

PROYECTO DE UNA PLANTA ELECTROLITICA PARA PRODUCIR
150 KGS. DIARIOS DE CLORATO DE POTASIO

T E S I S QUE PRESENTA PARA SU
EXAMEN PROFESIONAL -
DE INGENIERO QUIMICO
EL PASANTE SR. LEON
KRAJMALNIK A.

ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS QUIMICAS

U. N. A. M.

M E X I C O

1 9 4 5



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

A mis padres
con todo cariño

A mi novia

A mis hermanos

A mis maestros
con gratitud y respeto

A mis compañeros y amigos

PROYECTO DE UNA PLANTA ELECTROLITICA PARA
150 KGS. DIARIOS DE CLORATO DE POTASIO

- 1.- Utilidad de la planta para el país
- 2.- Sistema de trabajo. Teoría
- 3.- Diagrama de operación
- 4.- Diseño del equipo y su costo
- 5.- Costos y Balances Económicos
- 6.- Control de la operación
- 7.- Conclusión
- 8.- Bibliografía y diseños de la planta

UTILIDAD DE LA PLANTA PARA EL PAIS

C A P I T U L O I

UTILIDAD DE LA PLANTA PARA EL PAIS

Desde el tiempo de la conquista, México ha tenido una extensa industria pirotécnica y actualmente se ha desarrollado muchísimo la industria cerillera, así como otras industrias de explosivos, todas ellas, usando como materia prima el Clorato de Potasio. Hasta ahora, en México no existe producción de Clorato de Potasio, ni siquiera en escala mediana, pues según datos recogidos aproximados --- (por no poder conseguir datos estadísticos debido al estado de guerra persistente). México consume diariamente unas TRES toneladas, aparte de lo que se consume para fines medicinales. Como se vé, el consumo es bastante considerable para permitir el desarrollo de esta industria, máxime en los tiempos actuales, pues casi no es posible su importación, debido a su importancia en la guerra. La industria cerillera, se ha visto obligada a usar como materia prima el material importado y que no es precisamente Clorato de Potasio, sino una mezcla que contiene únicamente el 60% de $KClO_3$. Esta mezcla se conoce con el nombre de "Match Compound" o "Mezcla Cerillera". Por este compuesto que únicamente contiene el

60% de clorato de potasio se está pagando un precio tal, que casi costaría el clorato puro, siempre que existiera dicha industria en el País.

La materia prima para la industria de $KClO_3$ se puede conseguir con relativa facilidad, pues ya se consigue en México el KCl purificado. También se podría importar la materia prima de otros países -- que tienen grandes yacimientos de potasio y que no fabrican $KClO_3$.

Por lo anterior, se deduce que para el País sería de gran utilidad el desarrollo de la Industria de Clorato de Potasio, tanto para ayudar a las industrias que lo usan como materia prima, así como proporcionar la formación de industrias nuevas que hasta ahora no pudieron desarrollarse en el País, precisamente debido a que no podían surtirse de esta materia prima.

Además de todo lo anterior, tenemos que considerar que México necesita procurar producir todas las materias primas necesarias para sus industrias, y no estar sujeto a otros países, máxime una industria que es tan primordial como la cerillera. Con el desarrollo de la industria de Clorato de Potasio se adelantará un gran paso para la Autonomía Industrial de México.

SISTEMA DE TRABAJO. TEORIA

C A P I T U L O I I

SISTEMA DE TRABAJO. TEORIA

Se desea obtener electrolíticamente el clorato de potasio a partir del cloruro de potasio como materia prima, para lo cuál son necesarios los siguientes procesos:

- 1o.- Proceso electrolítico.- En el cuál se --- efectúa la transformación de la materia prima en el producto que se desea obtener.
- 2o.- Cristalización.- Que es el proceso en el que se separa el producto final crudo.
- 3o.- Refinación.- Por medio de la cuál se obtiene ya el clorato de potasio para su -- venta.

A continuación voy a describir cada uno de los procesos, relacionándolos con la construcción de una planta electrolítica para producir 150 kgs. de $KClO_3$ en 24 horas de trabajo.

Proceso Electrolítico

Un proceso electrolítico, es aquél por medio del cuál es posible transformar la energía eléctrica en energía química o viceversa.

A nosotros nos interesa el primer caso, es decir, utilizar la energía eléctrica para transformar una sustancia química en otra. En nuestro caso --

particular, el KCl en KClO_3 . Este fenómeno se llama oxidación electrolítica.

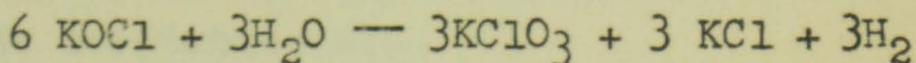
Ante todo, voy hacer una descripción general - del proceso que se efectúa durante una electrolisis.

Si disolvemos en agua una substancia como KCl, se forma un electrólito, o sea una solución conductora de corriente. Si este electrólito lo colocamos en un recipiente adecuado y sumergimos dentro - de la solución 2 electrodos, uno positivo y uno negativo, tendremos lo que se llama una celda electrolítica. Pasando una corriente eléctrica a través - de la celda, se efectúa el siguiente fenómeno:

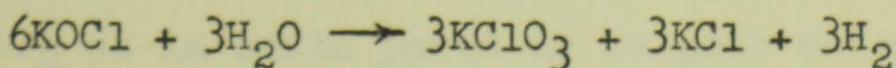
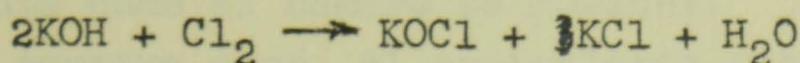
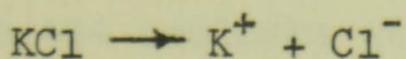
El KCl se disocia en K^+ y Cl^- , el K^+ se dirige al polo negativo o cátodo y el Cl^- se dirigirá al - polo positivo o ánodo. El potasio que se desprende en el cátodo no puede existir en estado metálico e inmediatamente reacciona con el agua, dando como -- producto KOH y desprendiendo hidrógeno. El cloro - que se desprende en el ánodo, se encuentra en estado gaseoso. Si entre los dos electrodos no tenemos ninguna membrana de separación, entonces el KOH formado en el cátodo, se difundirá a través del líquido y en la región anódica reaccionará con el cloro en la siguiente forma: $2 \text{KOH} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{KOC1} + \text{H}_2\text{O}^{+\text{KCl}}$

Si seguimos efectuando la electrolisis, entonces continúa aumentando la concentración de ---

KOCl en la celda, hasta llegar a su máximo, es decir, a su estado estacionario, durante el cuál, en una unidad de tiempo se producen la misma cantidad de iones OCl^- que la que se descargan. Los iones OCl^- que se descargan no pueden existir en estado libre y entonces reaccionan con el agua, formando el KClO_3 y desprendiendo hidrógeno.



En resumen, las reacciones que se efectúan durante la electrolisis son las siguientes:



Para efectuarse el proceso electrolítico son recesarios:

- a) La corriente eléctrica
- b) Las celdas electrolíticas
- c) El electrólito

Corriente Eléctrica

Vamos a calcular la corriente eléctrica necesaria para producir 150 kgs. de KClO_3 .

