

---

# ANALES DEL INSTITUTO DE INGENIEROS

---

SUMARIO.—Memoria sobre la oficina salitrera de Antofagasta.—Memoria presentada por el Directorio que termina.—Sesiones.—Bibliografía.

## MEMORIA

### SOBRE LA OFICINA SALITRERA DE ANTOFAGASTA

La oficina salitrera de Antofagasta representa en toda su complicacion el problema completo de explotacion de calicheras i de elaboracion de salitre. Creo que la descripcion del funcionamiento de esta oficina pueda interesar a algunos de los miembros del Instituto de Ingenieros.

Las demas oficinas están instaladas en el interior, próximas a las mismas calicheras, i bajan el salitre por ferrocarril al puerto de embarque.

La Compañía de Salitres de Antofagasta está instalada en el mismo puerto de Antofagasta, i tiene sus calicheras mui léjos, en el interior del kilómetro 116 a 157 sobre el Ferrocarril de Antofagasta. Ademas de esto, los yacimientos de caliche son de mui baja lei (hasta 20%), i contienen sulfato de soda, sustancia que no contienen los caliches de la pampa de Tarapacá. Tambien esta oficina opera el tratamiento del caliche separando por completo i vendiendo, ademas del salitre (nitrato de soda), la sal, el sulfato de soda, el yodo i el ácido bórico. Las demas oficinas no aprovechan sino el nitrato de soda i el yodo, dejando en los residuos, ademas de una parte del nitrato, la sal i el ácido bórico.

Por estas razones, he creído interesante para los socios del Instituto de Ingenieros, la descripción de los modos de estracción i elaboración empleados actualmente en esta oficina; procedimientos tan perfeccionados que han permitido resistir a la crisis actual, elaborando caliches de una lei que varía entre el 20 i 30%, cuando otras oficinas de Tarapacá que tratan caliches de lei mucho mas subida, se han visto obligadas a parar la elaboración.

### Calicheras

La Compañía de Salitres de Antofagasta es concesionaria de:

	<u>Hectáreas</u>
20 estacas, concesion del Gobierno boliviano, que abarcan una superficie de . . . . .	5298.91
32 estacas, concesion del Gobierno chileno, que abarcan una superficie de . . . . .	3237.60
	<hr/>
Lo que hace un total de terreno calichero de	8536.51

Estas estacas están situadas en todo el largo del ferrocarril, entre los kilómetros 116-157.

Ademas de esto, la Compañía tiene concesion para el Salar del Cármen, situado a la izquierda de la línea del ferrocarril, entre los kilómetros 30 i 40.

Este salar tiene una superficie aproximada de 11.500 hectáreas, de las cuales hai con caliche 420 hectáreas i con sal sola, 11.080.

El caliche (fuera del del salar) contiene siempre sul-

fato de soda, i es de composicion i aspecto mui variable.

Su composicion es la siguiente:

Nitrato de 15 a 50%, por lo jeneral de 20 a 35%. No se emplean los caliches de ménos de 18% i los de mas de 35 son mui escasos.

Sulfato de soda, variable (término medio, 20%);

Sal (cloruro de sodio), variable (40%, término medio)

Sulfato de cal, 2%;

Yodatos,  $\frac{1}{2}$  por mil;

Acido bórico combinado, 2%;

Materias insolubles;

Agua higrométrica.

#### DESCRIPCION DEL TERRENO CALICHERO

El terreno calichero se compone de varias capas superpuestas, que son las siguientes, empezando por la superficie:

- 1.º la chusca,
- 2.º la costra,
- 3.º el caliche,
- 4.º el conjelo,
- 5.º la coba.

*Chusca*.—Tierra suelta, mezclada con piedrecitas, de 1 pié a 1 pié i medio de espesor, i solamente de unos 10 centímetros en los terrenos que llaman salares.

*Costra*.—Es una capa de arcilla compacta, a veces mui resistente, que hai siempre que romper con tiros. El espesor de la costra varía mucho, i alcanza algunas veces a 15 piés.

*Caliche*.—Materia cristalina, a veces blanca, amarilla, o color de tierra.

El caliche de la Compañía contiene siempre sulfato de soda, sustancia desconocida en las salitreras de Tarapacá.

*Conjelo.*—Es una aglomeracion mui dura de piedrecitas, arcilla, sulfato de soda (15%), sal (20%), nitrato de soda (7 a 15%).

*Coba.*—Terreno natural de poca consistencia; contiene un 5% de sal.

#### ESPLOTACION DE UNA CALICHERA

Antes de esplotar una estaca, hai que averiguar por medio de cateos, si hai i dónde está el caliche, en qué cantidad i de qué lei, para saber cuál será la importancia de la esplotacion i de la instalacion que habrá que hacer.

Los cateos o sondajes se hacen de 20 a 30 centímetros de diámetro, segun la hondura.

Una vez hecho el trabajo de cateo se sabe, poco mas o ménos, la estension o forma de los mantos de caliche.

Para hacer la estraccion de uno de esos mantos, se toma una base A B recta, en una de las orillas del manto (véase croquis núm. 1). Se divide esta base A B en trozos de 10 a 12 metros de largo, segun la hondura de la calichera. Cada cuadrilla tiene como base de partida uno de esos trozos de 10 a 12 metros, i tiene que extraer todo lo que está comprendido entre dos perpendiculares i la base jeneral.

Acierta distancia de la base A B se preparan tiros para abrir la calichera; los primeros tiros están en la costra i necesitan poca pólvora para abrirse camino i alcanzar debajo del conjelo.

Cuando el pozo alcanza debejo del conjelo, ahí se hace una escavacion o taza que se llena de pólvora. En los salares basta con tiros de 10 libras de pólvora; en las ca-

licheras hondas se acumula en las tazas hasta 4 i 5 quintales de pólvora. (Véase croquis núm. 2.)

El desmonte producido por estos tiros, se acumula atras de la línea de partida A B sobre el suelo primitivo, haciendo una muralla con los pedazos de costra para dejar un espacio libre en el interior, donde se pueda estivar el caliche estraído. Lo demas del desmonte se acumula detras i a los lados de estas murallas de piedras secas, cuando la escavacion deja bastante espacio entre el frente i la base de partida A B (distancia que varía de 4 a 8 metros, segun la hondura de la calichera).

Llegado este momento, la calichera está abierta, i entónces se principia a acumular los desmontes en el mismo hoyo contra la base A B, hasta el mismo nivel del terreno primitivo.

Para la facilidad del trabajo i del levantamiento de los desmontes, se hacen gradas como de un metro de altura, con murallitas que sujetan la tierra suelta. (Véase croquis núm. 3.)

#### VIJILANCIA DEL TRABAJO DE LAS CALICHERAS

Ya hemos visto que cada cuadrilla se compone de tres o cuatro hombres; el conjunto de 10 a 12 cuadrillas se llama seccion, i es vijilada por un mayordomo. Los mayordomos son antiguos calicheros de mucha práctica; son ellos los que limitan los tiros a la cantidad de pólvora necesaria, i entregan esta pólvora a medida de las necesidades; procuran tambien que se estive el caliche en pilas uniformes de 5 piés de altura; se aseguran de que no se eche a la pila sino caliche exento de costra, conjelo i coba. Las secciones i mayordomos están bajo la vijilancia de un corrector primero i de un corrector segundo.

*Trabajo a trato.*—Las cuadrillas trabajan a trato: tanto por carro de caliche (el carro se cuenta por 170 piés cúbicos). El trabajo de abrir calicheras se paga aparte.

El administrador de las calicheras fija él mismo el precio del caliche estraído por carro, segun las dificultades locales. La pólvora se entrega gratuitamente a las cuadrillas por el mayordomo; pero éste fija la cantidad para cada tiro. Las herramientas tambien se entregan gratuitamente a los calicheros.

*Cuentas mensuales.*—Mensualmente el administrador de calicheras hace la cuenta de cada cuadrilla en presencia del corrector, del mayordomo i de los interesados.

Se lleva la cuenta por carros de 170 piés. Si de la pila se ha sacado caliche para cargar, se lleva cuenta de los carros que van saliendo. Para facilitar el trabajo de medidas se exige que las pilas tengan 5 piés de alto; el ancho es variable, pero se procura que tengan un número entero de piés.

Todos los dias se da a cuenta a todos los hombres que han trabajado, una o dos fichas de valor de un peso. (10 fichas por semana).

#### CARGUÍO DEL CALICHE

El ferrocarril está en relacion con la calichera en explotacion por medio de desvíos que se remueven continuamente para alcanzar lo mas cerca posible de las pilas de caliche. Hai una cuadrilla de jornaleros que está ocupada constantemente en la remocion de los desvíos. (El ferrocarril de Antofagasta a Bolivia es de trocha de 2 piés 6 pulgadas).

El carguío se hace con capachos de cuero, al hombro;



la mayor distancia de la pila al carro es de 15 pasos; cuando hai mayor distancia se paga mas. Si hai algunas pilas mui aisladas i que no valga la pena de cambiar el desvío para el carguío, se emplean carretas o carritos para conducir el caliche al desvío. Se hace entónces subir las carretas o carritos Decauville encima de una rampa o estacada, desde donde se descargan directamente en los carros.

Las cuadrillas de cargadores trabajan a tarea; tanto por el carro de 120 quintales (5 toneladas i media).

Los carros cargados de caliche se llevan a la estacion, donde pasan a la romana para tomar el peso del caliche i hacer la guia para el ferrocarril.

### Fábrica de pólvora

En la misma pampa la Compañía fabrica la pólvora que se emplea en las calicheras.

Esta fábrica se compone de un solo trapiche de vapor donde se muelen separadamente el azufre, el carbon i el nitrato de soda (salitre).

La pólvora de guerra i la de mina se hacen por lo comun con nitrato de potasa, por ser el nitrato de soda higrométrico; pero en las pampas, donde el aire es mui seco, no hai inconveniente ninguno en emplear el nitrato de soda (salitre) en esa fabricacion.

Se emplea el azufre bruto de Ollagüe i el refinado de Tacna, mezclado en la proporcion de 1 de Ollagüe por 2 de Tacna.

El azufre de Ollagüe tiene una lei de. . . .	75 a 80%
El de Tacna. . . . .	95 »

El carbon viene de Calama.

Una vez molidas separadamente las cantidades necesarias de los tres elementos (carbon, azufre, salitre), los mezclan con agua en el mismo trapiche.

La mezcla mojada, al salir del trapiche, se hace secar sobre una era entablada i se guarda en un polvorin.

El consumo de pólvora alcanza hasta 1,000 quintales mensuales (46 toneladas).

La pólvora así fabricada es mui imperfecta i de combustion lenta, pero suficiente para el destino que se le da. Por ser de combustion lenta i mal molida, esta pólvora es mui poco peligrosa en su manejo.

### Salar del Cármen

El salar es una llanura baja donde se han recojido las aguas de la quebrada que baja de Caracoles, pasando por las pampas calicheras.

Las aguas de la quebrada, al pasar por los terrenos calicheros, han disuelto una porcion de la sal que contienen. Esas aguas, al evaporarse, han acumulado allí la sal que contenian.

Antes, la línea del ferrocarril atravesaba el salar; pero modificado el trazado de la línea primitiva, el salar está en comunicacion con el ferrocarril por un ramal de unos 10 kilómetros de largo, que empalma con la via principal en la estacion de Portezuelo (k. 30).

El caliche que existe en el salar es de formacion nueva, i se ha formado por la accion de la atmósfera sobre la sal en presencia de una tierra porosa, i con las alternativas de humedad i sequedad del aire.

Actualmente está siguiendo el fenómeno de formacion



de salitre, i es un hecho que en los lugares donde se ha estraído una capa de caliche hace 10 años, se ha formado una nueva capa que se puede estraer.

Es opinion jeneral que el nitrato de soda (caliche) es de formacion antigua en las pampas calicheras, i que actualmente no hai formacion alguna.

Esto sucede en las pampas calicheras del interior, donde el aire es mui seco. Pero si hoi en los lugares secos no se forma el caliche, esto no quiere decir que en otros tiempos no ha habido formacion natural de caliche.

Hoi no se forma caliche en las pampas por ser actualmente el clima mui seco; pero esto no quiere decir que no se ha formado el caliche en ciertas condiciones atmosféricas, estando la sal en presencia de un suelo de composicion particular. En el Salar del Cármen, lugar situado a unos 10 kilómetros de la costa i bastante húmedo, se puede afirmar que hai nitrato en formacion en la superficie de ciertas rejiones del salar.

Como he dicho anteriormente, del lugar de donde hace 10 años se ha estraído una capa de caliche de la superficie del suelo, se puede hoi dia sacar una nueva capa.

Ahí el salitre está en formacion, estando allí la sal en presencia de la tierra suelta, del aire i de las alternativas de sequedad i humedad.

Desgraciadamente, mis quehaceres ordinarios no me han dejado tiempo para estudiar científicamente este fenómeno; pero he observado este hecho innegable de formacion de salitre en este sitio.

Este fenómeno se presenta solo en una estension del salar de 480 hectáreas, mas o ménos; la parte restante del salar parece no estar en la misma condicion.

El caliche se forma en ciertas rejiones del salar; en los demas lugares, la sal ha subido encima del suelo, con las

alternativas de humedad i sequedad, formando escrescencias irregulares.

La sal, separada de la tierra por sí misma, es de una pureza bastante grande, alcanzando, por término medio, a una lei de 80%.

Su composicion media es la siguiente:

Cloruro de sodio (sal) . . . . .	80%
Materias insolubles (arena, arcilla, etc.)	19 »
Sulfato de cal . . . . .	1 »
	<hr/>
	100 %

Actualmente no se saca otro provecho de esta sal, que la venta que hacen al establecimiento de la Compañía de Huanchaca en Playa Blanca, para la cloruración de los minerales de plata.

