

en el vacío, resultando de aquí que la temperatura de ebullición de los jugos es menos elevada, y no inspira recelo sobre la alteración del azúcar, aparte de que la concentración es más rápida, y por lo mismo más económica. Las figuras 722 y 723 representan

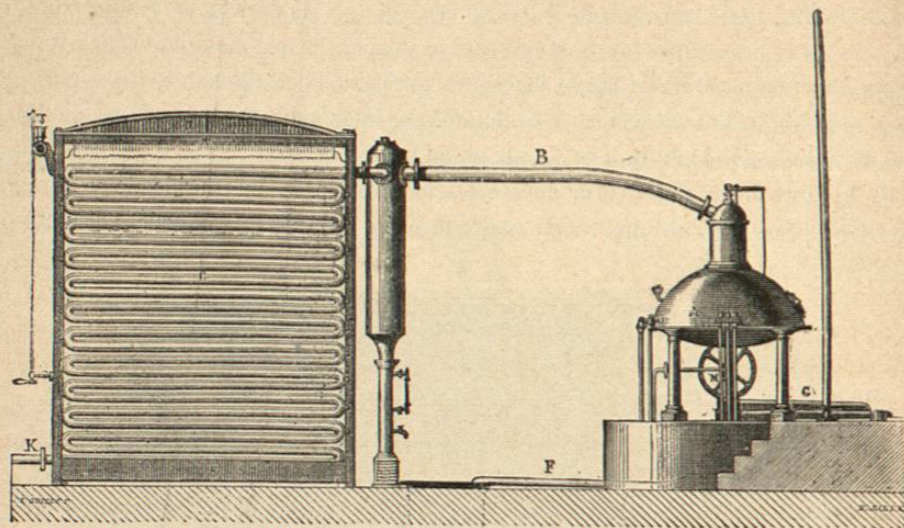


Fig. 722.—Aparato Derosne y Cail para la concentración de melazas

dos de los aparatos basados en este método de evaporación y principalmente usados en Francia.

En el aparato Derosne y Cail, A es la caldera que contiene la miel que se ha de

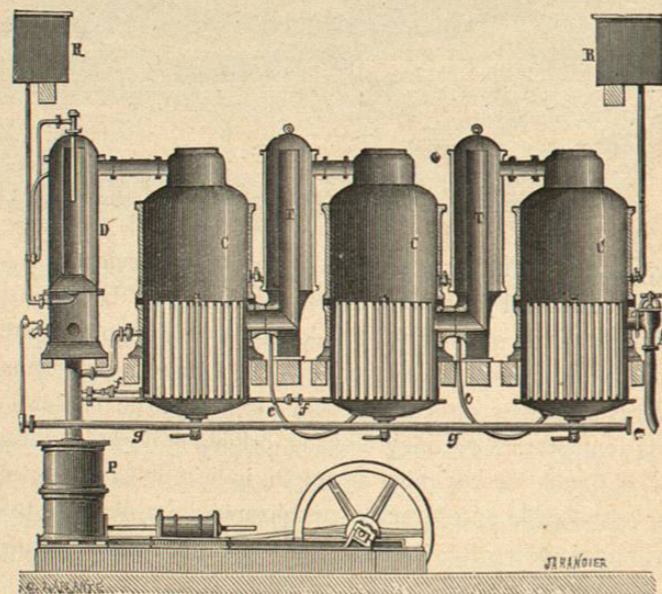


Fig. 723.—Aparato de triple efecto de Cail

concentrar: el vapor producido pasa por el conducto B á un serpentín de cobre C, contenido en la parte media de una gran tina. La miel fría corre por las espiras del serpentín de un depósito superior D, baja la temperatura del vapor y facilita así la ebullición. Esta miel se calienta á su vez y cae en el depósito inferior E, desde el cual va á parar

á la caldera. El extremo K del serpentín está en comunicación con una bomba que aspira aire y hace así el vacío en el interior de la caldera, lo cual baja la temperatura de ebullición del líquido.