La ley de Faraday dice: Cuando una corriente eléctrica pasa a través de un electrólito, la canti

dad en peso de una substancia separada, es proporcional a la cantidad de corriente pasada por el circuito y las cantidades en peso de diferentes substancias, separadas por una misma cantidad de electricidad, son mutuamente proporcionales a sus pesos equivalentes, independientemente de las condiciones de trabajo, es decir, de la temperatura, concentración, densidad de corriente, etc.

Se encontró que para depositar un equivalente gramo (peso equivalente en gramos) de cualquier ión, se necesitan 96 494 coulombs internacionales, o sea 26.8 amperes hora. A este número se le denomina generalmente como el número de Faraday.

En nuestro caso, el equivalente electroquímico de KClO_3 es la sexta parte de su peso molecular, -- porque el proceso de oxidación electrolítica de KCl , para formar KClO_3 necesita tres oxígenos. Como el oxígeno es divalente, los tres oxígenos representan 6 cargas negativas que necesitan 6 cargas positivas para fijarlos.

El peso molecular de KClO_3 es:

$$\text{K} = 39.096 \qquad P_m = 122.55$$

$$\text{Cl} = 35.457$$

$$\text{O}_3 = \frac{48.000}{122.553}$$

Equivalente electroquímico:

$$F = \frac{122.55}{6} = 20.425$$

Entonces, según la ley de Faraday, para producir 20.425 gr. de $KClO_3$ necesitamos 26.8 amperes hora.

Como queremos producir en 24 horas 150 kgs., - en una hora necesitamos:

$$\frac{6250}{20.425} \times 26.8 = 8200 \text{ amperes por hora}$$

En las celdas electrolíticas para la producción del $KClO_3$, se usa generalmente un voltaje entre 4 a 4.5 volts y se obtiene un rendimiento de - 85% que es el mayor que se ha obtenido.

La corriente eléctrica continua es proporcionada por máquinas transformadoras de corriente alterna.

Para saber la capacidad del equipo generador de corriente continua, necesitamos multiplicar el amperaje por el voltaje. En nuestro caso, la potencia necesaria sería:

$$8200 \times 4.5 = 38900 \text{ W} = 38.9 \text{ KW}$$

Como el rendimiento se calcula en un 85%, entonces en la práctica necesitaremos:

$$\frac{38.9}{0.85} = 44.7 = 45 \text{ KW. de corriente continua}$$

Celdas

Para construir una celda electrolítica, se necesita tomar en cuenta el poder de corrosión del -- electrólito y las condiciones de trabajo.

En nuestro caso, el electrólito es una solu--- ción de KCl al 24% y la electrolisis se efectúa en un medio ligeramente ácido y a una temperatura de - 50 a 60° C.

Se ha visto que para este caso, lo más indicado es una celda rectangular de fierro, recubriendo el fondo y las partes bajas de las paredes con asbesto- cemento o concreto.

Los cátodos o los polos negativos van a ser de fierro, pues los experimentos efectuados en el labo- ratorio, mostraron un rendimiento mejor que si se - usara grafito.

Los ánodos pueden ser de platino, grafito o -- magnetita. El platino es mucho más caro y tan difí- cil de conseguir, que se rechaza de inmediato. La magnetita se usó en algunas partes de Europa, pero se ha visto que se obtiene un rendimiento pésimo -- y solamente se usa cuando la densidad de corriente es muy baja (150 amp./m²), ya que su conductividad es bastante mala. El grafito resultó el más conve- niente, ya que su conductividad eléctrica permite - una densidad de corriente de 1000 amp/m² que es la

indicada en esta clase de electrolysis.

Para la construcción de la celda, necesitamos calcular la superficie anódica necesaria. Para esto, voy a fijar la densidad de corriente que usaremos. Como antes mencioné, la más indicada es de 1000 amp/m², pero como se trabaja en caliente, hay dos modos de calentar la solución. Uno es usando el Efecto Joule y el otro es precalentarla antes de alimentar -- las celdas. Si usamos el Efecto Joule para calentar la solución, necesitaríamos una densidad de corriente más alta, pues parte de ella servirá para calentar la solución y parte para la electrolysis. Como en México, aparte de la escasez, la fuerza eléctrica tiene un costo muy elevado, me inclino a precalentar la solución con vapor, máxime que necesito -- una caldera para otros departamentos de la fábrica. Descartado el efecto Joule, usaré una densidad de -- 1000 amp/m² ó 10 amp/dm². Como contamos con 450 amperes, la superficie anódica será:

$$S = \frac{\text{Amps}}{\text{Dens}} = \frac{450}{10} = 45 \text{ dm}^2$$

Como cuento con 100 volts y trabajaré a 4.5 v. por celda, necesitaré 20 celdas electrolyticas, ya que se necesita considerar algunas pérdidas a lo -- largo de las conexiones.

Como los cátodos van colocados a ambos lados -- del ánodo, cada cara del ánodo deberá tener una su-

perficie de 22.5 dm^2 .

Es muy importante la distancia entre el cátodo y el ánodo, pues mientras más separados estén los electrodos, mayor voltaje necesita la celda y pasa una corriente de menor intensidad. Mientras menor sea la intensidad de la corriente, menor será el --rendimiento, pero por otra parte, tampoco podrán es--tar muy juntos, debido a que puede llegar un momen--to en que la celda requeriría mayor intensidad de --la corriente de la que podría proporcionar el gene--rador.

Las experiencias mostraron que cuando entre el cátodo y el ánodo hay una distancia de 2.85 cm. la celda requiere 4.4 volts y pasa a través de ella --442 amperes.

Las conexiones entre cátodos y ánodos deberán hacerse con barras de cobre adecuadas para la con--ducción de la corriente de esta intensidad.

En el capítulo de equipos se verá más detalla--damente la construcción de las celdas y sus conexio--nes.

Electrolito

El electrólito que usará será una solución de KCl , la cual debe satisfacer las condiciones neces--arias de concentración, temperatura y acidez, para --que la electrolisis se efectúe con el rendimiento --

máximo.

Para saber qué concentración es la más indicada, necesitamos ver como varía la conductividad de electricidad con respecto a ella.

En los electrólitos que son conductores de segundo grado, la electricidad es transportada por los iones. De esto se deduce que la conductividad eléctrica es directamente proporcional a la cantidad de iones que la transportan y a su velocidad.

En soluciones muy diluídas, casi todas las moléculas se ionizan la conductividad llega a su máximo. Por otra parte, en soluciones diluídas, la concentración iónica es menor que en las soluciones concentradas, es decir, por unidad de volumen en las soluciones concentradas hay más iones que en las soluciones diluídas y la conductividad específica aumenta.

Hay sustancias en que la solubilidad es ilimitada, entonces, su conductividad específica llega a un máximo y empieza a disminuir con el aumento de concentración. Esto queda explicado porque al ir aumentando la concentración de un electrólito fuertemente diluído, el número de iones por cm^3 es por de pronto proporcional a esta concentración y la conductividad aumenta, pero luego a consecuencia de predominar el efecto de disminución del grado de di

sociación sobre el aumento del número de moléculas, aquella conductividad disminuye.

Como el KCl tiene un límite de solubilidad, su conductividad llega a un máximo cuando la solución de KCl queda saturada, según puede verse en la gráfica No. 1.