Esta sal se vende al establecimiento de Playa Blanca a 25 centavos el quintal. Hai en el salar unos 6 millones de quintales españoles de sal, a 80%, en la superficie del suelo. Se podría sacar mucho mejor provecho de esta sal, fabricando con ella, fácilmente, sal de igual clase a la sal inglesa que viene en frascos.

Mas adelante trataré de esa fabricacion de sal refinada.

## Elaboracion de salitre

### SECCION DISOLVEDORA

*Chancadores.*—Los carros de caliche cargados en las pampas llegan, por un puente de servicio, encima de los chancadores. Hai cuatro chancadores que tienen las tolvas al nivel del puente de servicio; el caliche se echa a

mano de los carros a las tolvas de los chancadores. (Véase croquis número 4.)

*Trituradores.*—Saliendo de los chancadores, el caliche cae entre los cilindros de los trituradores; el caliche sale de los trituradores molido en pedazos del volúmen de un huevo i es conducido por canales a los capachos de dos elevadores. En circunstancias ordinarias se muele diariamente con estos chancadores i trituradores, 100 carros de caliche de 120 quintales cada uno, o sea 12,000 quintales españoles=552 toneladas métricas.

El caliche de Antofagasta, que contiene sulfato de soda, es en jeneral mui duro i poco poroso; por esta razon se muele finamente.

*Elevadores.*—Los dos elevadores de capachos suben el caliche molido a tolvas situadas a unos 20 metros del pié de los elevadores.

La Compañía de Antofagasta, al establecerse a orillas del mar, se ha colocado lo mas cerca posible del punto de embarque, en terreno llano. Esta colocacion ha traído como consecuencia el empleo de elevadores i de dos secciones de maquinarias de aspecto monumental, de varios pisos, construidas sobre tabladillos de fierro, disposicion mui incómoda para el trabajo, la limpieza i las reparaciones.

*Tolvas.*—El caliche molido, levantado por los elevadores, se acumula, por medio de canales de fierro, en cuatro tolvas, pudiendo contener juntas 5,600 quintales de caliche molido, o sea 257 toneladas.

Antes se conducia el caliche molido de arriba de los elevadores a las tolvas por medio de tornillos, lo que permitia llenarlos mas. Los tornillos tenían el inconveniente de que si se pegaba algun pedazo de caliche entre el tornillo i la canaleta, los hombres a menudo se cortaban los

dedos tratando de sacar con la mano el caliche pegado.

Las tolvas se habian calculado al principio para trabajar solamente de dia con los chancadores, pero ahora no alcanzan a dar abasto para doce horas.

*Estanques de agua.*—Atras i al mismo nivel de las tolvas hai estanques de agua de una capacidad total de 660 metros cúbicos, que sirven para alimentar de agua de mar i de agua de lavado a los cachuchos o estanques de disolucion del caliche.

*Cachuchos.*—Debajo de las tolvas que sirven para almacenar el caliche molido, hai doce cachuchos (estanques para disolver el caliche) que miden cada uno 26 metros cúbicos libres. (Véase croquis núm. 5.)

Son estanques de fierro, de seccion cuadrada que comunican entre sí por conducto A, B, C. Cada uno de estos cachuchos tiene un doble fondo D, compuesto de planchas de fierro perforadas con agujeros de  $\frac{3}{4}$  de pulgada de diámetro ( $18^m/m$ ). Estas planchas perforadas son triangulares, fijadas por bisagras en las paredes de los cachuchos, i mantenidos en el centro por cadenas. Bajando las cadenas por medio de un tornillo E, se separan las cuatro secciones de la crinolina i esto permite a los rípios salir por la compuerta I.

En el interior de cada cachucho hai tambien una série de tubos en U, F, en los cuales circula el vapor; los tubos en U están colocados en toda la vuelta de los cachuchos, cerca de las paredes, de manera que el centro de los cachuchos está libre.

El agua de condensacion de los serpentines de los doce cachuchos se recoje en siete estanques cerrados de 2 m<sup>3</sup> cada uno; siempre hai uno en reparacion, así es que solo se cuentan 6 en servicio. (Véase croquis núm. 6.)

Cuando está lleno un estanque, se vacia en los estan-

ques de alimentacion de los calderos, mezclándose con agua del mar. De tiempo en tiempo se abre la válvula A para dejar escapar el aire que puede introducirse en los calentadores. A menudo dejan perder las uniones *x*, *y* con los cambios bruscos de temperatura que tiene que soportar la corona de fierro fundido; se manda entónces el agua de condensacion mezclada con caldo al estanque de agua de lavados. (Agua impropia para la alimentacion de los calderos. Véase cróquis núm. 7). Este sistema de serpentines verticales conviene para que no se quede el caliche entre ellos i las paredes del cachucho; pero en cambio presenta el inconveniente de que las uniones de la corona de abajo no se pueden mantener en buen estado i que dejan entrar el caldo para que se mezcle con el agua de condensacion del vapor.

Estando siempre buenas las uniones, se podria recojer en 24 horas unos 100 metros cúbicos de agua dulce que se podria vender o utilizar en la alimentacion de algunos de los calderos. Pero hasta ahora no se ha encontrado el medio de hacer uniones que resistan a los cambios bruscos de temperatura. El sistema Perkins, empleado en los evaporadores, no se puede emplear en los cachuchos porque se gastarian luego con el rozamiento del caliche i del ripio.

#### DISOLUCION METÓDICA DEL CALICHE EN LOS CACHUCHOS

Las cuatro tolvas tienen compuerta encima de los fondos superiores de los cachuchos; con canales de fierro se dirige el caliche desde aquéllos a los cachuchos.

Antes de echar el caliche, se echa en el cachucho 14 a 15 metros cúbicos de caldo caliente que ha pasado sobre el caliche de los demas cachuchos; este caldo marca 65

a 75° Twadlle. (El grado Twadlle  $\times 5 + 1,000 =$  peso del litro de caldo en gramos). Cuando se trabaja con caliche rico (35%), el caldo llega con 75° Twadlle; con caliche pobre, a 65°. Se deja entrar entónces todo el vapor en los tubos calentadores i se principia a echar el caliche. Se deja así caer el caliche hasta que alcanza el nivel del líquido a 15 centímetros del fondo superior del cachucho; con caliche rico se alcanza a echar 550 a 600 quintales. Se deja hervir hasta que el grado alcance a 80 Twadlle, lo que necesita cuatro horas con caliche de 20%. Con caliche rico se hace subir el grado a 90 o 95° Twadlle en tres horas. (Con vapor de 30 a 35 libras de presión.)

Cuando el caldo ha alcanzado el grado conveniente, lo traen por la llave de arriba, si se trabaja caliche de ménos de 25%, i con la llave de abajo, si se trata de caliche de mas de 25%. Se estraen del cachucho 14 metros cúbicos de caldo i se dirijen por canaletas a un estanque de decantacion que llaman *chullador*.

Despues de haber sacado estos 14 metros cúbicos de caldo i de haberlos posado en uno de los chulladores, se vuelve a llenar el cachucho con 14 metros cúbicos de caldo caliente del cachucho anterior i se hace hervir con la compuerta cerrada.

Cuando ha hervido el mismo caldo i marca 65 a 70°, segun la clase de caliche que se trabaja, se pasa este caldo al cachucho siguiente, el cual van a llenar despues con caliche nuevo.

Para comprender el movimiento del caldo en los cachuchos, he hecho un cróquis de una hilera de cachuchos, con flechas que indican el movimiento del caldo.

Supongamos ocho cachuchos en comunicacion (véase



cróquis núm. 8) B, C, D, E, F, G, H, I. El cachucho B está vacío i la compuerta *b* abierta; los demas cachuchos están con compuertas *c, d, e, f, g*, cerradas. Para hacer pasar el caldo de C a B se echa al cachucho I la presión del agua del estanque de agua de lavado; el líquido de uno pasa al siguiente, i en el estanque B caen 14 metros cúbicos del caldo de C; se suprime la comunicacion de I con el estanque de agua; se deja caer el caliche en B por la compuerta *b*. Se hace hervir B, se extraen 14 metros cúbicos de caldo que mandan al chullador; se pone en comunicacion el cachucho I con el estanque de agua del mar pura hasta que B se llene otra vez con 14 metros cúbicos de caldo de C. Se calienta B, se cierra la compuerta *b*, se hace hervir i se cierra la comunicacion de I con el estanque de agua del mar. En este momento han pasado ocho veces 14 metros cúbicos de agua sobre el caliche del cachucho I; se lava este caliche con agua del mar hasta que el grado del agua de lavado que salga marque ménos de 25 grados Twadlle. Se mandan estas aguas de lavado a los chulladores (estanque de decantacion) especiales donde se deposita la borra; una bomba recoje esta agua i la eleva a un estanque de arriba de la disolvedora.

Una vez el caliche de I lavado, se abre la compuerta de abajo, despues de haber bajado la crinolina, i el caliche cae arrastrado por el agua en el canal de ripios, que conduce todo al mar. El cachucho I queda listo para recibir una nueva carga de caliche.

Hemos dejado hirviendo el caldo del cachucho cerrado B, con el segundo caldo. Un cañon colocado en la parte superior del cachucho permite al vapor de la ebullicion escaparse al aire despues de haberse enfriado en un serpentín colocado en el estanque de agua de lavado,

la cual agua recupera una parte del calor gastado en la ebullicion.

Cuando el caldo de B marca 65 a 75°, segun el caliche que se trapaja, se pone el cachucho H en comunicacion con el estanque del agua de lavado; el caldo circula de uno a otro, i el de B pasa a A, donde se echa el caliche por la compuerta  $\alpha$ .

Como se ve, la operacion es continúa, i constituye lo que se llama un lavado metódito. Pasan así ocho aguas sobre el mismo caliche, aguas cada vez ménos cargadas; la última que se utiliza para el lavado del caliche, ántes de botarlo, es agua del mar. Con caliche rico, o con mas presion de vapor se podria establecer la circulacion para 9, 10, 11 o 12 cachuchos, tratando la misma cantidad de caliche, puesto que se demoraria ménos en cada operacion. Si actualmente no se hace la circulacion por 12 cachuchos a la vez, es porque se trabaja al máximum, i que no hai tiempo por falta de presion en los calderos.

#### OBSERVACIONES SOBRE EL MODO DE TRABAJO DE LA DISOLUCION EN LOS CACHUCHOS

Como hemos visto, en el modo de utilizacion de los cachuchos, se hace hervir los dos primeros caldos. Estando los serpentines cerca de las paredes de los cachuchos, se disuelve primero el caliche que está entre la pared i los tubos, i la circulacion del caldo de un cachucho a otro se hace de preferencia por el contorno, i no hai casi ningun movimiento de líquido en el interior de la masa.

Se ha buscado mucho como salvar este inconveniente para activar la disolucion:

1.º Empleando inyectores que inyecten en C una

mezcla de aire i de vapor; pero sucedia que la masa A de caliche se disolvía cerca de la entrada de aire i vapor i que lo demas se quedaba intacto. (Véase cróquis número 17). El mayor inconveniente era que se removía mucho la borra, que venia a tapar las entradas de las llaves de estraccion de los caldos.

Para inyectar así, se necesitaba 40 a 55 libras de presion de vapor. Ahora no se usan estos inyectores sino cuando se tapa un cachucho i hai interrupcion en la comunicacion con los demas; se emplea entónces el inyector para lavar los ripios, pero no se usa para hacer el caldo en marcha ordinaria.

2.º Han ensayado tambien aspirar el caldo, abajo de la crinolina, en B, para echarlo de nuevo encima del caliche; pero se tapaban los cañones B con la borra.

El mayor inconveniente con que se tropieza ahora es la falta de presion del vapor. Hace 18 años se trabajaba con 60 libras de presion, hoi con 30 a 35 libras=2 kilos. Una fondada de cachucho pide ahora para alcanzar a hervir,  $\frac{3}{4}$  de hora; con 50 libras hervía en un  $\frac{1}{4}$  de hora. Por cosiguiente, se aumentaria mucho el poder de produccion de la disolvedora con vapor a mas alta presion.

Con 80 libras de presion ( $5 \frac{1}{2}$  k.) se podrian tratar en la disolvedora 20,400 quintales de caliche en 24 horas, en lugar de 1,200.

Hace 15 años el caliche era blando i con lei de 40 a 45%; se hacia la circulacion en 4 cachuchos en lugar de 8 como ahora. Como el caliche era mas puro, se hacian hasta 5 fondadas sin botar el ripio. Ahora se trabaja caliche duro, de baja lei, i eso con menor presion, cuando el gasto de vapor tiene que aumentar a medida que va disminuyendo la lei del caliche. Hai que fijarse tambien en que con mas presion en los calderos se gastaria ménos

carbon por quintal de caliche tratado, que si se usa presión baja.

La penúltima agua que pasa sobre el caliche es agua (o caldo) débil, es decir, agua de lavado de los cachuchos (estanques de disolución), chulladores (estanques de decantación), evaporadores, estanques, chulladores de sal impura, etc., etc.

No se hace hervir sino el primero i segundo caldo; los otros se calientan poco a poco, a medida que van pasando por los diferentes cachuchos; se mantiene la temperatura de estos caldos entre 200 i 240° Fahrenheit = 93 i 113° centígrados. Como hemos visto mas arriba, ántes de vaciar un cachucho se le echa agua del mar para lavar los ripios, hasta que las aguas salgan con ménos de 25° Twaddle. Estas aguas de lavado pasan por cinco estanques chulladores (de decantación), en los que se deposita la borra.

Se hace asentar la borra echando guano de caballeriza encima del agua.

La borra del primer estanque chullador de agua de lavado contiene sal i nitrato; se lava esa borra con agua del mar cuando se trabaja caliche pobre, i con agua servida cuando se trata de caliches ricos. Las borras de los estanques chulladores de agua de lavado números 2, 3, 4 i 5 se botan al mar despues de asegurarse que no contienen cantidades notables de nitrato o sal.

