

---

---

# MEMORIAS CIENTÍFICAS Y LITERARIAS.

---

*MEMORIA sobre la ESPLOTACIÓN Y BENEFICIO DEL SALITRE  
I IODO por don Manuel A. Prieto, presentada al certamen uni-  
versitario de setiembre de 1887 i premiada con una medalla  
de oro.*

---

## ADVERTENCIA

El corto tiempo de que hemos podido disponer en medio de nuestras ocupaciones diarias para confeccionar la presente memoria en el corto plazo fijado por la Facultad de ciencias físicas i matemáticas i desarrollar el tema propuesto para el certamen de setiembre, nos ha obligado a tratar del modo mas jeneral i compendio posible el presente estudio, dejando a un lado multitud de detalles que en la práctica han ido perfeccionándose a costa de esperiencias i pruebas continuadas.

El entrar en ellos, nos habría exigido intercalar multitud de dibujos mas o menos complicados para la fácil intelijencia de las descripciones, muchos de los cuales no tenemos a la mano.

Estamos mui distante de creer que hemos hecho un trabajo completo. Mui lejos de ello: lo estimamos harto deficiente. Hemos tratado, sin embargo, de ser tan exactos cuanto nos ha sido posible en los datos que suministramos, i si algunos errores hubiéramos cometido, creemos que no pueden ser de trascendencia hasta desnaturalizar los hechos.

e pesor de 30 kilómetros. Esploraciones efectuadas mas al norte de Camarones, han hecho conocer la existencia de salitre siguiendo esta misma faja, pero ni su riqueza se sabe de un modo evidente, ni ha sido hasta hoy explotado.

La sección transversal de esta parte del continente, tiene el perfil representado en fig. (1)

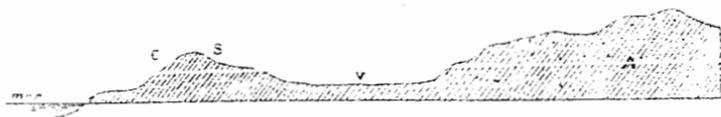


FIG. 1.

- C, cordillera de la costa  
 S, región del salitre  
 V, valle longitudinal de norte a sur  
 A, cordillera de los Andes.

La cordillera de la costa, cuyos flancos occidentales son en jeneral muy escarpados en toda esta región, se resuelve al oriente en lomajes suaves, ligeramente ondulados, cortados por quebradas poco profundas, que van todos a morir con una escasa pendiente al valle central el que presenta una superficie casi a nivel.

La línea de intersección del plano que éste forma, con aquellas lomas, da una línea sinuosa i remeda la que presenta la costa, formando caletas, ensenadas, bahías mas o menos estensas con sus penínsulas i promontorios.

Es en estos lomajes en jeneral en los que se encuentran los depósitos de salitre.

El valle longitudinal que tiene una anchura media de 40 kilómetros i que en la provincia de Tarapacá toma el nombre de Pampa del Tamarugal, se estrecha a la altura de Limón Verde en latitud 22.°40' por una serie de ramales que la cerranía de Caracoles, que forma el límite norte de la cordillera intermedia, deja desprender con rumbo al poniente, algunos de los que van hasta unirse con la cadena de la costa. Esta interrupción continúa hasta Aguas Blancas en latitud 25° i de aquí al sur puede seguirse el mismo valle hasta Cachinal pero mucho mas estrecho no formando ya como en el norte un plano uniforme, sino una superficie mas o menos irregular.

La formación de la cordillera de la costa a la cual están subordinados los depósitos de salitre no es uniforme i pertenece a períodos jeológicos diversos. Así, las esquitas cristalinas i las sienitas, que predominan casi esclusivamente en la costa central i meridional de Chile, ceden su lugar preferente a los pórfidos feldspáticos i aujíticos que se presentan en grandes masas i diques como sucede en el litoral de la provincia de Antofagasta i en formas estratificadas i en parte metamórficas, arenizca roja según Pissis, en la cerranía que se estiende desde un poco mas al sur de Cobija, alcanzando en la latitud de Tocopilla un enorme desarrollo i una grande altura.

Las rocas graníticas no desaparecen por esto, pues siguen dando la configuración jeneral que la línea de la costa tiene en estas rejiones. El morro llamado Coloso o Jorjillo que limita la bahía de Antofagasta al sur, es granítico, lo mismo que la cerranía que delinea la estensa península de Mejillones, la cadena diorítica que forman Cerro Gordo i Naguayan en el paralelo 23°, el morro de Tarapacá i las altas cumbres que circundan la rada de Pisagua en latitud 19.°35'

Es de notar que, descansando sobre las formaciones anteriores i por el lado oriental de la cordillera de la costa desde la altura de Iquique a Pisagua, se encuentra una serie de estratas calcáreas fosilíferas i calcáreo arcillosas de la época secundaria las que toman su mayor desarrollo en el mineral de Huantajaya. Estas capas no aparecen uniformemente en toda esa estensión, sino que lo hacen en trechos mas o menos considerables i siempre trastornadas, con inclinación jeneral al naciente formando pequenas colinas de poca altura sobre la pampa del Tamarugal, entrecortadas por pequenas quebradas que desembocan en aquella.

Esto, como puede verse, no es probablemente mas que la continuación de la misma formación calcárea de la costa sur i que principiando en la provincia de Santiago, se deja ver en Polpaico, la Calera, el Melón, Arqueros, Tunas, Agua Amarga, Chañarcillo, Copiapó, Pampa Larga, el Checo i la Florida.

El salitre no se encuentra uniforme i regularmente distribuído en toda la estensión de la faja que hemos mencionado. Predomina en los contornos de las hoyadas i sigue sobre las lomas mas o menos estensas que rematan en la pampa del valle central, quedando a veces estensiones considerables completamente estériles, es de-

cir sin salitre para reaparecer mas allá, formando por decir así, un nuevo centro o núcleo de beneficio.

La superficie del terreno que contiene salitre, o como dicen los mineros, del panizo de salitre, a veces es unida, pareja, sin ondulaciones pronunciadas; otras, mui irregular formando pequeñas lomas separadas entre sí por pequeñas quebradas que van a reunirse en una principal; a veces rasgada en todas direcciones, arrugada i desigual, pero en todo caso cubierta con fragmentos rodados de rocas pulidas, medio redondeadas i como calcinadas por el fuego, i con arenas mas o menos gruesas.

Al abrir una cata, lo primero que se encuentra en jeneral, es una pequeña capa de arcilla que llaman *chuca*, de unos cuantos centímetros de espesor, seguida de otra que suele llegar a 20 o 30, de una sustancia blanca, de estructura hojosa mas o menos fina que pasa a veces a compacta. Cerca de la superficie está mui descompuesta formando un polvo blanco, terroso, que molido es suave al tacto i casi siempre está mezclada con arena. Tiene un sabor salado i se disuelve en parte en agua caliente dejando un residuo esponjoso. Está compuesta de sulfato de cal i de magnesia mezclados con sulfato de soda i sal común.

Debajo de esta primera capa, viene un conglomerado de arena i arcilla pardo negruzca cementadas por el yeso i sal a veces en pequeños cristallitos transparentes formando un todo resistente i compacto. El espesor es mui variable pero puede tener un promedio de 50 centímetros llegando en ocasiones hasta dos i mas metros, en cuyo caso suele formar un conglomero grueso con fragmentos de diversas rocas de algunos centímetros de diámetro. Todo esto dejenara a veces en un ripio suelto i sin consistencia.

A continuación de esta capa que los salitreros llaman *costra* sigue el verdadero depósito con salitre el que unas veces está unido, otras separado de la anterior por una pequeña rasgadura horizontal. Su grueso es mui variable, desde algunos centímetros hasta dos i tres metros.

El manto de caliche no se estiende en jeneral uniformemente: varía con frecuencia de espesor i de calidad en trechos mas o menos grandes. En ocasiones queda cortado verticalmente por chorros que son rasgaduras rellenadas con el material de mas encima, pasado los cuales, el caliche vuelve a aparecer de la misma clase, desmejora o concluye.

bajo del manto de caliche, se encuentra una capa llamada

*coba*, compuesta de arena suelta mezclada con arcilla, húmeda casi siempre conteniendo gran cantidad de pequeños cristales aislados de selenita, debajo de la cual es muy raro encontrar otro depósito salitroso. Por esto sirve de indicio para indicar su terminación.

Escavando a mayor profundidad no se toca mas que un terreno de acarreo formando una brecha dura, compacta o bien depósitos de arcilla endurecida.

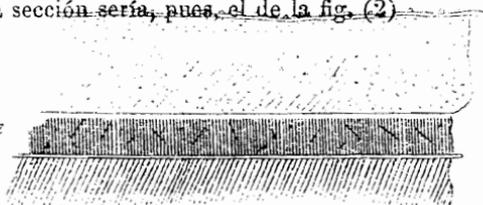
Por lo dicho se comprende que las diversas estratas que componen los depósitos de caliche presentan muchas irregularidades aun en trechos poco apartados entre sí.

El perfil de la sección sería, pues, el de la fig. (2)

*Casira*

*Caliche*

FIG. 2.



El *caliche* es de color blanco, a veces de nieve; lo hai de un lindo amarillo canario o de limón que llaman *azufrado* el que se encuentra particularmente en las oquedades formando concreciones, racimos i coliflores; pardo de diversos grados debido a la arcilla con que está mezclado i que llaman *achancacado*, i de diversos tintes violaceos.

Tiene estructura cristalina, de hojillas pequeñas que pasa a sacaroideo; a veces poroso de grano fino o grueso. Suele encontrarse en cristales rombohédricos hasta de medio centímetro formando agrupaciones curiosas.

Su fractura es plana cuando bastante puro, a veces es irregular, tiene lustre de vidrio, blando, quebradizo, se desmorona cuando es poroso, semi-transparente cuando es blanco, trasluciente en los bordes.

Tiene un sabor lijeramente salado, fresco, muy soluble en el agua. Espuesto al aire absorbe agua atmosférica i se disuelve.

En cuanto a su composición química, lo forma una mezcla de nitrato de soda i cloruro de sodio en proporciones muy variable como sustancias principales, unidas a las materias terrosas insolubles como ser arcilla, arena, piedrecillas, etc.

Como sales accesorias, se encuentran en él: cloruros de potasio i de magnesio, nitrato de potasa, sulfatos de soda, magnesia i cal, iodato i ioduro de sodio. Asegura Raimondi que también le acompaña el cromato de potasa, sal a la que él atribuye el color amarillo del caliche azufrado.

En la dilatada llanura, que está a 3,200 pies de altura sobre el mar, 976 metros, i que forma el valle de la rejión que estamos describiendo, hai estensos salares sobre todo del lado donde se encuentran los depósitos de salitre, formados de una gruesa costra de sal i arcilla mezcladas. Estos salares presentan una superficie mui irregular, quebrajosa i hueca; se levantan de ella gruesos costrones, redondeados, de formas caprichosas i que de léjos le dan el aspecto de un campo recién removido por el arado. fig. (3)



FIG. 3.

El espesor de esta capa, varía de uno a dos decímetros: es compacta en la superficie espuesta a la acción de los agentes atmosféricos, porosa en la parte inferior i de color pardo rojizo. Descansa sobre una capita compuesta de arcilla, arena i cascajo en la que suelen encontrarse cristales perfectamente formados de thenardit, sulfato anhídrido de soda, hasta de tres a 4 centímetros de diámetro, la que a su vez se apoya sobre el terreno sedimentario que rellena esa inmensa hoyo o rasjadura de 30 millas de anchuras, comprendida entre las dos cordilleras.

En una que otra localidad, como sucede en el Salar del Carmen cerca de Antofagasta i en Aguas Blancas, se encuentra debajo de la sal de los salares un pequeño manto de caliche explotable de dos a tres decímetros de espesor, de color pardo rojizo, poroso, liviano, mui soluble en el agua i mezclado íntimamente con arcilla mui fina.

Estos depósitos de salitre, son evidentemente producidos por la destrucción de otros formados con anterioridad, cuyos despojos,

arrastrados en disolución en el agua, fueron depositados en ciertas hoyadas naturales.

Para completar esta somera descripción de los yacimientos de salitre, debemos agregar algunas observaciones que pudieran echar alguna luz sobre el modo de formación de esos depósitos.

Existe en la parte superficial de algunos de ellos i cubierto por una capa de arena i tierra suelta, un pequeño manto que aparece aquí i allá, de algunos centímetros de espesor, de un guano azoado de bastante buena lei, en forma de polvo fino, color pardo oscuro, casi negro, con olor amoniacal i sabor amargo. En ciertos lugares se encuentran fragmentos de plumas de aves muy bien conservados i alitas de insectos que parece hubieran vivido hace poco tiempo, adheridas a la costra de sal, que los cubre, a veces a 50 centímetros de hondura.

Atravesando el manto de caliche i llegando hasta la superficie, hemos podido seguir el afloramiento de pequeñas guías de cuarzo hidratado, en formas estalactílicas, arriñonadas i concrecionadas, i de ópalos, ágatas calcedonias mas o menos puras, cuyos fragmentos se han desparramado profusamente sobre el suelo. Esto podría acusar la emanación por esas grietas, ahora rellenas, de aguas calientes cargadas de sílice en forma talvez de verdaderos geissers. La llamada Pampa Agatas en las Salitreras del Carmen Alto, es un lugar donde este hecho ha podido observarse prolijamente.

En algunas de Pisagua, como en Cruz de Zapiga, Matamunqui i Negreiros se observa en ocasiones que el manto de caliche está intercalado entre dos estratas calcáreas G bien definidas, fig. 4 i 5, a veces horizontales, otras dislocadas con un recuesto al naciente.

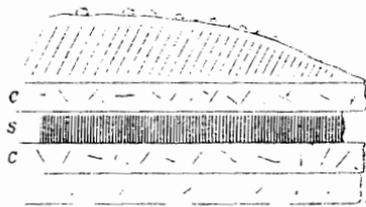


FIG. 4.

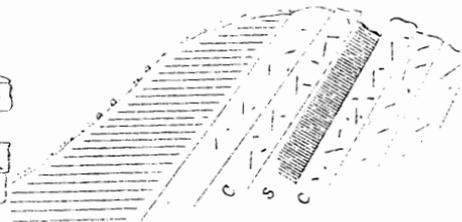


FIG. 5.

El borax o hidroboraquita de cal se encuentra en muchos lugares de la pampa en bolitas pequeñas i en cantidades que ha permitido

hacer una explotación industrial aunque no de magnitud. El sulfato de alúmina se encuentra también en grandes cantidades formando mantos estensos.

Fuera de la región que hemos tratado de describir, se ha encontrado salitre en el cerro del Toro, cerca de la laguna de Maricunga situado en la alta cordillera a unos 3,500 metros de altitud i a tres o cuatro días de camino al norte de Copiapó. Se ve en estratas delgadas en medio de una formación volcánica alternando con capas de yeso i sal común. Tiene muy poca sal o casi nada i mucho sulfato de soda. Se encuentran trozos muy puros.

## CAPITULO II

### ESPLOTACIÓN DEL CALICHE

#### I

La extracción del caliche debe ser precedida por una exploración o cateo de los terrenos que se trata de utilizar para poderse formar cabal idea de la cantidad i calidad de la materia útil, como de los costos probables que puede orijinar aquella operación según las condiciones especiales de su yacimiento. Es sobre la base de estas exploraciones que debe partirse para formar los cálculos consiguientes a la instalación económica de una oficina de beneficio.

El cateo puede hacerse mas o menos espacioso según los propósitos que se persigan. Si solo se trata de reconocer una pampa salitrera en grande escala para formarse una idea jeneral de su riqueza, los reconocimientos deben hacerse a bastante distancia unos de otros, de modo que abarquen todo el suelo por explorar con un número reducido de ellos. Si se trata de calcular la cantidad de caliche existente para instalar su explotación sistemática, los reconocimientos deben acercarse entre sí, i por fin cuando ya se trate de efectuar la extracción misma de aquel, los reconocimientos o tiros como se les denomina se aproximan tanto unos de otros como sea necesario i la esperiencia lo indique.

Los tiros se labran con una serie o juego de barretas ordinarias de fierro de 1½ pulgada de grueso aceradas, terminadas en un bisel

bien cortante de uno a dos centímetros i de largos variables para las diferentes honduras que aquellos deben tener.