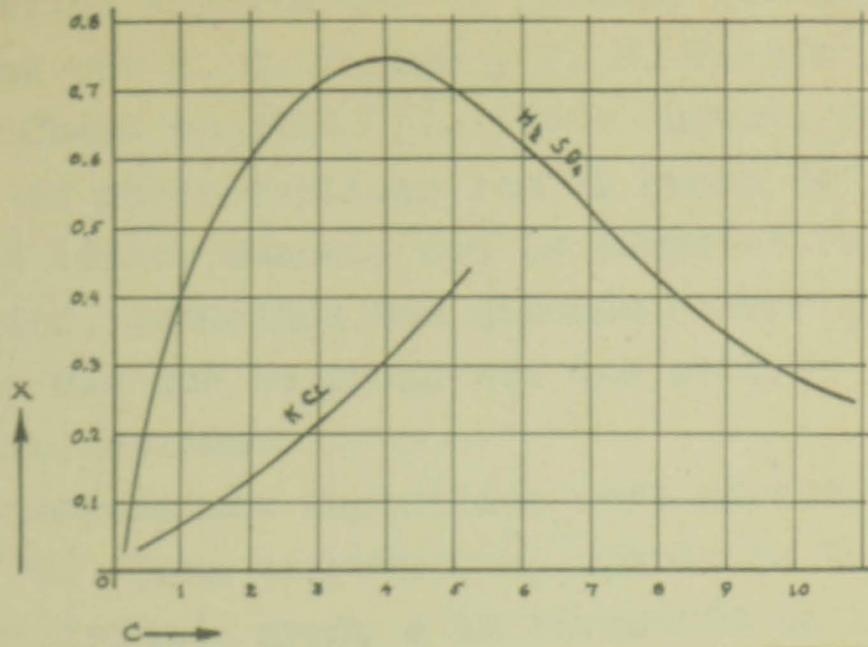
La conductividad eléctrica también depende de la velocidad de los iones, pero ésta no varía mucho con la concentración, según se puede ver en la tabla a continuación, por lo que no la tomaremos en cuenta y fijaremos como concentración óptima una solución saturada a 20°C., y según tablas, es de 279 gramos, de KCl por 1 litro de solución (1)

Número de transferencia en las soluciones acuosas de KCl encontradas por el método de Hittorf. (2)

TEMPERATURA °C	CONCENTRACION NORMAL			
	0.005	0.010	0.050	0.100
0	0.493	0.493	0.493	0.492
18	0.496	0.496	0.496	0.495
30	0.498	0.498	0.498	0.495

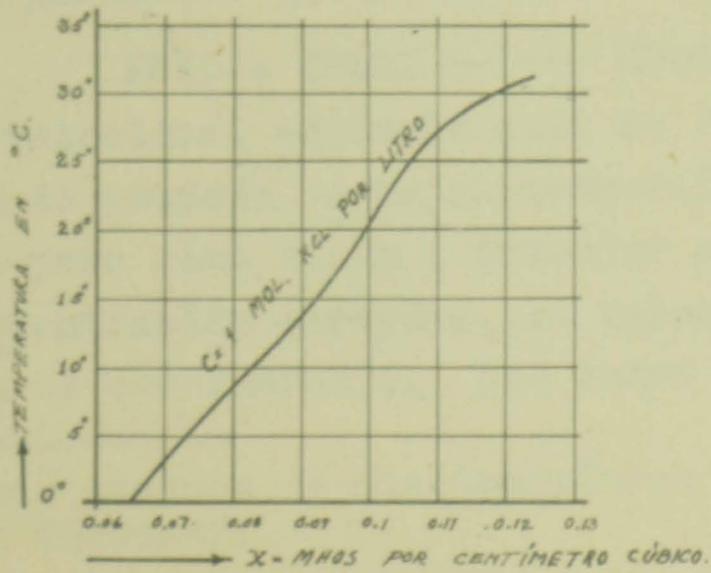
(1) Handbook of Chemistry and Physics 1944

(2) Datos sacados de Theoretical and Applied Electro Chemistry.- Thompson.



C = EQUIVALENTE GRAMO POR LITRO
 X = MHOS POR CENTÍMETRO CÚBICO A 18°C.

GRÁFICA NÚM. 1.

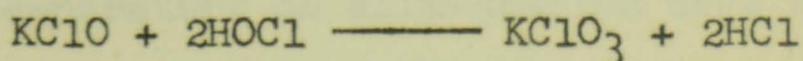


GRÁFICA NÚM. 2.

Con lo que varía considerablemente la conductividad, es con la temperatura, según puede verse en la gráfica adjunta No. 2, formada con los datos formulados por H. C. Parker y F. M. Parker de la American Chem. en 1914 ⁽¹⁾. Este aumento de conductividad, se puede explicar con el hecho de que la movilidad iónica aumenta con la temperatura. Por lo anterior, deducimos que debemos elevar la temperatura lo más que se pueda sin que estorbe el proceso en otro sentido.

La temperatura encontrada como adecuada es de 50 a 60° C. Esta temperatura, aparte de favorecer la conductividad, ayuda a la formación de KClO_3 , debido a que a esta temperatura disminuye la concentración máxima de los iones ClO .

Además de formarse ClO_3 por descarga de los iones ClO , puede también originarse el clorato por reacción puramente química.



La velocidad, según la cuál se verifica esta reacción es pequeña, a bajas temperaturas y concentración, pero como se va a trabajar a una temperatura y concentración elevadas, la velocidad de esta reacción es considerable. Los iones H^+ originados,

(1) Datos sacados de Electroquímica del Ing. Víctor Gaertner.

suministran más HOCl , por lo que la formación de clorato se extiende por todo el volumen del electrólito aumentando el rendimiento en clorato, pues su formación tiene lugar sin desprendimiento del oxígeno y por lo tanto, sin pérdida de corriente. Esta reacción es más intensa en medio ácido a 0.05N. de HCl .

Es recomendable añadir 10 gramos por litro de bicromato de potasio, que sirve de catalizador y - que formando en el cátodo una película de cromato - cromoso protege al mismo.

Como el KCl industrial viene con algunas impurezas que se pueden separar por filtración, antes - de pasar la solución al tanque de almacenamiento, - la pasamos por un filtro prensa.

En resumen, el electrólito debe tener una concentración de 279 gr. de KCl por un litro de solución, debe ser 0.05N de HCl , es decir, debe tener - un pH de 1.4 y 10 gr. de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ por litro de solución. La temperatura de alimentación debe ser de 50 a 60°C.

Cristalización

Durante este proceso, el clorato de potasio que se encuentra en solución se separa por precipitación quedando en solución únicamente el KCl . Esta precipitación es posible efectuar debido a que las solubilidades de KCl y KClO_3 son muy diferentes, según

se puede ver en la gráfica No. 3.