Los ripios que se botan al mar tienen mas o ménos la composición siguiente:

Nitrato de soda . . . . .	3.50
Sal . . . . .	40.00
Sulfato de soda . . . . .	14.00
Materias insolubles . . . . .	42.50

El agua que acompaña los ripios tiene la composición media siguiente por litro:

Nitrato de soda . . . .	35 gramos
Sal . . . . .	120 »
Sulfato de soda . . . .	30 »

*Chulladores* (o estanques de decantación del caldo. Véase croquis núm. 9).—Hemos visto que el caldo salido de los cachuchos se dirige por canaletas a estanques de decantación que se llaman chulladores. Hai 14 chulladores, de 15 metros cúbicos cada uno.

El caldo del caliche pobre que contiene muchas materias en suspensión, descansa ahí 12 horas, i el caldo de caliche rico, de poca borra, 5 a 6 horas.

En el chullador se deposita la borra i una parte de la sal. Para asentar los caldos en los chulladores se emplea el guano de caballeriza. El caliche del salar que contiene mucha borra, se hace hervir mui poco para que alcance a asentarse la borra con el guano. Se pueden asentar los caldos con harina, dos a tres libras por chullador; con amoníaco,  $\frac{1}{2}$  litro por chullador.

Hai que tener presente que en los chulladores, que son estanques casi cúbicos, mui cerca uno de otro, i tapados con tablas, los caldos no se enfrían sensiblemente, i por consiguiente, no se precipita casi nada de nitrato de soda.

Se saca el caldo de los chulladores para mandarlo a las bateas (o estanques de cristalización de nitrato) con un tubo A B articulado en A. Cuando se quiere extraer el caldo, se baja poco a poco la estremidad B hasta que se alcanza a la superficie de la borra. El caldo es conducido por canaletas C i D a las bateas.

*Bateas.*—Las bateas son estanques cuadrados de 5m.60 × 3m.60 i por 0m.60 de fondo; se le echa 7<sup>m3</sup> de caldo a cada una. Un chullador hace 2 bateas. (Véase cróquis núm. 10.)

El caldo queda 5 días en la batea, hasta que se enfría a la temperatura del aire; si se dejara mas tiempo, se cristalizaria la sal, evaporándose el agua. El caldo, enfriándose sin evaporarse, abandona cristales de salitre (nitrato de soda).

Hai 250 bateas en la seccion disolvedora. Las bateas deben llenarse de una sola vez para que no se forme una capa de sal sobre el salitre.

A los 5 días se ha enfriado el caldo i cristalizado la mayor parte del salitre; se saca el agua madre por el tapon E i se mandan al pozo de las bombas despues que han depositado en chulladores especiales la sal i el nitrato que pueden acarrear.

Se dejan gotear las bateas durante dos días; se echa despues de ese tiempo el salitre sobre el entablado inclinado que hai al lado de las bateas, entablado que llaman cancha.

El salitre limpio se deposita en G i la parte suelta de abajo, que conticne mucha sal i un poco de borra, se deposita en H. Este salitre impuro que se aparta en H, se llama sal nitrosa; si contiene 50% de nitrato se recoje para lavarlos en los evaporadores antiguos.

El salitre limpio se riega sobre la cancha con agua del mar para sacarle el agua madre con que está mojado, despues de regado se deja gotear el salitre un día i se sacan muestras; segun la lei, se manda al depósito o a las turbinas.

El nitrato para venderlo debe tener una lei media de 95% de nitrato i ménos de 1% de sal. El salitre de mé-



nos de 95% de nitrato i mas de 1% de sal se manda a las turbinas, donde sube hasta 96, 97, 98% de nitrato i  $\frac{1}{4}$ % de sal, segun la intensidad del turbinaje.

*Turbinas.*—Hemos visto mas arriba que se manda a las turbinas todo el nitrato que no tiene lei suficiente para la venta, o que contiene mas de 1% de sal.

El salitre viene de las canchas en carros que se descargan con palas en las cuatro tolvas, que corresponden cada una a una turbina. (Véase cróquis núm. 11.) Cuando se quiere cargar la turbina, se abre la compuerta *a*, i se pone en movimiento despacito a la turbina; el tornillo *b* lleva el salitre a la turbina que se carga de una capa uniforme i equilibrada. Cuando la turbina está suficientemente cargada de salitre, se cierra la compuerta *a* i se lava el nitrato con un chorrillo de agua de mar fria, que se echa con una goma. Esta agua fria pasa entre los cristales, disuelve la sal i arrastra el agua madre que moja los cristales.

Cuando ha echado la cantidad de agua conveniente, se aumenta la rapidez de rotacion de la turbina i el nitrato se seca.

El agua salada se recoge por el cañon C en un estanque; una bombita manda esta agua a juntarse con las demas aguas de lavado. Cuando el nitrato está seco, se para el movimiento de la turbina i se abre una compuerta que hai debajo del canasto i que corresponde a una canaleta que conduce el salitre a un tornillo; el cual lleva el nitrato a un elevador, que a su vez lo echa en un carro.

Se conduce el salitre así turbinado al depósito, donde se acumula en un lugar especial.

El salitre, al salir de las turbinas, tiene una lei de 96, 97, 98%. Este salitre sirve para completar la lei de 95%

en los cargamentos, solo cuando el demas salitre cargado no alcanza a la lei exigida por los contratos de venta.

### Depósito de salitre

Se pesan los carros de salitre ántes de entrar al depósito; deduciendo la tara, se tiene el peso del salitre que entra.

El depósito se compone de hileras de vías férreas sobre caballetes; los carros vacian allí el salitre a derecha e izquierda. (Véase croquis núm. 12.)

Hai un lugar especial para el salitre turbinado i para el que sale de la seccion evaporadora con mas de 95% i ménos de 1% de sal; lo demas del salitre se echa en cualquiera de las hileras.

Hai tambien una hilera reservada para la sal.

Se juntan todos los días los carros en el depósito, ántes de descargarlos, i se saca una muestra que da la lei de la fabricacion del día, por término medio.

El depósito de salitre, todo lleno, alcanza a contener 350 a 400,000 quintales; la cantidad que cabe sin incomodar la operacion de ensacar, es de 200,000 quintales.

### Tratamiento de las aguas madres de la seccion disolvedora

Las aguas madres de cristalización, que contienen sulfato de soda, no pueden servir para una nueva disolucion, como lo hacen en las salitreras de Tarapacá, donde el caliche no contiene sino nitrato i sal.

Hai que evaporar esas aguas para concentrar el nitra-

to i permitir una nueva cristalización. Es esta operación la que voi a describir.

De las bateas de la sección disolvedora, las aguas madres corren por canaletas de fierro; pasan por dos estanques sucesivos, donde depositan el salitre i la sal que arrastran. De ahí caen en un gran estanque, de donde las bombas las llevan a los estanques de arriba de los evaporadores nuevos. Cuando se llena de salitre uno de los estanques de decantación, lo vacían i llevan el salitre al depósito, si tiene lei de 95%; si no alcanza a esta lei, lo mandan al lavado de la sal nitrosa en los evaporadores antiguos.

### Sección de los evaporadores nuevos

El agua madre o agua vieja, que viene de las bateas de la sección disolvedora, sube por medio de bombas a tres estanques A de arriba de los evaporadores.

Esta agua madre marca, en término medio, 75° Twadlle i tiene, poco mas o ménos, la composición siguiente por cada litro:

Nitrato . . . . .	440 gramos
Sal. . . . .	170 »
Sulfato de soda. . . . .	29 »
	<hr/>
	639 gramos

Un cañon *a* conduce esta agua a uno de los evaporadores B, que se llena a las dos terceras partes, o sea con 17 m<sup>3</sup> de líquido. (Ver croquis núm. 13). Se echa el vapor en los serpentines *b* i se pone en movimiento el agitador *c*. A medida que se va evaporando el líquido se

echa mas agua vieja, de manera que se mantenga siempre al mismo nivel. Siguen evaporando hasta que el grado del caldo alcance a  $105^{\circ}$  Twadlle, es decir, ántes que se principie a precipitar el nitrato. Durante esta operacion, se va precipitando una parte de la sal i del sulfato de soda contenidos en el agua madre.

Cuando el caldo alcanza a  $105^{\circ}$  Twadlle, está ya cerca del punto de saturacion en nitrato, a la temperatura de evaporacion.

Se vacia el líquido al chullador con la sal i el sulfato precipitados, donde se deja una hora i media. Despues de ese tiempo, se manda el caldo solo a las bateas de la seccion evaporadora; la sal i el sulfato quedan en el fondo del chullador.

La sal mezclada de sulfato de soda e impregnada de caldo la dejan caer por una compuerta en carros que la llevan al lavado en los evaporadores antiguos. Esta sal la llaman, ántes de lavarla, sal impura de los evaporadores.

Con 32 libras de presion se hace una fondada en 12 horas, con 50 libras en 9 horas. De 40 bateas de agua madre de la seccion disolvedora, salen 36 de agua vieja primera. De esas 36 bateas de agua madre primera pasadas por los evaporadores, salen 20 bateas de caldo para las bateas de la seccion evaporadora. Por consiguiente, se ha evaporado  $16 \times 7 \text{ m}^3 = 112$  metros cúbicos de agua. En una fondada entran 3.6 bateas i se gastan 60 a 65 quintales de carbon; lo que hace  $3\frac{1}{2}$  litros de agua evaporada por kilo de carbon quemado en los calderos. El caldo de los evaporadores se manda a las 168 bateas de la seccion evaporadora; éstas son de la misma forma i capacidad, i están instaladas lo mismo que las bateas de la seccion disolvedora.

Se deja el caldo cinco dias en las bateas; despues de

pasado ese tiempo se opera como en la seccion disolvedora. El agua madre que sale de esas bateas de la seccion evaporadora se llama agua madre segunda; la recojen en un estanque especial, i las bombas las suben a uno de los evaporadores nuevos, que dedican solamente a este trabajo.

#### TRATAMIENTO DE LAS AGUAS MADRES SEGUNDAS

Las aguas madres segundas, tal como vienen de las bateas de la seccion evaporadora, marcan 80° Twadlle i tienen la composicion siguiente:

Nitrato de soda. . . . .	460	gramos	por	litro
Sal . . . . .	132	»	»	»
Sulfato de soda. . . . .	30	»	»	»

Un solo evaporador alcanza a evaporar todas las aguas viejas segundas. Se evapora al aire libre hasta que el caldo alcance a 105 grados i se manda a las bateas de la seccion evaporadora como los caldos de las aguas madres primeras.

Las aguas madres que salen despues de la cristalización de los caldos de segunda evaporacion, se llaman aguas madres terceras.

Antes se evaporaban las aguas madres terceras como las primeras i segundas; pero esas aguas salian demasiado ácidas i corroian los evaporadores, i llegaba un momento en que esas aguas no daban nada a la cristalización i habia que botarlas al mar.

Hoi estas aguas terceras no se concentran mas; se mandan a los estanques de aguas de lavado que se emplean en la seccion disolvedora.

Resulta de este modo de operar que con el tiempo, al

cabo de unos dos años (tiempo variable segun la composicion del caliche), las aguas viejas se cargan de sales, tales como borato de sodio i de cal, yodato i ioduros de sodio.

Estas sales impiden que se disuelvan las mismas cantidades de nitrato, de manera que las aguas de lavado vuelven a la disolvedora con una densidad que crece con el tiempo; si se saca el caldo siempre a la densidad de 80 a 90°, estos caldos cargados de sales estrañas tienen mucho ménos nitrato en disolucion, i las bateas dan mucho ménos nitrato al enfriarse. Hai, por consiguiente, pérdida de tiempo, de obra de mano i de carbon.

Se presentan dos soluciones: botar las aguas terceras, demasiado viejas, o estraer estas sales estrañas (boratos).

Al principio se adoptaba la primera solucion; hoi día se adopta la segunda. Esta operacion de estraccion del ácido bórico se hace en la fábrica de yodo, como se verá mas adelante.

*Agua resacada de los evaporadores.*—El agua de condensacion procedente de los serpentines de los evaporadores se reune en un estanque i sirve:

- 1.º a la alimentacion de los calderos tubulares,
- 2.º a la venta al público (§ 3.33 el metro cúbico).
- 3.º lo que sobra se mezcla con el agua que sirve a la alimentacion de los calderos ordinarios.

Los serpentines de los evaporadores son de tubos en espirales horizontales, de acero, con uniones sistema Perkins.

#### OBSERVACIONES SOBRE LOS EVAPORADORES

La seccion completa de los nuevos evaporadores se componia de 9 evaporadores; pero se armaron solamente 6, i 3 quedaron sin armarse.



En el principio de la instalacion de los evaporadores nuevos se anduvo con triple efecto, segun como se habian construido esos aparatos.

Actualmente hacen la evaporacion de las aguas madres al aire libre. Se sabe que, haciendo la evaporacion de un líquido en el vacío, se economiza mucho carbon, sobre todo si se anda con triple efecto, como lo hacen en las fábricas de azúcar.

Ya he dicho que los evaporadores fueron combinados para andar con triple efecto, pero el ensayo que se hizo al principio fué mal hecho, porque no hicieron circular los caldos de un aparato a otro de un modo continuo, como se debia hacer.

Cuando trabajaron las aguas madres con triple efecto, anduvieron con 55 a 60 libras de presion en los calderos i

La primera fondada se hacia en . . .	6½ horas
La segunda id. id. en . . .	6 id.
La tercera id. id. en . . .	6 id.

Trabajando con triple efecto se gastaba en los evaporadores 1 kilo de carbon por 3 kilos de nitrato producido en las bateas. Trabajando como ahora, al aire libre, se gasta 1 kilo de carbon por 2 kilos de nitrato producido en las bateas.

Andar con triple efecto consiste en mandar el vapor de las calderas al serpentín del primer aparato, i mandar al serpentín del segundo evaporador el vapor producido en el primero i mandar al tercer aparato el vapor del segundo, tal como lo indica el croquis número 18.

El tercer evaporador se pone en comunicacion con un condensador que hace el vacío encima del caldo, facilitando la evaporacion.

