

12

M 661104
25
1748

Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma de Guadalajara
Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México.

Anteproyecto de una Planta Elaboradora
de Acido Acético.

Tesis Profesional

que como Estudio presenta

Carlos Gabriel Chabat Rabago

para obtener el Título de

Ingeniero Químico.

Mayo de 1952.

Guadalajara, Jal., Méx.





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma de Guadalajara
Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México.

Anteproyecto de una Planta Elaboradora
de Acido Acético.

Tesis Profesional

que como Estudio presenta

Carlos Gabriel Chabat Rábago

para obtener el Título de

Ingeniero Químico.

Mayo de 1952.



Guadalajara, Jal., Méx.

QUIMICA

SUMARIO

- I.—Caracteres generales del Acido Acético.
- II.—Materias primas.
- III.—Destilación seca de la madera y obtención del Acido Piroleñoso.
- IV.—Preparación del Acetato de Calcio.
- V.—Procedimientos de obtención del Acido Acético.
- VI.—Reacciones químicas.
- VII.—Sistema de fabricación elegido y cálculo de las diferentes partes de la instalación.
- VIII.—Funcionamiento de la instalación y esquema general de la planta elaboradora.
- IX.—Aplicaciones del Acido Acético.
- X.—Presupuesto de la instalación.
- XI.—Presupuesto mensual de sostenimiento.
- XII.—Bibliografía.

I.—CARACTERES GENERALES DEL ACIDO ACETICO.

El Acido Acético se encuentra en la naturaleza en jugos de plantas, y de manera especial en árboles, algunas veces como ácido libre, pero generalmente se presenta en forma de sales de Calcio o de Potasio, así como de acetatos orgánicos en los aceites que se extraen de diferentes semillas.

Tiene por fórmula $\text{CH}_3\text{—COOH}$ y es líquido incoloro, de olor ácido picante, con marcado sabor ácido aún en soluciones muy diluidas; es volátil, cristaliza a baja temperatura y se solubiliza en cualquier proporción en agua, alcohol etílico, éter, cloroformo, glicerina y aceites etéreos, pero no en el sulfuro de carbono. Aplicado sobre la piel, concentrado, levanta ampollas.

El Acido Acético es muy estable, tanto a la temperatura ordinaria como a temperaturas elevadas, y se considera como producto de descomposición o de destilación de muchas substancias orgánicas.

El ácido más concentrado, glacial o cristalizante, y completamente libre de agua, se solidifica a 16.75° en cristales tabulares o prismáticos brillantes. El peso específico de los cristales a los $15^\circ/4^\circ$ es 1.0607 y funden en un líquido incoloro de densidad 1.0543 a $16^\circ/4^\circ$. Su temperatura crítica es 421.5° . Hierve a 118.5° a 760 m.m. Su calor específico entre 0° y 100° es de 0.497 y su calor latente de vaporización es de 85 calorías por 1 Kg. a 118.1° . No es inflamable, pero los vapores arden con llama azul, formando agua y ácido carbónico.

El ácido cristalizante, puede enfriarse a -10° sin solidificarse aún cuando se agite. El ácido cuando está concentrado, sufre un ennegrecimiento si se le calienta con ácido sulfúrico concentrado, desprendiendo anhídrido sulfuroso y anhídrido carbónico.

El ácido nítrico y el crómico no actúan sobre él por lo que se le usa como disolvente de substancias orgánicas que han de someterse a la acción del ácido crómico.

La adición de agua al ácido acético cristalizabile, produce elevación de temperatura y hace que aumente su densidad hasta contener 20% de agua, se mantiene estable hasta el 23% de agua y a partir de este punto, la dilución y la concentración producen una ácido de menor densidad. Esto hace que no pueda determinarse con precisión el tanto por ciento de ácido, en una solución, por medio de los areómetros.

El ácido acético es monobásico, pero forma sales ácidas y básicas, así como sales normales. También disuelve algunos óxidos metálicos como los de plomo y cobre, formando acetatos básicos.

La corriente eléctrica no lo altera, pero si se le añade un poco de ácido sulfúrico, lo descompone formando anhídrido carbónico, óxido de carbono y oxígeno.

Por electrolisis, los acetatos alcalinos se descomponen en Hidrógeno e hidrato alcalino en el polo negativo y anhídrido carbónico en el positivo.

II.—MATERIAS PRIMAS.

Para la obtención del Acido Acético, se parte generalmente del Acetato de Calcio o de Sodio. Sin embargo, este producto que a su vez es extraído del ácido piroleñoso, no se encuentra en el mercado debido a que no existiendo en nuestro país un consumo regular, ni una demanda que permita cotizarlo y por lo tanto interesar a los que se dedican a la destilación seca de la madera, para utilizar el ácido piroleñoso bruto, este se ha venido desperdiciando hasta la fecha, y se limitan a una destilación rudimentaria, de la que únicamente obtienen carbón de madera cuya venta basta para cubrir sus modestas aspiraciones, y en el mejor de los casos recogen algo de alquitrán que suele tener demanda, aunque no toda la que debería tener, si la destilación se efectuara en otras condiciones y se seleccionara la madera, no utilizando para las cargas maderas de distintas especies mezcladas al arbitrio de la oportunidad.

Mientras la destilación seca de la madera se siga haciendo en forma irregular, en pequeña escala y aún muchas veces furtiva eludiendo la vigilancia y control de las autoridades forestales, sin ninguna base técnica, y sin recursos económicos que permitan la ob-

tención y almacenamiento de subproductos, no podrá disponerse de acetato suficiente para alimentar una planta elaboradora de Acido Acético.

Por lo tanto, hoy por hoy, la instalación de una planta de esta naturaleza, plantea al técnico el problema de abastecimiento de materia prima, razón por la cual su estudio debe remontarse hasta la destilación seca de la madera, y controlar la producción del ácido piroleñoso y a su vez la del acetato de calcio, bajo ciertas condiciones que por lo menos le garanticen una materia prima químicamente aceptable, a fin de que el Acido Acético que de ella obtenga, llene los requisitos de calidad y pureza que debe tener.

Es por ello por lo que hemos ampliado este modesto trabajo a tratar, aunque sea someramente, estos puntos.

III.—DESTILACION SECA DE LA MADERA Y OBTENCION DEL ACIDO PIROLEÑOSO.

Como ya se dijo, la destilación seca de la madera suele efectuarse en el mismo lugar en que se practica la tala, y con instalaciones rudimentarias que fácilmente se trasladan de un lugar a otro. Hace algunos años tratamos de poner una planta en la ciudad, trayendo a ella madera desde diferentes partes del Estado, a fin de verificar aquí todos los procesos, desde la destilación seca de la misma hasta la obtención del Acido Acético glacial. El estudio que entonces verificamos al respecto, nos demostró la incosteabilidad de la explotación por el elevado costo a que ya en la población, resultaba la madera, tanto por el pago de fletes de ferrocarril, como de mano de obra y acarreo.