El aparato de triple efecto de Cail (fig. 723) se compone de tres calderas verticales CCC, de la misma altura, cuyo interior está dividido por tabiques horizontales en tres compartimientos desiguales. Varios tubos verticales (60 ú 80) ponen en comunicación los compartimientos inferior y superior, haciendo que la miel que se ha de evaporar pase libremente de uno á otro. La miel no puede, pues, penetrar en el compartimiento del medio por el cual circula el vapor que sirve para caldear las calderas. La bomba P hace el vacío en la primera caldera de la derecha, reduciendo en un cuarto la presión atmosférica. El jugo pasado del depósito R á esta caldera entra en ella en ebullición á 80° ó 90°. El vapor que despiden pasa á un depósito ó llega á un tubo T, desde el cual penetra en otra caldera, donde caldea la miel, que entra en ebullición entre 50° y 60°. Del mismo modo pasa á la tercera caldera, para ir á concentrarse en D, en contacto con el agua fría que llega por unos tubos. Esta condensación contribuye á mantener el vacío en las calderas, vacío cuyo grado va creciendo de la primera á la tercera, de lo cual resulta también el descenso de la temperatura de ebullición en las calderas sucesivas.

## CAPITULO IV

### PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DEL FRÍO

#### I

##### MEZCLAS FRIGORÍPICAS

El sistema usado en la India para proporcionarse escasas cantidades de hielo no puede seguirse en todas partes ni en todas las estaciones. Además, la recolección de hielo natural en los estanques ó lagos depende de lo más ó menos riguroso del invierno en los países en que aquélla es posible. Las masas se han de transportar en seguida, á gran coste, á los puntos de consumo, y se las deposita en las neveras, de donde se las saca conforme se van necesitando. Todo esto exige gastos que hacen bastante caro el precio de un kilogramo de hielo. Así es que se han arbitrado medios de fabricarlo artificialmente y sistemas bastante económicos para hacer esta fabricación verdaderamente industrial, cuestión práctica que se relaciona con el problema mucho más general de la producción del frío, del que desde luego diremos algunas palabras.

En el capítulo de la primera parte que trata de la licuefacción de los gases hemos visto que se puede hacer que baje mucho la temperatura, ya mediante la evaporación rápida de un líquido sometido á débil presión, ó ya por la brusca expansión de un gas fuertemente comprimido, ó bien por el contacto con una mezcla de sustancias químicas, una de las cuales por lo menos sea sólida y sufra la fusión por efecto de su afinidad con la otra. Como se ve, en todos estos casos se trata de una absorción de calor más ó menos grande, absorción exigida por el trabajo mecánico que requiere todo cam-



bio de estado. Como los cuerpos en que éste ocurre no pueden suministrar inmediatamente dicha cantidad de calor, la toman del medio ambiente, cuya temperatura baja por tal causa más ó menos. A uno de los expresados modos de producción del frío han

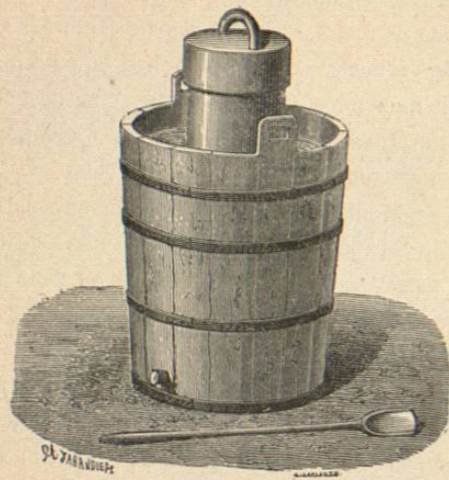


Fig. 724.—Garapiñera

recorrido los que han ideado procedimientos de fabricación del hielo. Hablemos ante todo del uso de las mezclas frigoríficas de que los químicos y físicos se valen ha largo tiempo en sus laboratorios, y que son en bastante número. Mencionemos algunas de las más usadas:

2 partes en peso de hielo machacado ó de nieve con 1 parte de sal marina (ó cloruro de sodio); ambas sustancias toman el estado líquido, y el termómetro metido en la disolución baja á 19 y aun á 20° bajo cero.

3 partes de hielo machacado ó de nieve, mezcladas con 4 partes de cloruro de calcio, pueden llegar á un frío de -50°.

En ambas mezclas, son dos las causas del enfriamiento. La afinidad del agua líquida para con una ú otra sal determina la doble licuefacción, y para que ésta pueda efectuarse, el agua ha de liquiarse ante todo. De aquí resulta una primera absorción de calor, exigida por el trabajo mecánico de la fusión del hielo ó de la nieve, y luego otra, producida por la licuefacción de las sales.