## LAVADO DE LA SAL NITROSA

La sal nitrosa, como lo hemos visto mas arriba, proviene de los fondos de las bateas de la seccion evaporadora i disolvedora, i de los estanques chulladores de las aguas madres primeras i segundas.

La sal nitrosa tiene, mas o ménos, la composicion siguiente:

Nitrato de soda. . . . .	83.6%
Sal. . . . .	14.0
Sulfato de soda. . . . .	0.8
Borra (materia insoluble). . . . .	1.6
	<hr/>
	100.0 %

Para el lavado de la sal nitrosa se utiliza uno de los aparatos evaporadores antiguos. La sal nitrosa llega en carros al pié de un elevador, que la sube al piso superior de los evaporadores viejos.

Se echa en el evaporador una cierta cantidad de agua del mar, se deja entrar el vapor en los tubos calentadores i se pone en movimiento el agitador; cuando el agua está tibia se echa en el evaporador 150 quintales de sal nitrosa. El evaporador así cargado se hace hervir dos horas, i se echa el todo al chullador situado mas abajo, donde se asientan la borra i la sal. Despues de tres horas de descanso en el chullador, se pasa el caldo a las bateas de la seccion evaporadora, donde queda cinco a seis dias. El nitrato se cristaliza i las aguas madres se juntan con las aguas madres primeras de las bateas de la seccion disolvedora.

Se echa la borra en un estanque donde la lavan; esta agua de lavado se junta con las demas aguas de lavado i el residuo se bota al mar despues de asegurarse de que no contiene sal o nitrato en proporcion apreciable.

## LAVADO DE LA SAL IMPURA

Como hemos visto mas arriba, la sal impura proviene de la evaporacion de las aguas madres primera i segunda en los evaporadores nuevos.

Esta sal tiene mas o ménos la composicion siguiente:

Sal. . . . .	83.0 %
Sulfato de soda. . . . .	13.5
Nitrato. . . . .	3.5
	<hr/>
	100.0 %

El lavado de la sal tiene por objeto eliminar el sulfato de soda i el nitrato que contiene, para venderla.

Se estraen diariamente 500 quintales de sal de los evaporadores nuevos.

Los carros de sal llegan al pié de un elevador, el cual sube la sal al piso superior de los evaporadores antiguos.

Despues de haber echado al evaporador la cantidad de agua salada que conviene (agua procedente de un lavado anterior), se deja entrar el vapor en los tubos calentadores; se pone el agitador en movimiento i se principia a echar la sal en el evaporador.

Se mantiene la temperatura a 32° centígrados i al cabo de una hora se deja caer el todo en un chullador. Cuando la sal ha descansado en el chullador, se manda el agua de lavado (salada i sulfatada) a un estanque

especial i allí se deposita la borra, 24 horas despues la hacen pasar a un estanque mas bajo.

Esta agua, despues de varios lavados de sal impura, se carga de sulfato de soda, i no siendo apta ya para lavar sal impura, habria que botarla, lo que hacian anteriormente. Operando así, botaban sal al mar; i teniendo buena venta la sal, pensaron estraer el sulfato de soda de esa agua de lavado para utilizarla siempre.

Para esa operacion utilizaron la propiedad que tiene el sulfato de soda de ser insoluble en el agua a 0° centígrado. Hoi dia mandan el agua salada de lavado a un estanque, de donde pasa por una máquina frigorífica que estraer el sulfato de soda i la devuelve apta para hacer nuevos lavados.

La sal lavada en los evaporadores viejos, que no alcanza a una lei de 93%, la pasan por un tornillo donde la lavan otra vez. Si la sal lavada en los evaporadores viejos tiene una lei superior a 93%, la echan al depósito, donde se seca un poco i sube en lei hasta 94 o 95%.

#### TORNILLO DE LAVADO DE LA SAL

Se echa la sal en A. El tornillo la va trasportando a B, al pié de un elevador, que la vuelve a echar en un carro. (Ver cróquis núm. 14.)

El agua de lavado, que es agua del mar tibia, llega por C i sale en D, andando en sentido contrario al de la sal. El lavado es metódico, el grado de la sal sube de 1 a 1½ grado, pero el peso de sal disminuye en un 25%.

En realidad, no hai pérdida; el agua de lavado se echa al estanque que alimenta el aparato frigorífico de estraccion de sulfato. En todo caso es una manipulacion su-

plementaria i deben hacer lo posible para evitar pasar la sal por el tornillo calculando bien la cantidad de agua que se necesita para el lavado de la sal en los evaporadores antiguos, i mas bien echar mas agua que ménos, ya que con el aparato de estraccion del sulfato no se bota esta agua en el mar, como anteriormente.

APARATOS DE ESTRACCION DEL SULFATO DE SODA DE LAS AGUAS DE LAVADO DE LA SAL IMPURA DE LOS EVAPORADORES.

El sulfato de soda es insoluble en el agua a la temperatura de 0° centígrado.

Se ha aprovechado esa particularidad para extraer el sulfato de soda de las aguas de lavado de la sal; no, como lo han creído, para utilizar el sulfato de soda, sino para servirse siempre de las mismas aguas para el lavado de la sal i por consiguiente no botar agua salada al mar, es decir, no botar sal, que tiene buena venta. (Ver cróquis núm. 15.)

El agua de lavado de la sal impura se recoje en el estanque B despues de haberla decantado. Del estanque B, el agua salada i con sulfato de soda, baja por el tubo C al estanque frigorífico D, en el cual llega a la temperatura de 14° (mas o ménos, segun la temperatura del aire). Cuando el agua llega a la estremidad del estanque, ya no tiene mas que 10° centígrados; de allí pasa por el tubo E al estanque F, i alcanza a enfriarse hasta 0° centígrado. En este trayecto el agua salada ha depositado todo el sulfato de soda que tenia en disolucion.

El sulfato de soda se cuaja sobre los discos movibles *a. a. a. a.*—*b. b. b. b.*, en los cuales circula el líquido frigorífico.

En los discos *b. b. b.* circula una disolucion de cloruro de calcio que proviene de la máquina de hielo.

En los discos *a a a a* circula el agua salada fria a 0° que acaba de despojarse del sulfato de soda; esta agua salada se recoje en el estanque N, de donde vuelve a utilizarse para el lavado de la sal. El sulfato de soda cuajado se desprende con cuchillos fijos, que raspan las dos caras de los discos que están animados de un movimiento de rotacion. El sulfato desprendido así cae sobre un tornillo que lo conduce al pie de los elevadores O P, que lo botan en el estanque G. De allí el sulfato se echa en una turbina H, que lo seca; despues cargan el sulfato en un carro que lo va a depositar sobre una era, esperando que haya venta para ser trasformado en sulfato cristalizado ordinario o en sulfato anhidro.

La máquina de hielo que se emplea en esta estraccion de sulfato de soda es de un poder de produccion de 350 kilos de hielo por hora o sea 4,800 kilos en 24 horas.

El sulfato de soda que sale de la turbina se presenta con el aspecto de nieve mui blanca i de grano mui fino. Bajo esta forma no ha tenido venta; ha habido que trasformarlo en cristalicacion gruesa, disolviéndolo a 30° con un poco de agua i haciéndolo cristalizar en bateas; bajo esta forma puede ser empleado por los farmacéuticos. La mayor venta que ha habido es bajo la forma de sulfato anhidro para la fabricacion del vidrio blanco en Lota.

#### TRASFORMACION DEL SULFATO DE SODA CRISTALIZADO CON 10 EQUIVALENTES DE AGUA, EN SULFATO DE SODA CRISTALIZADO I ANHIDRO.

El sulfato de soda que sale de la turbina es cristalizado con 10 equivalentes de agua; para utilizarlo en la fabri-



cacion de vidrio blanco es necesario trasformarlo en sulfato anhidro.

En un evaporador viejo se echa un poco de agua que se mantiene a la temperatura de 30 a 35° centígrados; se pone en movimiento el agitador i se va echando poco a poco 300 quintales de sulfato de soda cristalizado tal como sale de la turbina. Cuando todo el sulfato está fundido, se echan poco a poco 65 quintales de sal impura. La sal absorbe el agua de cristalización del sulfato de soda, i lo transforma en sulfato anhidro, que se precipita.

Cuando está bien concluida la operacion, es decir, la disolucion de la sal, i la precipitacion del sulfato anhidro, se deja caer el todo en un chullador, se separa rápidamente el líquido (agua salada) i se echa el sulfato anhidro mojado con agua salada en un carro que lo lleva a las turbinas. Despues de las turbinas se pasa el sulfato anhidro sobre un horno especial donde lo secan. Una vez seco, se tamiza para separarlo de las impurezas.

La operacion del turbinaje debe hacerse lo mas rápidamente posible, porque el sulfato anhidro al enfriarse absorbe de nuevo el agua de cristalización, se cuaja como el yeso i se pone mui duro.

#### ESTRACCION DEL YODO DE LAS AGUAS MADRES TERCERAS

Se precipita el yodo de las aguas madres terceras tratándolas por el bisulfito de soda. El bisulfito de soda se produce por la accion del ácido sulfuroso sobre el sal natron en disolucion (sal natron).

#### FABRICACION DEL SAL NATRON (Carbonato de soda)

Se muelen 78 quintales de salitre con 22 quintales de carbon de piedra chileno, pasado por el cernedor nú-

mero 4. Se emplea para esto el salitre mas ordinario.

Se carga esta mezcla en un carro i se lleva a un horno redondo descubierto, situado en un lugar apartado. Se prende fuego a la mezcla, conduciendo la combustion de tal modo que la masa de natron quede esponjosa; si es demasiado esponjosa, se le echa un poco de nitrato; si no es bastante, se le echa carbon.

Esta mezcla de carbon con nitrato arde con llamas de mucha altura i demora una hora en quemarse.

La masa líquida producida por la combinacion pasa a la segunda parte del horno, que es mas baja. A los tres o cuatro dias esta masa fluida se ha solidificado; enfriándose, la dividen en pedazos que llevan al lavado.

Este natron impuro es verde; lo disuelven en un estanque de fierro en agua caliente; todas las impurezas quedan en el fondo.

Se pasa el líquido a un estanque chullador (de decantacion), de allí lo conducen a un pozo, de donde una bomba lo eleva a un estanque de fierro.

#### PREPARACION DEL BISULFITO DE SODA (Ver croquis núm. 15)

Se quema en un horno A el azufre bruto de Tacna (90%); el ácido sulfuroso gaseoso producido es aspirado, mezclado de aire, por un eyector D que lo hace borbotear en dos estanques B i C cerrados, conteniendo la disolucion de natron (carbonato de soda) que marca 40 a 42° Twaddle.

El ácido sulfuroso se combina con la soda del carbonato formando el bisulfito de soda i poniendo en libertad el ácido carbónico. El ácido carbónico del carbonato i el exceso de ácido sulfuroso son espulsados con el aire por el eyector, fuera del galpon.

Se ha ensayado reemplazar el ácido sulfuroso producido quemando azufre, por el ácido sulfuroso líquido fabricado por Raoul Pictet, pero parece que no dió el resultado que esperaban, saliendo mas caro este modo de hacer la operacion.

TRATAMIENTO DE LAS AGUAS MADRES POR EL BISULFITO  
DE SODA

Se utilizan para la extraccion del yodo las aguas madres terceras. En lugar de mezclarlas con las aguas de lavado, como en la fabricacion corriente, se llevan a unas tinas octogonales de madera armadas de agitadores. El agua tercera contiene mas o ménos 25 gramos de yodo por litro. La reaccion química es la siguiente:  $12 \text{ Na IO}^3 + 30 \text{ HNaSO}^4 = 9 \text{ H}^2\text{SO}^4 + 21 \text{ Na}^2\text{SO}^4 + 6 \text{ H}^2\text{O} + 12 \text{ I}^0$ .

Para cada tina llena se hace un ensayo preliminar, para determinar la cantidad de bisulfito de soda que se necesita para precipitar el yodo de los yodatos i yoduros, porque hai que tratar de no formar súlfuro de yodo, el cual es soluble en el bisulfito de soda.

Se echa en la tina la cantidad de bisulfito de soda determinada por el ensayo i se hace mover el agitador; el yodo se separa i queda en el fondo. Se separa el líquido i se recoge en el fondo de la tina el yodo, que lavan i aprensan para sacarle el agua ántes de sublimarlo en los hornos especiales. Se recojen las aguas madres tratadas en grandes estanques, donde dejan depositar una pequeña cantidad de yodo que tienen en suspension.

Se pierde 1 a  $1\frac{1}{2}$  por ciento de la cantidad del yodo contenido en las aguas madres.

Sucedé a veces que el borato de soda del agua madre obra como álcali e impide la acidificacion por el bisulfito

de soda; en este caso se opera la precipitacion del yodo, acidificando con el ácido sulfúrico. Se forma entónces ácido bórico que proviene de la descomposicion de los boratos i se recoje este ácido encima del agua. Las aguas madres de las cuales han estraído el yodo, contienen siempre un poco de yodo (lo que no tiene nada de estraño, siendo el yodo soluble en el agua en mui pequeña cantidad). Antes se mandaban estas aguas madres terceras a los evaporadores viejos despues de la estraccion del yodo, pero corroían estos aparatos; hoi dia se mezclan estas aguas con las de lavado. Cuando esta agua mezclada con las demas aguas de lavado pasa por los cachuchos, que las hacen hervir, el yodo se volatiliza i sale en los primeros instantes de ebullicion, con el vapor, que colora de morado. Estos vapores de yodo, mui diluidos, no corroen los aparatos.

#### SUBLIMACION DEL YODO

El yodo aprensado, tal como sale de las tinas de madera, tiene una lei 45 a 50%; lo subliman en retortas de fierro fundido, i el yodo volatilizado cristaliza en cañones de greda. Cuando el tubo de greda está lleno, se estraee el yodo cristalizado que alcanza a una lei de 99%. Para la venta se echa el yodo en barrilitos de madera forrados esterioresmente con cuero. Cuando trabaja la fábrica de yodo, se producen diariamente 3 quintales de yodo sublimado.