Para principiar usa el barretero las de 3 a 4 pies de largo, dando comienzo por labrar un agujero de 9 a 12 pulgadas de diámetro, el que va aumentando con la hondura i así toma la forma de un tranco de cono fig. 6. A medida que la profundidad lo requiere,

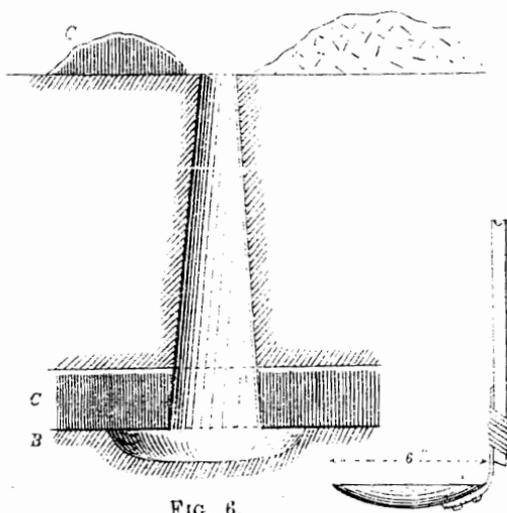


FIG. 6.

se van usando las barretas de mayor longitud. La extracción de la costra fracturada con la barreta se hace por medio de una cuchara fig. 7, de 6" a 7" de diámetro, hecha de plancha de fierro a la que se da la forma de un casquete esférico i se une a un mango de madera resistente de suficiente longitud.



FIG. 7.

El desmonte de la parte estéril se coloca a un lado del tiro i el caliche C al lado opuesto del cual puede tomarse un común i determinarse su calidad.

Se reconoce pues, de este modo el grueso de la costra, el espesor i lei del caliche C i las diversas peculiaridades que presenta el depósito, hasta llegar a la cota B con lo cual el reconocimiento queda terminado.

Para un ojo experimentado, esto basta; pero si se quiere poner a descubierto la capa de caliche, es necesario *tronar* el tiro.

Para esto se introduce un niño de 8 a 9 años al fondo de él, i usando una pequeña barreta de 12" a 14" excava la cota por debajo del manto de caliche i forma de este modo una taza. Esta operación que se llama *destazar* el tiro, tiene por objeto formar un hue-

co suficiente donde alojar la pólvora debajo del caliche, contra el cual quiere aplicarse la fuerza de la explosión para solevantarlo.

Estraído el último detritus, se bajan una o dos guías a cuyo extremo se amarra una piedra, al fondo del barreno, se deja caer la pólvora en cantidad que la experiencia enseña i que puede variar desde algunas libras hasta tres o mas quintales, según el grueso de la costra, su dureza, las rasjaduras próximas que existan i la calidad misma de la pólvora que se usa.

Con el cabo de la cuchara se allega a los costados de la taza i se principia por echar encima una parte del detritus ya estraído. Se ataca con un atacador de madera de 5" a 6" (12 a 15 centímetros), prefiriéndose de sauce porque no se rasja sino que se gasta uniformemente i uno de cuyos extremos se rodea de un anillo de fierro fig. 8. Se golpea encima con un combo de 12 a 15 libras, 6 a 7 kilogramos. Bien comprimida el primer taco, se agrega un segundo i así sucesivamente hasta que todo el taladro queda lleno.



FIG. 8.

Debe prohibirse en lo absoluto la tendencia del barretero de atacar el tiro con la misma barreta. Aceradas como son i golpeando sobre piedrecillas cuarzosas, han producido muchas veces la explosión de la pólvora i hecho volar a sus incautos autores.

No queda mas en seguida, que dar fuego a las mechas.

Si las condiciones de la carga están bien calculadas, la explosión producida no debe hacer otra cosa que *dar vuelta* todo el terreno sin que produzca proyecciones de material por los aires. Tampoco debe *irse a la boca*, como un tiro de cañón porque no habría hecho efecto alguno en el terreno, ni quedarse *dormido*, como sucedería si el efecto de la pólvora se hubiera perdido por algunas rasjaduras interiores.

Con pala i barreta se remueven en seguida los escombros hasta poner de manifiesto el manto de caliche.

Cuando la costra es mui gruesa, para evitar hacer los tiros demasiado profundos, se hace un *desboque*, es decir, se da un tiro en la misma costra i después de despejado el terreno se sigue con él hasta dar con el caliche.

Una vez explorado el campo suficientemente i elejidos los puntos adecuados para hacer el verdadero arranque del material que debe beneficiarse se procede del modo siguiente:

Se principia por hacer una línea de tiros separados 2, 3, 4 o mas metros según la naturaleza del terreno de modo que abarquen una extensión lonjitudinal proporcionada a la magnitud del trabajo, i se truenan. Se despeja el manto echando el desmante D fig. 9 hacia la parte mas baja i recojiendo el caliche G en pilas o montones separados i de este modo se tiene una *calichera M abierta*.

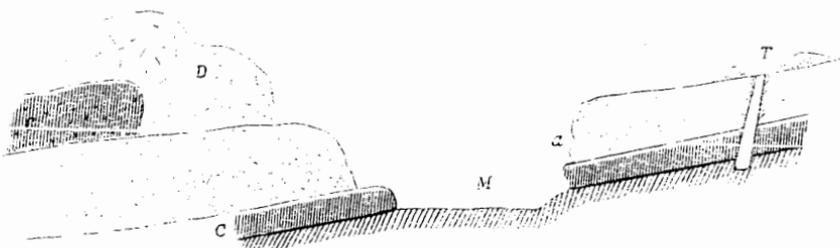


FIG. 9.

De antemano los barreteros han abierto una nueva línea de tiros T a distancia de dos a tres metros de la frente A del corte, los que se van tronando sucesivamente a medida que se necesita.

Como se ve, el avance de la calichera debe ser de abajo arriba si el terreno es inclinado. La razón es óbvia. El caliche debe ser acarreado a la oficina de beneficio operación que jeneralmente se hace en carretones a propósito. Llegando a tomar su carga por el lado de abajo, de regreso van con ella a favor de la pendiente del suelo. Por otra parte, es mucho mas aliviado para el trabajador, arrojar los desmontes hacia abajo, i el costo de extracción será menor que siguiendo el avance de arriba abajo.

Dos sistemas se emplean para hacer esta explotación: el 1.º siguiendo grandes tajos así abiertos con peones a jornal vijilados por mayordomos especiales; el segundo dando estas calicheras a contrato a *particulares* i abonándoles el caliche extraído sea por quintales o por carretadas de 30 quintales españoles o mas.

El primer sistema puede ser mas económico cuando el caliche es abundante i de buena calidad, la costra delgada i el jornal no mui subido.

El segundo es siempre preferible cuando esas condiciones no se satisfacen. Sabe el beneficiador que costándole el caliche a razón de tantos centavos el quintal de tal lei, obtiene tales beneficios.

Regula entonces el precio que puede pagar a los particulares o contratistas, tomando en cuenta las condiciones de la calichera que le entrega i le aumenta o disminuye los precios en conformidad a ellas, seguro de que la iniciativa individual encontrará modo de sacar provecho ahí donde el trabajo a jornal sería ruinoso.

Pero si este segundo sistema es en jeneral mas económico, suele no serlo respecto de la economía del caliche mismo. El contratista particular, si no es muy vijilado tiene siempre tendencia a sacar aquello que está mas fácil dejando enterrado en el desmonte mucha parte de materia útil que casi siempre puede darse por irreparablemente perdido. Dará pues, caliche mas barato pero perdiendo también mas en el desmonte.

El primer sistema lo dará en jeneral mas caro, pero gasta menos los terrenos.

Las calicheras suelen a veces ser muy hondas a causa del grueso de la costra. El caliche se saca en este caso formando en el desmonte graderías i pasándolo de una a otra hasta llegar a la superficie. Solo la abundancia i superior calidad del manto explotable pueden compensar los mayores gastos que esta operación origina.

En este caso, se ha recurrido en parte a hacer la explotación que llaman por *cuevas*. Consiste en hacer galerías o en realidad cuevas subterráneas como si se tratase de una explotación de carbón. Descubierto el manto de caliche se labra una galería subterránea del alto del manto con cuñas i barretas. El contratista trabaja acostado porque el grueso del caliche no le permite otra cosa. A la par que estrae el caliche, tiene que sostener el lecho de sus labores de arranque. El trabajo no se presta a regularizarlo i es en jeneral poco usado.

Pegado a la parte inferior del depósito de caliche hai de ordinario antes de la cota, un conglomerado brechiforme, a veces arcilloso, que llaman *banco* i *conjelo* cuando con él está mezclado con mucho yeso cristalizado. Esta materia estéril, tiene el barretero que separarla del caliche, respaldarlo, lo que se ejecuta con un pequeño martillo cuyas dos puntas terminan en bisel i le llaman *respaldador*.

En las grandes explotaciones se acopian de antemano considerables cantidades de caliche para no estar espuestos por las huelgas de trabajadores a tener que paralizar las oficinas de beneficio o para aprovechar una reducción temporal de sueldos cuando hai

una grande oferta de brazos. El caliche se paga entonces a los contratistas al volúmen a tanto por metro cúbico. Forman con el caliche pilas regulares de formas paralelipépedas las que mensualmente se miden para el ajuste de los contratos. Este sistema tiene el grave inconveniente de que exige una vijilancia esmeradísima para evitar el fraude de que el interior de las pilas se rellenen con costras inútiles.

Los acopios en grande como que tienen que hacerse en las mismas calicheras i quedan así por muchos meses espuestos a la intemperie, están sujetos a otro inconveniente. Reinan en la pampa, especialmente en los meses de otoño e invierno neblinas arrastradas mui húmedas que llaman *camanchacas*, las que disolviendo poco a poco la sal del caliche, arrastra su salitre i lo empobrece. No es raro ver un trozo de caliche desaparecer por completo al cabo de algún tiempo que ha quedado abandonado así al aire del desierto.

## II

### ACARREO

El caliche arrancado del suelo debe ser transportado al establecimiento de beneficio. Esta operación se hace de ordinario en carretones de tumbo construídos de fierro o de madera arrastrados por tres mulas cada uno i de capacidad suficiente para llevar de una vez 30 a 40 quintales. Cuando se acarrea el caliche de los contratistas, el contenido de uno de ellos sirve a la vez de medida para su recepción i pago. En muchas oficinas no se pesa el caliche recibido en las máquinas para el beneficio, sino que el peso total se deduce al fin del mes del número de carretonadas entradas multiplicado por el promedio de peso que se ha calculado para cada una.

El mayordomo encargado de recibir el caliche en la oficina lo examina al tiempo de vaciarse en el depósito de la cancha i suele rechazar algunas carretonadas de mala lei o imponer multas a los contratistas que por descuido o mala fe remiten un material inferior al convenido.

Hai otras oficinas en que se lleva una estadística mas prolija pesándose cada carretonada que se recibe en romanas a propósito.

Pocos son los acarreos que se hacen en carros sobre rieles: primero, porque su instalación es mas costosa absorbiendo mayor capital i porque sería necesario estar constantemente cambiando las líneas por entre las calicheras; segundo porque debiendo colocarse el caliche jeneralmente en el punto mas alto del establecimiento, como veremos después, no podrían las mulas subir los carros en la última gradiente o rampla que es mui fuerte, lo que obligaría a usar aparatos mecánicos casi siempre complicados i que solo las grandes instalaciones están en condiciones de efectuar.

El carretonero trabaja de ordinario por tareas de tantos viajes ai día según la distancia de las calicheras i su ajuste se hace al fin del mes.

Las reparaciones del material de transporte que son frecuentes i constantes se hacen en la maestranza de que cada establecimiento está dotado.

Completan el servicio de este ramo, un capataz a cuyo cargo está todo el material i bajo cuyas órdenes trabaja un talabartero encargado de los arneses i correajes de las mulas i un corralero destinado especialmente al cuidado de éstas.

### III

#### PÓLVORA

La cantidad de pólvora que se usa en la explotación es considerable i es por esta razón que cada oficina está obligada a fabricarla para su propio uso, con los elementos que tiene mas a la mano i de precio mas reducido.

Salvo una que otra oficina que produce este artículo de mui buena clase mediante instalaciones completas i costosas, la fabricación de la pólvora se ejecuta de un modo harto rudimentario i que en jeneral basta también para las exigencias que está llamada a satisfacer.

La mezcla de los elementos que la constituyen es con corta diferencia la siguiente:

✓ Nitrato de soda.....	70	por	ciento.
Carbón.....	18	»	»
Azufre .....	12	»	»

i se hace por medio de trapiches de fierro, compuestos de una solera i dos voladoras o cilindros del mismo metal que ruedan i resbalan sobre aquella, unidos por un eje horizontal, todo lo que se pone en movimiento por un eje vertical el que es hecho jirar por una palanca a cuyo extremo se instalan uno o dos caballos.

Hecha la mezcla de los ingredientes en polvo en las proporciones indicadas i a la pala, se humedecen con agua i se muelen en el trapiche hasta hacer la mezcla lo mas íntima posible reduciendo el material a partículas mui ténues de modo que toda la masa adquiera una grande homojeneidad.

Del trapiche pasa inmediatamente a la cancha donde se seca i que es un patio cerrado con murallas a veces, otras sin ellas i cuyo piso está cubierto con un barro arcilloso que le da consistencia, unidad i limpieza.

Concluída esta operación por efecto del sol i del aire, se recoje i se guarda en las casas de pólvora.

Jeneralmente se suprime en esta fabricación un poco primitiva, la compresión por medio de prensas que debe dar a la masa gran densidad, la granulación i el lustrado.

La molienda misma se efectúa de un modo imperfecto, así como suele usarse salitre de inferior clase o sea con mucha sal, carbón mui impuro i azufre nativo que no sube de 80 a 85 por ciento.

En Tarapacá estos dos últimos elementos se obtienen de las quebradas de la gran cordillera. Los habitantes de los pequeños villoríos que encierran, hacen un comercio activo con las oficinas, llevádoles el azufre natural de antiguas solfataras de lei a veces de 95 por ciento i carbón de chilca, arbusto pequeño que crece en las márgenes de las corrientes de agua de las quebradas, en jeneral de clase mui inferior.

En las oficinas del sur, como ser de Antofagasta i Taltal el azufre i el carbón se lleva de Valparaíso a donde eran importados hasta hace poco, de Europa!!

El precio de costo de un quintal de pólvora en una oficina que necesita fabricar 500 quintales al mes, varía, según la clase de materiales que emplee i que produzca, de \$ 2.25 a \$ 4.00.

## CAPITULO III

## ELABORACIÓN O BENEFICIO DEL SALITRE

## I

Antes de describir los procedimientos en uso para la separación del salitre de la materia prima que lo contiene, creemos necesario dar una idea de las propiedades químicas de esta sustancia i de las cuales se derivan los métodos empleados para elaborarlo.

El salitre sódico o nitrato de soda, es de color blanco, lustre de vidrio transparente. Su sabor es fresco i espuesto al aire se humedece. Cristaliza en formas que derivan de un rombohedro de  $106.33'$  desde cristallitos microscópicos hasta de algunos centímetros de diámetro i cuya densidad es 2.25.

El calor a temperatura elevada lo descompone i el ácido nítrico se separa en oxígeno i ácido hiponítrico quedando un residuo de soda cáustica. Cuando se hace la calcinación de otros nitratos como los de alumina o de peróxido de fierro, la descomposición de éstos que tiene lugar a los  $150^{\circ}$  arrastra la del salitre que lo hace en parte a esta temperatura.

El salitre mezclado con carbón puesto en contacto con el fuego, detona i se descompone formando carbonato de soda. Otras materias combustibles como el azúcar, almidón o harina a una temperatura elevada pero que no produzca ignición, transforma el nitrato en nitrito.

El ácido sulfúrico concentrado i en pequeña cantidad vertido sobre los cristales de salitre, desaloja el ácido nítrico parcialmente a la temperatura ordinaria i sin que se descomponga. Si la temperatura se eleva i se agrega el ácido en exceso, aparecen vapores rojos. Evaporando a sequedad se transforma en sulfato.

El ácido clorhídrico descompone también el salitre con lentitud a la temperatura ambiente i con viveza por medio del calor desarrollando cloro i vapores nitrosos. Evaporando a sequedad lo transforma en cloruro.

Los ácidos fosfórico i silícico producen sobre él, el mismo efecto.