Otra mezcla frigorífica usada con frecuencia es la que se forma con 8 partes de sulfato de sosa cristalizado y 5 de ácido clorhídrico concentrado: el sulfato de sosa ha de estar reducido á polvo tenue. Véase deshacerse rápidamente, y el termómetro sumergido en esta mezcla descende á unos 27° bajo su temperatura inicial. En este caso el descenso de temperatura dimana de varias causas, y en especial de la licuefacción del agua de cristalización del sulfato de sosa (1).

He aquí otras mezclas de una sal con un ácido:

3 partes de sulfato de sosa y 2 de ácido nítrico diluido; enfriamiento 29°.

9 partes de fosfato de sosa y 4 de ácido nítrico diluido; enfriamiento 39°.

6 partes de sulfato de sosa, 5 de nitrato de amoníaco y 4 de ácido nítrico diluido; enfriamiento 36°.

(1) Según M. Berthelot, "las mezclas frigoríficas constituidas por sales hidratadas, asociadas á los ácidos, á las bases ó á otras sales, se rigen por la teoría siguiente: el fenómeno anormal que estas mezclas presentan resulta del concurso de las energías químicas con energías extrañas. Las primeras actúan conforme al principio del trabajo máximum para producir una primera reacción exotérmica, de que son consecuencia

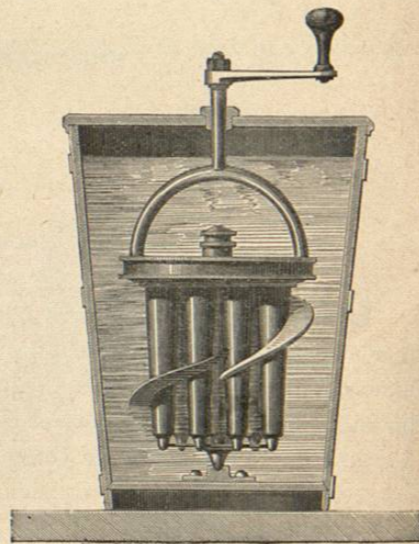


Fig. 725.—Congelador Goubaud

Por último, sabemos que el nitrato de amoníaco es una sal blanca, sólida, que cristaliza perfectamente y es muy soluble en el agua. Si se hace una mezcla de 1 parte de esta sal, finamente pulverizada, con 1 parte de agua destilada, la fusión se efectúa casi instantáneamente, ocasionando un descenso de 20° bajo la temperatura ambiente. Si ésta es de 10°, el frío producido es de 16° bajo cero.

Veamos ahora algunas aplicaciones industriales ó domésticas de las mezclas frigoríficas. Las figuras 724 á 727 representan algunos aparatos muy sencillos en que éstas se utilizan.

Una mezcla de hielo machacado y de sal, contenida en un cubo en el que se introduce el utensilio donde están los líquidos que se han de congelar, ó según la expresión técnica, transformar en horchatas ó sorbetes, constituye el más sencilló de dichos aparatos: es la *garapiñera* (fig. 724).

Las figuras 725, 726 y 727 representan *congeladores domésticos*, todos ellos contruidos y basados en ese principio: frío producido por la disolución, que se activa, ya con un movimiento oscilatorio, ó ya con uno de rotación dado al líquido frigorífico,

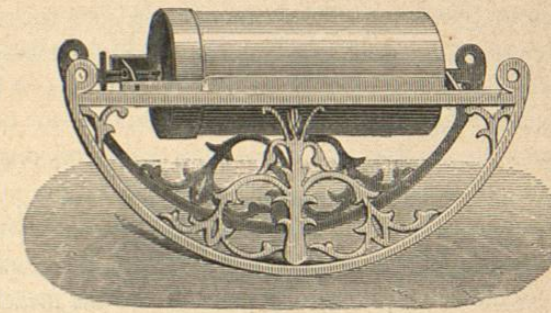


Fig. 726.—Congelador de balancín

mediante un manubrio, con paletas en hélice que rodean la vasija llena del líquido que se ha de congelar. En el *congelador de familia*, cierto número de cajas concéntricas forman muchos compartimientos, en los cuales se introduce alternativamente el agua que se ha de congelar y la mezcla frigorífica. En el grabado, se ve el agua en A, B, B, y la mezcla en C, O. Cuando se ha congelado el agua, la de fusión sale por la parte inferior, rociando botellas de vino que se refrescan de este modo.