Únicamente en el caso de que la compañía explotadora contara con bosques propios, en lugares accesibles y cercanos a la población por vía férrea próxima a ellos, y contando además con los permisos necesarios para una tala de tal naturaleza, cosa difícil de conseguir en la actualidad, —aún cuando se proceda a repoblar las zonas taladas, lo que siempre aumenta los costos—, podría intentarse después de un estudio económico minucioso, una instalación de tal naturaleza.

Actualmente los que en el monte se dedican a la destilación seca de la madera, se limitan generalmente a obtener carbón, estando comprobado que las maderas duras dan mayor proporción, así como de ácido piroleñoso y alcohol de madera, que las maderas blandas.

Estas sin embargo, rinden más que la de pino, la cual da además trementina, aceites y alquitrán de pino, que siempre tiene demanda constante.

Para destilar la madera, se hacen de ella astillas de unos 15 centímetros de diámetro y de un metro de largo, y se dejan secar durante 18 meses, al cabo de los cuales la proporción de humedad ya es constante. La más conveniente es la de 20%, pues una mayor humedad retarda el proceso de destilación, como les ocurre generalmente a los que se dedican a ello, ya que nunca almacenan su madera sino muy corto tiempo, y por la premura con que llevan a cabo su proceso, siempre utilizan madera con un alto porcentaje de humedad.

Los rendimientos obtenidos con madera de Haya secada al aire y con un 25% de humedad, fueron los siguientes:

Carbón seco	26%
Acido Acético	5%
Alcohol metílico	1.5%
Alquitrán	8 a 9%
Agua	38%
Gas	20%

La destilación se lleva a cabo en retortas cerradas, de ladrillo o de hierro, excluyendo todo exceso de aire. Los vapores formados, deben pasar a un refrigerante para su condensación. En la práctica, lo rústico de las instalaciones y la carencia muchas veces de agua, hacen que en vez de un refrigerante adecuado se limiten a tender sobre el terreno, una larga tubería de barro, cuyas secciones transportan de un lugar a otro según las necesidades. En tales condiciones es imposible separar debidamente las distintas fracciones, y la refrigeración y condensación es lenta y defectuosa.

Otras veces, los gases que se desprenden al destilar la madera, se hacen pasar por un barrilete en el que se condensa el alquitrán y el piroleñoso, y los gases no condensables se vuelven al hogar para ser quemados.

En una caldera como las que generalmente emplean, la destilación dura de 8 a 16 horas, según el grado de humedad que contenga la madera utilizada.

El líquido del barrilete se pasa a unas tinajas de madera, en las

que queda el alquitrán en la parte superior y en el fondo, pudiendo separarse por decantación o por centrifugación, lavándolo con agua para recuperar el acético que contiene. Es aconsejable, para separar mejor el alquitrán de la solución, añadir un poco de extracto tánico.

Separado el alquitrán, se filtra la solución, (teñida de pardo y de olor desagradable), sobre carbón de madera, y se deja ocho días en reposo por si aún se separa algo de alquitrán. Luego se destila en un alambique de cobre, recogiendo primero el alcohol metílico y la acetona a 60-70°, y luego el ácido piroleñoso bruto a más de 95° el cual llega a contener hasta 6-7% de ácido acético puro.

El ácido piroleñoso se compone principalmente de:

Agua	81%
Alcohol metílico	3 a 4 %
Acido Acético	6 a 7 %
Alquitrán en disolución y suspensión	7%

Cuando el ácido piroleñoso contiene disueltas muchas materias breosas, hay que someterlo a una redestilación, en alambiques de cobre, calentados de preferencia con serpentines de vapor. La brea queda como residuo, y el destilado es un líquido claro, prácticamente exento de brea.

En la destilación del ácido piroleñoso, se han empleado con éxito los evaporadores de múltiple efecto que se utilizan en la industria azucarera, pero en las pequeñas instalaciones que funcionan en nuestro medio no han sido utilizados y el ácido piroleñoso bruto que en ellas se obtiene, y del que acompañamos una muestra, nos dió en el laboratorio un promedio de:

Alquitrán	5%
Acido Acético	7%
Alcohol metílico y acetona	4%

Asímismo, el alquitrán que en dichas instalaciones se recoge, nos dió un rendimiento de Fenoles de 6.5%.

Como no se puede obtener fácilmente un Acido Acético puro, por purificación directa del ácido piroleñoso, es necesario convertirlo primero en acetato de calcio, punto del que nos ocuparemos a continuación.

IV.—PREPARACION DEL ACETATO DE CALCIO.

El acetato de calcio, llamado también pirolignito de cal, se prepara neutralizando el ácido piroleñoso con cal o con carbonato cálcico.

Cuando, como generalmente ocurre, se parte del ácido piroleñoso bruto, se obtiene un producto de color pardo agrisado, algo higroscópico, llamado acetato pardo o cal gris, con una pureza de 62 a 67% de acetato real y de 1 a 8 % de materias insolubles en agua, soliendo estar impurificado con hidróxido, carbonato o sulfato cálcico, así como materias breosas, y algunas veces con formiato y otras sales cálcicas de ácidos orgánicos:

Para obtener el acetato de calcio, se pone el ácido piroleñoso bruto en grandes cubas de madera y se le mezcla cal o carbonato de cal en ligero exceso, dejando reposar el líquido, en caliente, hasta que se deposita el acetato, afectuando entonces un trasiego a las calderas de evaporación.

Algunas veces lo someten, en calderas de hierro, a fuego directo, hirviendo la solución hasta dejar el acetato en estado sólido, procedimiento no aconsejable cuando se puede disponer de otro, porque la calidad del acetato resultante deja mucho que desear. Mejor es calentar la solución con serpentines por los que circula vapor de agua, en cubas de madera forradas de plomo. La disolución concentrada se solidifica por cristalización, cuando contiene del 35 al 40% de sal seca.