La solución que sacamos de las pilas, debe contener un 18% de $KClO_3$ y se encuentra a una temperatura de $55^{\circ}C$. y contiene 180 grs/litro de $KClO_3$. - Como una molécula de KCl da origen a una molécula - de $KClO_3$ y la eficiencia del proceso es de 85%, para producir 180 grs. de $KClO_3$ necesitamos:

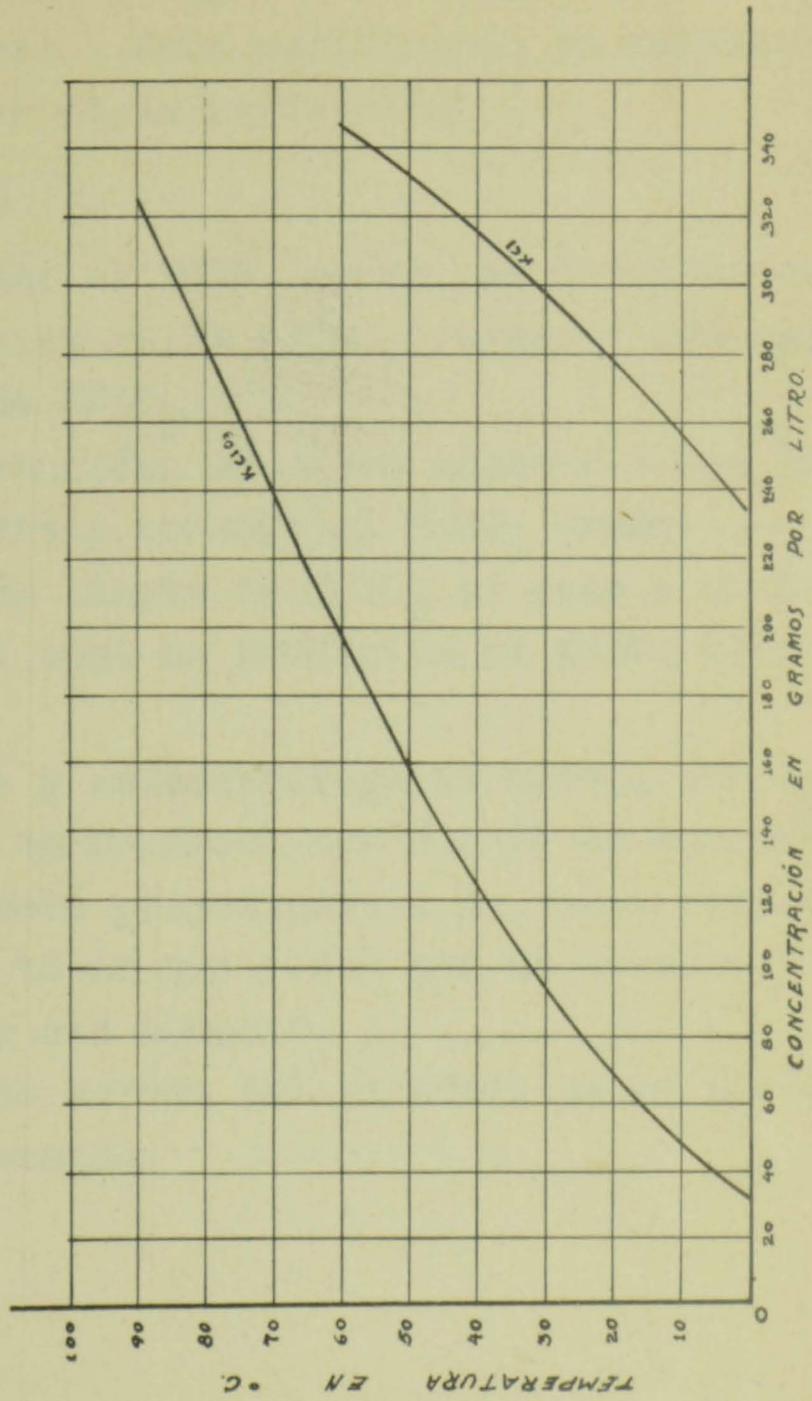
$$\frac{74,553 \times 180}{122,553 \times 0,85} = 128,8 \text{ grs. de } KCl$$

Alimentamos las celdas con una solución de 279 gramos/litro y como gastamos 128.8 grs. nos quedarán 150.2 de KCl .

Ahora si observamos la gráfica, vemos que a $0^{\circ}C$ la solubilidad de KCl es mayor que 150.2 grs/litro, por lo que no se precipitará nada, pero la solubilidad de $KClO_3$ es de 31.4 grs/litro, por lo tanto, precipitarán $180 - 31.4 = 148.6$ grs. de $KClO_3$. Como se puede ver, es posible la separación de $KClO_3$ enfriando la solución que sale de las pilas hasta $0^{\circ}C$., sin que se precipite KCl . Este enfriamiento se hará en unos enfriadores especiales en los que también se sedimentará el sólido. En estos enfriadores, la mayor parte de las aguas madres se separan por decantación, después de haberse sedimentado el sólido y el resto se separa por medio - de la centrifugación. (1)

(1) Los tanques enfriadores y las centrifugas, que dan descritos en el capítulo de equipo.

SOLUBILIDAD DE KCL Y KCLO₃ A DIFERENTES TEMPERATURAS.



De esta manera obtenemos el producto KClO_3 crudo, ya que puede contener grafito que arrastrá consigo de las celdas y algunas otras basuras obtenidas en el proceso. Para purificarlo es necesario otro proceso que es la refinación.

Refinación

Para refinar el KClO_3 crudo, se disuelve en agua a una temperatura de 93°C ., formando una solución saturada de KClO_3 .

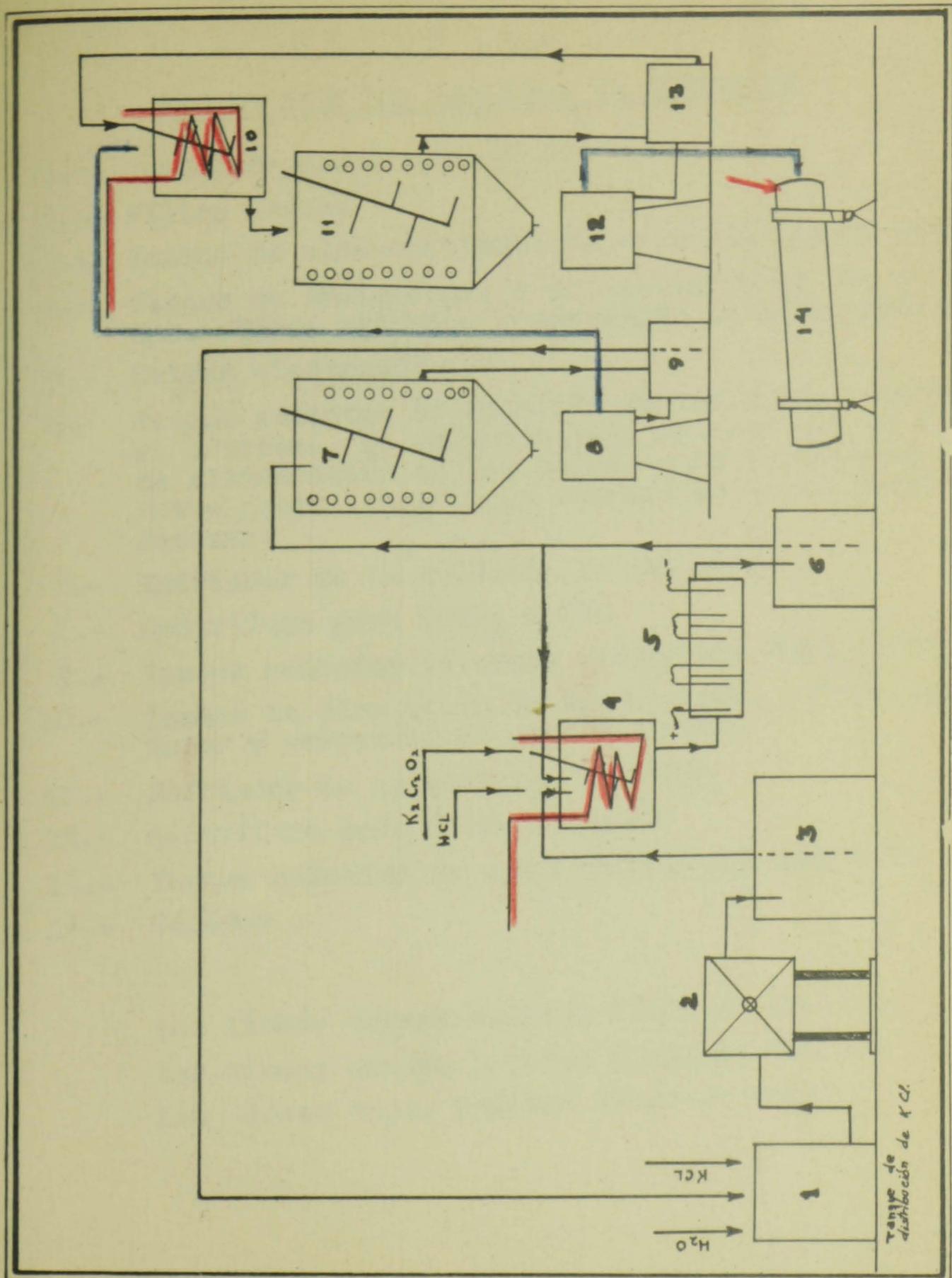
En esta solución, se dejan asentar todas las impurezas que traía consigo el KClO_3 crudo.