El salitre es mui soluble en el agua i como casi todas las sales solubles con pocas excepciones, tiene la propiedad de aumentar con

la temperatura de aquella. Según Maumané la solubilidad del salitre en 100 partes de agua a diversas temperaturas sería la siguiente:

Temperatura.	Salitre disuelto	Temperatura.	Salitre disuelto	Temperatura.	Salitre disuelto
0°.....	70.94....	60°.....	131.11....	119°.4 ...	
10°.....	78.57....	70°.....	142.31....	121° ...	213.43
20°.....	87.97....	80°.....	153.72....		224.30
30°.....	98.26....	90°.....	165.45....		
40°.....	109.01....	100°.....	178.18....		
50°.....	120 ....	110°.....	194.26....		

Según Gay Lussac, tomado de sus tablas gráficas de disolución, la solubilidad sería por 100 p. de agua:

Temperatura.	Salitre disuelto	Temperatura.	Salitre disuelto	Temperatura.	Salitre disuelto
0° ....	79.50....	50°.....	110.30....	100° ...	169
10°.....	84.	60°.....	120.	110° ...	194
20°.....	89.	70°.....	130.	120° ...	224
30°.....	95.30....	80°.....	141.50....		
40°.....	102.	90°.....	154.		

A 121°, la disolución saturada hierve.

El aumento de solubilidad con la temperatura, no está como se vé, en relación jeométrica simple: sigue una lei mucho mas complicada. La construcción empírica de su curva de solubilidad, valiéndose de un sistema de ejes rectangulares en que las temperaturas se miden sobre el eje de las abscisas i la cantidad de sa-

litro disuelto por 100 de agua, sobre el de las ordenadas, da lugar a una línea cuya convexidad está del lado del eje de las temperaturas i su concavidad mirando al eje de las ordenadas.

La solubilidad del salitre disminuye en presencia de la sal común en la misma solución i recíprocamente: la solubilidad del cloruro es menor en presencia del salitre. En otros términos un licor saturado de salitre a una temperatura dada precipita cierta cantidad de nitrato al agregarle cloruro i uno saturado de cloruro precipita cierta cantidad de él al agregarle salitre.

Se sabe que la solubilidad del cloruro aumenta proporcionalmente con la temperatura en cantidad pequeña de suerte que la curva gráfica que la representa se aparta poco de línea recta i del paralelismo con el eje de las temperaturas. Así, por 100 partes de agua se tienen las siguientes cantidades:

Temperatura.	Cloruro disuelto	Temperatura.	Cloruro disuelto	Temperatura.	Cloruro disuelto
0°.....	36.	50°.....	37.99.....	100°.....	39.70
10°.....	36.40....	60°.....	38.20.....	110°....	40.10
20°.....	36.70....	70°.....	38.60.....	120°...	40.50
30°.....	37.10....	80°.....	39.00.....		
40°.....	37.50....	90°.....	39.30.....		

La investigación de las cantidades de nitrato i de cloruro que toma el agua al saturarse con ellas a diversas temperaturas i las densidades correspondientes a cada grado de la escala termométrica, son datos importantes para el beneficio del salitre, pues esas dos sales son, como hemos visto, compañeras constantes en los depósitos de caliche i hai que tratarlas conjuntamente.

Esta investigación necesaria para darse cuenta cabal de los fenómenos que deben tener lugar en la disolución nos ha dado, después de análisis prolijos, los resultados consignados en la tabla de mas abajo, los que, si no fuesen rigurosamente exactos, pueden satisfacer por lo menos el objeto práctico que con ellos se ha buscado.

*Disolución de salitre i sal en 100 p. de agua.*

Temperatura	Salitre	Sal	Densidad	Temperatura	Salitre	Sal	Densidad
10°...	49.50.	27.00.	72°...	70°...	110.40.	17.50....	96°
20°...	57.00.	26.00.	75 <sup>s</sup> ....	80°...	123.86.	17.00....	100. <sup>s</sup>
30°...	65.80.	24.00.	78 <sup>s</sup> ....	90°...	139.00.	16.20....	103. <sup>s</sup>
40°...	75.50.	22.50.	82 <sup>s</sup> ....	100°...	157.50.	16.00....	107. <sup>s</sup>
50°...	86.50.	20.50.	87.....	110°...	184.00.	15.40....	108. <sup>s</sup>
60°...	98.00.	18.90.	91 <sup>s</sup> ....	120°..	220.00.	15.00....	110. <sup>s</sup>

La 4.<sup>a</sup> columna indica los grados de densidad expresados en la escala del hidrómetro Twaddle.

El 0° de ella corresponde al peso específico del agua tomado por unidad, i a cada grado un aumento de 0.005.

Correspondiendo a cada grado de temperatura, uno respectivo de densidad, será siempre fácil saber por la tabla anterior si un licor que tiene en disolución nitrato i cloruro está o no saturado.

Los datos anteriores demuestran que la diferencia de solubilidad del salitre entre estar solo i acompañado, a 10° es de 84—49.5 = 34.50 i que esta diferencia disminuye a medida que la temperatura aumenta, de suerte que a 100° es solo de 169.00—157.50 = 11.50 i a 120° de 224—220 = 4.

Mientras tanto se vé, que la misma diferencia que a 10° es para el cloruro de sodio 36.40—27 = 9.40, a 100° es de 39.70—16 = 24.70, lo que equivale a que la solubilidad de la sal común disminuye i la del salitre aumenta a medida que la temperatura se eleva.

Supongamos que se tiene una mezcla de  $n$  kilogramos de salitre i  $n$  de sal común; que agregamos 1 kilogramo de agua i se eleva la temperatura a 100°.

La disolución que se forme, contendrá 1575 gramos de nitrato i 160 gramos de sal. Supongamos que se separa la solución, del resto de sales no disueltas i que hacemos bajar la temperatura del líquido a 10°. Cristalizará una cantidad de salitre 1575—495 = 1080 gramos i quedará una agua madre compuesta de 1000 gra-

mos de agua 495 de salitre i 160 gramos de sal. Esta agua madre no estará saturada de sal pues a 10° le corresponde 270 gramos. Si se agrega al residuo de sales anteriores tomará la diferencia que le hace falta, es decir:  $270 - 160 = 110$  gramos de cloruro. Calentando nuevamente la mezcla a 100° se disolverán nuevamente  $1575 - 495 = 1080$  gramos de salitre i se depositarán los 110 gramos de sal que tomó el líquido a la temperatura de 10°. Repitiendo la misma operación anterior, se ve que puede i debe llegar un momento en que todo el salitre haya sido llevado en disolución por las aguas madres para ser cristalizado quedando como residuo solo el cloruro i de esta manera hecha la separación de las dos sales.

Como veremos, estas propiedades de las disoluciones del salitre sirven de base a los métodos que se emplean para su beneficio industrial.

## II

La elaboración del salitre, como la de la mayor parte de las sales solubles naturales o artificialmente producidas, pasa en un momento dado del tratamiento por tres operaciones importantes hasta obtener el producto que se busca.

1.º Disolución en el agua sea a la temperatura ordinaria i a otra mas elevada.

2.º Separación por filtración o decantación de las sustancias que los líquidos que resultan tienen en suspensión i que provienen ya sea del criadero terroso o arcilloso con que el salitre se encuentra mezclado en el terreno o de otras sales menos solubles a la temperatura que se opera; o bien de los productos secundarios que se orijinan en el proceso mismo químico para obtener aquel.

3.º Cristalización del salitre de los licores claros i puros que resultan si la temperatura de disolución ha sido elevada, o bien evaporación con cristalización sucesiva si la disolución se ha efectuado a la temperatura ordinaria.

Trataremos separadamente cada una de estas operaciones.

### DISOLUCIÓN

Los procedimientos usados en la industria salitrera para efectuar la disolución se pueden reducir todos a dos tipos principales perfectamente definidos i a los cuales están subordinados, a la construcción de los aparatos i los detalles de la manipulación.

Pertencen al primer tipo los que tienen por objeto remover constantemente el caliche dentro del agua para efectuar la disolución tan completa como sea posible del salitre que contiene. En el segundo tipo están comprendidos los que efectúan la disolución mediante una corriente de agua que atraviesa por entre el caliche que permanece completamente inmóvil.

El calentamiento necesario si la operación ha de hacerse a temperatura elevada para uno i otro tipo de aparatos, se realiza:

1.º Por la aplicación directa del fuego a los aparatos que se emplean;

2.º Mediante el vapor de agua libre inyectándose por conductos apropiados i condensándose en la masa líquida que calienta;

3.º Usando el vapor de agua en tubos cerrados de fierro, produciéndose el calentamiento por transmisión del calórico de condensación al través de las paredes de los tubos.

#### PRIMER TIPO

*Sistema de paradas.*—Este ha sido el fundador de la industria salitrera en Tarapacá i se usa todavía en algunas oficinas pequeñas.

*Aparatos.*—Consta esencialmente:

1.º De un par de fondos F fig. 10 de fierro batido de  $2/8$ " que pueden contener de 10 a 20 quintales de caliche chancado en los que se efectúa la disolución, colocados sobre una hornilla construída de costras de sal i barro de arcilla;

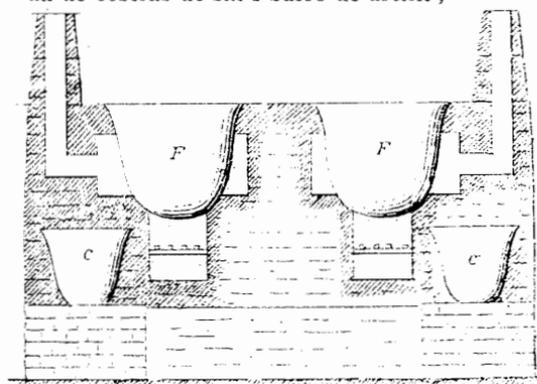


FIG. 10.

2.º De dos fondos C del mismo tamaño o mas pequeños llamados *chulladores* colocados exteriormente i aun nivel inferior que sirven para recibir la disolución o los caldos como los denominan, una vez terminada la operación;

3.º De una serie de cristalizadoras llamadas *bateas*, que son pequeños estanques de fierro de 4" a 5" de profundidad i de 5' a 6' por costado.

Están armadas sobre pequeñas murallas de costras o de piedra, i

llegando a ellas los caldos de los chulladores por medio de una canal de fierro provista de tapones de madera para llenarlas unas en pos de otras;

4.º De un estanque de fierro que recibe las aguas madres, confirmadas con el nombre de *Aguas Viejas*, que salen de las bateas una vez cristalizado el salitre, i colocado al nivel de la cancha donde se deposita el salitre estraído de las bateas.

Notaremos de paso que hai en esta oficina cuatro niveles importantes i que sirven para ir pasando las disoluciones de unos a otros por su descenso natural.

*Operación.*—Al nivel de la boca de los fondos hai jeneralmente una cancha que sirve para recibir el caliche que viene de las calicheras en colpas. Estas se parten con combos i se chancan i reducen a fragmentos como del tamaño de un huevo con martillos de fierro dulce de mango largo que manejan operarios adiestrados llamados *acendrades* i a los que jeneralmente se les paga por fondada.

Con el caliche *acendrado* se cargan los dos fondos, se agrega agua vieja producto de operaciones anteriores i se encienden las hornillas con leña como se hizo en un tiempo en que era abundante en la pampa o con carbón de piedra como se ha hecho después.

El operario o *fondeador* a cuyo cargo está el trabajo, a medida que sube la temperatura del caldo revuelve con unos fierros largos todo el contenido de los fondos hasta que se produce la ebullición la que se mantiene por unas dos horas, con constantes revolturas del caliche.

El aspecto del caldo indica al fondeador si está *gordo* o *flaco*, es decir, si ha llegado o nó al grado de densidad necesario para *arrearlo*, según la espresión consagrada, es decir para *vaciarlo*. Siendo lo primero, abre una llave de que cada fondo está provisto en su parte inferior i hace pasar la disolución obtenida a los chulladores. Primitivamente se sacaban los caldos con grandes cucharas de fierro.

Sobre la superficie del líquido en los chulladores se echa un poco de estiércol de caballo seco i en polvo. Atribúyese a éste la propiedad de hacer asentarse la borra i la sal en esos aparatos, impidiendo que la disolución se enfríe. Volveremos sobre este punto importante. Después de una hora o mas de estar el líquido en re-

poso i clarificado, se abre una llave inferior i se hace correr el caldo a las bateas por la canal de que hemos hablado.

Mientras tanto si el caliche beneficiado es mui rico, vuélvese a agregar agua vieja a los residuos o *ripios* para sacar un segundo caldo; pero con el objeto de que no salga *flaco* se agrega o *yapa* cada fondo con cierta cantidad de caliche nuevo procediéndose en esta segunda operación de un modo análogo a la primera.

Las disoluciones en las bateas, al cabo de 24 o mas horas, depositan por cristalización su salitre i una vez frías, se abren los tapones de que están provistas para hacer salir las aguas viejas que por una canal inferior van a un estanque receptor común. Se amontona el salitre con la paia en un rincón de la batea para que estruje por algunas horas i de ahí se arroja a la cancha donde se forma un gran montón del cual se ensaca i se remite al puerto de su destino.

Los rípios de los fondos, se sacan a la pala a la cancha superior de donde en carretillas es conducido al desmonte.

En cada parada se hacen dos i aun tres operaciones al día; el caliche beneficiado en ellas es siempre escogido, de clase superior procurándose que no baje de 50 por ciento.

Los rípios producidos por este sistema tienen lei de 15 a 25 por ciento. De suerte que tratándose 80 quintales de caliche por parada en las 24 horas el rendimiento no pasa de 20 a 25 quintales de salitre.

*Ventajas e inconvenientes.*—El sistema de paradas llenó en un tiempo su objeto. Exijía poco capital de instalación por la sencillez de los aparatos i poco gasto de reparaciones i conservación, no necesitando operarios mecánicos especiales ni mucho gasto de material de transporte entonces difícil de de la playa.

Habiendo grande abundancia de caliches de leyes subidas, su extracción era económica i el gasto de combustible no de gran monto teniendo la leña a la mano.

Mas, tratándose de una producción en escala mayor, de utilizar caliches abundantes pero de leyes mas reducidas, de usar carbón cuyo flete solamente a las oficinas, duplica su precio en playa i mui especialmente teniendo el productor que competir en el mercado mediante la reducción del costo de producción, con la abundancia del producto ofrecido en venta, aquel sistema tiene inconvenientes que lo hacen imposible en el estado actual de la industria.

La pérdida de salitre en los ripios i *borras* es considerable, la obra de mano excesivamente penosa, el consumo de combustible exajerado para la cantidad de salitre producido i por último la multiplicidad de paradas que exigiría una producción diaria de cierta magnitud, le haría perder su sencillez primitiva i con ella sus ventajas.

A mas, la aplicación directa del fuego a los fondos, los quema con frecuencia i obliga a reparaciones i parches permanentes.

#### SISTEMA DE CACHUCOS ABIERTOS A VAPOR

*Aparatos.*—Los inconvenientes que presentan las paradas, trataron de remediarse, usando el vapor libre para calentar las disoluciones i *remover* el caliche, inyectado a presiones de 30 a 50 libras por medio de cañones de fierro de 1 a 2 pulgadas agujereados A fig. 11 i colocados en el fondo de estanques de fierro de grandes dimensiones B fig. 12. El vapor se jenera en calderos del

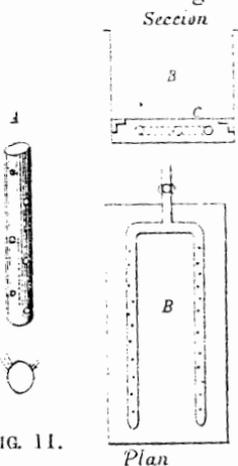


FIG. 11.

FIG. 12.

del tipo llamado *Cornish* colocados en la vecindad de los disolvedores o *cachuchos*. Un tubo de vapor se saca del sombrero o cúpula del caldero i se ramifica a dos cachuchos que jeneralmente se colocan apareados uno al lado del otro. Posteriormente se colocó encima de los tubos a vapor i ocupando todo el fondo del disolvedor una plancha de fierro agujereada C, llamada *Crinolina* i sobre la que se carga el caliche.

La entrada del vapor se gobierna con llaves para cada cachucho.

Los *chulladores* o estanques de asentamiento se hacen de formas análogas a los *cachuchos* i de capacidad proporcionada a la cantidad de caldo que cada fondada produce, forrados en madera en algunas partes para impedir el enfriamiento de los caldos. Se

ha conservado el nombre de *fundada* a cada operación, tomado del sistema de paradas.

Las bateas tienen mayor capacidad. Se hacen generalmente de  $12' \times 12' \times 2'$  i se colocan sobre murallas de costras.