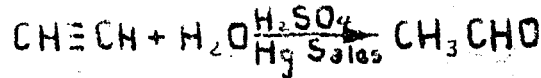
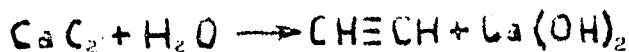
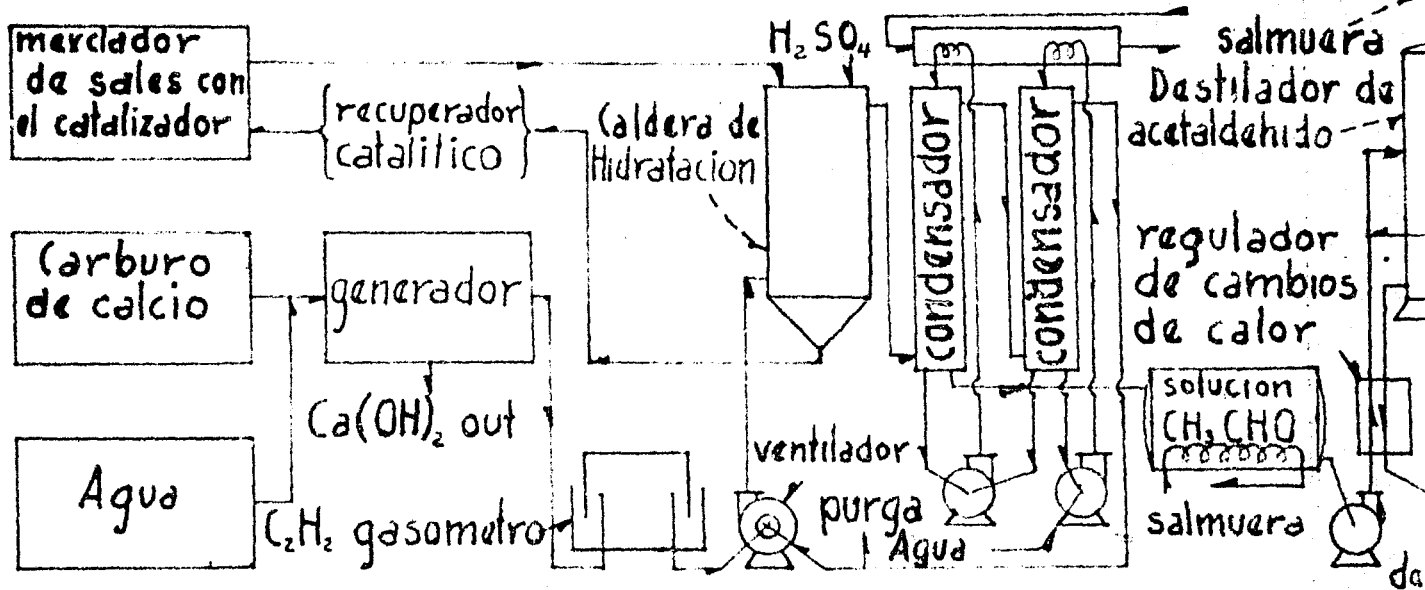
Esta mezcla suelen desecarla, extendiéndola en capa delgada sobre chapas de fundición calentadas directamente.

Cuando se puede disponer de los elementos suficientes, se emplean para la desecación aparatos de múltiple efecto y desecadores en tela sin fin, en los que la solución húmeda es transportada en dirección opuesta a una corriente de aire caliente.

Es necesario que el acetato quede bien desecado, para ello suelen utilizarse también locales de desecación o estufas de aire a 75°, extendiendo el acetato en el suelo en capas de cinco centímetros. Cuando la sal ya está aparentemente seca, se eleva la temperatura a 125°, cuidando de no sobrepasarla, para evitar que la sal se descomponga.

Puede ensayarse la purificación del acetato de calcio obtenido, disolviéndolo en tres partes de agua caliente, filtrando con carbón animal y evaporando y concentrando de nuevo, con lo que que-

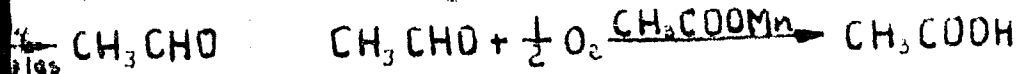
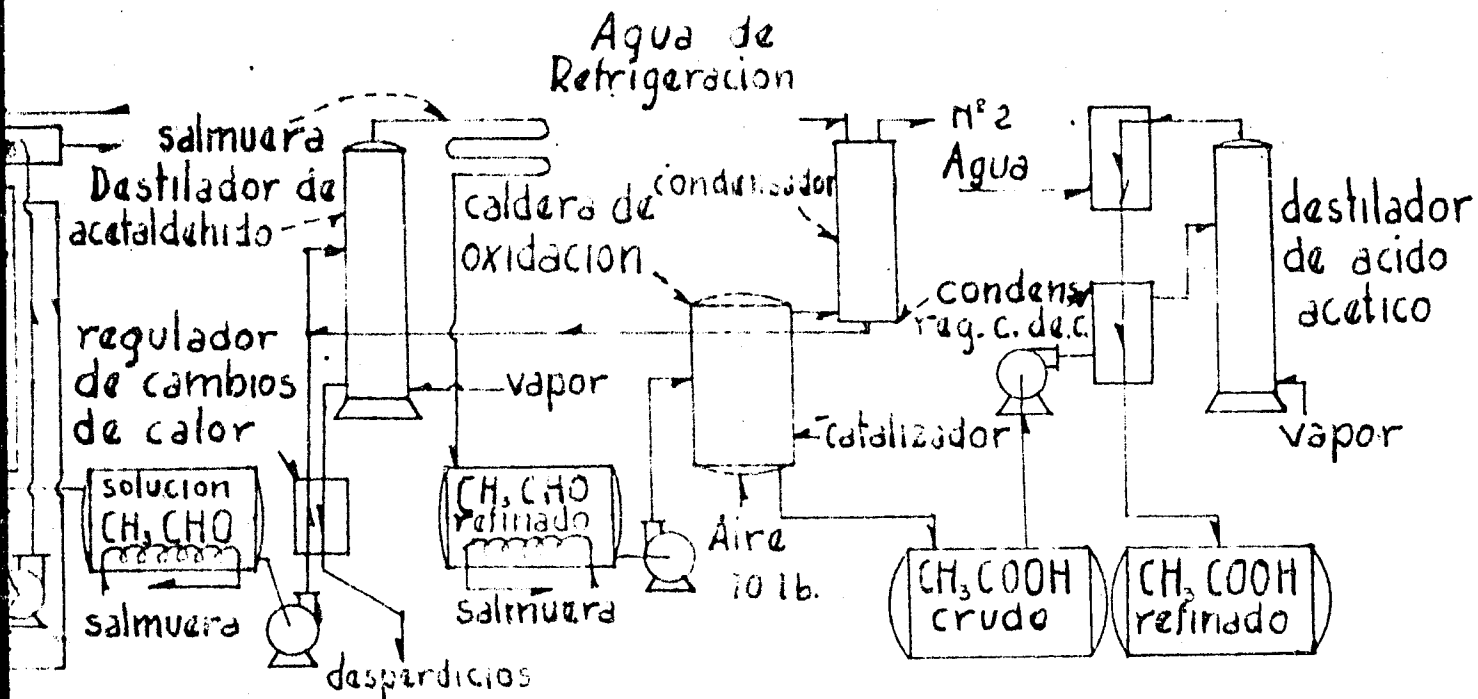
ACIDO ACETICO DE C



Carburo 4,000 lb.
 Catalizadoras 226 lb.
 H_2SO_4 512 lb.