La solución limpia de KClO_3 se pasa a un nuevo enfriador en el cual se precipita el KClO_3 completamente puro.

Se decanta y se centrifuga de nuevo, con lo que se obtiene un producto con 5 a 6% de humedad. Como el KClO_3 debe presentarse a la venta completamente seco, se tiene que pasar por un secador en el que pierda toda esa humedad.

El producto sacado del secador, ya se puede envasar para su venta.

DIAGRAMA DE OPERACION



TRANSF. de distribución de KCl.

C A P I T U L O I I I

EXPLICACION DEL DIAGRAMA DE OPERACION

- 1.- Tanque de disolución de KCl
- 2.- Filtro prensa
- 3.- Tanque de almacenamiento de solución limpia de KCl
- 4.- Tanque de tratamiento y alimentación de las celdas. Tiene agitador y serpentín de calentamiento
- 5.- Celdas electrolíticas
- 6.- Tanque colector de solución de las celdas durante el proceso. La solución pasa de este tanque al de alimentación de las celdas para recircular de nuevo hasta llegar a la concentración en clorato deseada.
- 7.- Enfriador de la solución de las celdas
- 8.- Centrífuga para $KClO_3$ crudo
- 9.- Tanque colector de aguas madres del $KClO_3$ crudo
- 10.- Tanque de disolución de $KClO_3$ crudo. Tiene agitador y serpentín de calentamiento.
- 11.- Enfriador de la solución de $KClO_3$
- 12.- Centrífuga para $KClO_3$ refinado
- 13.- Tanque colector de aguas madres del refinado
- 14.- Secador

Las líneas negras indican flujo de fluidos

Las líneas azules indican flujo de sólidos

Las líneas rojas indican flujo de vapor

DISEÑO DEL EQUIPO

C A P I T U L O I V

DISEÑO DEL EQUIPO

En este Capítulo, seguiré para el cálculo del equipo el siguiente orden:

- 1.- Maquinaria eléctrica para producir la corriente continua.
- 2.- Celdas electrolíticas y conexiones
- 3.- Tanques
- 4.- Serpentes de calentamiento, secador y caldera.
- 5.- Máquina de refrigeración y cristalizadores
- 6.- Líneas de flujo y flúidos
- 7.- Filtro prensa, bombas y sus motores, centrífugas.

Para poder calcular el equipo necesario, tenemos que fijar el tiempo en que se efectuarán todas las operaciones. La planta eléctrica deberá trabajar las 24 horas, debido a que cada parada de la maquinaria eléctrica redonda en perjuicio de las pilas electrolíticas. Todas las demás operaciones deberán hacerse durante 8 horas de trabajo, con lo cual se ahorra mano de obra y se puede tener un mejor control.

C A L D E R A

La solución del tanque alimentador de las pilas se calentará de 20°C a 55°C en ----- 2 horas
La refinación del clorato de potasio crudo, se efectuará en ----- 4 horas
El secado del producto se efectuara en ----- 2 "

P L A N T A D E R E F R I G E R A C I O N

Precipitación de $KClO_3$ crudo ----- 4 "
Precipitación de $KClO_3$ refinado ----- 4 "

T R A B A J O D E L A S B O M B A S

(1) Una bomba para el filtro prensa ----- 2 "
La misma bomba para bombear la solución almacenada al tanque alimentador de las pilas ----- 0.5 "

- (2) Una bomba para mandar la solución que ya pasó por las pilas al enfriador del clorato crudo ----- 0.5 hrs.
La misma bomba servirá para hacer la recirculación en las pilas. Una cada -- 0.5 hrs.
- (3) Una bomba para llevar las aguas madres del clorato crudo al tanque de disolución ----- 0.5 hrs.
La misma bomba va a servir para llevar las aguas madres del clorato refinado al tanque de disolución del clorato crudo ----- .1/4 hrs.

TRABAJO DE LAS CENTRIFUGAS

- (1) Una centrífuga para obtener 160 kgs. de clorato de potasio crudo ----- 4 horas
- (2) Una centrífuga para obtener 160 kgs. de clorato de potasio refinado ----- 4 "

MAQUINARIA ELECTRICA

Según vimos en el Capítulo anterior, necesitamos 45 KW. de corriente continua.

Un generador de corriente continua de 45 KW. - necesitará un motor para que lo mueva de:

$$\frac{45}{0.7457} = 60.5 \text{ HP}$$

ya que 1 HP. es igual a 0.7457 KW. Como generalmente el rendimiento de esta clase de unidades es de un 85%, necesitaremos un motor de:

$$\frac{60.5}{85} = 71 \text{ HP.}$$

Como es indispensable un control de la corriente que entra en las pilas, así como su regulación, necesitamos el siguiente equipo:

Un Switch de doble tiro

Un amperímetro de corriente continua hasta --
600 amperes.

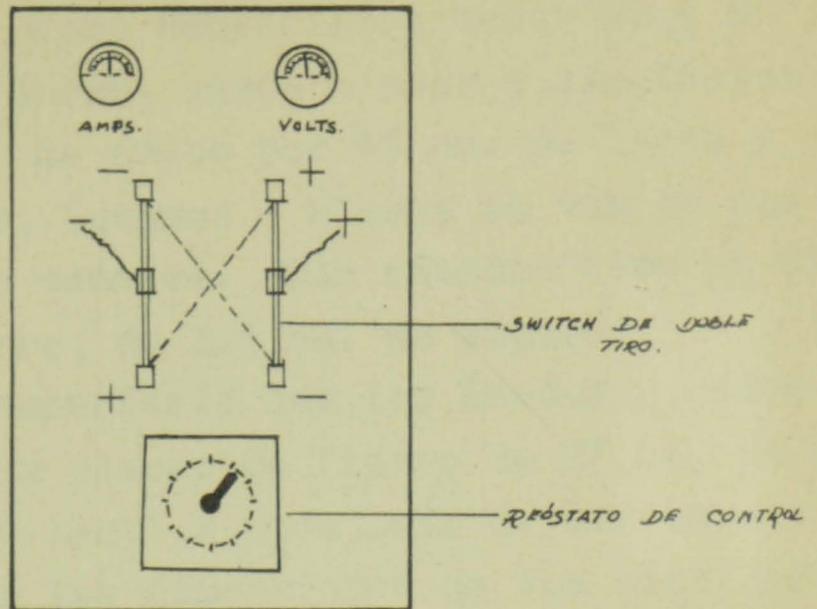
Un Voltímetro de corriente continua hasta --
125 volts.