Las canales para el movimiento de los líquidos i estanques para agua vieja son también de mayores dimensiones que en el sistema anteriormente descrito.

A todo esto hai que agregar: una bomba jeneralmente a vapor para subir las aguas viejas al nivel de los cachuchos donde se instala otro estanque para recibir las i usarlas en el momento preciso; estanque para agua nueva, de pozo o del *tiempo* como se la denomina i una pequeña maestraza para las reparaciones del material jeneral del establecimiento.

En la disposición de los aparatos, se conservan naturalmente los cuatro niveles importantes e indispensables de que hemos hablado.

*Operación.*—Sea que el cachucho tenga o no crinolina, el caliche acendrado se carga en él hasta colmarlo i se agrega agua vieja producto de operaciones anteriores hasta llenarlo a la tercera o cuarta parte de su capacidad N. N. fig. 13, e inmediatamente se abre la llave de vapor que en el caldero marca sea 50 libras. Este sale con fuerza por los agujeros de los cañones i se condensa en la masa líquida que en poco tiempo sube a  $100^\circ$  de temperatura. Al cabo de 2 horas mas o menos principia la ebullición activa; el líquido ha subido hasta el nivel M M cerca de la superficie i grandes masas de vapor se escapan de ella.

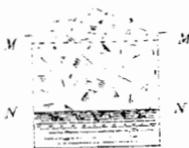


FIG. 13.

En este momento se disminuye a la mitad la entrada del vapor para evitar que aumente la cantidad de agua i se tiene cuidado de examinar la temperatura i densidad del caldo.

Continuando la ebullición por una hora o mas según los casos, lo que remueve enérgicamente todo el material sólido contenido dentro del aparato, la densidad sigue aumentando poco a poco hasta hacerse estacionaria i aun principiar a descender con el aumento de agua que se introduce por el vapor condensado. En este momento se cierra el vapor i se abre la llave que está colocada cerca del fondo i debajo de la crinolina para traspasar el caldo al chillador.

Estos caldos que son muy turbios i espesos no salen saturados. Si se largan a 105° de temperatura i debiendo corresponderles una densidad de 115° Tw. para saturación, como sería beneficiando caliches de la pampa norte de Tarapacá, no alcanzan a subir a mas de 102° o cuando mucho a 104°.

Permanecen en los chulladores el tiempo necesario para asentarse i clasificarse lo que pueden demorar de 3 a 6 horas i aun 12 i 24. Al cabo de este tiempo se vacia a las bateas abriendo las llaves de que están provistos.

En el fondo del chullador queda una gran cantidad de borra impregnada de salitre que se saca por un tapón del fondo.

Estas borras suelen lavarse echándoles agua i dejándolas nuevamente asentar lo que constituye una operación engorrosa i sucia dando siempre por resultado una pérdida inevitable de salitre.

Los rípios aun calientes se sacan a la pala i se arrojan a la cancha superior de donde los toma un carretón para conducirlos al desmonte.

Esta operación es sumamente pesada para los rípiadores porque están obligados a trabajar en una atmósfera llena con el vapor que los rípios emiten.

Una vez limpio el cachucho, vuelve a cargarse con caliche para una segunda operación.

En un mismo disolvedor suelen hacerse hasta cuatro fondadas al día lo que da un promedio de 6 horas por cada una.

En un aparato de 20' de longitud por una sección de 6' x 6' se tienen 720<sup>3</sup> de capacidad, que a razón 70 libras de caliche por cada pie cúbico daría un peso de 500 quintales o sean 2,000 quintales diarios de caliche parados por cada disolvedor.

*Observaciones.*—La rápida condensación del vapor en los disolvedores, produce una depresión igualmente rápida en el manómetro i obliga al fogonero a activar con empeño sus fuegos para que no baje la presión del caldero i con ella la temperatura que quiere producir en los cachuchos. Este apuro, tiene por primer efecto, producir una combustión incompleta del carbón i de los gases de él desprendidos que se traduce por una pérdida de combustible.

El agua del tiempo de que jeneralmente se dispone en las oficinas tiene sales que se van depositando en el interior de los calderos formando incrustaciones que impiden el paso del calor i obligan a un consumo mayor de carbón para producir un efecto dado. Para evitar esos depósitos se recurre al arbitrio de desaguar los

calderos cada tantas horas o cuando el salinómetro lo indique. En este caso la pérdida de calor es también considerable.

Un caldero sometido constantemente a variaciones bruscas de presión como las tiene por necesidad en este procedimiento, hace trabajar sus remaches i ajustes de un modo violento por las dilataciones i contracciones desiguales que experimentan las planchas que lo forman. De aquí resulta que en poco tiempo principian las goteras i con ellas las composturas que desde ese momento se hacen ordinarias, constantes i costosas.

Las incrustaciones obligan a frecuentes paralizaciones para limpiar los tubos lo que no solo es causa de gasto de consideración por lo que en sí cuesta la operación misma, sino por el mayor gasto de carbón que exige el tener que calentar de nuevo el caldero para ponerlo en marcha.

Fuera de esto, por un descuido cualquiera i esto es muy frecuente en los fogoneros, se queman los tubos cuando hai tanta oscilación en el nivel del agua, i sobre todo cuando la costra sobre la plancha del fuego llega a adquirir mucho espesor, lo que obliga ya a reparaciones de mayor entidad i para evitar paralización en el trabajo hai necesidad de tener otros calderos de repuesto aumentando así el capital de instalación.

En cuanto a la disolución misma, basta ver como se escapa el vapor en grandes columnas de la superficie del disolvedor para comprender que es carbón perdido que se volatiliza sin provecho alguno. El exceso de temperatura con que sale la disolución a los chulladores i que no corresponde a la cantidad de salitre que contiene, es también una pérdida inoficiosa como lo es la temperatura de mas de 100° con que quedan los ripios i que en nada se aprovecha.

La separación del salitre es incompleta, los ripios quedaa con una lei subida i las borras se llevan una parte no insignificante del ya estraído.

Sucede en algunas oficinas como en el Salar del Carmen que la arcilla fina que suele acompañar al caliche, sometida a un proceso de ebullición mas o menos prolongado con las sales alcalinas que forman aquel, pierde su consistencia, se pone liviana, flota i se deposita con dificultad como si fuese retenida en suspensión por algún precipitado gelatinoso. Esto podría suceder talvez con algunos caliches que tienen algo de alumbre o sea sulfato de alumina

el que descomponiendo el nitrato pudiera formar sulfato de soda i precipitar su alúmina. El hecho es que en esos casos, es cierto que excepcionales, no solo viene a perderse el caldo que queda con la borra, sino que, por haber sido la decantación mui lenta los líquidos se han enfriado cristalizando una parte del salitre que cae al fondo i es casi siempre perdido en medio de la borra.

La desripiadura a la mano es lenta, exige operarios acostumbrados i enéjicos para soportar el calor de los resíduos i por eso la operación es costosa.

*Modificaciones.*—Varias de las operaciones mecánicas anexas a este procedimiento se han salvado mediante disposiciones mas o menos adecuadas i eficaces.

La chanca a la mano se ha sustituido, no en todas partes, por la a vapor usando chancadores Blake.

La carga de los disolvedores hecha a la pala por otra automática disponiendo que el caliche chancado pase a depósitos especiales colocados encima de los cachuchos i los que vacian su contenido en aquellos, abriendo unas compuertas colocadas al extremo de tolvas o buzones.

Estas dos operaciones chanca del caliche i carguio de los disolvedores por medios mecánicos, exigen: o el establecimiento de dos niveles superiores, uno para la chancadora i otro para las tolvas cargadoras que reciben i acumulan el producto que aquella da; o bien la implantación de aparatos elevadores mas o menos complicados para que, efectuándose la chanca a un nivel inferior, el caliche chancado sea elevado al nivel de los disolvedores.

La calidad i estensión de los terrenos que se trata de esplotar, unido al capital disponible para la magnitud que deba darse al establecimiento que se proyecta, podrán decidir solamente el sistema que ha de adoptarse para las dos operaciones anteriores.

Las inflexiones del terreno suelen permitir mucho ahorro de trabajo colocando las oficinas en los faldeos de algunos lomajes para facilitar el establecimiento de los niveles necesarios.

La extracción de los rípios se facilitó colocando en el interior de los disolvedores grandes canastos de fierro agujereados que ocupaban todo su interior i en los cuales se hacía la carga del caliche. Concluída la operación se izaban por medio de un pescante i se vaciaban en los carros para rípios. Vino después el uso de puertas en el fondo de los cachuchos para efectuar la desripiadura,

dejando caer por ellas los ripios a carretones o carros sobre rieles que van al desmante fig. 14.

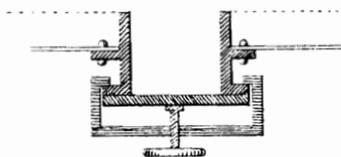


FIG. 14.

Estas puertas se hacen generalmente de fierro fundido de  $7/8$ " remachándolas a la plancha del fondo i se cierran por otra pieza del mismo metal que se ajusta el cuerpo principal por abrazaderas con tornillos. Su manejo se comprende fácilmente.

En la oficina San Juan, el caliche se hacía entrar en carros cargados de antemano i sobre rieles, por una de las cabeceras del cachucho que es móvil i hace de puerta. Concluída la disolución salía el carro cargado con sus ripios, para ser reemplazado inmediatamente por otros.

Hemos dicho que en este procedimiento llega un instante en que la densidad de la disolución permanece estacionaria i después principia a decrecer por la introducción de un exceso de vapor de agua. Para obviar este inconveniente se ha ideado en la oficina anteriormente nombrada, sustituir en ese momento a la acción del vapor para poner en movimiento el contenido del disolvedor, la del aire caliente bajo presión, que no diluye los líquidos, mantiene la temperatura i remueve todo el material. Muchas de estas reformas tienen el inconveniente de que aumentando las maquinarias i sus complicaciones respectivas, el mantenimiento de ellas en estado de servicio económico, exige cuidados i atenciones esmeradas no siempre fácil de conseguir sino a un costo excesivo que llegan a absorber las economías que por su uso se persiguen.

#### JIRATORIO

Dentro del tipo de beneficio que estamos describiendo se ha introducido por la Compañía de Salitres de Antofagasta, otro sistema que trataba de evitar algunos de los graves defectos de que adolecen los que acabamos de describir. Se tomó por modelo para construir el aparato, el *horno rotatorio de soda* de Elliot i Russel para la fabricación de la soda bruta adoptándolo a las necesidades que debía satisfacer en la disolución del salitre.

*Aparato.*—Consta de un gran cilindro de fierro como el casco de un caldero a vapor, cerrado por sus cabeceras i descansando por dos anillos de fierro hechos de rieles que lo circundan, sobre ruedas locas fuertemente colocadas sobre sus ejes i sobre las cuales gira resbalando.

El movimiento rotatorio se produce por un piñón unido por transmisiones a la máquina a vapor, el que engrana con una gran rueda dentada colocada en torno de una de las cabeceras del cilindro.

El calentamiento se efectúa por medio de una serie de cañones de fierro cerrados en forma de serpentín, colocados longitudinalmente en el interior del cilindro i en los cuales penetra el vapor por una abertura en el centro de una de las cabeceras mediante un ajuste especial hecho con el tubo de vapor que viene de los calderos i que naturalmente está inmóvil. La salida del agua condensada tiene lugar por una abertura análoga en el otro extremo.

La carga i descarga del aparato se hace por medio de una puerta colocada en el centro i la cual se pone en comunicación con una tolva que está unida a un depósito de caliche chancado en un nivel superior para la primera i con un carro sobre una línea de rieles para lo segundo. Para la entrada i salida de los líquidos hai llaves a propósito.

*Operación.*—Lleno el jiratorio de caliche hasta un poco mas de las tres cuartas partes, se agrega agua vieja producto de operaciones anteriores, se pone en movimiento i se abre la comunicación del vapor.

Se comprende que desde este instante todo el contenido del gran barril se pone en constante agitación por el movimiento rotatorio que se le imprime, el que siendo muy lento talvez de una revolución por minuto, es lo suficiente para establecer la homogeneidad en toda la masa líquida a medida que sube la temperatura.

El vapor condensado en abundancia en el primer tiempo de la operación, sale por el lado opuesto en forma de agua.

Por medio de llaves de prueba convenientemente dispuestas, se puede estudiar la marcha de la disolución tomando la densidad i la temperatura del líquido. Cuando ésta haya subido a 105° se puede cerrar todo el vapor o una parte de él i continuar el movimiento hasta que se vea que la densidad no aumenta, en cuyo caso se para el movimiento i se abre la llave para dar salida al caldo a los chulladores, todo lo que puede tener lugar al cabo de

3 horas. Si el caliche fuera rico se agrega mas agua vieja, se da vapor i movimiento para obtener un segundo caldo mas pobre que se recibe aparte. Por último se agrega cierta cantidad de agua del tiempo, la que obrando sobre los ripios calientes concluye por lavarlos i empobrecerlos después de hacerlos jirar algunos minutos sin dar vapor. Este último lavado da un licor de densidad de agua vieja.

Por este procedimiento el calor se aprovecha de un modo mas completo que por el anteriormente descrito, desde que no hai escape de vapor de los líquidos. Los caldos salen de mayor densidad que usando el vapor libre, los ripios mas pobres i por lo tanto el rendimiento de la materia prima, mayor.

En cambio, por la disposición obligada de los tubos de vapor, el agua condensada no puede volverse con facilidad a los calderos; el aparato mismo es un poco complicado; los ajustes del vapor en la unión del tubo que viene de los calderos con los del calentador interior, difícil; todo lo cual da margen a inconvenientes mecánicos que obligan a paralizaciones perjudiciales.

*Observaciones.*—El uso del vapor en tubos cerrados para producir el calentamiento data de época reciente en la industria salitrera i es susceptible de producir economías notables tanto en el uso del carbón como en la conservación de los calderos; pues que, recurriendo al sistema de hacer volver el agua condensada en las cañerías, directamente a los calderos mismos, éstos no necesitan alimentarse con agua nueva i fría sino en mui limitada cantidad, evitándose así los inconvenientes que hemos señalado antes. El nivel del agua en los calderos se mantiene estacionario, la presión uniforme i el trabajo en fin, a que se someten es traquilo, sin apuros, quemando en sus hornillas correctamente el carbón i permitiendo mantener así todos los aparatos en perfecto estado de conservación.

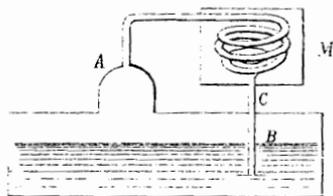


FIG. 15.

presión en A, mas la que produce el peso de la columna de agua

CB, que es la que determina la introducción del agua i que proviene de la condensación en el serpentín o calentador M.

Los aparatos hasta ahora descritos son los que mas se han usado de los pertenecientes al primer tipo. Muchos modelos se han inventado i muchas maquinarias construido, persiguiendo el mismo fin con éxito mas o menos eficaz. En pocas industrias se han invertido mayores capitales en esperimentos con el objeto de obtener mayor producción, mejor rendimiento, mas economía de combustible i menor costo de producción en jeneral, que en la que estamos describiendo. Los privilejios pedidos i concedidos han sido innumerables, lo que indica que se ha prestado al mejoramiento de los métodos mucha laboriosidad i estudio. La verdad es también, que la mayor parte han fracasado, debido en ocasiones, es cierto, a errores de cálculos económicos, pero en muchas, al desconocimiento de la parte técnica que rije necesariamente los métodos racionales que se derivan de la ciencia.

Una esperiencia queda sin embargo de provecho i es que, mientras mas sencillos sean los aparatos que se usen, de mecanismo menos complicado, que exijan menos reparaciones i que con facilidad puedan entregarse en las manos poco delicadas de nuestros operarios, satisfacen mejor las exigencias de esta industria.

Creemos por esto, inútil, entrar en mas prolijas descripciones de aparatos que solo han quedado en pruebas o en proyectos lo que nos daría materia para muchas pájinas i que no nos llevaría a ningún resultado positivo.

#### SEGUNDO TIPO

Los aparatos que a este segundo tipo se refieren están basados, como hemos dicho, en la producción de una corriente de líquido que, atravesando por entre el caliche que permanece completamente inmóvil, disuelve el salitre que contiene. En otros términos, en efectuar una verdadera lejiviación del material, mediante corrientes de licores sistemáticamente producidas. Dos son los métodos que corresponden a otros tantos tipos de oficinas, que se usan para conseguir este resultado i que denominaremos: 1.º método por lejiviación simple; 2.º método por lejiviación compuesta o metódica.