Electricidad (aire comprimido
 fuerza y refrigeracion)
 Vapor vivo
 Mano de obra

O ACETICO DE CARBURO



comprimido
(generacion)

492 Kw.-hr.
1,300 Lb.
28 hr.

} Por tonelada
de
Acido
Acetico

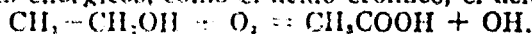
da casi incoloro, y con un contenido de 80% de acetato real, aunque su costo resulta mucho mayor.

V.—PROCEDIMIENTOS DE OBTENCION DEL ACIDO ACETICO

Para la obtención del Acido Acético, se han empleado distintos procedimientos, que varían según la substancia de que se parte y la técnica elegida.

Algunos fermentos, como el *Mycoderma aceti*, son capaces de convertir líquidos alcohólicos fermentados, en acético. También se ha empleado para este fin, el *Bacterium xylinum*.

El etanol se puede convertir en Acético por medio de agentes oxidantes enérgicos, como el ácido crómico, el ácido nítrico, etc.



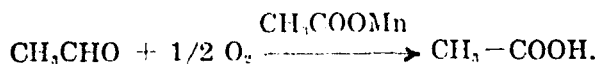
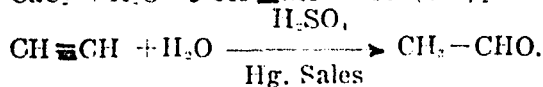
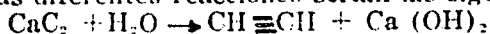
pero el ácido concentrado se obtiene por oxidación del acetaldehído, resultando así un ácido acético muy puro, aunque generalmente a un costo elevado.

METODO DE OBTENCION UTILIZANDO ACETALDEHIDO:

El acetaldehído puede obtenerse del etanol, por eliminación de dos átomos de Hidrógeno del alcohol sin que se substituya por un átomo de Oxígeno.



Sin embargo, el acetaldehído se obtiene de preferencia por hidrogenación del acetileno, el cual se obtiene a su vez del carburo de calcio. Las diferentes reacciones serían las siguientes:



De ordinario se requiere la presencia de un catalizador y la oxidación se verifica a elevadas presiones y más o menos a 100° C.

En el esquema de flujo adjunto, se indican los pasos principales de la obtención y los cálculos de mantenimiento por unidad.

El fierro de fundición silícea, con un 14% de Sílice y 0.9% de

Carbón, no es fácilmente atacado por el Etanoico, por lo que puede ser utilizado en la construcción de aparatos para la instalación. Igualmente el cobre es poco atacado si se mantiene limpio, pero para el tanque de reacción es más aconsejable un revestimiento de aluminio.

Este tanque tiene una capacidad de cinco toneladas de acetaldehído, y va provisto de serpentines, también de aluminio, y de un distribuidor de aire.

Para operar, se introducen en el tanque unos 4,000 Kg. de acetaldehído de 99%, el cual ha sido enfriado previamente a 5° C., y se le añaden después, de 18 a 22 Kg. de acetato de manganeso, pulverizado a 200 mesh.

Se pasa enseguida aire a presión, y al mismo tiempo se va elevando la temperatura poco a poco, por medio del vapor que circula a través de los serpentines, con lo cual el oxígeno del aire va siendo absorbido por el acetaldehído.

Durante la primera hora de reacción, la temperatura debe ser de 27° C.; de 28 a 30° C. en la segunda hora, y de 60° C. después de cuatro horas. Para que la reacción sea completa, se requieren de 12 a 14 horas, y debe cuidarse que la presión no exceda de 5 Kg. por centímetro cuadrado.

El nitrógeno se recupera en una serie de condensadores adecuados, en los cuales se lava con agua, para eliminar el acetaldehído que pueda llevar.

Con este procedimiento, puede obtenerse un Acido Acético de 96% de pureza, y si se le quiere purificar y concentrar, se le somete a una destilación.

El ácido así obtenido resulta muy puro, pero como ya se dijo, su costo es elevado si se le compara con el obtenido a partir del acetato de calcio, aún a pesar de que existe una planta productora de carburo de calcio en la localidad, por lo que de momento no hay perspectivas de su utilización en nuestro medio. Quizá al tener una mayor producción de energía eléctrica, —que en la actualidad es insuficiente para cubrir de manera constante y regular las necesidades crecientes de las diferentes industrias de nuestro Estado—, y por ende un abaratamiento en la misma, podría esperarse una disminución en el precio del carburo de calcio y una mayor producción de este —pues hoy día se encuentra limitada por la insuficiencia de energía eléctrica—, y por consiguiente una materia prima barata que hiciera costeable la producción de Acido Acético por este procedimiento.

En tales condiciones hemos creído conveniente, siempre con miras prácticas, proyectar en el presente estudio la obtención del Acido Acético, a partir del acetato de Calcio.

METODO DE OBTENCION UTILIZANDO ACETATO DE CALCIO.

Para la obtención del Acido Acético partiendo del acetato de calcio, o mejor dicho de la llamada cal gris, con un contenido de 80% de acetato de calcio, podemos seguir dos métodos: El del ácido clorhídrico que nos da un Acido Acético bruto con 40 a 50% de Acido Acético, o el del ácido sulfúrico que se ha generalizado más, y que nosotros preferimos porque da un Acido Acético bruto de un 80% aproximadamente de ácido.

En este ácido bruto encontramos además, ácido sulfúrico o sulfuroso, componentes del alquitrán o productos empireumáticos, cloruro de calcio, yeso, etc. Por lo tanto, para purificarlo, someteremos este ácido bruto a una nueva destilación, para obtener así el Acido Acético glacial, de 96 a 99% y ya industrialmente puro, que es el que nos interesa en el caso particular de este proyecto.

En términos generales, para la práctica del procedimiento, el ácido sulfúrico de 66° Bé., (92% de SO_2), se deja actuar sobre la cal gris agitando enérgicamente. Ya en el momento de caer, el ácido es puesto en libertad y destila en parte el Acido Acético, antes de verificarse la descomposición completa de la cal acética. Al principio, el producto de la reacción es una masa pastosa, y al llegar el total de ácido sulfúrico, se separa por destilación el Acido Acético que todavía quedaba, destilando para ello.

La masa, que al principio se podía mezclar fácilmente, toma ahora consistencia plástica y ofrece al agitador una resistencia considerable, pero poco a poco el residuo se vuelve seco, y su entremezcla exige ya menos fuerza.