Reóstato regulador, adecuado al generador

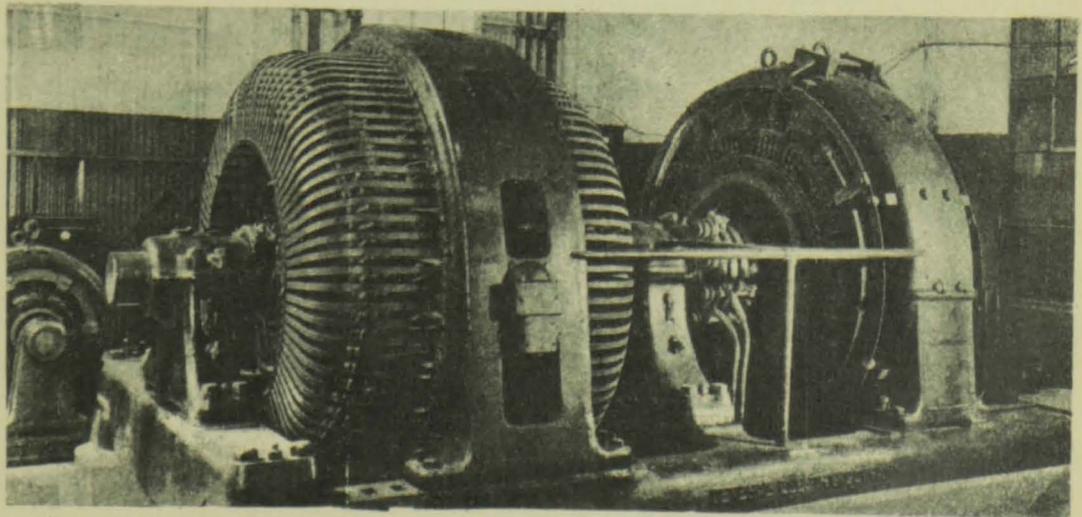
Como no se puede conseguir un equipo nuevo, daremos los precios aproximados del equipo que necesitamos.

1 Generador de 55 KW -----	\$ 4 000.00
1 Motor de 75 HP. -----	6 000.00
1 Tablero con Switch de doble tiro, Amperímetro y Voltímetro -----	1 250.00
1 Reóstato de regulación -----	<u>500.00</u>
SUMA -----	<u><u>11 750.00</u></u>

TABLERO DE CONTROL



MOTOR GENERADOR



CELIDAS ELECTROLITICAS Y CONEXIONES DE COBRE

Según vimos, son necesarias 20 celdas, cuyas dimensiones deben acoplarse a la superficie anódica que necesitamos. Como necesitamos tener 22.5 dm^2 de cada lado del ánodo, vamos a usar 5 electrodos de grafito de 10 cm. de ancho por 45 cm. de largo y -- 10 cm. de espesor, (usamos 5 blocks en vez de uno -- para facilidad de manejo). Los cátodos como he dicho serán de fierro, de 1.5 cm. de espesor, ⁽¹⁾ y teniendo la misma superficie que los ánodos. Usaremos como cátodos 2 placas de fierro de 27 cm. de ancho por 45 cm. de largo a cada lado de los ánodos. ⁽²⁾

Considerando las dimensiones de los electrodos y la distancia entre los mismos, obtenemos para las celdas electrolíticas las siguientes medidas:

Profundidad	50 cm.
Largo	60 cm.
Ancho	25 cm.

Las conexiones entre cátodos y ánodos y entre las celdas, deben hacerse fuera de la solución, -- por lo que los ánodos llevan en la parte superior, un virlo el que sirve para sostener al electrodo y para conectarlo al circuito. Los cátodos llevan --

(1) La conductividad del fierro es de 0.2 amps/mm^2

(2) Usamos 2 placas para facilidad de manejo

en su parte superior un angostamiento con el mismo objeto que el virlo en los ánodos. Las conexiones dentro de las pilas y entre las pilas, se muestran en el croquis. Las celdas se conectan en forma de "U" para ahorrar conexiones de cobre entre las puntas de entrada y salida de la corriente.

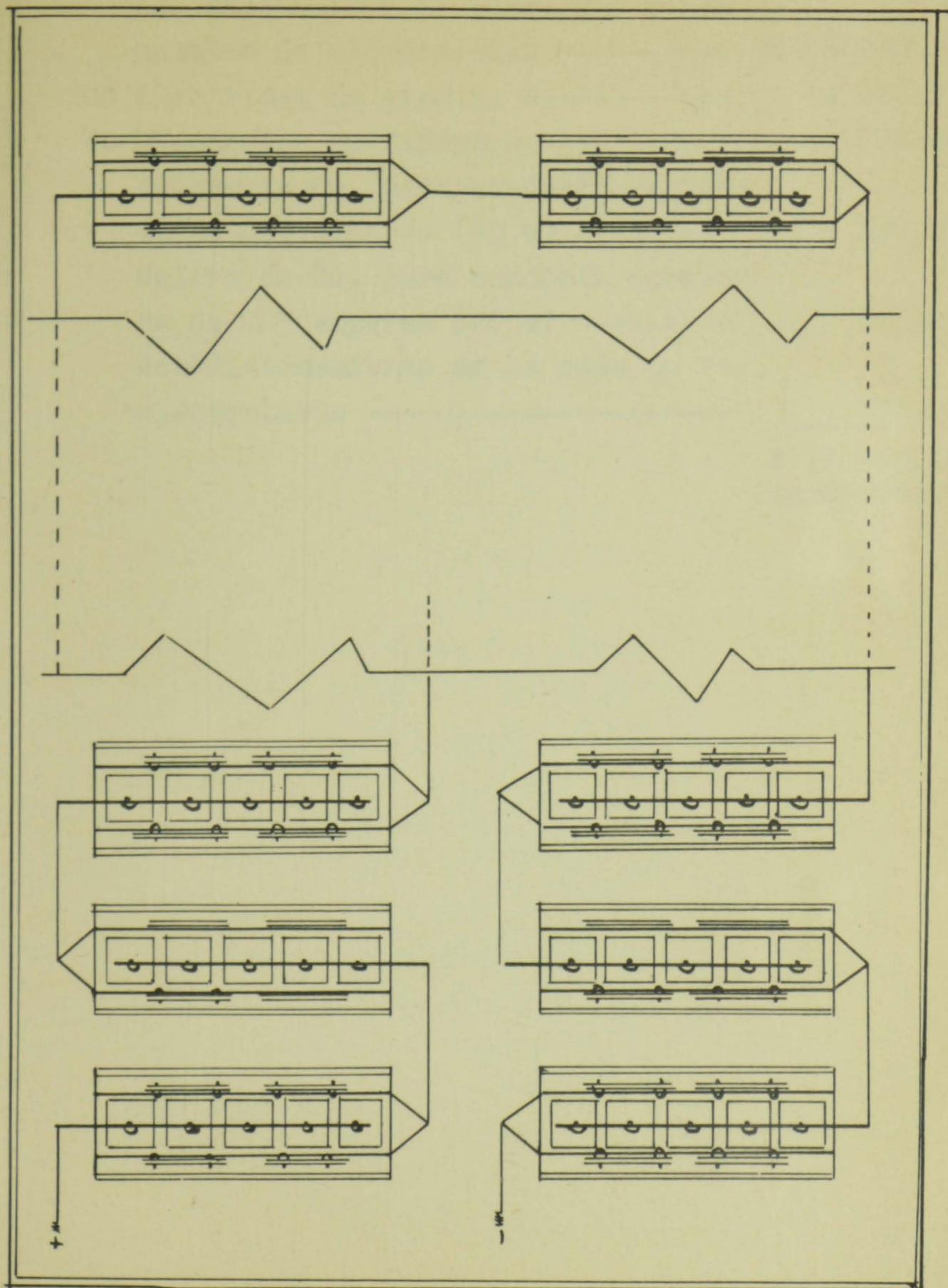
Vamos a calcular el espesor del Cu necesario para conducir la corriente entre los cátodos y los ánodos. Los 450 amperes que salen del generador, tienen que ser conducidos por una hilera de ánodos y dos hileras de cátodos. Quiere decir, que cada hilera de cátodos conducirá 225 amperes. Ahora --- bien, el Cu. tiene una conductividad específica de 2 amperes por milímetro cuadrado, por lo que, para unir los cátodos se necesitará una barra que tenga de sección:

$$\frac{225}{2} = 112.5 \text{ mm}^2$$

y para unir los ánodos se necesitará una barra de sección:

$$\frac{450}{2} = 225 \text{ mm}^2$$

La misma sección se necesitará para conectar al generador con los bornes de las celdas.



La construcción de 20 celdas y los canales de alimentación -----	\$ 8 000.00
100 Electrodoos de grafito -----	2 000.00
40 Electrodoos de fierro -----	1 000.00
Solera de Cu. para conducir corriente de 450 amperes (40 m) -----	1 230.00
Solera de Cu. para conducir corriente de 225 amperes (28 m) -----	615.00
Acondicionamiento de la sala de -- electrolisis -----	<u>4 500.00</u>
	<u><u>\$ 17 345.00</u></u>

T A N Q U E S

1o.- Tanque de disolución: Como vimos en el Capítulo de cristalización, vamos a sacar una solución de 160 grs/litro, para sacar 150 kgs. necesitaremos:

$$\frac{150000}{180 \times 0.85} = 937.5 \text{ litros de solución en 24 h.}$$

Construiremos un tanque de concreto con agitador de 1 000 litros ----- \$ 500.00

2o.- Tanque de almacenamiento: Se necesita siempre tener en reserva la solución necesaria para poder trabajar 5 días y no parar la maquinaria eléctrica, pues cada parada significa pérdidas en costo y deterioramiento en el equipo de las celdas. Este tanque será de 5 000 litros, de concreto ----- \$ 600.00

3o.- Tanque de tratamiento y alimentación de las celdas: Debe ser de la misma capacidad que el de disolución pero debe tener resistencia al ácido por lo que tiene que estar recubierto de mosaicos. Tanque de 1 000 litros, recubierto de mosaicos y su agitador ----- \$ 750.00

40.-	Tanque colector de la solución de las celdas: De la misma capacidad que el anterior forrado de azulejos, sin agitador -----	\$ 500.00
50.-	Tanque colector de las aguas madres de $KClO_3$ crudo: De la misma capacidad que el anterior, sin azulejos, - sin agitador -----	\$ 250.00
60.-	Tanque de disolución de $KClO_3$ refinado: De concreto, forrado de asbesto de 750 litros, con agitador -----	\$ 550.00
70.-	Tanque colector de las aguas madres del refinado: De 750 litros, de concreto -----	\$ 200.00
	Total tanques -----	\$ 3 350.00

SERPENTIN DE CALENTAMIENTO, SECADO Y CALDERA

Cálculo del serpentín en el tanque alimentador de pilas:

En el tanque de tratamiento y alimentador de las pilas, necesitamos elevar la temperatura de la solución de KCl de 20 a 55°C., usando vapor de calentamiento a 30 lbs/plg²

Para saber el área de calentamiento y el consumo de vapor, se necesita conocer primero, la cantidad de calor necesario para el proceso de elevación de temperatura.

$$dQ = m C_p dt$$

$$m = V P_s \text{ (Pues se trata de solución)}$$

Para

$$V = 937.5 \text{ litros}$$

$$P_s = 1.1623^{(1)}$$

$$m = 937.5 \times 1.1623$$

Para C_p en estas condiciones encontramos el valor de 0.727^{p(2)}, pues la concentración que tenemos de KCl es de 4.76%.

$$\frac{39}{74.5} = 0.456 \text{ mol. de KCl}; \quad \frac{100}{18} = 5.55 \text{ mol. de H}_2\text{O}$$

$$\frac{0.456}{5.55 + 0.456} = 4.76\%$$

(1) International Critical Tables

(2) Chemical Engineering Handbook (1934 pág. 473)

$$t_1 = 20^{\circ}\text{C} = 68^{\circ}\text{F}$$

$$t_2 = 55^{\circ}\text{C} = 131^{\circ}\text{F}$$

Integrando entre límites, encontramos resolviéndola:

$$Q = 937.5 \times 1.1623 \times 0.727 (55 - 20) =$$

$$= 27\,719 \text{ Cal.} = 110\,002 \text{ B.T.U.};$$

$$(1 \text{ Cal.} = 3.9685 \text{ B.T.U.})$$

Como vamos a efectuar este calentamiento en 2 horas, necesitaremos:

$$Q = \frac{110\,000}{2} = 55\,000 \text{ B.T.U./h.}$$

Ahora podemos aplicar la ecuación general de transmisión de calor.

$$Q = A U \Delta t_{\log} \quad (1) \quad \dots$$

$$A = \frac{Q}{U \Delta t_{\log}}$$

Como el calentamiento va a ser con vapor de -- 30 lbs/plg², en tablas vemos que tiene su temperatura de 252^oF y calor latente de 944 B.T.U.

$$\Delta t_{\log} = \frac{(252 - 68) - (252 - 131)}{2.3 \text{ in.} \frac{184}{121}} = 153.6$$

$$U = \frac{70 \text{ B.T.U.}}{\text{hora pie}^2 \text{ }^{\circ}\text{F}}$$

(1) Principles of Chemical Engineering.- Walker (1937 pág. 79)

Según tabla en el Chemical Engineers' Handbook, considerando serpentín de plomo sumergido en agua, circulando dentro del serpentín el vapor y agitando el agua continuamente.