#### ESTRACCION

##### DEL ÁCIDO BÓRICO DE LAS AGUAS MADRES TERCERAS

Hemos visto, al tratar del tratamiento jeneral de las aguas madres terceras, que en la fabricacion corriente,

cuando no se estrae el yodo de las aguas madres, éstas se cargan poco a poco de boratos i se ponen impropias para disolver el nitrato.

Hemos visto tambien que en el tratamiento de las aguas madres para la estraccion del yodo, si hai exeso de álcali, se estrae este ácido bórico acidificando las aguas con ácido sulfúrico.

Se sabe tambien que habiendo un convenio entre las oficinas para limitar la fabricacion del yodo, para mantener su precio, cada oficina no puede estrair el yodo sino cuando recibe aviso de la Direccion de la Asociacion Salitrera. En estas circunstancias es cuando se necesita estrair el ácido bórico de las aguas madres, sin estrair el yodo.

Si se tratan las aguas terceras por el ácido sulfuroso solo, el ácido bórico proveniente de la descomposicion de los boratos, se deposita en el fondo de la tina.

Si se trata el agua tercera por el bisulfito de soda solo, se precipitaria primero el yodo.

Si se trata el agua tercera primero con cierta cantidad de bisulfito de soda justamente para que llegue al punto de precipitar el yodo, i se echa despues el ácido sulfúrico, el ácido bórico aparece i sube a la superficie, de donde es fácil recojerlo en estado de gran pureza, lo que no sucederia si se precipitara en el fondo de la tina, donde se precipitaria en forma de pólvora fina, que se mezclaria con las impurezas del fondo.

Tratando las aguas madres con bisulfito i ácido sulfúrico, el ácido bórico producido se recoje a la superficie bajo la forma de lamelas, forma bajo la cual están acostumbrados a verlo.

## Embarque del salitre

El salitre se ensaca en el mismo depósito, al pié de las diferentes rumas; los sacos llenos quedan allí hasta el momento del embarque.

Para embarcar el salitre, cargan los sacos sobre carros plataforma, en el mismo depósito; los carros cargados van solos al muelle de la Compañía por una via inclinada. Llegando al muelle, los carros pasan por una romana donde se apunta, en presencia de un empleado del fisco, la cantidad embarcada. De los carros dejan resbalar sobre unas tablas los sacos, que se amontonan en las lanchas que las llevan a bordo.

## Observaciones jenerales

Despues de haber descrito el modo de elaboracion del salitre en Antofagasta, creo conveniente hacer algunas observaciones jenerales sobre esta elaboracion, que son las siguientes:

*Dificultad de disolucion del caliche.*—El caliche de Antofagasta que contiene sulfato de soda anhidro, es en jeneral mui duro i poco poroso, i miéntras mas sulfato contiene, mas duro es. Ha ientónces necesidad de emplear para disolverlo, mas tiempo, mas temperatura, mas movimiento de agua que para un caliche poroso, de alta lei i blando.

*Presion de vapor.*—En la Compañía de Antofagasta están empleando ahora mui bajas presiones de vapor, de 30 i 35 libras, por falta de calderos. En el trascurso de los años han desarrollado las fabricaciones anexas a la del nitrato sin aumentar la cantidad de calderos, de



manera que hoy faltan calderos, pues la presión de éstos no alcanza a más de 30 o 35 libras de presión ( $2\frac{1}{2}$  k.)

Empleando vapor de 80 libras de presión,  $5\frac{1}{2}$  k., se podría aumentar el poder de producción en un 50%, o bien sacar mejor provecho del caliche haciendo circular el caldo en 12 cachuchos en lugar de 8.

*Movimiento del caldo en los cachuchos.*—En cuanto al aumento del movimiento del caldo en los cachuchos, no parece la cosa posible sin modificar por completo la construcción de los cachuchos, lo que parece sería conveniente estudiar bien en una instalación por hacer, pero que parece imposible en una instalación tan obstruida como la actual.

*La cantidad de nitrato que se saca del caliche.*—Lo que se bota al mar en rípios i líquidos.—Demas pérdidas de nitrato.—Se pierde nitrato por rípios i aguas botados al mar, borras i diferentes manipulaciones,  $8\frac{1}{2}$ % del caliche tratado.

Es decir que si se trata, por ejemplo,

caliche de . . . . .	21.5%
	—8.5
	—————
se saca solo . . . . .	13.0%

No botando aguas al mar se perdería solo el 6.5%; pero para eso habría que recoger los rípios en seco, botarlos al mar con carretas, o más bien, todavía conservarlo en un lugar apartado donde se podría utilizar más tarde, cuando el nitrato, la sal i el sulfato de soda alcanzaran a precios más subidos.

*Gasto de carbon por quintal de salitre producido.*—Se gasta actualmente (1895) algo como 58 libras de carbon por quintal de salitre producido, trabajando caliche

de 21.5%; trabajando caliche mas rico, se gasta la misma cantidad total de carbon; pero como se ha producido mas salitre, la cantidad que corresponde a cada quintal de salitre es mucho menor.

*Economia de carbon usando los evaporadores con triple efecto.*—Si los evaporadores anduvieran con triple efecto, no se gastaria, tratando caliche de 21½%, mas que 50 libras de carbon por quintal de salitre estraido.

Estas 8 libras de economía por cada quintal de salitre producido, representarian al año algo como 40 o 50,000 pesos, lo que cubriría luego los gastos de modificacion de los aparatos.

*Modificacion de los calentadores de los cachuchos.*— Hemos visto, al tratar del trabajo en los cachuchos, que recojiendo el agua resacada de los tubos calentadores de los cachuchos se podria juntar unos 100 metros cúbicos diarios; agua que permitiria alimentar la mayor parte de los calderos con agua dulce, lo que facilitaria mucho el servicio i daria por resultado una economía en el gasto de carbon i en la limpieza i compostura del caldero.

Creo que con el sistema actual se podria llegar a un mejor resultado, manteniendo estos calentadores en mejor estado i renovándolos mas a menudo. En todo caso, si no se puede en absoluto contar con uniones firmes, se podria (cuando hai escape) purgar los serpentines cada vez que se les echa el vapor, ántes de recojer las aguas en los estanques de condensacion.

Una vez con presion, los calentadores no dejan entrar el caldo; solo dejaran salir el vapor por el escape.

Se comprende que esta cuestion de alimentacion de calderos con agua dulce es una cuestion capital que merece tomar cuidado i molestia en la conservacion de los tubos calentadores.

*Utilizacion de la sal natural del Salar del Cármen.—*

Ya hemos visto que la sal del salar del Cármen tiene aproximadamente la composicion siguiente:

Cloruro de sodio (sal) . . . . .	80%
Sulfato de cal. . . . .	1 »
Materias insolubles (arena arcillada). . . . .	19 »
	100 %

Hai en el salar del Cármen unos 6 millones de quintales españoles de sal de esta composicion en la superficie del suelo, bajo la forma de escrescencias, fácil de recojer.

Se vende actualmente esta sal al establecimiento de Playa Blanca (Compañía de Huanchaca) para la cloruracion de minerales de plata. Se vende al precio de 25 centavos el quintal, dejando solo una utilidad de doce centavos por quintal. Esta utilidad es insignificante cuando se piensa que con facilidad se puede preparar con ella sal de lei igual i del mismo aspecto que la sal de Liverpool. La sal que viene en saquitos de 10 libras, cuesta en Liverpool algo como 6 pesos (de 18 peniques) el quintal i paga 2 pesos de internacion, de manera que sin contar el trasporte, la sal de Liverpool en saquitos cuesta en Chile al rededor de 8 pesos el quintal (con cambio de 18 peniques).

El salitre, con toda la complicacion de su fabricacion, solo alcanza un precio de 2 a 3 pesos el quintal. Se ve, pues, que vale la pena emprender el negocio de la sal, que podria dejar una utilidad enorme. Por eso me permito entrar en los detalles de su fabricacion.

No hai otro modo de estraer la sal de los salares naturales, que por disolucion.

En Europa, todas las fábricas de sal fina operan del mismo modo: por disolucion i evaporacion. Es un error creer (como lo han creído en la oficina de la Compañía de Salitres de Antofagasta) que se puede lavar esta sal tan fina, molida que sea; nunca se alcanzaria a estraer la arena ni toda la arcilla, que siempre daria un color amarillo mui oscuro, i no tendria venta ninguna, sino para usos industriales, ni mas ni ménos que la misma sal natural.

Para disolver la sal del salar del Cármen, habria que molerla finamente en trituradoras de cilindros, ajitarla con agua en un aparato análogo a los evaporadores antiguos. Despues de hecha la disolucion a la temperatura ordinaria, habria que pasarla a un primer chullador (estanque de decantacion), donde se quedaria una hora i depositaria la arena; despues a otro chullador, donde permanecería 24 horas i depositaria toda la arcilla. Despues de descansar este tiempo, la disolucion quedaria completamente clara i se podria evaporar.

Hai tres modos de evaporar tratándose de grandes cantidades:

1.º El mas económico seria por evaporacion en bateas al aire libre;

2.º El mas sencillo, para pequeñas cantidades, seria en evaporadores abiertos, como los actuales;

3.º El mas económico, como gasto de carbon, seria en evaporadores cerrados, combinados con triple efecto.

Voi a examinar sumariamente estos tres procedimientos.

1.º *Evaporacion de la disolucion salina al aire libre.*— Para hacer una evaporacion al aire libre no convendria la costa, porque no habria casi ninguna evaporacion en los seis meses de invierno i habria que multiplicar des-

medidamente la superficie de evaporacion. En esas condiciones convendria mas bien buscar un lugar donde el aire sea seco i el mas cercano al salar, al lado de la línea del ferrocarril. El inconveniente es que habria que servirse de agua de pozo, que parece limitada i que contiene sulfato de cal i de soda, i habria que botar una parte de las aguas madres para conservar una lei suficiente a la sal. Habria tambien el gasto de subida del salar al lugar escojido para establecer la salina. Este modo seria el mas sencillo si se tratara de producir grandes cantidades de sal fina.

2.º *Evaporacion en evaporadores abiertos.*—Es el modo mas sencillo tratándose de pequeñas cantidades i de ensayos para establecer una corriente comercial.

La Compañía de Salitres podria utilizar tratándose de pequeñas cantidades, los evaporadores nuevos actuales, tales como están instalados.

El gasto de carbon seria de un quintal por quintal de sal producido, o sea \$ 0.80, pero habria una produccion de agua resacada de 200 litros por quintal de sal producido. En la práctica no habria que contar mucho con esta venta de agua, ya que ahora sobra para la venta el agua resacada; de todos modos, serviria para la alimentacion de los calderos.

3.º *Evaporacion en evaporadores cerrados, combinados con triple efecto.*—Este sistema seria el mas económico como gasto de carbon, pero el mas costoso como instalacion.

El gasto de carbon seria de medio quintal por quintal de sal, o sea \$ 0.40, la mitad del gasto hecho en evaporadores abiertos. Habria tambien produccion de agua resacada que podria servir para la alimentacion de los calderos.

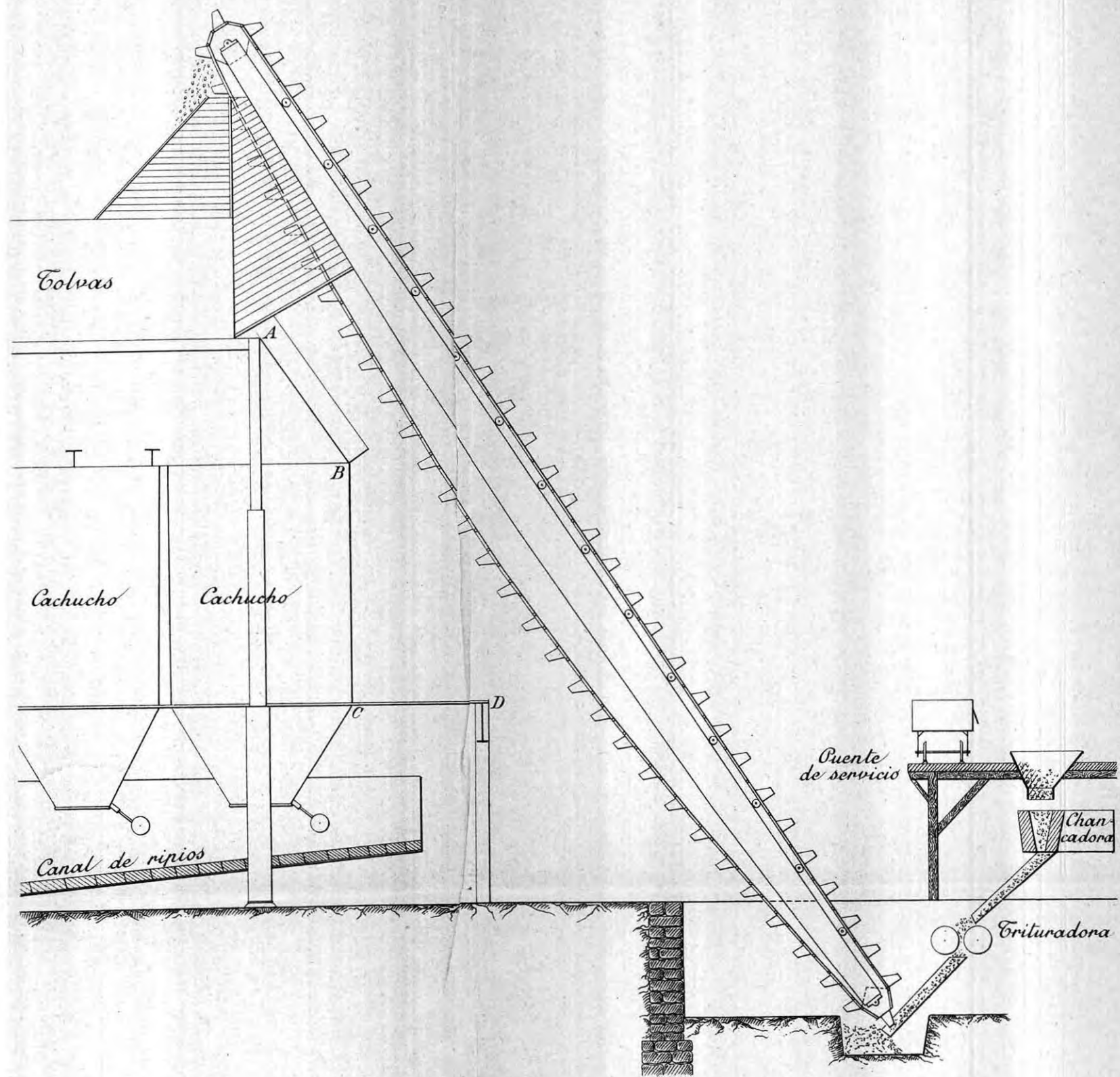
Estas observaciones hacen ver que si la Oficina de la Compañía de Salitres de Antofagasta representa un adelanto sobre las demas oficinas en la elaboracion de nitrato i el aprovechamiento de los sub-productos, este modo de elaboracion es susceptible de muchos perfeccionamientos de importancia, bajo el punto de vista económico i racional.