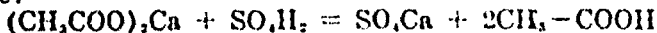
El residuo está formado en su mayor parte, de sulfato de calcio y pequeñas cantidades de sulfuro de calcio, de ácido sulfúrico, de acetato de calcio e indicios de ácidos volátiles, así como de otros productos orgánicos contenidos en la primera materia.

Mientras que la teoría exige para la descomposición de la cal gris, determinada cantidad de ácido sulfúrico, en la práctica necesitaremos una cantidad mucho mayor y su proporción nos viene fijada en tablas especiales formadas al efecto. Esto es debido a los

fenómenos de reducción que se originan y a no ser anhídrido el ácido sulfúrico empleado.

VI—REACCIONES QUIMICAS.

La reacción principal, en el procedimiento elegido, es la siguiente:



$$158,138 + 98,088 = 136,14 + 120,084$$

Las cantidades indican los pesos que intervienen de cada sustancia.

Como el presente proyecto está hecho para una planta con una producción diaria de 600 litros de Acido Acético, obtendremos el peso de ellos:

$$P = V \times D = 600 \times 1,0553 = 633,180 \text{ Kg.}$$

Por lo tanto, sabiendo ya que los 600 litros de Acido Acético pesan 633,180 kg. para calcular la cantidad de acetato cálcico necesaria para obtenerlos, planteamos la siguiente proporción:

$$158,138 \text{ kg. de acetato cálcico dan } 120,084 \text{ kg. de } \text{CH}_3\text{COOH}$$

$$X \text{ kg. de acetato cálcico darán } 633,180 \text{ kg. de } \text{CH}_3\text{COOH}$$

Resolviendo la proporción tendremos que $X = 833,831$ kg. de acetato cálcico.

Ahora bien, como no partimos de un acetato cálcico puro, sino de la cal gris con sólo un 80% de él, necesitaremos hacer una nueva proporción para calcular la cantidad de cal gris que necesitamos:

$$\text{Si } 100 \text{ kg. de cal gris contienen } 80 \text{ kg. de acetato de cal}$$

$$X \text{ kg. de cal gris contendrán } 833,831 \text{ kg. de acetato de cal.}$$

$$\text{Resolviendo la proporción } X = 1042,288 \text{ kg. de cal gris.}$$

Por el mismo sistema, calculamos el ácido sulfúrico necesario para obtener 600 litros de Acido Acético, partiendo de los pesos apuntados de la reacción principal, y relacionándolo con el acetato cálcico puro contenido en la cal gris:

$$158,138 \text{ kg. de acetato de cal requieren } 98,086 \text{ kg. de } \text{SO}_3\text{H}_2$$

$$833,831 \text{ kg. de acetato de cal requerirán } X \text{ kg. de } \text{SO}_3\text{H}_2$$

Resolviendo la proporción $X = 517,188$ kg. de ácido sulfúrico, pero como ya hemos dicho, esto es sólo en teoría pues en la práctica necesitaremos 658,239 kg. de ácido sulfúrico por las reacciones de reducción que se originan, y por no ser anhídrido el ácido sulfúrico empleado.

Resumiendo tendremos, que para la obtención de 600 litros de Acido Acético necesitamos:

Cal gris 1042,288 kg.

Acido Sulfúrico 658,239 kg.

VII.—SISTEMA DE FABRICACION ELEGIDO Y CALCULO DE LAS DIFERENTES PARTES DE LA INSTALACION

Desechado ya por anticuado el sistema de caldeo directo en hornos de mampostería, hemos adoptado nosotros para la realización de este proyecto, el procedimiento de Sandmann, que sin requerir un equipo muy costoso, da buenos resultados, y permite obtener Acido Acético glacial.

El equipo se compone de dos calderas de hierro esmaltado, provistas de doble fondo, por el que circula vapor a una tensión de 8 atmósferas aproximadamente, y el aumento de temperatura que esto origina en el interior, facilita la reacción. Además consta de varios refrigerantes, también de hierro esmaltado, en los que se condensan los vapores del Acido Acético que se desprenden de la caldera. Para el suministro de vapor que necesitamos a la presión de 8 atmósferas, utilizamos una simple caldera vertical.

La primera caldera lleva en su interior un agitador, para que el contacto entre la cal gris y el ácido sulfúrico sea perfecto. Este agitador está movido por un motor eléctrico.

En la segunda caldera, empiezan a condensarse los vapores que se desprenden de la primera, y este ácido condensado se evapora nuevamente, para obtenerlo puro ya en los refrigerantes.

Para pequeñas producciones es preferible el empleo de varias calderas pequeñas independientes, pero en este proyecto, teniendo en cuenta entre otros factores la economía de la instalación, hemos preferido construir la caldera con capacidad suficiente para toda la materia necesaria para la producción diaria que nos hemos fijado. Modernamente se opera a baja presión, pero para este proyecto nosotros hemos escogido el procedimiento de Sandmann por la sencillez de su manejo, buen funcionamiento y pureza en el producto final, así como por causas económicas ya señaladas.

CALCULO DE LA PRIMERA CALDERA:

Esta caldera consta de una parte superior cilíndrica y de una parte inferior semi-esférica. Para el cálculo de la parte inferior que es en la que van precisamente las sustancias de tratado que vamos a introducir en la caldera, relacionaremos el volumen de estas con la fórmula del volumen de la semi-esfera, y tendremos:

Volumen de la cal gris 959,433 litros
 Volumen del ácido sulfúrico 358,044 litros

Volumen total a introducir en la cal-
 dera 1.317,482 litros

$$\frac{4/3 \pi r^3}{2} = 1.317,482 \text{ litros.}$$

Despejando "r" y efectuando operaciones tenemos r = 8,569 decímetros. Por lo tanto, el diámetro expresado en metros será: D = 1,718 metros.

La parte superior de la caldera, es un cilindro cuyo radio de la base será igual al de la semi-esfera, y su altura igual a este mismo radio.

Para calcular el espesor de las paredes de la caldera, emplearemos la fórmula:

$$E = \frac{P \times D}{2 k \psi}$$

en la que:

P = Presión en kg/cm. = Presión relativa en atmósfera, multiplicada por 1,033.

D = Diámetro de la caldera en centímetros.

K = 600 en este caso.

ψ = Coeficiente de roblonadura = 0,7.

Aplicando la fórmula tenemos:

$$E = \frac{7 \times 171}{1200 \times 0,7} = 0,015 \text{ metros.}$$

Este espesor es para la parte cilíndrica de la caldera. Pa-

ra la parte esférica tomaremos el mismo, pues la variación que experimenta la fórmula es tan pequeña que puede despreciarse.

CALCULO DE LA SEGUNDA CALDERA.

Esta caldera consta de tres partes: superior, media e inferior. La superior y la inferior son semi-esféricas, iguales entre sí, y sus dimensiones serán idénticas a las de la parte inferior de la primera caldera. La parte media es cilíndrica, y de dimensiones iguales a las de la parte superior, cilíndrica, de la primera caldera. Asimismo, el espesor de esta caldera, será igual al de la anterior.