M. Toselli ha construido varios aparatos de este género, entre los cuales es de mencionar el congelador que figuraba en la Exposición universal de 1878. Un cilindro de

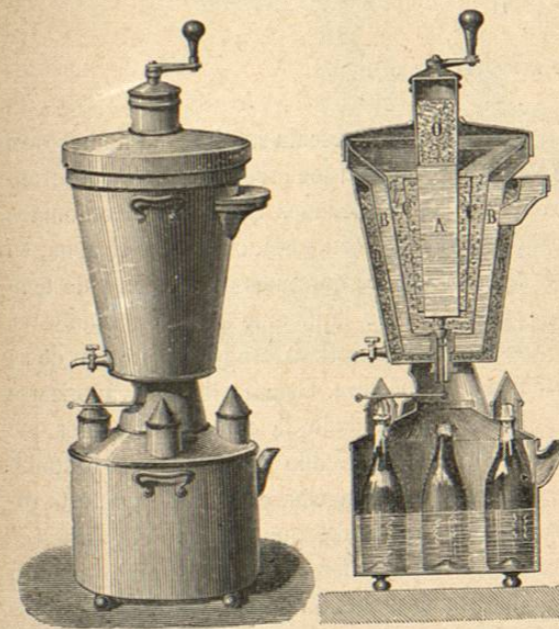


Fig. 727.—Congelador de familia

fondos móviles, conteniendo por una parte agua y por otra la mezcla frigorífica (ni-

todas las otras. En seguida intervienen las energías caloríficas en sentido inverso para dar lugar á una absorción de calor, bajo su cuádruple forma de disociación (sulfato de sosa hidratado), de disgregación por el disolvente (equilibrio entre el bisulfato de sosa y el agua), de disolución (la cual solo desempeña un papel intermedio si se mezcla sulfato de sosa y ácido clorhídrico concentrado), y en fin, de la licuefacción (agua de cristalización).)



trato de amoníaco y agua), es susceptible de recibir un movimiento de rotación alrededor de un eje perpendicular á sus generatrices. A los pocos minutos, se obtiene un peso de hielo igual á la tercera parte del peso de nitrato empleado.

Buignet describe en los términos siguientes la *maleta-congeladora* del mismo inventor: "El manantial de frío es el nitrato de amoníaco que se disuelve en el agua, y el aparato difiere poco del *congelador de familia*. Lo verdaderamente nuevo en la *maleta-congeladora* de Toselli es la disposición particular del receptáculo de hielo; el cual comprende cinco tubos de diámetros diferentes en los cuales se echa el agua que debe adquirir el estado sólido. Los diámetros de estos tubos están calculados de modo que cuando en la pared interna de cada cual se ha formado una capa sólida, los pedazos de hielo que se sacan forman cilindros huecos que pueden introducirse unos en otros y constituir así un trozo único y macizo, que conserva mucho tiempo su solidez. En cinco minutos se fabrica con este aparato medio kilogramo de hielo.

Como se ve por lo que precede, con las mezclas frigoríficas sólo pueden hacerse cortas cantidades de hielo. Esto será suficiente para los usos domésticos ó científicos, aparte de que la ventaja de producir una temperatura muy baja es preciosa; mas, industrialmente hablando, no pueden dar la solución del problema de la fabricación del hielo en grande escala, tanto más cuanto que á ello se opone el precio, bastante crecido por lo común, de las mezclas, á causa de la dificultad con que se tropieza de regenerar sus elementos para nuevas operaciones.

## II

## FABRICACIÓN INDUSTRIAL DEL HIELO

Los aparatos para la fabricación del hielo en grande escala son hoy día numerosos; pero los primeros que funcionaron con verdadera utilidad los inventó el ingeniero francés M. Carré, á quien se le ocurrió aprovechar las propiedades que tiene el amoníaco

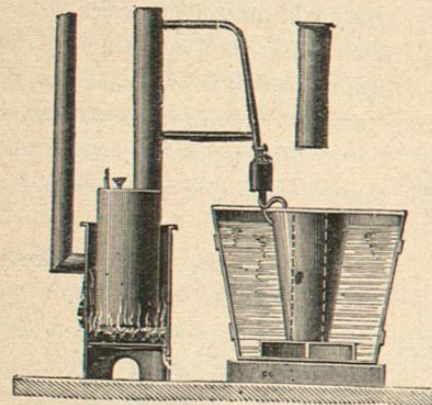


Fig. 728.—Aparato Carré para la fabricación artificial del hielo

de disolverse con abundancia en el agua, en las condiciones normales de presión y de temperatura, y de liquidarse á su vez cuando se le fuerza á comprimirse bajo la presión de su propia atmósfera. Cuando llega á vaporizarse el gas así liquidado, la cantidad de calor que absorbe este cambio de estado es bastante grande para congelar el agua de que está rodeado el recipiente que contiene el gas.

