pérdidas de energía en la línea producidas por el *efecto corona* vienen a poner un límite en la elección de voltajes elevados. Estas pérdidas deben ser tomadas en cuenta para voltajes superiores a 66 000 volts.

b) Elección del sistema más conveniente de soportes. Este es uno de los puntos que más exigen un estudio detenido. La elección del sistema de soportes tiene una notable influencia en el costo de construcción de la línea, como también en los gastos de conservación.

Los sistemas más empleados han sido: Torres rígidas de acero, torres flexibles

o semiflexibles de acero, postes de acero, postes de concreto armado, postes de madera.

Cada uno de estos sistemas tiene sus ventajas e inconvenientes y la mejor solución dependerá en gran parte de condiciones locales. Así, por ejemplo, los postes de madera, que se podrían obtener a precios muy bajos en la provincia de Valdivia, resultarán a precios muchísimo más elevados en la pampa salitrera, en tanto que los precios del fierro serán casi constantes en cualquiera región del país.

Debe tenerse presente que la menor duración de la madera comparada con el fierro, no sólo significa un mayor gasto de conservación, sino también entorpecimiento en el funcionamiento de la línea debido a las frecuentes reparaciones y cambios de postes.

De todos los sistemas mencionados el de mayor duración es el de postes de concreto armado, sistema que se empieza hoy día a generalizar en Europa y que, creemos, será de bastante aplicación en Chile en un futuro no lejano.

Cuando se trata de elegir entre postes y torres de acero, es útil tener presente que si las solicitaciones mecánicas que se producen son considerables (Conductores de gran sección, doble línea, cubierta de hielo sobre los conductores, grandes presiones del viento, espaciamientos grandes entre soportes) resulta una economía con el empleo de torres de acero, quedando el empleo de postes reservado al caso de líneas cuyas solicitaciones mecánicas sean menores.

c) Elección del espaciamiento más económico de los soportes. Es preciso en este estudio suponer varios espaciamientos y calcular el costo de la línea y su conservación para cada uno de ellos. Se construirá un gráfico llevando en ordenadas este costo y en abscisas el espaciamiento entre soportes. Se obtiene así un conjunto de puntos que permitirá construir una curva cuyo punto más bajo fijará el espaciamiento más económico.

d) Elección del material más conveniente para los conductores. Si bien es cierto que la gran mayoría de las transmisiones eléctricas que se han construido han empleado el cobre como material conductor, no por eso debe desestimarse la posibilidad del empleo de otro material. Hoy día se hallan en lucha abierta el cobre y el aluminio y sería difícil predecir cuál de los dos materiales se preferirá en el futuro. Posiblemente el precio que alcancen en el mercado mundial decidirá en definitiva.

Por otra parte, cuando se trata de sacar un arranque desde una línea de transmisión a alto voltaje, para transportarla a pequeña distancia y para pequeño consumo, como ocurre a menudo en los campos (Regadío, canteras, etc.) la solución más ventajosa es sin duda el conductor de fierro.

e) Elección de la sección más económica del conductor. Una vez fijado el voltaje de transmisión, se puede fijar la sección más económica del conductor; bastará para ello aplicar la ley de Kelvin ya bastante conocida del lector.

La sección que se obtiene en tal forma satisface la condición de economía, pero no siempre la condición de seguridad. Debido a los esfuerzos de tracción que se producen en el conductor tendido entre poste y poste, sometido a su peso, a la sobrecarga posible de la nieve o el hielo, y al esfuerzo del viento, puede producirse la ruptura. A fin de evitar esto debe aumentarse la sección de los conductores, aunque ya su valor deje de ser el más económico, pues así lo exige la seguridad. Es conveniente en este caso hacer una tentativa de reducción del espaciamiento entre los soportes, pues podría ocurrir que ello condujera a una economía en el costo total de la línea.

Cuando la continuidad del servicio es de gran importancia, como es el caso de una transmisión para alumbrado público o tracción, etc., se disponen dos líneas por trazados diferentes, elevándose así su costo aproximadamente al doble, o bien, se recurre al procedimiento más seguro de todos: la transmisión por cable subterráneo. Sin embargo, esta última solución es de un elevado costo; en general mayor que el de dos líneas aéreas separadas, y la posibilidad de su empleo queda limitada por la tensión de transmisión. Se puede decir que sólo se emplea cable subterráneo para tensiones hasta 44 000 volts entre fases y con el punto neutro conectado a tierra. Se han hecho ensayos hasta 66 000 volts, pero el costo de tales líneas resulta prohibitivo.

A fin de introducir alguna economía se emplea frecuentemente doble circuito en una sola fila de soportes, ya sean éstos torres de transmisión o postes. Con tal solución se duplica el costo de los aisladores y aumenta también el costo de las torres o postes, sin llegar a duplicarse. En cuanto al costo de los conductores pueden presentarse tres casos: 1) La sección más económica, repartida entre las dos líneas, resiste el esfuerzo mecánico máximo que se pueda producir. En tal caso se empleará para cada línea conductores de sección igual a la mitad de la sección más económica. El costo de los conductores es el mismo con doble línea que con simple línea. 2) La sección más económica del conductor no resiste el esfuerzo mecánico máximo cuando está repartida entre dos conductores; pero lo resiste con exceso si se concentra en un conductor. En este caso se deberá emplear en cada línea un conductor cuya sección queda fijada por la sollicitación máxima a que estará sometido. El costo de los conductores aumenta en este caso al duplicar las líneas, pero no llega al doble del costo del circuito simple. 3) La sección más económica del conductor no resiste el esfuerzo mecánico máximo, aun cuando esté concentrada en un solo conductor.

En este caso quedaría fijada por la soliciación mecánica, y el empleo de doble circuito duplica el costo de los conductores.

Antes de aceptar en definitiva la sección que han de tener los conductores, se debe estudiar la regulación que resulta en la línea. Se puede decir, sin embargo, que rara vez esta condición viene a modificar los valores obtenidos por las condiciones de costo mínimo o mecánicas, por cuanto ellas resultan mucho más exigentes que la de buena regulación para líneas de transmisión de potencia, a la inversa de lo que sucede en las redes de distribución, especialmente para servicio de alumbrado. Se puede advertir también que una mala regulación en la línea es susceptible de ser corregida con el empleo de condensadores sincronos o boosters en condiciones económicas satisfactorias.