Antes de describir los aparatos en uso daremos una lijera idea de los principios en que se fundan.

Si se coloca una cantidad de caliche C, fig. 16, suspendido sobre una rejilla R dentro de un recipiente de vidrio i agregamos agua a la temperatura ordinaria, se verá establecerse una corriente de líquido cargado de sales que atraviesa la rejilla R i se deposita en el espacio A—. Al cabo de algún tiempo esta corriente cesa, i el agua se encuentra saturada con las sales que el caliche contiene. Si por un procedimiento cualquiera extraemos los licores acumulados en el fondo A, los calentamos a 50° i los vaciamos nuevamente por encima del vaso i sobre el resto de caliche del recipiente, veremos producirse una nueva corriente natural que atraviesa la rejilla i que se debe a que, con la mayor temperatura, se disuelve mas salitre, aumenta la densidad del líquido que rodea el caliche i cae al fondo del vaso. Repitiendo la misma operación anterior i elevando la temperatura poco a poco se verificará el mismo fenómeno: la densidad del licor irá aumentando sucesivamente a costa del salitre contenido en el caliche el que se empobrecerá hasta entregarlo todo al agua, quedando como residuo las sales insolubles i las demas materias terrosas que lo acompañan.



FIG. 16.

Se comprende que el agua al atravesar lentamente esa capa de caliche pasa en cierto modo filtrada i llega al fondo clara i transparente; de suerte que si se extrae de ahí saturada a la temperatura que tiene, no habría mas que pasarla a cristalizar para obtener la sal de que se trata.

Ahora bien, si en vez de efectuar esta operación de un modo discontinuo e intermitente, se arreglara de manera que a medida que los líquidos que atraviesan el caliche sean sacados del fondo del vaso, calentados i evacuados sobre el material que contiene de un modo continuo i regular, fig. 17, se tendría establecida una corriente también continua i artificial en el mismo sentido de la corriente natural lenta, cuya temperatura va aumentando i con ella el poder disolvente del líquido.



FIG. 17.

A medida que el salitre se disuelve el caliche se pone poroso, se hace mas fácilmente atacable por la corriente líquida, cuya circulación facilita.

Se comprende que la rapidez de la disolución depende de la actividad de la corriente i de la temperatura que lleva.

Los aparatos que realizan esta idea son los comprendidos en el primer método que hemos denominado por lejiviación simple.

Si en vez de un solo vaso suponemos la existencia de una serie, i

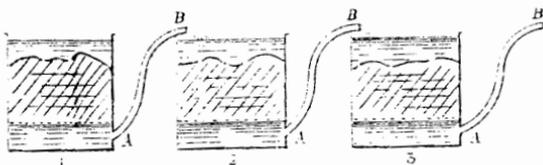


FIG. 18.

núm. 2, después de ser calentado en su trayecto AB; i que al salir del núm. 2 caiga sobre el núm. 3, i así sucesivamente a medida que sube la temperatura, se comprende que llegará un momento en que la disolución puede salir de uno de los vasos completamente saturada a temperatura alta, clara i en condiciones para ser cristalizada. Se concibe asimismo que el caliche del vaso núm. 1, llegará a soltar todo su salitre por la entrada constante de agua por la parte superior, hasta dejar un ripio o residuo completamente agotado.

En este estado, si se vacía el contenido del vaso núm. 1, se llena con nuevo caliche i se hace entrar el líquido que salía por el último número de la serie sobre el núm. 1, i el agua que caía sobre éste, al núm. 2, restableceríamos el estado primitivo de cosas sacando líquidos saturados por el núm. 1, hasta que el núm. 2 quede sin salitre i vuelva a llenarse con caliche nuevo.

Se establece de este modo una lejiviación sistemática, continua mediante la corriente circulatoria de un vaso a otro, de arriba abajo i según su *dirección natural*.

Los aparatos que realizan esta idea de un modo industrial i económico constituyen practicamente el método por lejiviación compuesta.

Describiremos separadamente ambos procedimientos tales como se han usado o usan en la práctica.

*Lejiviación simple. Aparatos, con calentamiento por la acción directa del fuego.*—Consta de un estanque de fierro, fig. 19, que

que el líquido al salir del fondo del núm. 1, en vez de vaciarse sobre sí mismo, lo hace sobre el

puede tener de 20' x 6' x 6' de capacidad, dentro del cual hai

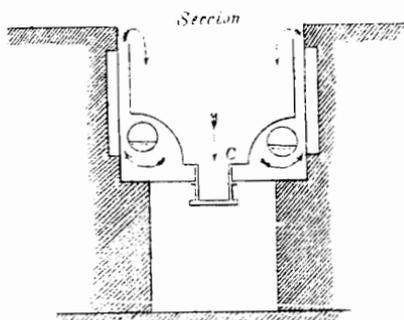


FIG. 19.

otro que deja un pequeño espacio lateral hacia los dos costados largos de 3" tomando en la parte inferior la forma conveniente para dar colocación a 2 tubos de fierro de 18" de diámetro en los cuales se instalan dos hornillas para carbón. El fondo C está formado por planchas de fierro agujereadas i las laterales de tal modo arregladas que se pueden sacar a voluntad cuando lo exija la limpia del aparato.

Al fondo del estanque exterior hai puertas para la descarga de los ripios. El todo está colocado en una construcción de costras labradas dejando a los dos costados canales para la vuelta de la llama los que se unen por una chimenea de tiraje.

*Operación.*—Cargado el caliche en el estanque interior se le agrega agua vieja hasta cerca de la superficie i se encienden las hornillas de los tubos. No tarda el líquido que rodea estos últimos en principiar a calentarse i por lo tanto a producirse una corriente ascendente por el espacio entre pared i pared i derramarse sobre el caliche.

El salitre se disuelve i el líquido mas pesado descende al traves de aquel hasta que atraviesa el fondo i vuelve a subir por efecto del calor por los costados a continuar la misma corriente circulatoria cada vez mas enérgica i eficaz a medida que la temperatura sube. Al cabo de 2 a 3 horas ésta ha llegado a 105° o 110° i la densidad a 102, o 104' según la calidad del caliche beneficiado i llega el momento de largar el caldo obtenido, para lo cual se saca el fuego, se abre la llave inferior al mismo tiempo que por encima se deja entrar agua vieja que viene a reemplazar el caldo que sale. Se detiene la salida de éste cuando la densidad baja a 100° o a 98° por efecto de la mezcla con el agua vieja introducida, lo que también se suprime i se da nuevamente fuego para sacar un segundo caldo al fin de 1½ a 2 horas. La densidad de éste es

menori se obtiene en menor cantidad. Al largar el 2.º caldo, se introduce por arriba agua del tiempo que efectúa un lavado que produce un líquido de densidad de agua vieja i que sirve para reponer las pérdidas de ésta en las diferentes manipulaciones a que los líquidos están constantemente sujetos.

Después de estrujados los rípios, se sacan por sus puertas respectivas.

*Ventajas e inconvenientes.*—La aplicación del fuego directo tiene en el beneficio del salitre unas i otros como lo hemos manifestado al tratar del sistema de paradas. En los aparatos que acabamos de describir, el fierro está menos espuesto a quemarse por estar rodeado de líquido solamente: sin embargo sucede con frecuencia i en las oficinas del Toco i después en Bearnés donde se plantearon estos aparatos, era causa de graves perturbaciones en el trabajo.

Para una producción en grande, la multiplicidad de aparatos, de fogones i fogoneros, es un inconveniente de importancia, la vigilancia es difícil i los tubos se rajan al menor descuido con el nivel de los líquidos. Jeneralmente sobre ellos i las paredes laterales se forman incrustaciones que es necesario romper a martillo con pérdida de tiempo i destrucción del material.

Los rípios no salen bastante pobres llegando con frecuencia a 6 i 7 por ciento i a veces a 8 i 10 lo que es demasiado. En el estado actual de la industria, se busca por necesidad la extracción tan completa como se puede del salitre contenido, i aquel resultado no sería considerado satisfactorio. Esta lei de los rípios depende de que no se establece en el aparato una corriente sistemada completa i bastante prolongada, lo que este disolvedor no puede producir tanto por el tiempo que se gastaría como por el consumo de carbón que sería excesivo.

El aparato tal como se ha usado, no realiza de un modo completo la idea de una circulación perfecta, ni se presta para hacer un lavado mas acabado, pues que bajando el líquido del nivel del estanque interior, aun cuando se de fuego, la corriente no puede producirse.

La transmisión del calórico mediante los gases, producto de la combustión del carbón, es siempre incompleta, desigual, sujeta a variaciones i hai que buscar medios mas espeditos, mas rápidos i manejables, cuando se trata de una producción de cierta magnitud que no debe estar sujeta a inconvenientes de esta clase.

Como un medio de acelerar la disolución, el agua vieja con que se cargan los disolvedores, se calienta previamente en estanques atravesados con tubos provistos de hornillas, calentamiento que es siempre de recomendar cualquiera que sea el sistema que se use con el objeto indicado, con tal de aprovechar para ello el calórico que se pierde de distintas maneras en una oficina.

*Disolvedores con calentamiento por medio del vapor en tubos cerrados.*—Instalados estos aparatos en la oficina Santa Catalina, hoy sin trabajo, constan, como los anteriores, de dos estanques de fierro uno dentro de otro dejando un claro de 6" en el fondo i 3" a 4" laterales. El piso del estanque interior está hecho de planchas de fierro móviles i agujereadas para dar paso a los líquidos, fig. 20, i los

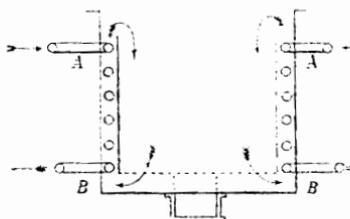


FIG. 20.

costados, del mismo material arregladas de modo que puedan fácilmente moverse. El calentamiento se hace por medio de tubos a vapor de 2" de diámetro en forma de serpentín. El vapor entra por dos ramas A que salen de un cañón que viene de los calderos i el agua condensada sale por otros B de 1½" que se unen en uno solo para volver también a los calderos. Todos estos cañones están provistos de llaves para establecer las comunicaciones respectivas.

Otras veces el calentador o serpentín se coloca en la parte inferior del disolvedor, fig. 21, el que se encierra por medio de planchas móviles i curvas

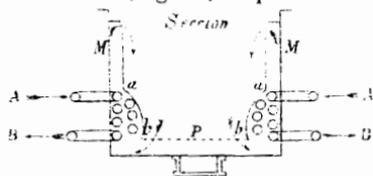
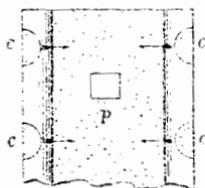


FIG. 21.



en el fondo agujereado P i en los costados M, estableciéndose la comunicación solo por los conductos C entre la parte superior e inferior

En vez de construir los disolvedores horizontales se han hecho también verticales como en el Salar del Carmen. En este caso el calentador ha sido

En vez de construir los disolvedores horizontales se han hecho también verticales como en el Salar del Carmen. En este caso el calentador ha sido

un serpentín que ha dado vuelta en contorno del disolvedor, fig. 22, quedando encerrado dentro de la doble pared por medio de cañones C que van a vaciar sobre el caliche los líquidos que se calientan en los costados después de atravesar el caliche hasta el fondo.

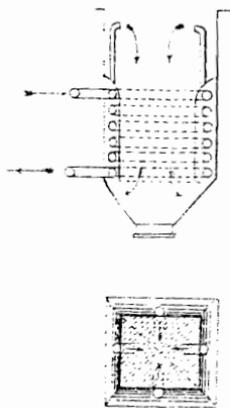


FIG. 22.

*Operación.*—Es igual a la descrita anteriormente con la sola diferencia del uso del vapor. Tan pronto como el caldo principia a subir de temperatura, se establece la corriente circulatoria, vaciándose cada vez mas caliente sobre el caliche cuyo salitre disuelve. Al fin de  $1\frac{1}{2}$  a 2 horas la temperatura ha subido a  $105^{\circ}$  o a  $110^{\circ}$  i la densidad a  $100^{\circ}$ ,  $102^{\circ}$   $104^{\circ}$  o mas según la calidad del material beneficiado i se larga el caldo por la llave inferior, al mismo tiempo que por

arriba entra el agua vieja, caliente si es posible. Se saca después un 2.° caldo i un lavado con agua del tiempo.

*Observaciones.*—El movimiento de circulación del caldo que es lo que produce la separación del salitre, no puede efectuarse sino se mantienen los serpentines con vapor. Sucede en la práctica que aquel llega siempre a una temperatura superior a la que le correspondería para saturación con la cantidad de salitre que tiene disuelto. En otros términos, tiene un exceso de temperatura i nunca sale saturado sino con raras escepciones lo que como lo veremos es causa de pérdida de calórico. Para el 2.° caldo la diferencia es naturalmente mayor, i para el último lavado, si se quisiera hacerlo completamente efectivo, habría que ponerlo en movimiento a costa de vapor; pero entonces si la temperatura fuera de  $105^{\circ}$  apenas la densidad llegaría a  $70^{\circ}$ , lo que es un grande exceso inútil de calórico que debe perderse sin objeto al enfriarse. De aquí que el arreglo dado a estos disolvedores no satisface de un modo completo la idea que están llamados a realizar.

Los ripios, en consecuencia, no salen bastante pobres para poderlos mirar con indiferencia, puesto que por no prolongar las operaciones ni aumentar al consumo de combustible no se someten a una lejiación mas completa. Aparte de esto, la circulación mis-

ma no se establece de un modo regular i completo, se hace intermitente: hai a veces ebullición que hasta se trata de provocar para activar aquella, lo que es calórico perdido.

Para obviar estos inconvenientes se ha propuesto por nosotros un nuevo modelo de aparato que los evita. Consta de un estanque

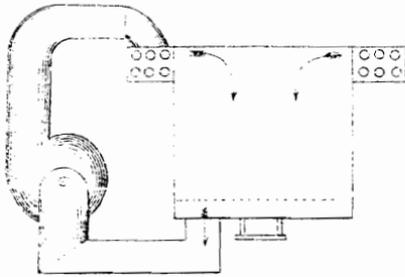


FIG. 23.

de fierro reducido a sus formas mas sencillas con su crinolina a 6" del fondo, fig. 23, i sobre la cual se carga el caliche.

Esteriormente i al nivel de la cancha se colocan los calentadores que comunican con el disolvedor por la parte superior. Los caldos son puestos en movimiento por una bomba centrífuga colo-

cada a un costado i los que toma de la parte inferior del estanque para vaciarlos a los calentadores provistos de tubos de vapor en cantidad necesaria para hacerlos subir pronto de temperatura. Una bomba centrífuga de 10" podría vaciar el contenido líquido de un disolvedor de 20' x 6' x 6' i el que ocupa solo la mitad del volumen total, la otra mitad estándolo por el material sólido, en tres minutos de tiempo, i como uno de los factores de la disolución es la velocidad de la corriente tendríamos así la operación acelerada.

Llegada la temperatura a 105° por ejemplo, i la densidad no habiendo llegado a la de 107°. Tw. que le corresponde, se cerraría el vapor i se continuaría haciendo funcionar la bomba por algún tiempo hasta que se estableciera la relación desecada para vaciar al chullador. Se comprende que usando este medio mecánico para producir la corriente nunca se llegará a un exceso inútil de calor.

El 2.º caldo produciría un empobrecimiento considerable i rápido del material i el último lavado los dejaría de lei despreciable teniendo en cuenta que sobre él la corriente puede efectuar una disolución rápida con la temperatura que les dejaría el 2.º caldo al salir.

Es verdad que el uso de la bomba exige fuerza mecánica i por lo tanto consumo de combustible para producirla; mas, es tan eficaz el uso de una corriente enérgica i tan poca la fuerza que se necesita tomando en cuenta la poca altura a que se elevan los líquidos

que ese gasto quedaría no solo compensado sino ampliamente retribuido con el mayor aprovechamiento del salitre contenido en el caliche i con la rapidez de las operaciones que se traduciría en menores costos de instalación para una producción diaria determinada.

Persiguiendo la idea de la lejiviación simple por medio de la corriente de líquidos, se ha usado el vapor libre para producir éstas, inyectando un chorro de vapor, fig. 24, en la parte inferior de un tubo de fierro que atravisa el caliche en medio de un estanque vertical. Pero tienen todos estos sistemas que usan el vapor libre, los inconvenientes de que nos hemos ya ocupado i que no necesitamos repetir.