He aquí la descripción del primer aparato de esta clase ideado por M. Carré:

Consta de una caldera cilíndrica, llena en parte de una disolución de gas amoniacal, y puesta sobre un hornillo hasta que adquiere la temperatura de  $130^{\circ}$ , lo cual se conoce

merced á un termómetro cuyo tubo sale fuera de la tapadera. El gas amoniacal se desprende del agua y por un tubo abductor va al congelador ó vasija en forma de tronco de cono invertido metida en una cuba de agua fría. El interior de este congelador sirve para colocar la vasija cilíndrica que contiene el agua que se ha de congelar.

Esta congelación se logra del modo siguiente: El agua de la cuba enfría los vapores amoniacales, sometidos á una presión constante, que se desprenden sin cesar de la caldera y se condensan en la vasija cilindro-cónica; el gas se liquida y queda encerrado en unos vasitos adaptados á las paredes en el espacio anular que rodea el cilindro central, y cuyo principal objeto es multiplicar las superficies de contacto entre el líquido y el congelador. Esta primera fase de la operación dura de tres cuartos de hora á una hora, y es la representada en la figura 728. En este momento se retira la caldera del hornillo

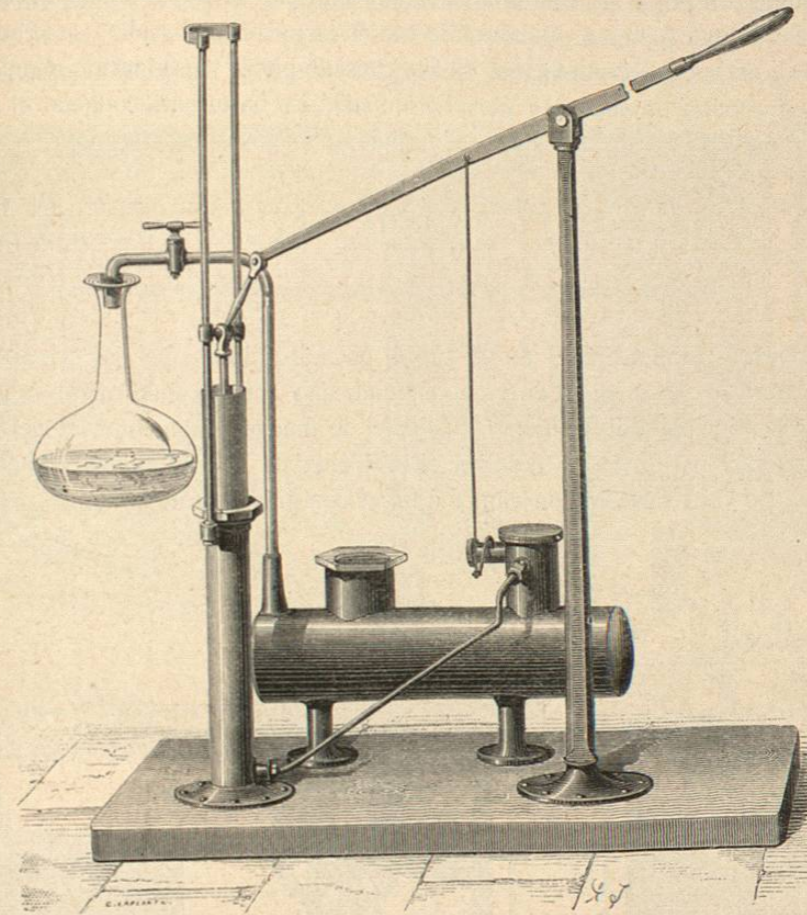


Fig. 729.—Aparato E. Carré para fabricar hielo

y se la mete en la cuba de agua fría, de donde se ha quitado el congelador, poniendo en éste el cilindro lleno del agua que se ha de congelar. Hecho esto, introdúcese entre las dos superficies concéntricas alcohol que asegura su contacto, y se tapa el congelador con una cubierta de fieltro ó de lana bien seca. Entonces empieza la segunda fase de la operación, que también viene á durar una hora: á causa del enfriamiento, el agua de la caldera se pone en disposición de disolver el gas amoníaco, el cual recobra rápidamente el estado gaseoso. Esta evaporación necesita cierta absorción de calor, que se efectúa á expensas de la vasija central y del agua contenida en ella. Poco después, se puede ya sacar un pedazo de hielo.