Si es verdad que las calicheras ricas se agotarán en un porvenir no lejano, tambien es sabido que los yacimientos de caliche pobre son inagotables. El porvenir es, pues, para el tratamiento perfeccionado de los caliches pobres; por eso he pensado que podria ser de alguna utilidad la descripcion de los procedimientos empleados actualmente en Antofagasta para el tratamiento de caliche duro, de baja lei, i que contienen sulfato de soda.

ENRIQUE LABEYRIE

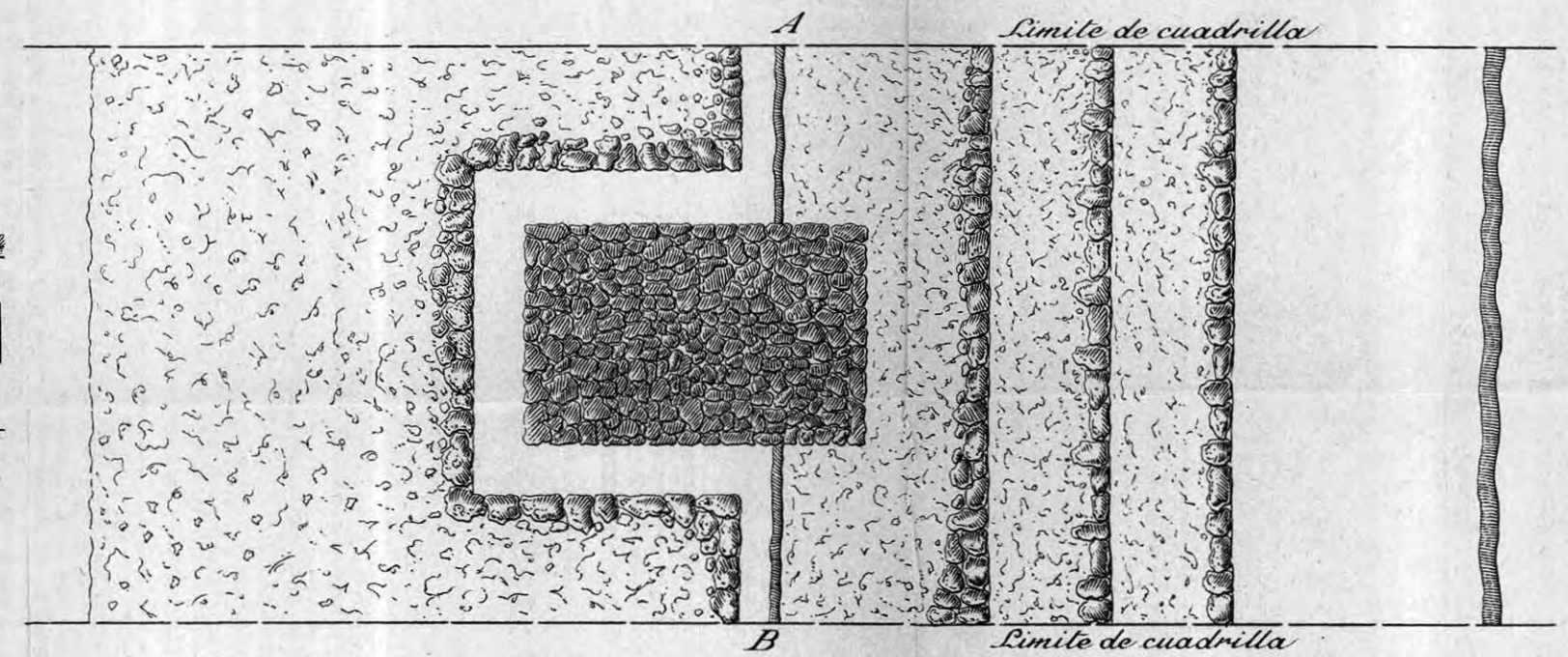
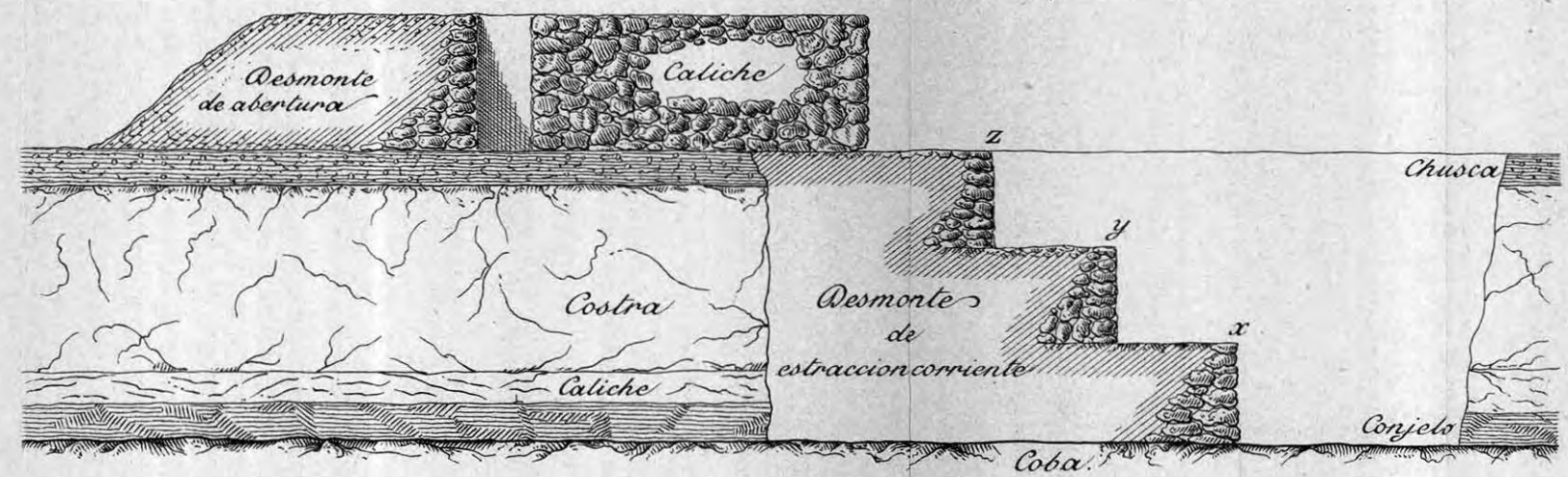






Calichera en explotacion corriente.

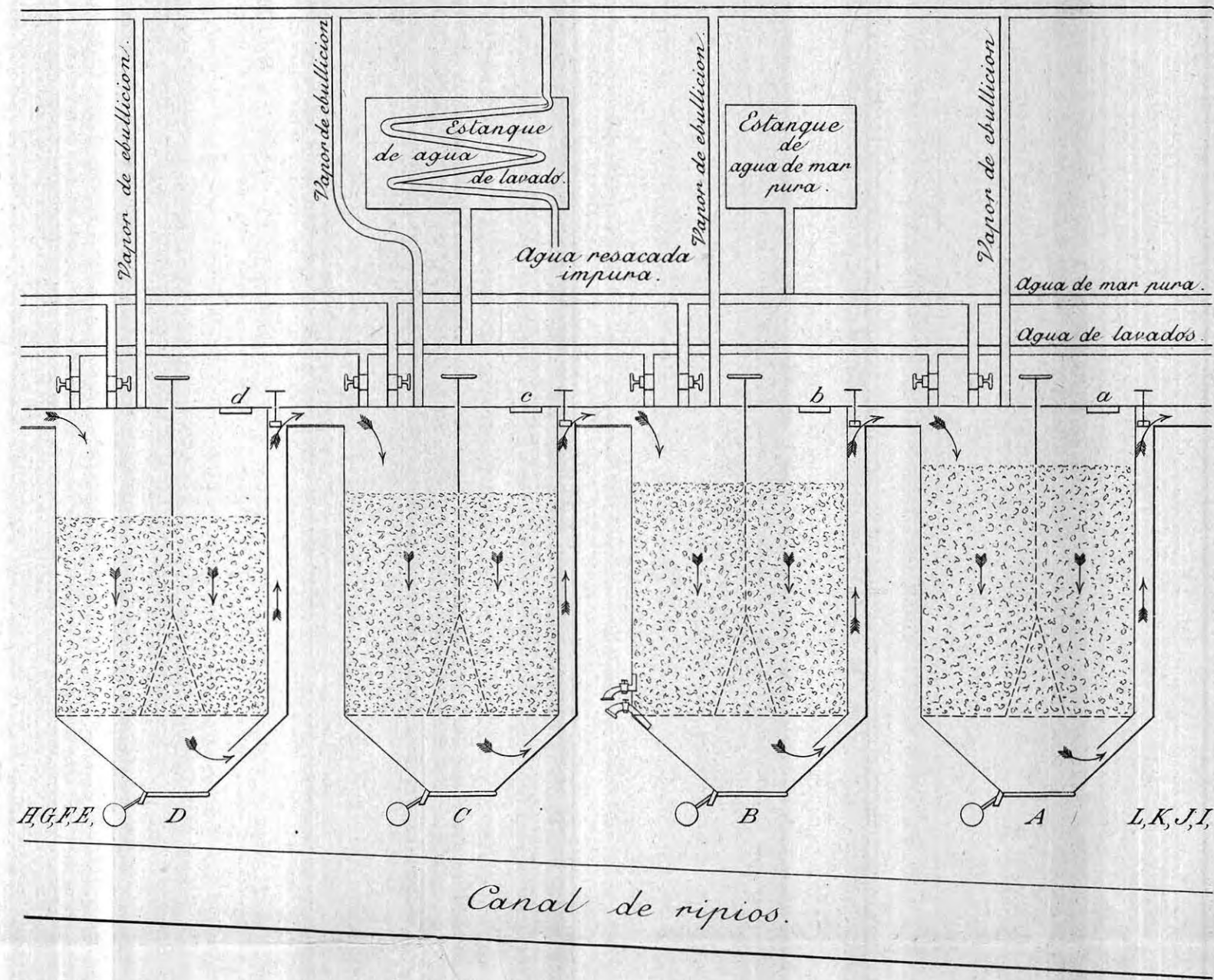
Corte vertical por el medio.



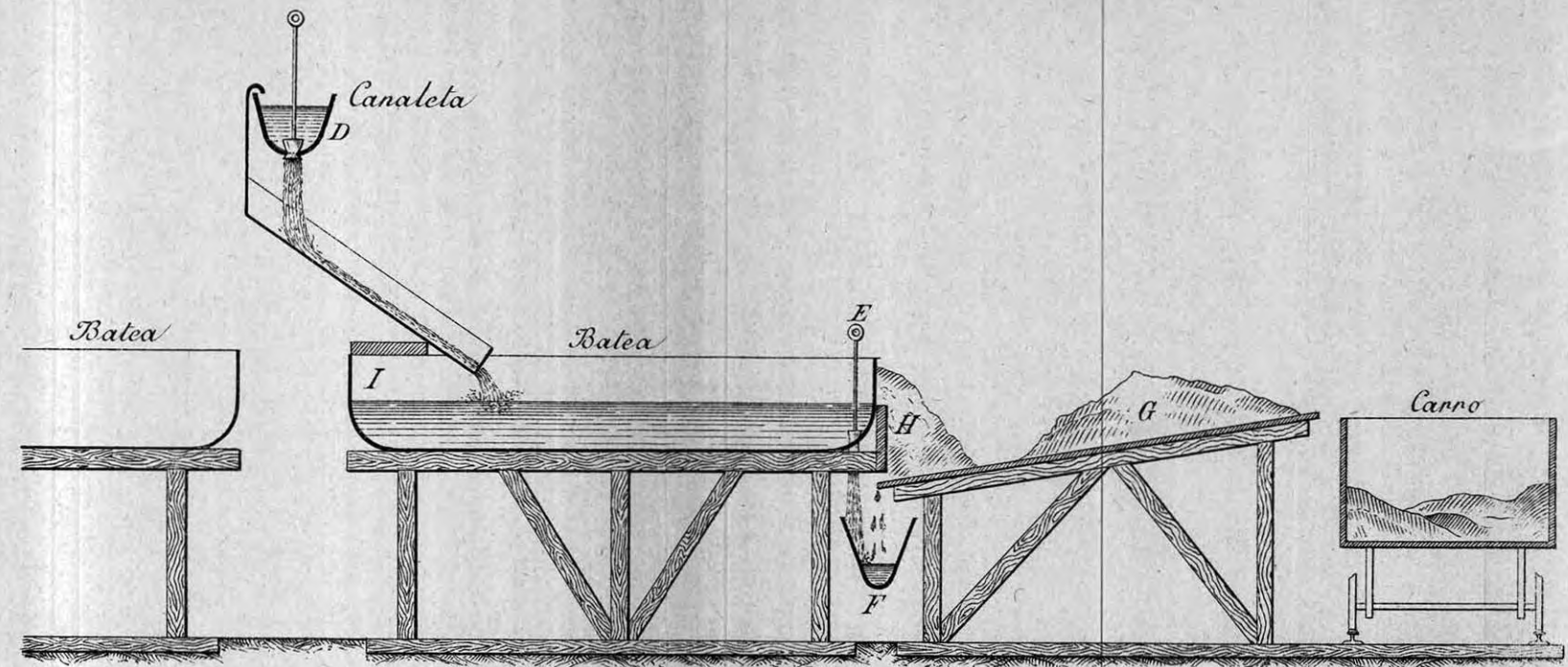
Plano.