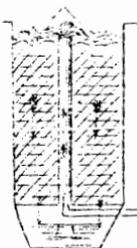


FIG. 24.

*Lijiviación compuesta o metódica* Ya hemos dicho en qué consiste.—El transpaso de los caldos del fondo de un disolvedor a la superficie del que le sigue se efectúa de dos maneras: 1.º por medio de aparatos herméticamente cerrados i usando la presión producida por una columna de agua en una cañería apropiada; 2.º por el uso de aparatos abiertos a un solo nivel, efectuándose el movimiento de los líquidos por la diferencia de presión producida en ellos por las alturas diversas que toman en la serie.

El primer método fue introducido en grande escala en la gran máquina de la Compañía de Salitre de Antofagasta tomando por modelo un establecimiento análogo de Tarapacá, la Limeña.

*Aparatos.*—Constas fig. 25, de 8 grandes estanques disolvedores de 15' de altura por una sección de 8' x 8' colocados en dos series paralelas de a 4, terminados inferiormente por troncos de pirámide en cuyo extremo están colocadas las puertas para descarga de



FIG. 25.

los rípios que van a caer a una gran canal de fierro que los con-

duce por medio de un golpe de agua hasta el mar. Al nivel de la parte inferior se colocó una cañería AC de 8" de diámetro con ramas para comunicarla con el fondo de cada disolvedor, i a voluntad por medio de llaves.

Esa cañería está en comunicación con otra vertical BC que termina en un estanque a un nivel superior para depósito de aguas. Cada disolvedor está comunicado con el siguiente por una abertura que da a una canal remachada al tabique divisorio i de tal modo arreglada que la parte superior de cada estanque viene a quedar en comunicación con la inferior del vecino.

El calentamiento se operó al principio por medio de un arreglo sumamente complicado, fig. 26. Compuesto de una cámara de fierro colado instalada en la parte inferior de cada estanque i de la cual salían tubos verticales de vapor dispuestos en todo su contorno.

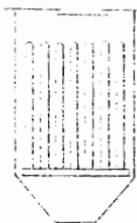


FIG. 26.

El caliche chancado en grandes chancadoras Blake, cebadas directamente de los carros que lo transportan por un ferrocarril especial desde el interior donde están las calicheras, es subido por dos grandes elevadores a tolvas de grandes dimensiones situadas sobre los disolvedores i de las cuales pasa a éstos por buzones, haciéndose la carga muy rápida i económica.

El vapor para todos los usos de este grande establecimiento es suministrado por una batería de 12 calderos cornich de grandes dimensiones i el movimiento de todas las maquinarias, bombas i aparatos diversos, por una máquina a vapor poderosa.

Desgraciadamente, las circunstancias especiales de esta empresa que estaba unida a la explotación de un ferrocarril, agregadas a nuestro modo de ver a errores técnicos de otro orden i que no es del caso enumerar, hicieron que el principio de lejiviación metódica que estaba llamado a realizar con el inmenso desarrollo dado a la planta de la oficina, desapareciera para dar origen a un sistema completamente diverso i que en la práctica no ha probado ser de los mas económicos.

En efecto, el movimiento de circulación de los caldos en vez de hacerse de arriba abajo en cada disolvedor después de cargados con caliche i de usar para la extracción el agua vieja producto de operaciones anteriores, reproduciendo los mismos errores i con los mismos inconvenientes de la Limeña, se realiza de abajo arriba i

con agua del mar, haciendo pasar los líquidos que impelidos por la presión llegan a la superficie del núm. 1, al fondo del núm. 2 por su canal respectiva, para subir por entre el caliche a la superficie de éste i de aquí evacuarse al fondo del núm. 3 i así en seguida.

La densidad natural del caldo en todo disolvedor, es creciente de arriba abajo produciéndose una corriente natural en este sentido. El calentamiento, que en estos de Antofagasta se hecho llegar siempre hasta la ebullición tumultuosa para producir el sacudimiento del caliche lo que es completamente contrario al objeto que se propone el tipo de aparatos de que nos ocupamos i la corriente artificial por el traspaso por presión, tiende a producir i produce necesariamente una corriente ascendente contraria a la anterior en dirección i densidad, cuyo efecto inmediato es formar una mezcla de líquidos, cuyo poder disolvente apenas se ha alterado. De donde resulta, un empobrecimiento lento del material, que exige mucha agua i que la lei de los rípios no corresponda a la que deberían tener dada la cantidad de agua usada para el beneficio.

Por otra parte, el agua del mar al encontrarse en presencia del caliche no disuelve solo salitre sino que con preferencia toma el cloruro de sodio, el que va depositando de un disolvedor a otro para que pueda irse cargando de salitre lo que da orijen a un consumo mayor de calor con la disolución inútil de sal común. Resulta de todo esto, un enorme exceso de caldos pobres que dan orijen a cantidades considerables de agua vieja que deben evaporarse como efectivamente se hace en una sección especial de la oficina i de lo que diremos después algunas palabras.

El segundo método de traspaso que se ha aplicado en el beneficio de salitre, es el que ha introducido con tan buen éxito el industrial inglés Shanks, en Inglaterra en la fabricación del carbonato de soda, para producir metódicamente la lejivación de la soda bruta, con las modificaciones indispensables para llegar a saturar los líquidos a temperatura elevada.

Como se sabe, la transvasación de los licores de un recipiente a otro, se efectúa comunicando la parte inferior de uno con la superior del que sigue por medio de un tubo provisto de una rama, estableciéndose la corriente de uno

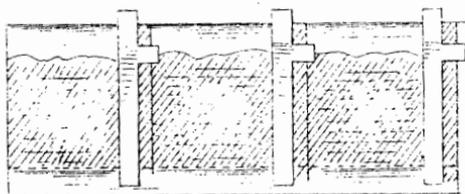


FIG. 27.

a otro por la diferencia de presión debida a la altura diversa de las columnas de líquido en todos ellos que forman una especie de plano inclinado, fig. 27.

La densidad del caldo del núm. 1, al núm. n, va naturalmente en aumento i hará que en la posición de equilibrio las alturas de los líquidos estén en relación inversa con ellas. Así que por poco que se aumente la presión en el núm. 1, por la adición de una cantidad de agua vieja la corriente debe determinarse en el acto. Se coloca entonces la rama de comunicación a una distancia de la parte superior de los estanques, igual a la diferencia de altura que corresponda a las densidades extremas, mas el espacio necesario para que se produzca la presión determinante de la corriente.

Este sistema se ha aplicado por primera vez en la oficina Agua Santa del departamento de Pisagua, i su uso se ha extendido a muchas otras con bastante buen resultado.

*Aparatos.*—Los disolvedores, de formas variadas pero con capacidad para 500 a 700 quintales se arreglan en jeneral en dos líneas paralelas. A 6" del fondo se coloca una crinolina sobre la que se carga el caliche.

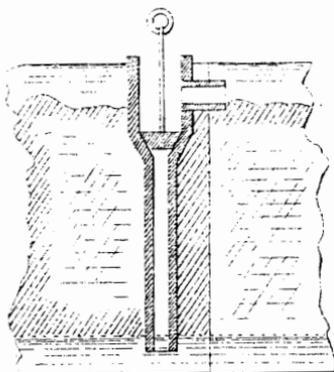


FIG. 28.

El calentamiento se realiza por un serpentín colocado en contorno del disolvedor i como a 2' de sus costados, fig. 29.

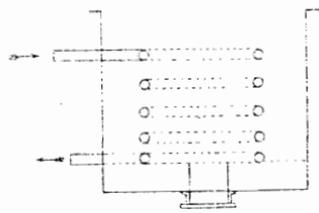


FIG. 29.

etc. Cuando los estanques se colo-

Cada disolvedor está provisto de 2 tubos en rama de 4" de diámetro inferior i de 6" arriba, fig. 28, que tienen por objeto: el uno comunicar dos estanques contiguos i el otro hacerlo con el exterior para dar salida a los caldos. La diferencia de diámetro permite cerrar la comunicación por medio de un tapón.

Esteriormente i rodeando los disolvedores está la cañería principal de vapor que viene de los calderos i la de vuelta a los mismos, cañería que trae el agua vieja de los depósitos, cañerías de agua del tiempo, canales que reciben los caldos, canales para las aguas de lavado que se hacen es-

can en dos líneas la carga se efectúa haciendo pasar por el medio carritos sobre rieles que traen el caliche desde las canchas. Otros carros pasando por debajo sirven para sacar los ripios.

*Operación.*—Supongamos una serie de 5 estanques, cargado el núm. 5 i lleno por primera i única vez con agua vieja fría producto de operaciones anteriores. Se le da vapor i llegado sea a las 3 horas a la temperatura de 110° i con 112° de densidad, se abre la salida a los chulladores al mismo tiempo que se deja entrar sobre él, agua vieja por su llave respectiva i por encima.

Cuando la densidad del caldo que sale llega a 104° con 94° de temperatura lo que tiene lugar mas o menos alcabo de 2 horas, se cierra la salida i se abre la de traspaso al núm. 4 continuando la entrada de agua vieja siempre por el núm. 5. Se da vapor al 4 i se cierra la mitad del vapor del 5. Al cabo de 3 horas el caldo está en punto de salir al chullador, hecho lo cual se abre el traspaso al núm. 3, continuando siempre la entrada de agua vieja por el núm. 5. Salido el núm. 3, se abre la entrada al número 2. Lleno éste, el caliche del 5 ha quedado suficientemente lejiviado i empobrecido. Se cierra su comunicación con el 4, que será por donde se siga haciendo entrar en seguida las aguas viejas. Se abre el tapón inferior del 5, dejando entrar por encima, una cierta cantidad de agua del tiempo que concluirá de efectuar el lavado. Una vez estrujado el ripio se saca por las puertas del fondo i se carga nuevamente para entrar a ocupar su lugar en la serie.

Mientras tanto el número 1 ha dado su caldo i se ha traspasado al núm. 2 en el cual se efectúan las mismas operaciones, pasando el 4 a desrripiarse después que el núm. 5 recibe el caldo del núm. 1 i así en seguida. Se comprende que necesitará mas calor el disolvidor que está con caliche nuevo, los inmediatos necesitarán mui poco porque los ripios han quedado calientes i el último casi nada o nada, bastándole el calor que conserva para que el agua vieja pueda efectuar la disolución de los últimos restos del salitre, estando el ripio poroso i fácilmente atacable.

*Ventajas e inconvenientes.*—Desde luego, cuando el caliche que se trata por este procedimiento es poroso, no necesita chancarse, lo que produce cierto ahorro en los gastos que afectan al quintal de salitre producido. El agotamiento del material es mas completo, los ripios quedan mas pobres i el consumo de combustible por quintal de salitre extraído, menor. La conservación del mate-

rial i de los calderos a causa del retorno del agua condensada, originando gastos de reparación reducidos i la marcha de las operaciones se normaliza. En cambio, el procedimiento es lento, debido a la poca actividad con que se produce el paso de los caldos de uno a otro disolvedor, de suerte que para una producción determinada exige una instalación mayor. Cada disolvedor en una serie de 4 se carga solo una vez en 24 horas, mientras que en el sistema de lejiviación simple puede cargarse cada 12 horas o sea dar dos fondadas o aun mas según el sistema que se adopte para producir la corriente.

El calentamiento usado en las oficinas que emplean este sistema no se efectúa correctamente de manera que las corrientes tomen un solo rumbo como debe ser. La producción de caldos es intermitente cuando podría arreglarse i convendría que fuera continua. Quedan pues, evidentemente, mejoras que introducir i que se traducirán en economías que reduzcan el precio de costo por quintal.

*Observaciones.*—Cada disolvedor de 1000.<sup>12</sup> puede tratar 700 quintales de caliche diarios, el que con 35% de lei puede rendir 210 a 220 quintales de salitre de 95 a 96%, i ripios de 4 a 5%.

El agua del tiempo usada en el lavado de ripios que sirve a la vez para reponer las pérdidas en las manipulaciones, puede estimarse a razón de un quintal por cada 8 de caliche beneficiado.

El carbón consumido por quintal de salitre en cancha, es variable según la lei del material usado. Si este tiene 35%, podría estimarse que 1 quintal de salitre necesita de 8 a 10 libras de carbón, incluyendo en este gasto todo el servicio de bombas i demás de la oficina.

---

Con lo espuesto sobre los diversos métodos en uso para efectuar la *disolución* en caliente, creemos haber dado a conocer tau concisamente como ha sido posible el desarrollo que ha seguido esta industria en sus procedimientos económicos.

Muchos aparatos se han ideado i ejecutado. Algunos mui complicados o poco económicos han tenido que abandonarse; otros han quedado en proyecto.

En el beneficio del salitre como en muchas otras industrias, será siempre verdad el principio de que mientras mas sencillas sean

las operaciones, menos complicados los aparatos i que mejor realizan los principios científicos en que se basan, mayores serán las utilidades i el éxito de la especulación quedará mas asegurado.

Pasaremos ahora a ocuparnos de la segunda parte del tratamiento i que tiene por objeto la separación de las sustancias extrañas que acompañan a los líquidos que resultan de la disolución para que pueda cristalizarse.

### III

#### DECANTACIÓN

Esta segunda operación del beneficio tiene un doble e importante objeto. Cuando se emplea alguno de los sistemas pertenecientes al primer tipo de disolvedores que hemos pasado en revista, hemos dicho que se obtiene como producto un caldo mas o menos turbio i que proviene de las arcillas puestas en suspensión por el sacudimiento i revoltura que la ebullición i los medios mecánicos producen. Esas materias hai que dejarlas asentar en depósitos de fierro hasta que el caldo se aclare, operación necesaria i sin la que, el salitre que se obtendría por cristalización sería impuro. Pero no es esto todo: una vez los caldos clarificados o sacándolos perfectamente filtrados i transparentes como sucede en los sistemas del 2.º tipo, si se pasaran inmediatamente a cristalizar sin que estén saturados de salitre a la temperatura que se producen, se depositaría en las bateas una cantidad de sal tanto mayor cuanto mas distante de la saturación se encuentren i sobre la cual vendría después a cristalizar al salitre.

Este fenómeno tiene una esplicación sencilla si nos fijamos en la tabla de disoluciones saturadas de sal i de salitre que hemos dado en páginas anteriores, i en el modo como se realiza la disolución de las mismas. Según Gay Lussac en un kilógramo de agua se disuelven a 20°, 890 gr. de salitre i 367 gr. de sal común tomados aisladamente. Disueltas conjuntamente, según nuestros esperimentos, 1 kilógramo de agua toma 570 gr. de salitre i 260 de cloruro a la misma temperatura. En este estado tiene 75.<sup>05</sup> de densidad i el líquido está saturado.

A 100° se disuelven 1690 gr. de salitre i 397 de sal por kilos de agua tomadas aisladamente. En conjunto se encuentran 1575 gr. de salitre i 160 gr. de cloruro. La densidad es 107.<sup>05</sup> i está saturado.

Resulta de estos hechos, que tomando una agua madre saturada a 20.° con sal i salitre, subiendo su temperatura a 100°, puede disolver 685 gr. de salitre pero depositará a su vez 100 gr. del cloruro que contenía.

Si por cualquier accidente no se le suministran los 685 gr. de salitre que necesita a 100°, su densidad no podrá llegar a 107.<sup>06</sup>, no estará saturada de salitre pero sí de sal. Supongamos que el resultado es una disolución de 102.<sup>06</sup> Tw. Por la tabla da esta densidad debería corresponderle una temperatura de 85°. El líquido contendrá entonces con una aproximación bastante grande: 1314 gr. de salitre, 166 gr. de sal que deben estar disueltos según la tabla, a 85°, i mas una cantidad n. gr. de la misma, que el líquido toma por el exceso de temperatura de 95° a 100°. De suerte que si la disolución se hace bajar de 100° a 85° no podrá depositarse salitre, pero sí cristalizarán los n. gr. de cloruro. Si la temperatura sigue haciéndose menor principiará a cristalizar el salitre i no podrá caer un átomo mas de cloruro, porque según la tabla citada, a menor temperatura le corresponde una cantidad mayor i en vez de cristalizar, el líquido tendría poder para tomar la que le falta. Llegada pues, como vemos, la disolución, al grado de temperatura correspondiente a su densidad, principia a cristalizar el salitre solo i obtenemos el producto puro que se busca.