El aparato que acabamos de describir, y que está representado en la figura 728, sirve sólo para los usos domésticos á causa de la escasa cantidad de hielo que puede producir. Lo propio sucede con el aparato ideado por E. Carré, hermano del prece-



dente inventor, y el cual tiene por principio el frío que produce una evaporación rápida en la superficie del ácido sulfúrico, viniendo por tanto á reproducir en grande escala el célebre experimento de Leslie.

El ácido sulfúrico está contenido en un recipiente de plomo y antimonio, que dicho ácido no ataca á la temperatura ordinaria. De este recipiente sale un tubo acodado, á cuyo extremo se adapta la vasija que contiene el agua por congelar; por ejemplo, una botella sostenida por un tapón de caucho (fig. 729). Otro tubo pone en comunicación el recipiente con el pie de una bomba neumática, que se puede manejar con la mano por medio de una palanca. Hácese á la vez el vacío sobre el ácido y en la botella, cuya agua entra entonces en ebullición. El frío causado por la vaporización rápida del agua y por la absorción de su vapor por el ácido sulfúrico basta para congelar el agua de la botella. En pocos minutos se hace así fácilmente un kilogramo de hielo.

## III

## FABRICACIÓN DE HIELO. — APARATOS DE FABRICACIÓN CONTINUA

El aparato de amoníaco de M. Carré, no sólo adolece del inconveniente de no poderse fabricar con él hielo en gran cantidad, sino que presenta otro más grave (que es la causa principal del primero), cual es el de funcionar con intermitencias. Pero el mismo inventor no tardó en resolver el problema de la continuidad, construyendo el gran aparato cuya descripción vamos á hacer con presencia de la figura 730.

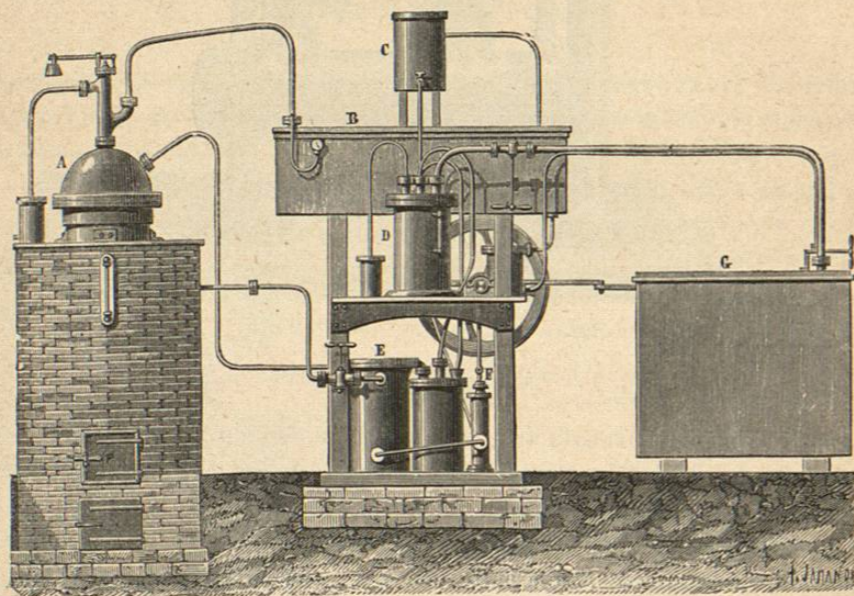


Fig. 730. — Gran aparato Carré para la fabricación continua del hielo

A es la caldera donde se calienta la disolución amoniacal; es un cilindro vertical de 1<sup>m</sup>,20 de altura por 0<sup>m</sup>,40 de diámetro, y aunque su capacidad es de 150 litros, sólo se la carga con 80 ó 90 de la disolución concentrada de amoníaco. Calentada á una temperatura máxima de 130°, la tensión de los vapores de agua y gas mezclados llega á ocho atmósferas. El gas que de ella se escapa pasa á un recipiente B lleno de agua