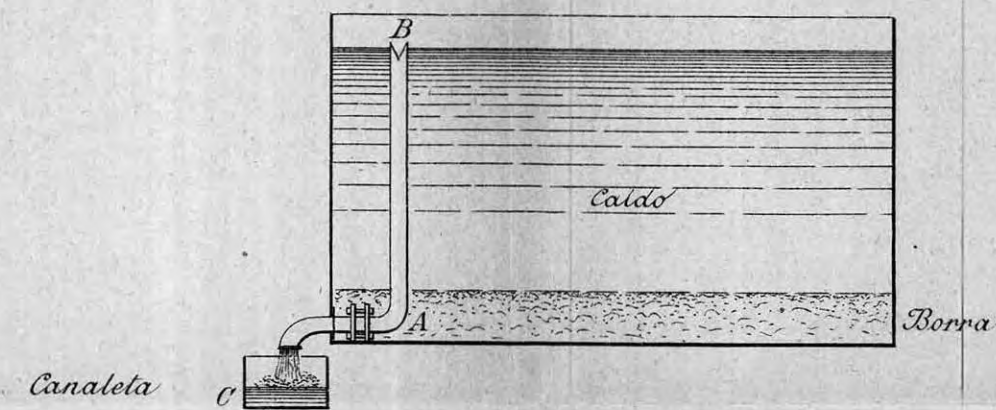
Croquis N.º 8.



Croquis N.º 10.

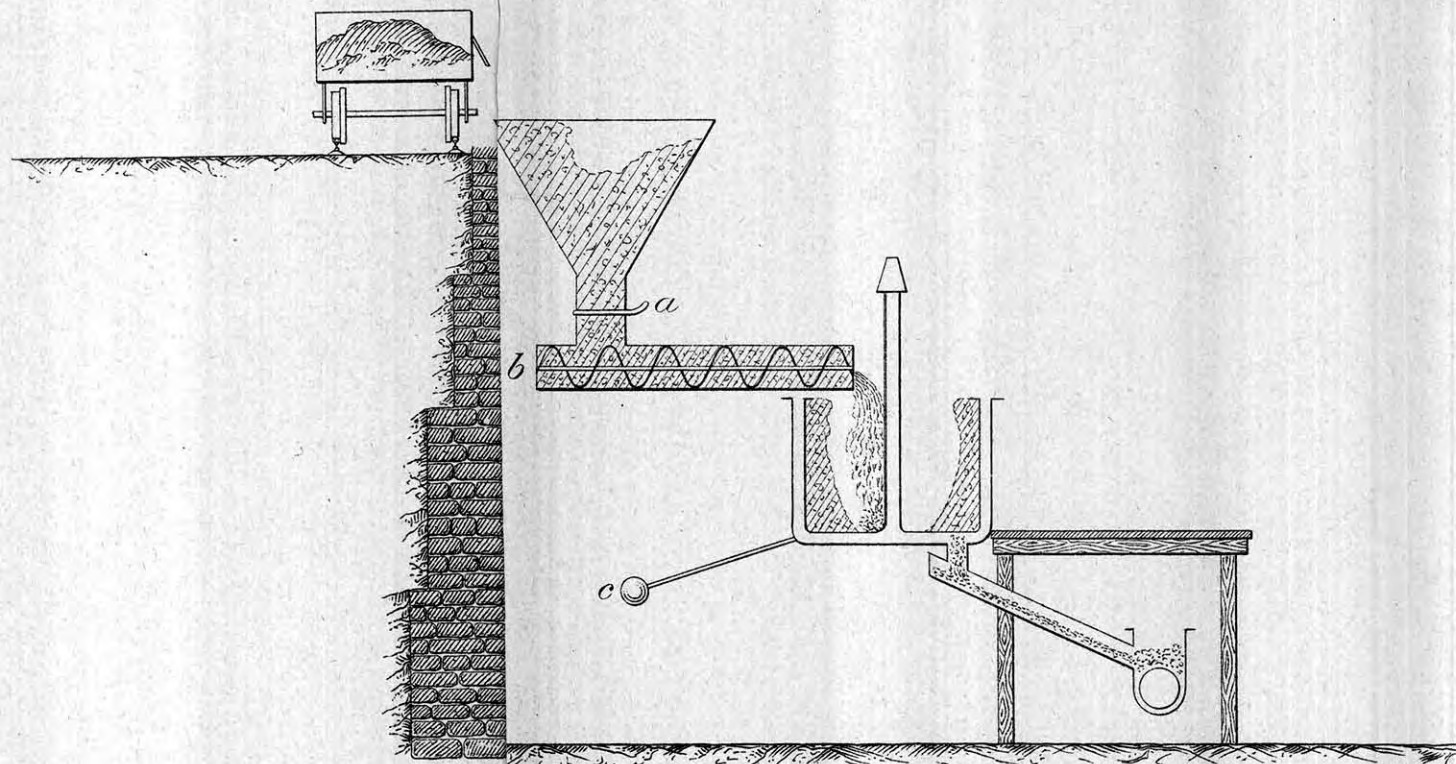


Croquis N.º 9.

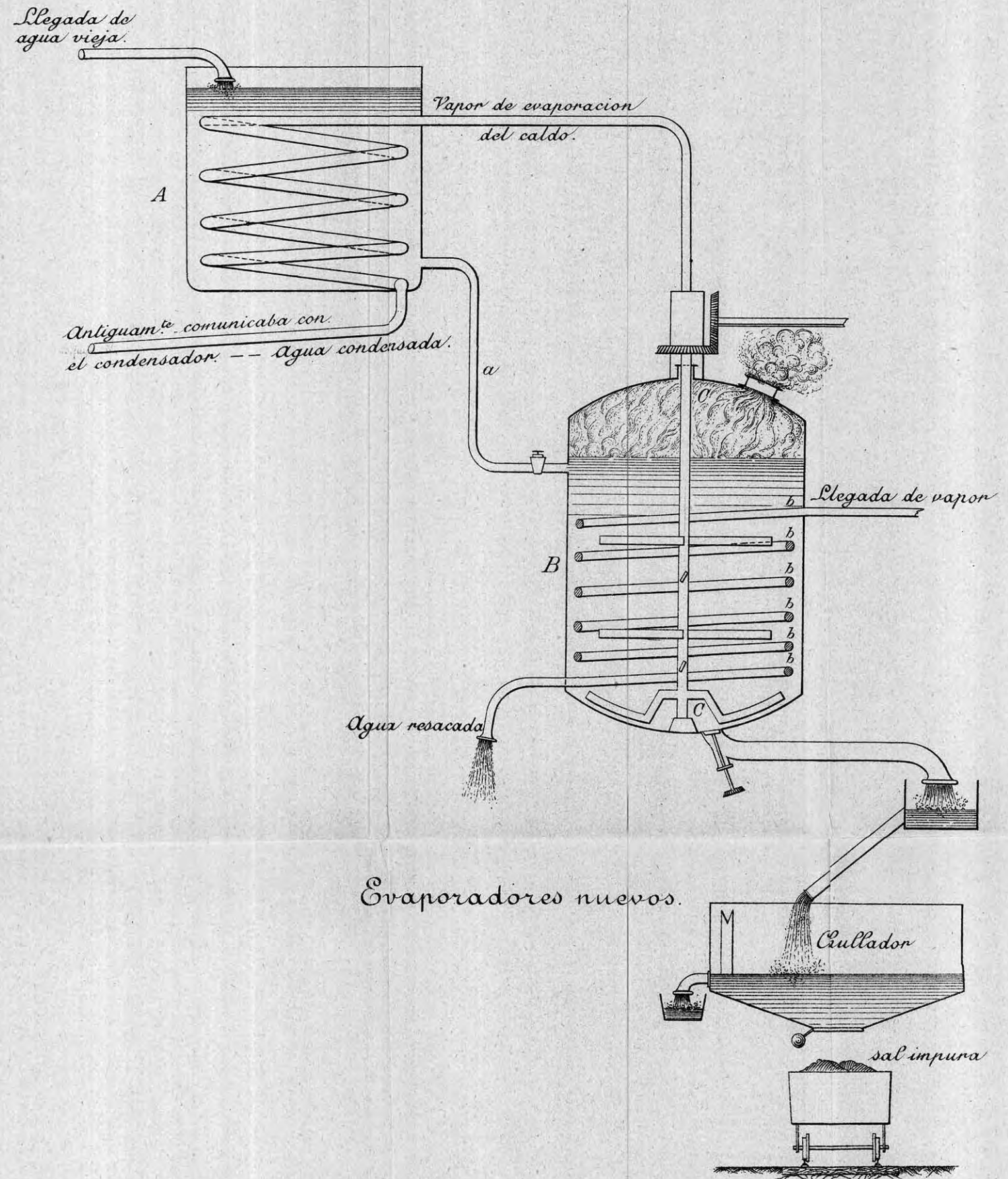


Chullador.





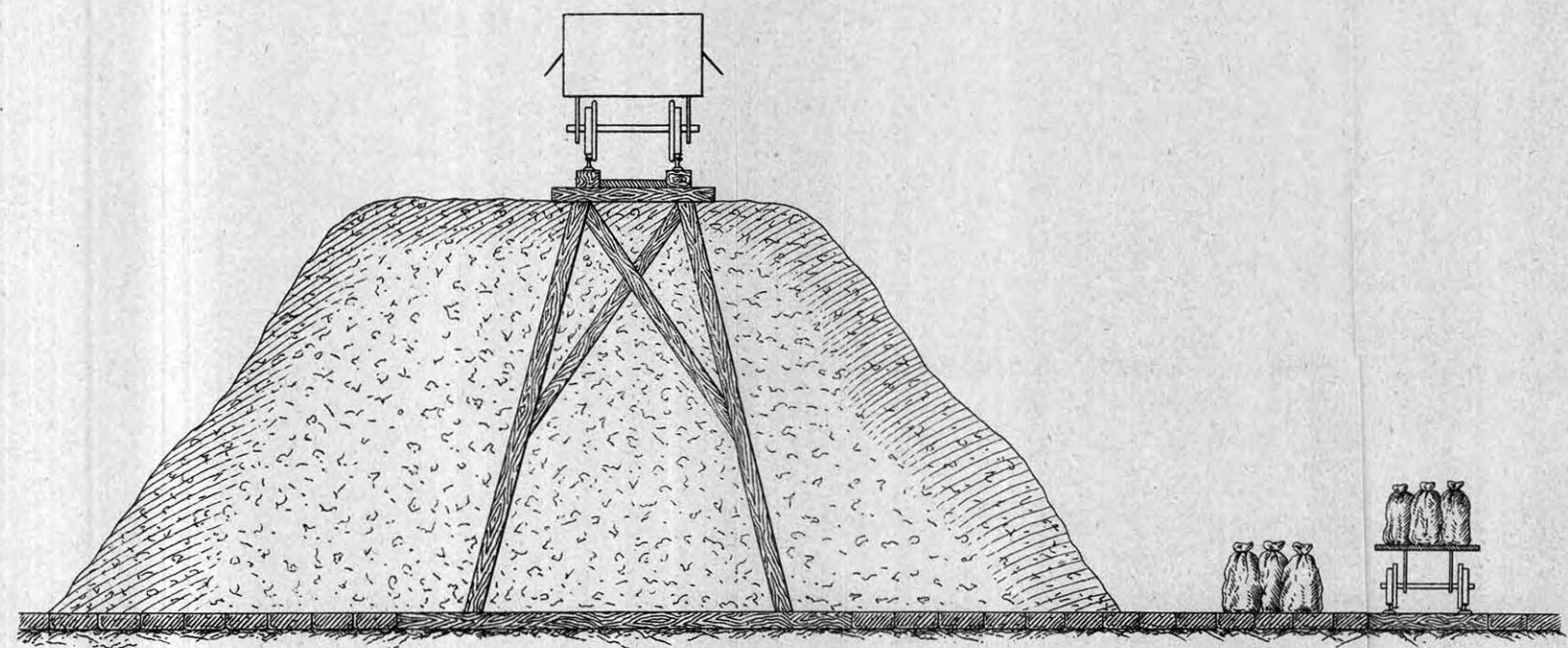
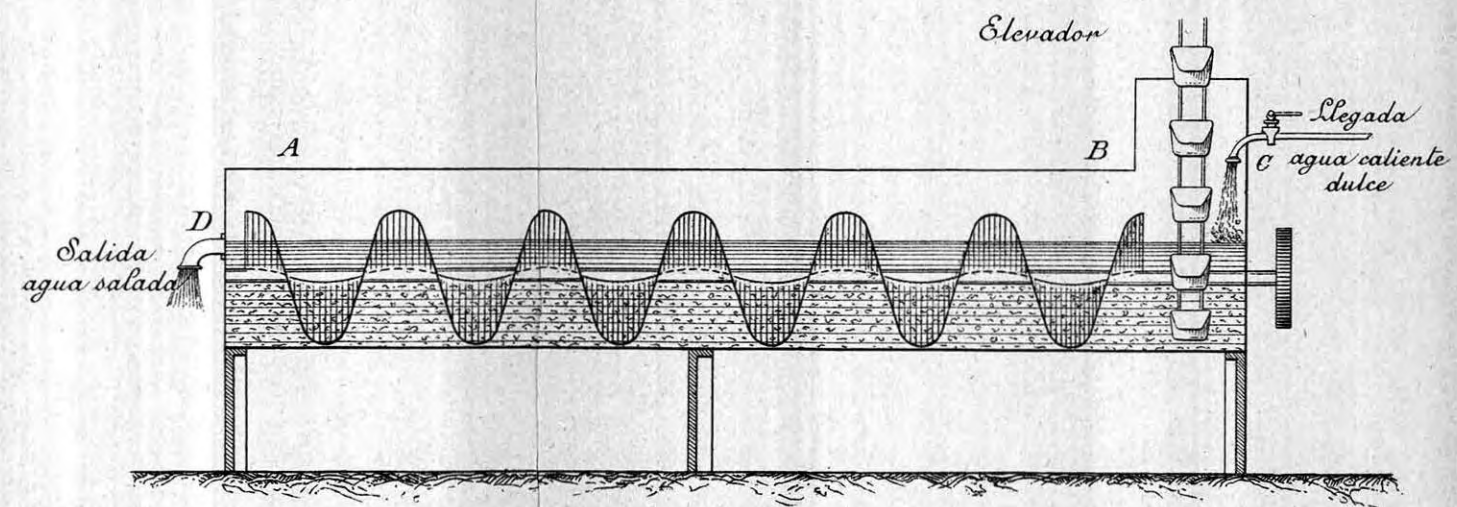
Turbinas



Evaporadores nuevos.