Esta segunda caldera tiene, en su parte superior, un serpentín de fundición esmaltado, rodeado de trocitos de vidrio y porcelana, y con temperatura de 118° . Si la temperatura pasa de los 120° , las impurezas de cal gris, pueden reducir algo de SO_4H_2 a SO_2H_2 que impurifica el destilado.

CALCULO DEL GENERADOR DE VAPOR:

El volumen de vapor que necesitamos para hacer una inyección en la caldera primera al cabo de siete horas, es teóricamente 3,51 metros cúbicos, que es el volumen de dicha caldera que se trata de llenar al hacer la inyección, pero en la práctica necesitamos 4 metros cúbicos.

Por lo tanto, si necesitamos una producción de vapor de 4 metros cúbicos en 7 horas, en una hora necesitaremos producir en el generador de vapor 0,57 metros cúbicos; esto es a la presión de 8 atmósferas absolutas o sea 7 relativas, y como sabemos que 1 metro cúbico de vapor a esa presión, pesa 3,77 kg., el peso del vapor a producir por hora será 2,15 Kg.

A este fin hemos escogido un tipo de caldera vertical, cuya producción específica es de 10 kg. por metro cuadrado y hora, luego:

Si 1 metro cuadrado produce 10 kg.

X metros cuadrados producirán 2,15 kg.

De donde:

X = 0,215 metros cuadrados. Y fijando el diámetro del tubo hogar en 0,14 metros de altura será:

$$L = \frac{0,215}{3,14 \times 0,14} = 0,49 \text{ mts. hasta el nivel del agua.}$$

La cámara de vapor que almacenará los 4 metros cúbicos a medida que los vaya produciendo el generador, tendrá de altura, fijando el diámetro en 1,50 metros:

$$L = \frac{V}{\frac{\pi d^2}{4}} = 2,28 \text{ metros.}$$

La superficie de parrilla será igual a la superficie de calefacción dividida por 10, es decir, 210 centímetros cuadrados, y suponiendo que la parrilla sea cuadrada, sus dimensiones serán:

Largo: 14,5 centímetros.

Ancho: 14,5 centímetros.

El espesor de este generador es, según fórmula ya aplicada: 1,25 centímetros. Y el del tubo hogar: 0,08 centímetros.

CALCULO DEL COMBUSTIBLE QUEMADO POR HORA:

Esta caldera necesita para su mantenimiento 70 kg. de hulla por metro cuadrado y hora.

Por lo tanto, $P = 70 \times 0,0210 = 1,47$ kg. de hulla de consumo por hora.

CALCULO DE LA REFRIGERACION: La refrigeración la haremos con serpentines de hierro rodados de agua fría.

Los vapores a condensar del ácido acético se encuentran a una temperatura de $118,1^\circ$ por lo que tendremos que tomar en nuestro cálculo 120° .

A la salida del serpentín el ácido se encontrará, después de ser refrigerado por el agua, —a la que ha cedido su calor—, a una temperatura de 15° , por lo que tendremos que siendo:

S = Superficie de calefacción.

P = Peso del ácido a condensar por hora.

T = Temperatura del ácido antes de la refrigeración.

t = Temperatura del ácido después de la refrigeración.

$$S = \frac{P}{2(T-t)} = \frac{75}{2(120-15)} = 0,35 \text{ metros cuadrados.}$$

La longitud del tubo del serpentín, fijando el diámetro del mismo en 0,04 metros, será:

$$L = \frac{S}{\pi d} = \frac{0,35}{3,14 \times 0,04} = 3 \text{ metros de longitud.}$$

Ahora bien, como el calor perdido por el ácido al condensarse, será igual al ganado por el agua al enfriarse, podemos igualar estas dos fórmulas:

$$C \cdot P \cdot (T - t) = C'P' (T' - t')$$

en las que:

C = Calor específico del ácido acético.

P = Peso del ácido a condensar por hora.

T = Temperatura del ácido antes de la refrigeración.

t = Temperatura del ácido después de la refrigeración.

C' = Calor específico del agua.

P' = Peso del agua necesaria para la refrigeración, por hora.

T' = Temperatura de salida del agua después de la refrigeración

t' = Temperatura de entrada del agua antes de la refrigeración

Dando valores a las fórmulas, tendremos:

$$0,497 \times 75 (120-15) = I \times P' (100-15).$$

$$\text{Despejando: } P' = \frac{0,497 \times 75 (120-15)}{I (100-15)} = 46,045 \text{ kg. de agua.}$$

Si colocamos el serpentín dentro de un depósito de 0.68 metros de diámetro en su base, su área será: 1,44 metros cuadrados. Y tomando una altura de 0.70 metros, el volumen de este depósito cilíndrico será: 1,008 metros cúbicos.

Como sabemos por el cálculo anterior, que la cantidad de agua necesaria para la refrigeración es de 46,045 kg. por hora, haremos pasar por el mencionado depósito, dicha cantidad de agua cada hora, para que la refrigeración sea perfecta.

VIII. — FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACION Y ESQUEMA GENERAL DE LA PLANTA ELABORADORA

La cal gris, en porciones pequeñas, se coloca en una caldera de doble fondo por la que circula vapor. Esta caldera es de hierro esmaltado y va provista de un tapa de fondo también esmaltado, con un agujero de registro (8) para introducir el ácido sulfúrico. Dentro hay un agitador (16 y 17) de eje tubular, por cuyo interior pasa a la caldera el vapor de agua, con el objeto de que se hablará más adelante. Este agitador está movido por un motor eléctrico de 2HP., por medio de engranaje y provisto de un reostato que regule su marcha para que el agitador tenga un promedio de 60 vueltas por minuto.

Los vapores acéticos que se desprenden, pasan por un tubo (4) a otra caldera, también de doble fondo (14) y esmaltada. En la parte superior de la segunda caldera hay un serpentín (9) de fundición esmaltado, rodeado de trocitos de vidrio y porcelana y que debe conservar la temperatura de 118°, para que se condense el Acido Acético y caiga en el interior de la caldera, mientras que el vapor sale por un tubo (10) unido a un serpentín (1) rodeado de agua fría.

Las porciones de ácido que se condensan en (1) van a parar al vaso (7).

Cuando la cal gris se ha agotado, se interrumpe la comunicación entre ambas calderas, y se establece entre el serpentín (2) y la caldera primera, por medio del tubo (3) en cuyo caso se hace llegar el vapor por el eje del agitador, para arrastrar los últimos residuos del ácido.

Por el tubo (11) se retira el sulfato cálcico formado.