fría, en el cual atraviesa una serie de cuatro serpentines planos y paralelos en los que se liquida por enfriamiento; C es un depósito del cual sale constantemente un chorro de agua fría que renueva el agua del recipiente. El gas liquidado pasa desde éste á un cilindro D de 4 á 5 litros de capacidad, que hace las veces de distribuidor, gracias á un mecanismo interior que permite regular el consumo del líquido, es decir, su entrada en el depósito frigorífico G. Como hasta aquí ha conservado su presión de 8 atmósferas, es decir, un exceso de presión de 7 sobre la tensión que existe en el depósito G, se interpone una llave con la cual se puede moderar el efecto de este exceso de presión. Las vasijas llenas del agua por congelar están colocadas en el congelador G; el líquido amoniacal, bajo la influencia del exceso de presión de 7 atmósferas, se precipita allí en

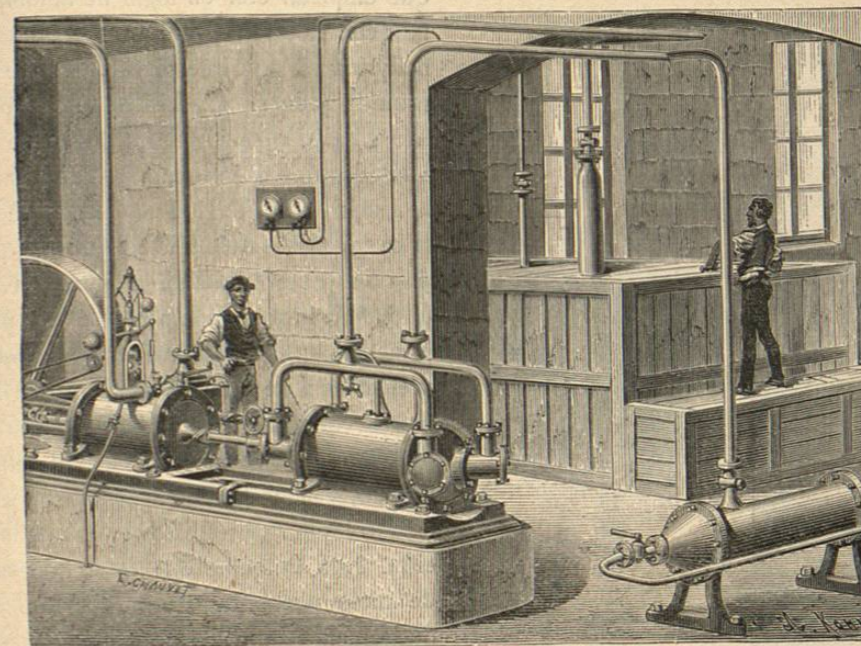


Fig. 731. — Máquina de Raül Pictet para fabricar hielo

el vacío relativo que se le presenta, y la evaporación rápida que es su consecuencia produce un frío bastante intenso para congelar el agua de las vasijas allí encerradas.

La primera fase de la operación termina, pues, por la congelación, que es su principal objeto, y entonces empieza la segunda fase, que consiste en regenerar la solución amoniacal de la caldera. Los vapores formados en el congelador salen de él por un ancho tubo, y van á afluir á un receptáculo en donde cae á modo de lluvia el agua empobrecida de la parte inferior de la caldera, después de enfriarse en un serpentín. El amoníaco se condensa en él por absorción y reconstituye una solución rica que cae en el fondo del receptáculo. Sólo resta hacer que pase de nuevo esta solución á la caldera, lo cual se consigue con la bomba aspirante é impelente F que aspira el líquido enriquecido á medida que se forma, impeliéndolo luego al recipiente, y de allí, por un tubo, á la parte superior de la caldera. Así se verifica de un modo continuo la regeneración de la disolución amoniacal, sin necesidad de renovar sus elementos, resultando de 15 á 18 kilogramos de hielo por kilogramo de hulla quemada. Con una máquina del tipo que acabamos de describir, se pueden fabricar en veinticuatro horas hasta 3,000 kilogramos de hielo, cuyo coste no pasa de un céntimo el kilogramo.