De aquí nace pues, la necesidad de enfriar los caldos obtenidos, de donde ha nacido el nombre técnico de *enfriaderas* dados a los antiguos chulladores que no tenían en un principio mas objeto que depositar las borras. De esto surge naturalmente que las enfriaderas deben tener una forma apropiada para conseguir su objeto: poco profundas i gran superficie para obtener un enfriamiento uniforme.

Se desprende de lo dicho que será tanto mas perfecto el beneficio cuanto menos exceso de temperatura tengan los caldos obtenidos sobre la que le corresponde al grado de densidad con que salen, pues será tanto menos carbón inútilmente quemado, i que saliendo caldos claros i saturados la enfriadera es inútil i aun perjudicial.

En Tarapacá, donde en jeneral se han beneficiado caliches de leyes subidas i mui solubles, los caldos producidos han sido de densidades altas i no se ha dado a la enfriadera la importancia científica que tiene. Se han contentado con pasar las disoluciones por una o dos horas en el chullador sin darse cuenta de los fenó-

menos químicos que en ella se operan. Pero en aquellas oficinas en que no tienen la materia prima tan rica, o que los métodos de beneficio no están bastante adelantados para obtener caldos ricos, el uso de ese aparato científicamente tratado, se impone como una necesidad indispensable.

Hai, pues, que saber el momento en que los caldos deben largarse a cristalizar, porque tan pronto como por el descenso de temperatura ha cristalizado toda la sal, principia la del salitre que debe recojerse aparte. Para este objeto se necesita saber la temperatura que a distintas densidades corresponde en disoluciones saturadas, lo que se consigue formando tablas adecuadas que se colocan al lado de las enfriaderas i que el mayordomo encargado de la operación, consulta.

Debido a sales diversas que suelen encontrarse i acompañan al salitre en algunos terrenos, como también a las temperaturas mínimas atmosféricas que predominan según la latitud, la densidad de las aguas viejas a la temperatura ordinaria del aire, es variable. Conviene por esto que cada oficina de beneficio construya su escala especial para el manejo de sus caldos.

Después de prolijas i repetidas observaciones hemos obtenido los siguientes resultados para las salitreras del Toco i de Autofagasta, cuyos caliches i climas son mui semejantes:

DENSIDAD T W A D D L E	TEMPERATURA	DENSIDAD T W A D D L E	TEMPERATURA
110°.....	115°.....	94°.....	63°
109°.....	107°.....	93°.....	61°
108°.....	103°.....	92°.....	58°
107°.....	100°.....	91°.....	55°
106°.....	95°.....	90°.....	
105°.....	90°.....	89°.....	52°
104°.....	86°.....	88°.....	48°
103°.....	84°.....	87°.....	45°
102°.....	82°.....	86°.....	43°
101°.....	80°.....	85°.....	41°
100°.....	77°.....	84°.....	38°
99°.....	74°.....	83°.....	35°
98°.....	72°.....	82°.....	33°
97°.....	70°.....	81°.....	30°
96°.....	68°.....	80°.....	27°
95°.....	66°.....	79°.....	24°
.....	.....	78°.....	21°
.....	.....	77°.....	16°

Para la salitreras de Pisagua, donde el promedio de las temperaturas mínimas anuales es mui superior al de los puntos anterior-

mente mencionados, una serie de esperimentos nos han dado s números que apuntamos mas abajo; debiendo agregar que, para hacer aplicables los resultados obtenidos en el laboratorio a la práctica de las operaciones, [hemos tenido que aumentar en algunos grados las temperaturas correspondientes a las densidades de saturación por varias causas. Primero: porque las temperaturas bajan con mas rapidez que las densidades que les corresponden, debido a que la cristalización de las sales es lenta, lo que equivale a decir que los líquidos tienen una manifiesta tendencia a una sobresaturación, fenómeno perfectamente observable en este caso. Segundo: porque al vaciar los caldos a la temperatura verdadera correspondiente, al correr por las canales i antes de vaciarse las enfriaderas del todo, se depositaría salitre en unas i otras el que en su mayor parte tiene que volver al beneficio por quedar mezclado con sal, lo cual debe naturalmente evitarse.

Un buen resultado práctico nos ha dado la tabla siguiente en algunas oficinas en que se ha aplicado:

DENSIDAD T W A D D L E	TEMPERATURA	DENSIDAD T W A D D L E	TEMPERATURA
108° .....	108° .....	98° .....	64°
107° .....	103° .....	97° .....	62°
106° .....	98° .....	96° .....	60°
105° .....	93° .....	95° .....	58°
104° .....	90° .....	94° .....	56°
103° .....	87° .....	93° .....	54°
102° .....	84° .....	92° .....	52°
101° .....	76° .....	91° .....	51°
100° .....	69° .....	90° .....	50°
99° .....	66° .....	89° .....	48°

La verificación práctica de las leyes de disolución que hemos tratado de esplicar se han podido comprobar con toda claridad en las oficinas de Antofagasta.

Tratando de beneficiar los caliches mui borrosos del Salar del Carmen por el sistema de disolvedores pertenecientes al 1.<sup>er</sup> tipo, en cachuchos abiertos, con inyección de vapor i ebullición, se obtenían caldos mui turbios que demoraban de 24 a 48 i mas horas en asentarse en los chulladores. El enfriamiento solía pasar los límites permitidos a la cantidad de salitre disuelto i éste cristaliza-

ba en parte en medio de las mismas borras que se trataba de separar. Beneficiando caliches ordinarios en la grande oficina del puerta, i sacando caldos mui pobres a consecuencia del sistema empleado i del que hemos dado una idea, una vez clarificados en los chulladores hechos espresamente para *impedir* el enfriamiento, se largan a las bateas con 98° Tw. i 100 de temperatura en vez de 72° a que deberían haber bajado en la enfriadera. Resulta de esto que la sal disuelta de 72° a 100°, se deposita en las bateas al enfriarse de 100° a 72°. Al hacer la cosecha de salitre, hai cuidado de no recojer la capa del fondo de las bateas que suele tener de una a dos i mas pulgadas de espesor i que contiene de 30 a 50 % de nitrato, la que se saca por separado mediante una manipulación engorrosa i sucia, acumulándose de este modo enormes cantidades de salitre salado que hai que beneficiar de nuevo con gastos no despreciables. Iguales errores cometidos al principiar instalaciones nuevas, como en la oficina Bearnés i otras, en que por el sistema usado se sacaban caldos claros creyéndose así innecesario el chullador, han dado resultados idénticos, es decir, recojer de las bateas salitre cargado de sal casi sin valor de esportación.

*Aparatos.*—Ya hemos dicho que son simples estanques de fierro de dimensiones apropiadas para recibir el contenido de una fondada i de formas convenientes para facilitar mas o menos el enfriamiento de los caldos según el sistema de disolución que se emplee i que se obtengan mas o menos turbios.

La salida de las disoluciones para pasarlas a la cristalización se hace por llaves o tapones, fig. 30, colocados en un costado cerca del fondo o en el fondo mismo cuando las disoluciones no son turbias. También se usa un tubo de fierro acodado i jiratorio que le permite tomar una posición inclinada para vaciar el caldo tomándolo desde la superficie donde está mas claro i mas frío.

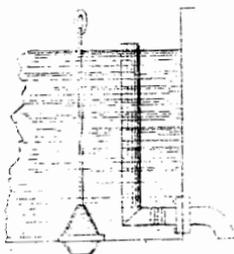


FIG. 30.

## CRISTALIZACIÓN

*Aparatos.*—Las cristalizadoras o bateas, se hacen de planchas de fierro. I tienen de 12' x 2' x 2' de dimensión. Con el objeto de

dar salida fácil a las aguas viejas después de cristalizado el salitre se le da al fondo una forma inclinada con un desnivel de 6"

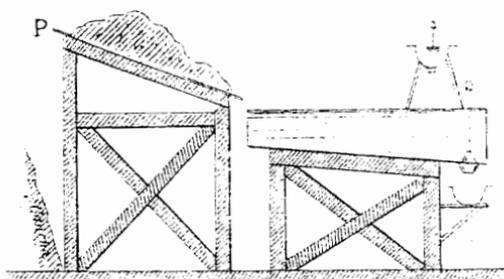


FIG. 31.

fig. 31. Otras veces, se construyen con una doble inclinación al centro donde tienen el tapón de desagüe. Debajo de éste corre una canal que conduce las aguas madres a un depósito común de donde se levantan con bombas para principiar de nuevo el beneficio.

Las bateas se colocan en hileras sobre encatrados de madera o murallas de costras. Sobre ellas se coloca una canal que viene de los chulladores i sirve para llenarlas. Al lado de las bateas se suele poner una plataforma de madera P formando un plano inclinado, sobre la cual se echa el salitre todavía mojado para que estruje i se seque. Sirven también para efectuar en ellas la refinación del salitre de un modo sencillo.

*Operación.*—Una vez enfriado el caldo de las bateas hasta la temperatura ambiente lo que sucede en 24, 30 o mas horas, según la estación, el salitre ha cristalizado en las paredes i el fondo de las bateas i está listo para sacarse o *cancharse*. Se abre el tapón del fondo i se dejan escurrir las aguas viejas. El salitre se amontona a la pala en un costado de la batea i se deja estrujar ya sea hasta que se seque suficientemente o se arroje al plano inclinado donde esto se concluye con mas rapidez.

Si se quiere aumentar la lei del salitre i disminuir la de sal i humedad o sea refinarlo, se riega por encima con una regadera fina sobre la plataforma, usando sobre el producto de cada batea de 20 a 50 litros de agua pura. Esta arrastra primero el agua madre que impregna los cristales de salitre i que contribuye con su contenido en sal a dar la lei de cloruro al salitre producido; segundo disuelve con preferencia la sal que pudiera acompañar al

salitre por cualquiera causa al cristalizar, por ser mas delicuescente i mas ávida de agua.

La separación de la sal común por este procedimiento trae consigo una disminución de la humedad en el salitre seco porque se hace menos susceptible de absorberla de la atmósfera. Resulta de esto que la lei del salitre aumenta por dos causas i que con facilidad i economía puede obtenerse un producto de mas de 96% de nitrato i de menos de 1% de cloruros, que obtiene en el mercado un sobre-precio a veces no despreciable.

Algunos terrenos que se explotan por salitre sódico suelen contener considerables cantidades de nitro o salitre potásico. Cuando así sucede, este último cristaliza en las bateas después de aquel, de suerte que se deposita superficialmente en ellas con sus formas características prismáticas i en agujas siendo fácil separarlo a la pala. En ocasiones su presencia ha dado margen para una exportación de alguna importancia.

El salitre no es arrojado de su plataforma a la cancha inferior que está al pie, sino cuando debe ceder su lugar al producto siguiente de la misma batea. Una vez en la cancha está listo para ser ensacado i marchar a su destino.

#### DISOLUCIÓN A LA TEMPERATURA ORDINARIA CON EVAPORACIÓN SUCESIVA

Este sistema de beneficio fue empleado por primera vez por la Compañía Barrenechea, conduciendo disoluciones débiles hechas en sus oficinas, por medio de una cañería hasta el puerto de Iquique, donde eran evaporadas. Parece que uno de los propósitos que se perseguían con la adopción de este procedimiento, era el ahorro de los fletes del salitre a la costa, bastante considerable en un tiempo, junto con la producción de agua destilada suministrada por la evaporación i que en dicho puerto tenía una venta provechosa. De esta manera, consideraciones mercantiles de un orden ajeno a la industria misma, habrían venido a decidir el empleo de un método de beneficio que, técnicamente considerado, no es en realidad económico i que en la práctica podría talvez haber dado un resultado satisfactorio. No conocemos los medios empleados para hacer la disolución en frío que la Compañía adoptó: solo sabemos que por la cañería se hacían llegar al establecimiento de Iquique disoluciones pobres a 30° a 34° de densidad,

Estas disoluciones eran evaporadas en 7 evaporadores de  $20 \times 15 \times 6'$  dentro de los cuales había serpentines horizontales servidos por el vapor suministrado por 5 calderos de  $5'$  de diámetro por  $18'$  de largo.

Los gases calientes, producto de la combustión del carbón en los calderos antes de pasar a la chimenea, daban vuelta por una serie de canales arreglados debajo de los evaporadores para ayudar al calentamiento de las disoluciones. Estas, al evaporarse, depositaban de 60 a 70 quintales de sal por fondada i subían de densidad hasta el punto conveniente para pasar a los chulladores.

Cada fondada daba dos bateas de caldo de  $18 \times 14 \times 2'$  i rendían de 100 a 120 quintales de salitre cada una con un consumo de 200 quintales de carbón mas o menos.

Cada evaporador daba una fondada en 36 horas. La sal producida era lavada con agua del mar, i el agua del vapor condensado en los serpentines, recojida para la venta, cuyo producto cubría el carbón consumido en los calderos.

No estamos en posesión de datos suficientes para juzgar de la parte económica de este sistema, i cuyo éxito puede depender de causas ajenas a él mismo i que no entra en los propósitos de estas líneas, examinar.

Hemos hecho referencia en páginas anteriores a que en el establecimiento de la Compañía de Salitre de Antofagasta, a causa de usar para disolver sus caliches, el agua del mar, toda el agua vieja que sale de las bateas después de cristalizado el salitre en la sección disolvedora, pasa a la sección de evaporación.

Tiene esta operación por objeto, evaporar parte del agua contenida en las aguas madres hasta hacerlas subir a la densidad de caldo cristalizabile i en este estado someterlas al tratamiento ordinario para obtener el salitre por cristalización.

Se sabe prácticamente, lo que se puede demostrar también de un modo sencillo, que un peso dado de carbón puede evaporar de 6 a 7 partes de agua. Supongamos que se tiene agua vieja a  $19^{\circ}$  i de la composición siguiente:

Sal.....	12.42
Salitre.....	31.67
Agua.....	55.88

---

Total..... 100

i que se evaporan con un peso p. de carbón 6.55 p. de su agua, subiendo la temperatura a 100.º Supongamos que se hace bajar nuevamente la temperatura a 19º i véamos qué habrá sucedido.

Desde luego el agua queda reducida a 49.33 i a esta cantidad para tener su composición normal de agua vieja le corresponde:

Salitre.....	27.95
Sal .....	10.96

Luego: debe haber depositado al evaporarse 1.46 de sal i al enfriarse 3.72 de salitre que es lo que efectivamente pasa con ligeras variaciones.

De manera que un peso p. de carbón podrá producir evaporando aguas viejas un peso 3.72 p. de salitre. Mas, como para producir la ebullición del agua vieja, se necesita elevar su temperatura a mas de 100º la pérdida de calórico será mayor o lo que es lo mismo un peso p. de carbón no podrá evaporar 6.55 p. del agua que contiene. De modo que el núm. 3.72, se reduce en realidad solo a 3.

Dos clases de aparatos se han empleado allí para este objeto: unos, calentados directamente por el fuego; otros, por medio de cañería de vapor.

*Evaporadores con fuego directo.*—Consta de un gran cilindro de fierro como el casco de un caldero, atravesado interiormente por un tubo, donde como en un caldero ordinario, se quema el carbón. Este tubo, por medio de un aparato ingenioso, tiene un movimiento jiratorio alternativo i lento en un sentido i otro, mientras que las parrillas están fijas. Interiormente hai unos raspadores dispuestos de tal modo que a medida que el tubo jira, raspau las costuras o incrustaciones que sobre él se producen por la evaporación del agua, i de esta manera se evita que se queme sobre todo en las planchas que dan sobre el fuego. El caldero está provisto de llaves i puertas adecuadas para la entrada i salida de las disoluciones i para la estracción de las sales depositadas por la evaporación.

El vapor producido, se conduce por cañerías al depósito de aguas viejas que deben pasar sucesivamente a evaporarse i que está a un nivel superior, donde, condensándose, se reciben en un depósito para el uso de las locomotoras, al paso que ayudan a calentar las mismas aguas viejas antes de entrar a los evaporadores.

*Operación.*—La que se ejecuta en estos aparatos es sencilla.

Una vez llenos con agua vieja que viene ya caliente del depósito, se da fuego i se pone en movimiento el tubo interior. Al cabo de hora i media a 2 horas principia la ebullición activa. A medida que baja el nivel del contenido se deja entrar mas agua vieja para mantener el nivel uniforme i que un tubo de vidrio exterior indica. Cuando la densidad sube a 98° Tw., está listo para pasar a los chulladores lo que tiene lugar en 10 a 12 horas. Se recoje la sal del fondo la que se someten después a un lavado para purificarla i convertirla en un producto comerciable.