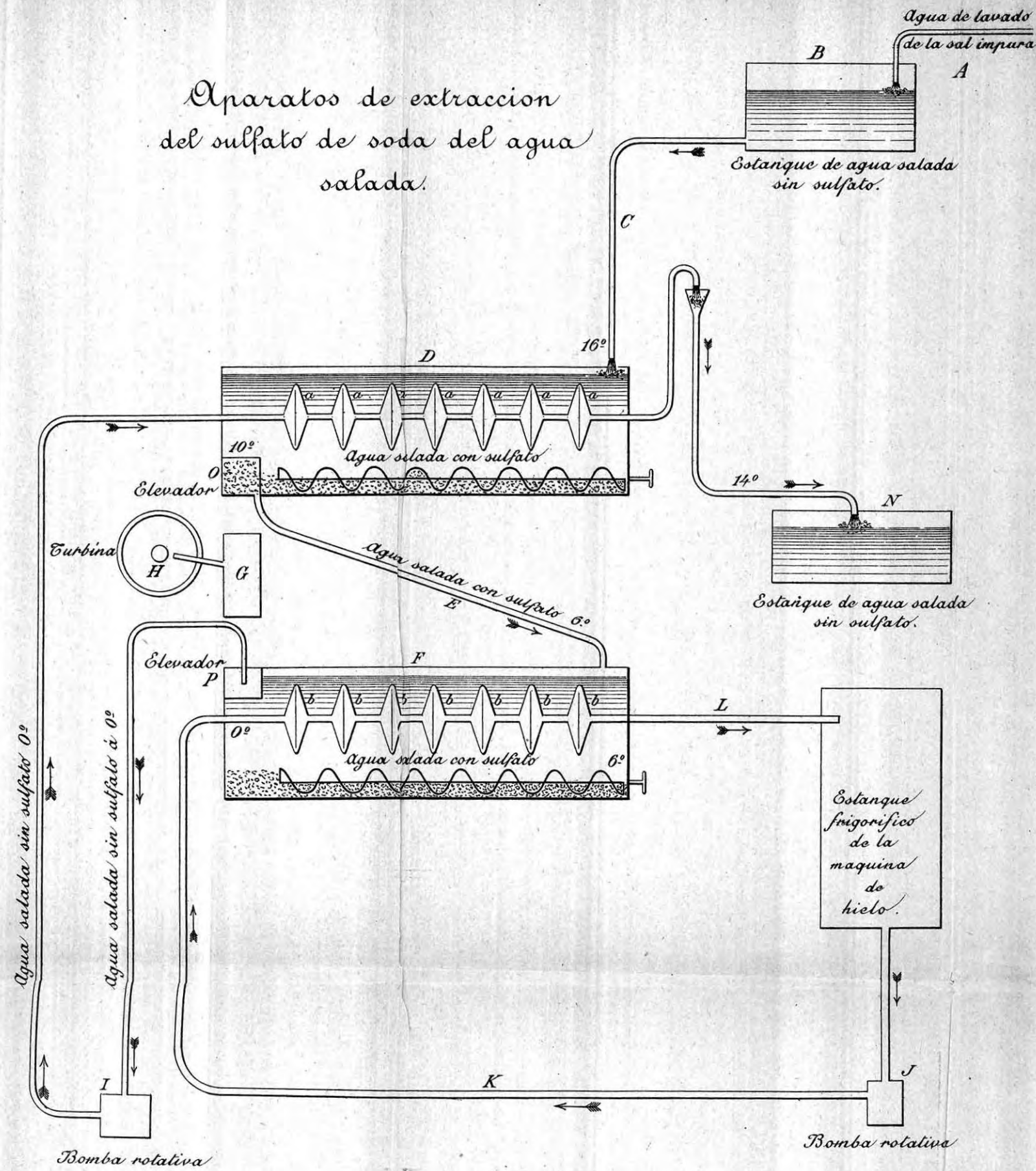
Tornillo para el lavado de la sal



Cancha de deposito de salitre

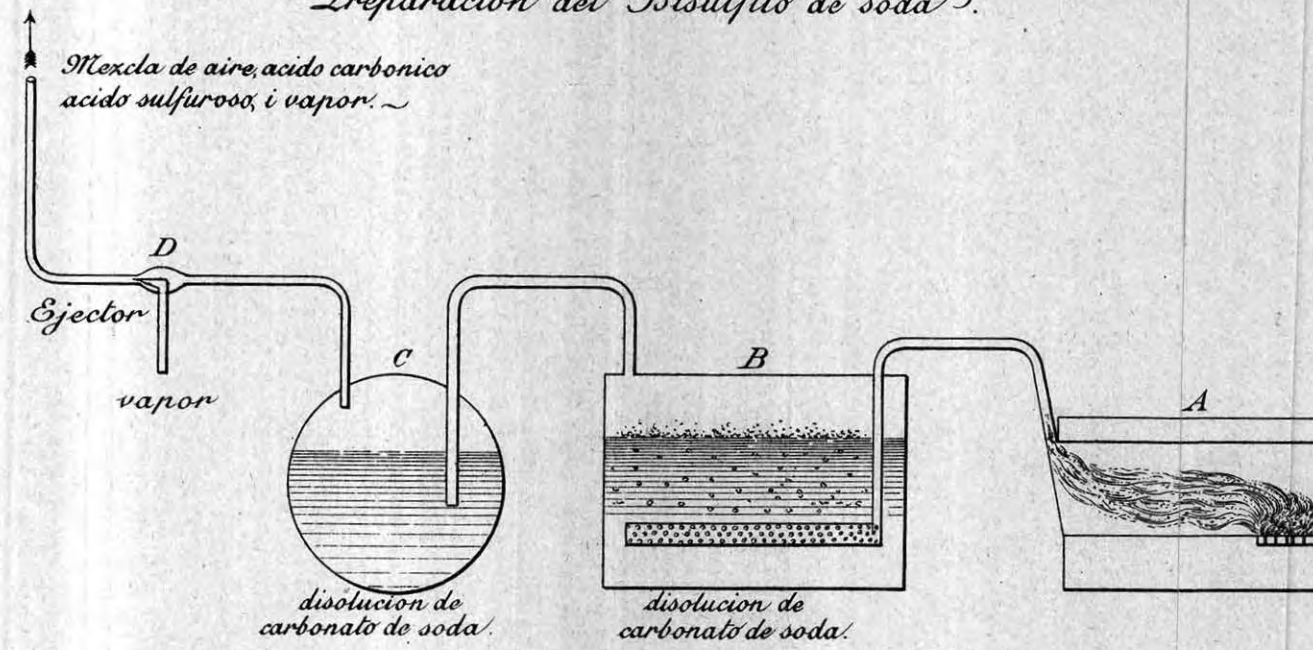


Aparatos de extraccion  
del sulfato de soda del agua  
salada.

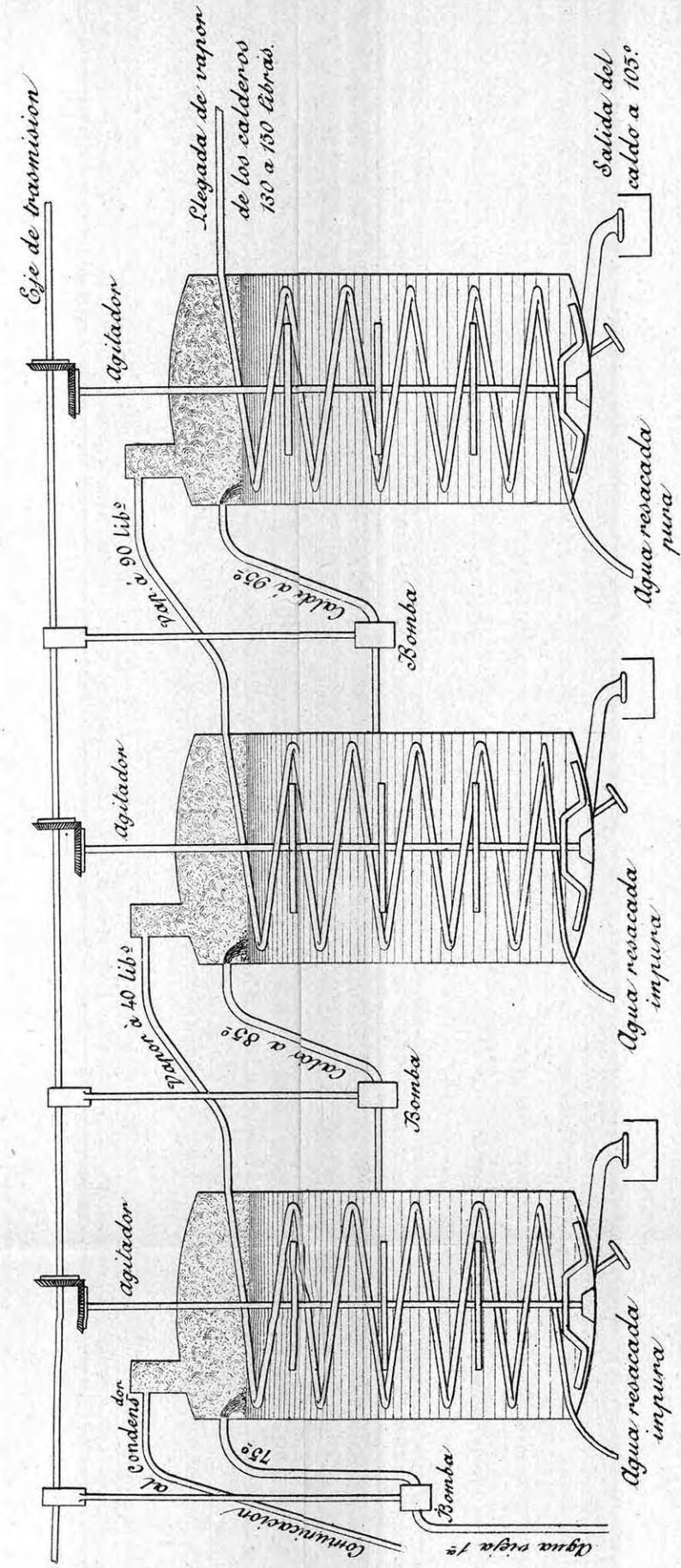


Fabricacion del Yodo.

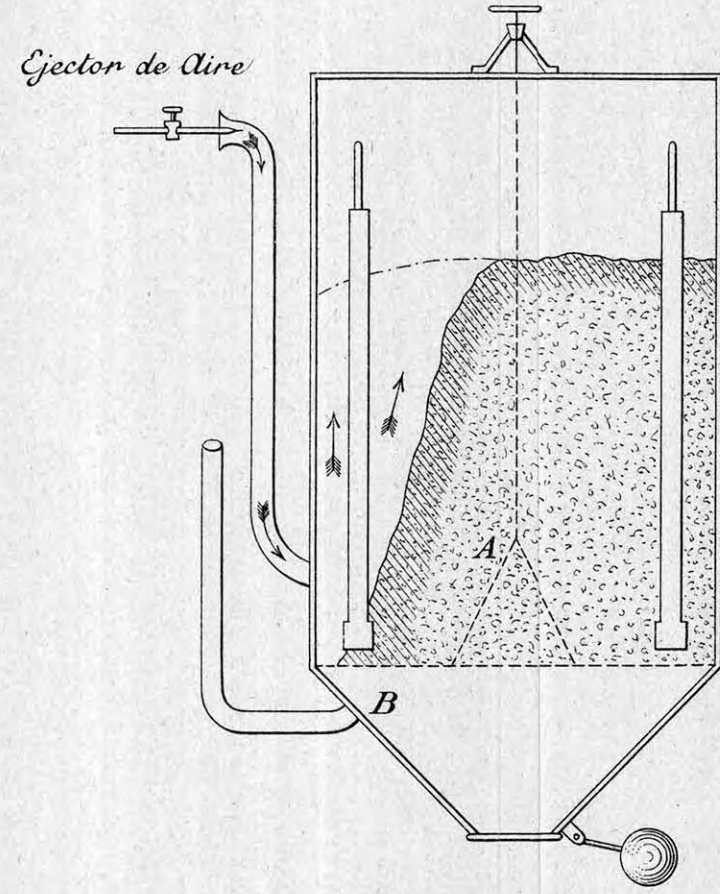
Preparacion del Bisulfito de soda.







Evaporadores combinados en triple efecto.



Cachucho.