Cerrada ya la comunicación entre la segunda caldera y el serpentín (1), se destila el Acido Acético concentrado que existe en la caldera segunda, por medio de una corriente de vapor, que se hace circular por su doble fondo. Los vapores, por el tubo (5), van a parar al serpentín (6) y de allí al recipiente (15).

Los residuos se extraen por (11).

IX.—APLICACIONES DEL ACIDO ACETICO.

Fines alimenticios: Vinagre.

Fines farmacéuticos y medicinales: Se emplea en grandes cantidades en la preparación de acetatos. En medicina se usa como antipirético y en el laboratorio como disolvente.

Entra en la preparación de medicamentos sintéticos como la antipirina, la aspirina, la antifebrina, la fenacetina, el éter acético, etc., así como en la obtención de colorantes sintéticos: Indigo. Mor-dientes. Aprestos. Fabricación de acetona.

Aplicase también en la preparación de perfumes artificiales Ester cinámico del Acido Acético, acetato de bornilo, geranilo, yonona, cumarina, vainillina, etc.

Fines industriales: Usase como disolvente en muchas industrias. Aplicase en fotografía. Preparación de barnices. Coagulación del látex. Preparación del albayalde, de la seda artificial, de la acetilcelulosa, y del cuero artificial. Para limpiar objetos de celuloide y para la disolución de celuloide y de la lana de colodión. En la disolución de albuminoides, resinas, gelatina, esencias, etc.

X.—PRESUPUESTO DE LA INSTALACION.

Generador de vapor. Caldera tipo vertical	\$ 7.000.00
Motor eléctrico de 2 HP	672.00
Caldera primera	6.000.00
Caldera segunda	8.000.00
Un serpentín y depósito	300.00
Idem	300.00
Idem. con un departamento lateral	330.00
Depósito para recoger el ácido	150.00
Idem.	150.00
TOTAL	\$ 22.902.00

XI.—PRESUPUESTO MENSUAL DE SOSTENIMIENTO.
GASTOS GENERALES:

Renta de local	\$	300.00
Fluido Eléctrico	„	40.00

MAQUINARIA:

Amortización de Maquinaria:	\$	191.00
Reparación de averías	„	100.00

MATERIAS PRIMAS:

Consumo mensual de cal gris	\$	2,500.80
Consumo mensual de Acido Sulfúrico	„	390.40
Consumo mensual de combustible	„	150.00

PERSONAL

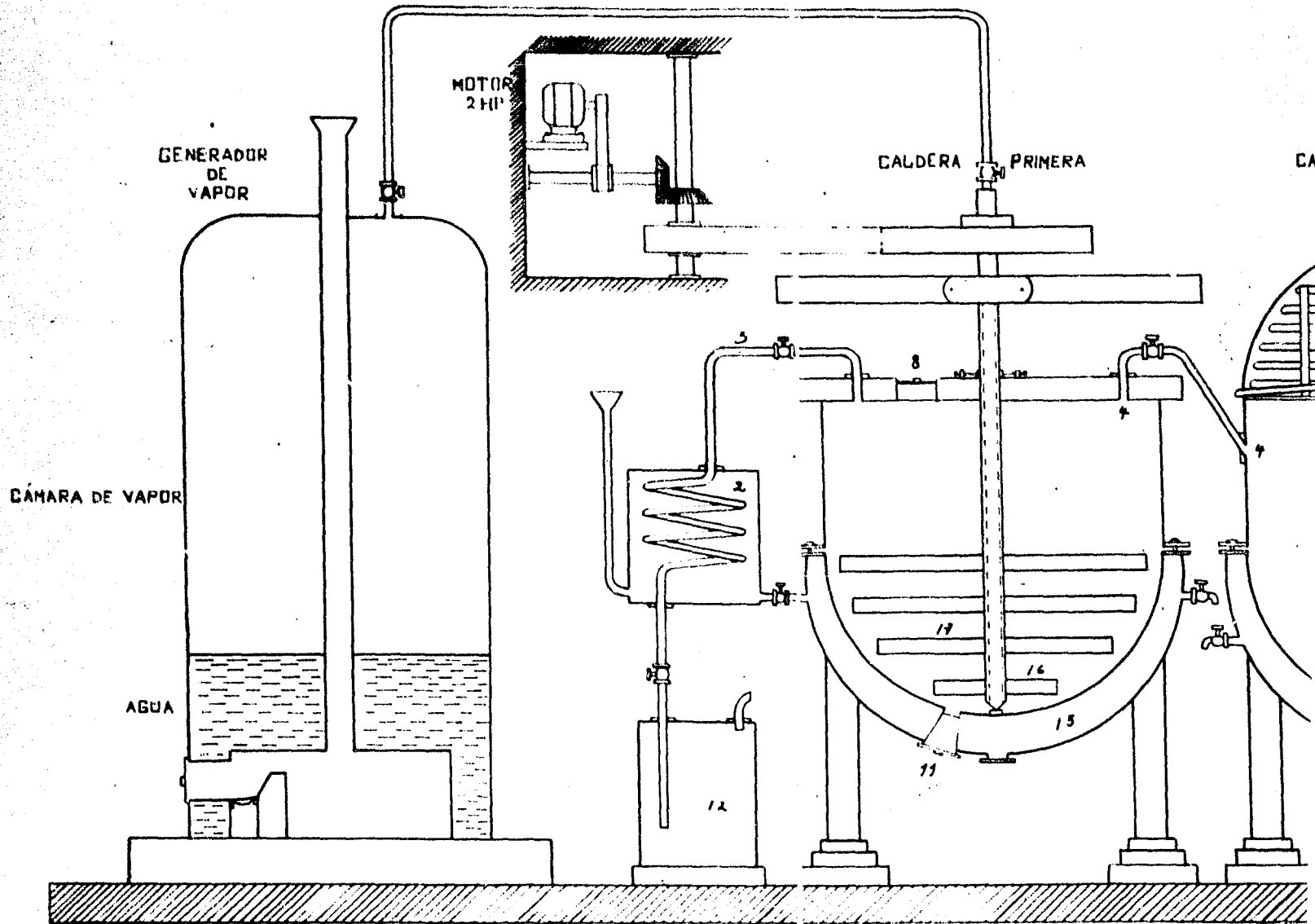
Honorarios mensuales de un Químico	\$	1000.00
Irem. de un vigilante de máquinas	„	600.00
Idem. de un obrero mecánico	„	400.00
Idem. de otro obrero	„	300.00
Idem. de un ayudante de mecánico	„	250.00

CONTRIBUCION:

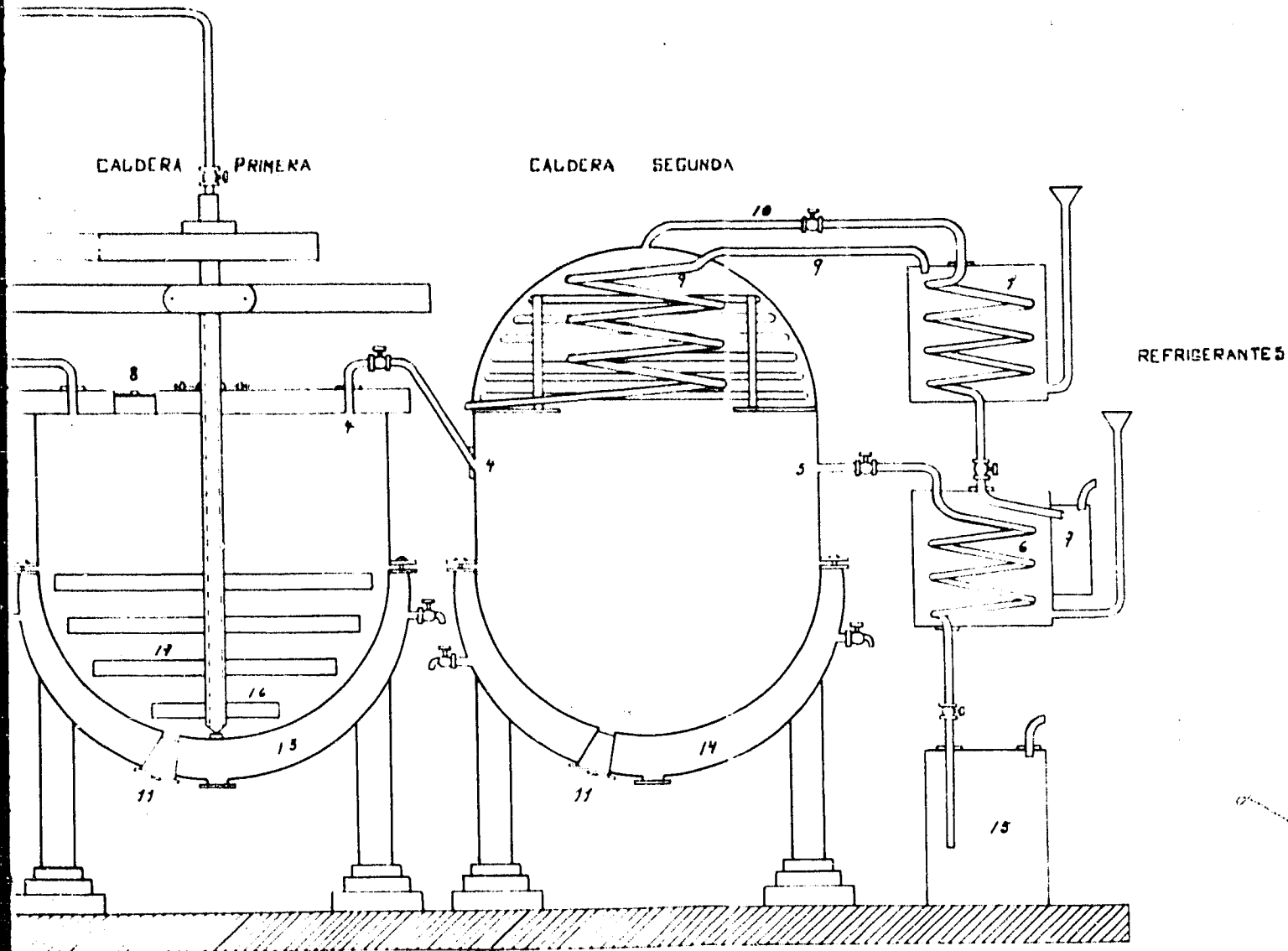
Contribución, seguro contra incendio, seguro so- cial, seguro obrero, imprevistos, etc.	„	200.00
----------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------

TOTAL . . . \$ 6,422.20

PROYECTO DE UNA FÁBRICA DE Á



UNA FÁBRICA DE ÁCIDO ACÉTICO



ESCALA 1:20.

IX.—APLICACIONES DEL ACIDO ACETICO.

Fines alimenticios: Vinagre.

Fines farmacéuticos y medicinales: Se emplea en grandes cantidades en la preparación de acetatos. En medicina se usa como antipirético y en el laboratorio como disolvente.

Entra en la preparación de medicamentos sintéticos como la antipirina, la aspirina, la antifebrina, la fenacetina, el éter acético, etc., así como en la obtención de colorantes sintéticos: Indigo. Mor-dientes. Aprestos. Fabricación de acetona.

Aplicase también en la preparación de perfumes artificiales Ester cinámico del Acido Acético, acetato de bornilo, geranilo, yonona, cumarina, vainillina, etc.

Fines industriales: Usase como disolvente en muchas industrias. Aplicase en fotografía. Preparación de barnices. Coagulación del látex. Preparación del albayalde, de la seda artificial, de la acetilcelulosa, y del cuero artificial. Para limpiar objetos de celuloide y para la disolución de celuloide y de la lana de colodión. En la disolución de albuminoides, resinas, gelatina, esencias, etc.

X.—PRESUPUESTO DE LA INSTALACION.

Generador de vapor. Caldera tipo vertical	\$ 7.000.00
Motor eléctrico de 2 HP	672.00
Caldera primera	6.000.00
Caldera segunda	8.000.00
Un serpentín y depósito	300.00
Idem	300.00
Idem. con un departamento lateral	330.00
Depósito para recoger el ácido	150.00
Idem.	150.00
TOTAL	\$ 22.902.00

**XI.—PRESUPUESTO MENSUAL DE SOSTENIMIENTO.
GASTOS GENERALES:**

Renta de local	\$	300.00
Fluido Eléctrico	„	40.00

MAQUINARIA:

Amortización de Maquinaria:	\$	191.00
Reparación de averías	„	100.00

MATERIAS PRIMAS:

Consumo mensual de cal gris	\$	2,500.80
Consumo mensual de Acido Sulfúrico	„	390.40
Consumo mensual de combustible	„	150.00

PERSONAL

Honorarios mensuales de un Químico	\$	1,000.00
Irem. de un vigilante de máquinas	„	600.00
Idem. de un obrero mecánico	„	400.00
Idem. de otro obrero	„	300.00
Idem. de un ayudante de mecánico	„	250.00

CONTRIBUCION:

Contribución, seguro contra incendio, seguro so- cial, seguro obrero, imprevistos, etc.	„	200.00
----------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------

TOTAL \$ 6,422.20

XII.—BIBLIOGRAFIA.

Enciclopedia de Química Industrial. —Edward Thorpe.

Química General y aplicada a la Industria. — Héctor Molinari

Enciclopedia de Química Industrial. — Fritz Ullmann.

Química General aplicada a la Industria. — Enrique Calvet.

Rogers Manual of Industrial Chemistry.