*Evaporadores con tubos de vapor.*—Esta sección del establecimiento consta de 8 grandes estanques cilíndricos de fierro colocados en dos series de 4, montados sobre una plataforma que descansa sobre columnas de fierro fundido. Entre ambas series hai un gran depósito para las aguas viejas que han de evaporarse.

Cada evaporador tiene un serpentín de cobre que da vuelta en contorno de las paredes interiores. Un eje vertical colocado en el centro i que está provisto de paletas se pone en movimiento por medio de un árbol motor horizontal que pasa por encima de los evaporadores i al que está unido por un engranaje. Los 4 evaporadores están comunicados entre sí por la parte superior i como estan herméticamente cerrados se da salida al vapor por grandes cañones de fierro que entran al estanque de agua vieja donde se condensa, para ser recojida para el uso del ferrocarril en un depósito inferior.

En el fondo de cada evaporador hai una cámara para la recepción de la sal i por entre la cual filtra el caldo al salir a los chulladores.

*Operación.*—Llenos los 4 evaporadores con agua vieja mas o menos caliente, se da vapor a los serpentines i se ponen en movimiento las paletas que pasan rozando con ellos. A medida que el líquido disminuye se va cebando con agua vieja por el núm. 4 el que se derrama en el 3, de este en el 2 i de aquí al núm. 1. De esta disposición resulta que éste sube con mayor rapidez de densidad i al cabo de 8 horas tiene de 96° a 98° Tw. con 110° a 115° de temperatura i está listo para pasar a los chulladores.

El movimiento de rotación que se imprime al caldo, arrastra también la sal que va precipitando a medida que el agua se evapora i la que va reuniéndose en la cámara de que hemos hablado.

Vaciado el núm. 1 se llena con agua vieja, se da vapor i se ceba por éste el núm. 2 pasando primero por el núm. 4, i de aquí al

núm. 3. La segunda fundada sale por el núm. 2 i así sucesivamente.

Con lo dicho, no hacemos mas que dar una idea jeneral de lo que es el procedimiento a que se somete la concentración de las aguas viejas en esta oficina, la única por otra parte, en que, por circunstancias especiales, se usa este sistema. El 40 a 45 % de la producción total de salitre que elabora es dado por la sección de evaporación, quedando como productos secundarios la sal, i el agua destilada que en considerable cantidad consume el ferrocarril anexo a la empresa.

Interesante por muchos motivos sería el estudio de los fenómenos químicos que, aparte de los mencionados, tienen lugar en el curso de esta operación; pues a mas de las sales principales de soda, hai en los caliches de Antofagasta cloruros de magnesia i algo de sulfato de alúmina fuera de las sales de iodo, las que reconcentrándose poco a poco por las evaporaciones sucesivas, concluyen por reaccionar unas sobre otras con producción de ácidos libres que corrompen los metales de que los aparatos se componen, obligando a reparaciones frecuentes i costosas.

Esto nos conduciría a mas latas consideraciones que el tiempo no nos permite por ahora estudiar en sus detalles.

### III

#### CALÓRICO ABSORBIDO EN LA DISOLUCIÓN

Experiencias directas nos han demostrado que la disolución de 1 gramo de salitre absorbe 0.02466 calorías. Suponiendo que se tiene 1 kilogramo de agua saturada a 10° i que se agrega salitre suficiente para llevarlo a la saturación a 120° de temperatura, según las tablas de disoluciones habrá tomado 1,600 gr. i absorbido para disolverse 39.36 calorías.

La capacidad calorífica de las disoluciones de salitre, según experimentos de laboratorio, va disminuyendo a medida que sube su grado de densidad de suerte que siendo 1 la del agua pura, a 120° Tw., apenas será 0.1. No hemos determinado la curva o la ecuación que pudiera darnos la lei de este decrecimiento pero no estaríamos mui distantes de la verdad al asignarle un promedio de 0.4 entre las densidades correspondientes a las temperaturas comprendidas entre 10° 120°.

A este grado tenemos un líquido que pesa: 1,000 gr. de agua + 2,440 gr. de salitre, o sean 3440 gr. que han subido 110° de temperatura teniendo una capacidad calorífica media entre las densidades estremas de 0.40 lo que da una absorción de 151.36 calorías, que, unidas a las 39.36 gastadas en la disolución, hacen 190.72 calorías para saturar 1 kilo de agua con salitre a 120°.

Un kilogramo de hulla que produce en su combustión 7,800 calorías, de las que solo son aprovechables en las mejores condiciones, 4,800 podría pues, disolver 40,00 kilos de salitre produciendo un caldo saturado a 120°.

Haciendo el mismo cálculo con una disolución principiada a 10°, con agua vieja i saturándola a 120° de temperatura, se encuentra que 1 kilo o una parte *p*. de carbón es capaz de disolver 35 p. de salitre los mismos que se cristalizaran al enfriarse el caldo a 10°.

Este resultado teórico máximo es imposible conseguirlo en la práctica por las muchas pérdidas de calórico estrañas a la disolución i que entre las principales son las siguientes:

1.º Calórico específico de los aparatos en que se efectúan las operaciones;

2.º Calórico específico de las materias que acompañan al salitre como ser la sal, tierras, piedras, etc.;

3.º Radiación;

4.º Elevación innecesaria de temperatura no produciéndose caldos saturados.

Sea *p* el peso del caliche de temperatura (*t*) i de capacidad calorífica 0.2.

El peso del salitre contenido será

$$\left( p \frac{p}{n} \right)$$

Sea *p'* el peso del fierro de todos los aparatos que reciben calor desde que el vapor sale de los calderos, incluyendo cañerías, etc., i de temperatura (*t*) i capacidad calorífica 0,115. Las calorías perdidas serán

$$\left( p \frac{p}{n} \right) 0.2 (t'-t) + p' 0.115 (t'-t) = C$$

siendo *t'* la temperatura a que sube todo el material en la operación.

$$\text{De aquí } C = (t' - t) \left[ 0.2 \left( \frac{pn - p}{u} \right) + 0.115 p' \right].$$

Se deduce de aquí: que mientras mas alta sea la temperatura a que se proceda i la lei del caliche sea menor la pérdida de calórico o el consumo de combustible será mayor.

Por otra parte, se sabe que la velocidad del enfriamiento de un líquido dentro de un recipiente de fierro está espresado por metro cuadrado de superficie i por hora por la fórmula  $N = At (1 + 0.0066 t)$ , siendo A un coeficiente práctico que para el fierro dulce es 7.70 calorías por metro cuadrado por hora i por diferencia de temperatura del 1.º con el medio, ambiente, i siendo  $t$  la diferencia de temperatura del líquido con el aire.

Calculando esta fórmula para  $t = 100^\circ$ ,  $N = 1478$  calorías por metro cuadrado por hora. La radiación, pues, es causa de pérdidas de calórico considerable i de aquí la necesidad de proteger los aparatos con materiales poco conductores del calor.

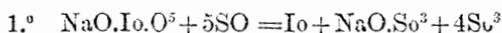
Si a todo este se agrega un manejo descuidado de los fuegos de los calderos, la acción de las corrientes de aire, la ebullición o producción de vapor en los disolvedores, los malos ajustes i escapes de vapor en las cañerías, i mil otras pequeñas causas de pérdidas de calórico no se verá con estrañeza el que apenas se llegue a aprovechar a lo mas la tercera parte del efecto útil que teóricamente puede producir el carbón según hemos calculado i esto es considerado como un resultado notable.

#### CAPITULO IV

El iodo se encuentra en los caliches al estado de iodato i de ioduro de sodio.

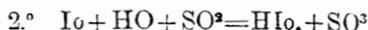
Predomina la primera sal, pues la segunda existe solo en pequeñas cantidades. Todo el iodo estraído proviene de aquella perdiéndose en los residuos el que se encuentra en forma de ioduro.

El procedimiento que en jeneral se aplica, está basado en la reacción que ejerce el ácido sulfuroso sobre las sales iódicas como se demuestra por las siguientes fórmulas:

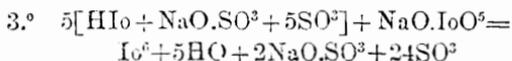


Lo que produce por la presencia del ácido sulfúrico formado, un licor ácido.

Si se agrega un anexo de ácido sulfuroso a las disoluciones, el iodo se disuelve transformándose en ácido iodhídrico.



Mas, si se agrega a estas disoluciones una nueva cantidad de iodato en proporciones convenientes, reacciona sobre el ioduro, dando un precipitado de I<sub>2</sub>.



Si en la primera reacción precipitamos el ácido sulfúrico, 4 So<sup>3</sup>, o neutralizamos la disolución ácida que resulta, la mezcla de ella con licor neutro que contiene iodato no puede precipitar el iodo porque la reacción entre el ioduro i iodato no podría tener efecto.

El iodato de soda siendo muy soluble i encontrándose en cantidades pequeñas, se reconcentra en las aguas viejas, sobre las que se hacen obrar los reactivos.

El ácido sulfuroso siendo difícil de manejar por su estado gaseoso, se usa al estado de bisulfito de soda que se prepara en disolución en el mismo departamento destinado a las manipulaciones o casa de iodo.

*Preparación del bisulfito.*—Se hace haciendo pasar una corriente de ácido sulfuroso por una disolución de carbonato de soda. En algunas oficinas se importa esta sal directamente de Europa pagándose a veces hasta 8 pesos por el quintal. En la mayor parte se fabrica ahí mismo el carbonato de soda bruto, llamado sal natrón, impropiamente *salitrón*, quemando carboncillo en una mezcla con salitre en proporciones convenientes en un horno abierto cilíndrico, hecho de ladrillos a fuego de tres a cuatro pies de diámetro i de otros tantos de altura.

Esta soda bruta se disuelve en agua hasta una densidad de 20° Tw. i se deja asentar i clarificar antes de usarla.

El ácido sulfuroso se prepara quemando azufre en bastones o el nativo traído desde las solfataras de la cordillera en un hornito hecho de ladrillos refractarios, i los humos producto de la combustión, se ponen en contacto o se hacen pasar al través de la disolución de carbonato, valiéndose de diversos procedimientos.

En Antofagasta se ha usado una torre de fierro o sea un cilindro de fierro hecho de planchas delgadas, de 2' a 3' de diámetro i

de 30' a 40' de altura, relleno con cok i puesto en comunicación por su parte inferior con la canal que sale del horno i que lleva los gases sulfurosos. Por arriba se deja caer un chorro que se regula convenientemente de la disolución de sal natrón, el que subdividiéndose por entre el cok presenta una gran superficie para absorber el ácido produciendo al mismo tiempo un vacío i por lo tanto la aspiración necesaria para producir el tiraje en el horno. Al llegar el líquido al fondo de la torre, está jeneralmente saturado i convertido en bisulfito.

En Tarapacá se emplea con preferencia un aspirador a vapor que se une al tubo de escape del horno i a un estanque de fierro cerrado que contiene la disolución alcalina. Un pequeño cañón a vapor que viene de los calderos, produce la necesaria aspiración en el aspirador para arrastrar los humos del azufre i mezclarlos con el líquido el que da un considerable desarrollo de ácido carbónico que se escapa por una abertura especial del estanque.

El uso de este aparato requiere algunos cuidados, se gasta con facilidad exijiendo un aumento de vapor, i haciendo subir la temperatura del líquido que en ningún caso debe pasar de 35° a 40° para que la disolución del ácido pueda efectuarse. Una vez que toma un olor pronunciado de azufre quemado, una densidad de 25° a 26°, Tw., i cierto color especial que la práctica indica, está listo para usarse.

*Precipitación del iodo.*—La cantidad de bisulfito que debe usarse por un volumen dado de agua vieja, es fácil determinarla por medio de una bureta graduada en un frasco de vidrio. Agregando aquel reactivo inmediatamente se precipita el iodo dando al licor un color verde oscuro.

Se deja asentar, i sobre el licor mas claro que sobrenada, unas gotas de bisulfito en exceso lo aclara inmediatamente por la reacción 2.ª que hemos esplicado. Se puede de esta manera saber qué cantidad debe agregarse de una vez a las tinas de madera que contienen un volumen conocido de agua vieja para efectuar la precipitación de todo el iodo. Conviene, sin embargo, después de revolver toda la masa líquida para incorporar todos los licores, tomar una prueba de la tina i agregando unas gotas de reactivo ver si le falta o sobra. Si le falta volverá a enturbiarse el licor; sino se enturbia talvez contenga demasiado. Entonces se agregan unas gotas de agua vieja. Si se enturbia con ella probaría, según la reacción 3.ª, que hai exceso de bisulfito. En este caso es necesario

agregar el agua vieja necesaria para neutralizarlo. Si no se enturbia es que todo el bisulfito se ha empleado convenientemente en la precipitación del iodo.

Cuando los licores quedan con un exceso de bisulfito i vuelven al beneficio, se producen en los disolvedores las reacciones que debieran tener lugar en las tinas resultando que se libera el iodo que, a la temperatura de la operación, se volatiliza, dando grandes masas de vapores violados indicio seguro de que las reacciones en la casa de iodo han sido mal ejecutadas.

Una vez el iodo precipitado, se deja asentar por 4 a 6 horas, se sacan por llaves o tapones los líquidos, i el depósito se recibe en filtros de jénero donde se lava con agua pura.

El iodo bruto recojido de los filtros, se aprensa para hacerles espimir el agua i en seguida se destila en retortas de fierro colocadas en un horno de ladrillo.

El cuello de la retorta se pone en comunicación con cilindros de arcilla refractaria unidos unos a otros en cantidad suficiente para que se produzca el enfriamiento de los vapores de iodo i se sublime en ellos.

Jeneralmente el iodo bruto produce un 60% de iodo sublimado el que se recoje de los cilindros i se embarrila, quedando así listo para la esportación.

*Estracción del iodo al estado de ioduro de cobre.*—Se ha propuesto i realizado este método de beneficiar el iodo; pero se ha tropezado con el inconveniente grave de que el iodo a ese estado no tiene aceptación en el mercado. Diremos dos palabras en qué consiste el procedimiento.

Hemos dicho que el iodo se encuentra de preferencia en los caliches, al estado de iodato; pero también existe una parte al de ioduro, que es mucho mas soluble que aquel. Se ha creído que aun en los rípios de las oficinas que elaboran el iodo, queda siempre una cantidad de iodato sin disolverse en el tratamiento jeneral de la disolución; pero que, si durante el proceso para efectuar ésta, se transformaran todos los iodato en ioduros, pasarían éstos en disolución a las aguas viejas de donde se podrían extraer mediante procedimientos especiales.

Para realizar la transformación de una sal en otra se ha propuesto i usado el sulfuro de calcio, fabricado por la calcinación al calor rojo del sulfato de cal con carbón en hornos a propósito, co-

locando trozos de esa sustancia dentro de los disolvedores al efectuar la disolución.

El sulfuro de calcio en presencia del agua lijera-mente acidulada, debe desarrollar hidrógeno sulfurado que vendría a ser el agente reductivo de los iodatos para convertirlos en ioduros.

Por la gran solubilidad de éstos, podrían concentrarse en las aguas madres hasta el punto conveniente en que serían tratadas por una disolución de sulfato de cobre que precipita el iodo al estado de ioduro de cobre. Este precipitado, fácil de recojer de lavar i de manipularlo, sería esportado.

Se comprende que las operaciones son sencillas i talvez mas económicas que por el sistema anteriormente descrito. Las pruebas hasta ahora hechas por la Compañía de Antofagasta, no han sido satisfactorias, especialmente en lo que se refiere a la venta del artículo producido.

Lo que parece indudable, es que en esta industria secundaria del beneficio del salitre, quedan aun mejoras de consideración que introducir, i que estamos lejos de haber dicho sobre ella la última palabra.

Antes de dar remate a esta memoria en la que hemos tratado de fijar las faces mas prominentes del desarrollo que ha tomado la industria salitrera, bajo el punto de vista técnico, conformándonos así con el tema propuesto por la Facultad, debemos hacer notar el porvenir brillante a que está llamado el desierto comprendido entre Camarones i Copiapó, por la gran cantidad de sales diversas que profusamente están derramadas en todas direcciones, i que, como un inmenso laboratorio, podrán satisfacer las necesidades químicas de un gran número de industrias nuevas, sí, como es de esperarlo, se consigue tener fletes moderados, reduciéndose las tarifas de transporte en los ferrocarriles existentes o estableciéndolas con equidad en los que se construyan en el futuro.