Sustituyendo estos valores en la ecuación del área y resolviendo resulta:

$$A = \frac{55\,000}{70 \times 153.6} = 5.13 \text{ pies}^2$$

Como usaremos serpentín de $D = 1''$ N, la longitud del mismo será:

$$L = \frac{A}{D} = 18.2 \text{ pies.}$$

Consumo de vapor

$$Q = W h$$

En la que:

W = libras de vapor/hora

Q = B.T.U./hora

h = calor latente

$$W = \frac{55\,000}{944} = 58.2 \text{ lbs/hora}$$

Como voy a trabajar 2 horas, necesitaré 116.4 libras de vapor para este serpentín.

Cálculo del serpentín en el tanque de disolución de $KClO_3$ crudo para su refinación

En este tanque, tenemos que calentar el agua a

su temperatura de ebullición para disolver el KClO_3 crudo.

Calor necesario para elevar la temperatura de 600 litros de agua de 20°C a 93°C .

$$dQ = m C_p dt$$

$$m = 600$$
$$C_p = 1$$

$$t_1 = 20^\circ\text{C} = 68^\circ\text{F}$$

$$t_2 = 93^\circ\text{C} = 199.4^\circ\text{F}$$

$$Q = 600 (93 - 20) = 43\,800 \text{ Cal.} =$$
$$= 173\,820 \text{ B.T.U.}$$

Como esta operación se va a efectuar en 4 horas se necesitará:

$$Q = \frac{173\,820}{4} = 43\,455 \text{ B.T.U./hora}$$

Para calcular el área usamos la fórmula:

$$A = \frac{Q}{U \Delta t_{\log}}$$

Como usamos serpentín de plomo y vapor de ----
30 lbs/plg², tendremos:

$$U = 70$$

$$\text{Calor latente} = 944 \text{ B.T.U.}$$

$$T = 252^\circ\text{F}$$

$$\Delta t_{\log} = \frac{(252 - 68) - (252 - 199.4)}{2.3 \ln \frac{184}{52.6}} = 10$$

$$A = \frac{43\,455}{70 \times 105.12} = 5.9 \text{ pies}^2$$

L = 21.5 pies con tubo de D = 1" N

La cantidad de vapor necesaria:

$$W = \frac{Q}{\lambda} = \frac{43\,455}{944} = 46 \text{ lb.}$$

y como va a trabajar 4 horas, necesitará 184 -
libras de vapor.

S E C A D O R

El secado es uno de los procesos más extensos e importantes en la industria. Es difícil definir exactamente qué cosa es el secado, pues la palabra secado tiene un significado extenso, según la industria de que se trate. Generalmente se le denomina secado a la separación de un líquido de un sólido, de un gas o de otro líquido con el que no puede mezclarse.

El caso que nos ocupa es el de separar líquido de un sólido. Esta separación se puede efectuar mecánicamente primero y por evaporación del líquido después. La separación mecánica es para eliminar la mayor parte de agua, pues es mucho más barato que la evaporación. Nosotros haremos esa separación mecánica por centrifugación. El sólido que sale de la centrífuga tiene un 6% de humedad y se desea obtener el producto final completamente seco, tolerándose como máximo 0.05% de humedad.

Como el clorato es un material que puede aguantar temperaturas altas, no son necesarias condiciones especiales en el secado.

Vamos a calcular un secador rotatorio calentado con vapor a 30 lbs/in². Para obtener 150 kgs. en dos horas, de clorato de potasio seco.

El calor total necesario para efectuar un secado, consta de las siguientes partes:

1o.- Calor necesario para calentar el sólido seco, de la temperatura ambiente hasta la de la salida -- del secador.

2o.- Calor necesario para calentar y evaporar -- el agua eliminada en el secador.

3o.- Calor necesario para calentar el equipo en donde se va a secar.

4o.- Calor perdido por radiación

A continuación procederé a calcular los calores 1 y 2, pues los dos últimos calores que son el que se necesita para calentar el equipo y el que se pierde -- por radiación, lo podemos estimar en 20% del calor total. (1)

Cálculo del calor necesario para calentar el material sólido, salido de la temperatura ambiente de la salida del secador:

$$Q = S C_p (T_f - T_a)$$

S = 75 kgs. por hora de material seco.

C_p = 0.205 tomado de las tablas del Handbook of ---
Chemistry and Physics

T_a = 20°C

T_f = 100°C (según experimentación)

$$Q = 1.230 \times 3.9685 = 1.230$$

(1) Como el equipo es de lámina de fe. delgada, el calor necesario para calentarlo es muy pequeño, en comparación con los otros y el dato que se proporciona es un dato experimental.

$$Q = 1\ 230 \times 3.9685 = 4\ 881 \text{ B.T.U.}$$

Cálculo del calor necesario para calentar y -- evaporar el agua en el secador:

$$Q_2 = S (W_0 - W_1) [(T_{ev} - T_a) + \lambda_e]$$

$$W_0 = 0.06 \frac{\text{Kgs. de agua}}{\text{Kgs. de sólido seco}}$$

$$W_1 = 0$$

$$T_{ev} = 93^\circ \text{ (Ya que estamos trabajando en condi-- ciones de México)}$$

$$T_a = 20^\circ$$

$$\lambda_e = \text{calor latente de vaporización} = 543.01 \text{ B.T.U. a } 93^\circ\text{C}^{(x)}$$

$$Q_2 = 75 (0.06 - 0) [(93 - 20) + 543.01] = 2\ 773 \text{ Cal.}$$

$$Q_2 = 2.773 \times 3.9685 = 11\ 005 \text{ B.T.U.}$$

En total, para calentar el sólido y evaporar el agua se necesitan:

$$\frac{15\ 886}{0.80} = 19\ 880 \text{ B.T.U./hora}$$

Cálculo de la cantidad de vapor necesario para efectuar el secado;

El vapor, como dijimos, va a entrar a 30 lbs. y va a salir agua condensada.

En estas condiciones, cada libra de vapor nos

(x) International Critical Tables

proporciona 944 B.T.U.

Como el calor total que necesitamos es de ----
39 760 B.T.U. necesitaremos pues, los 150 kgs. se -
secarán en 2 horas.

$$\frac{39\ 760}{944} = 42.6 \text{ lbs. de vapor}$$

Cálculo del área del secador

Podemos aplicar la ecuación general de transmi-
sión de calor.

$$\frac{Q}{\theta} = A U \Delta t_{\log} \quad \text{o} \quad A = \frac{Q}{U \Delta t_{\log}}$$

U en nuestro caso, lo podemos considerar como 6
La casa Blaw Knox, recomienda para estos secado-
res rotatorios, usar el de 6 y La Traylor Engineering
and Manufacturing Co., recomienda U de 8. Tomaré -
para estar en condiciones de seguridad el valor de
U. más bajo. (1)

$$\Delta t_{\log} = \frac{(T_1 - t_1) - (T_2 - t_2)}{2.3 \ln \frac{(T_1 - t_1)}{(T_2 - t_2)}}$$

$T_1 = 252^{\circ}\text{F}$ Entrada de vapor

$T_2 = 252^{\circ}\text{F}$ Salida de agua condensada

$t_1 = 68^{\circ}\text{F}$ (Temperatura de entrada del material)

$t_2 = 212^{\circ}\text{F}$ (Temperatura de salida del material)

(1) Las dimensiones que resultan con este valor de
U se aproximan los que tengo en práctica.

$$\Delta t_{\log} = \frac{(252 - 68) - (252 - 212)}{2.3 \ln \frac{144}{40}} = 94.2$$

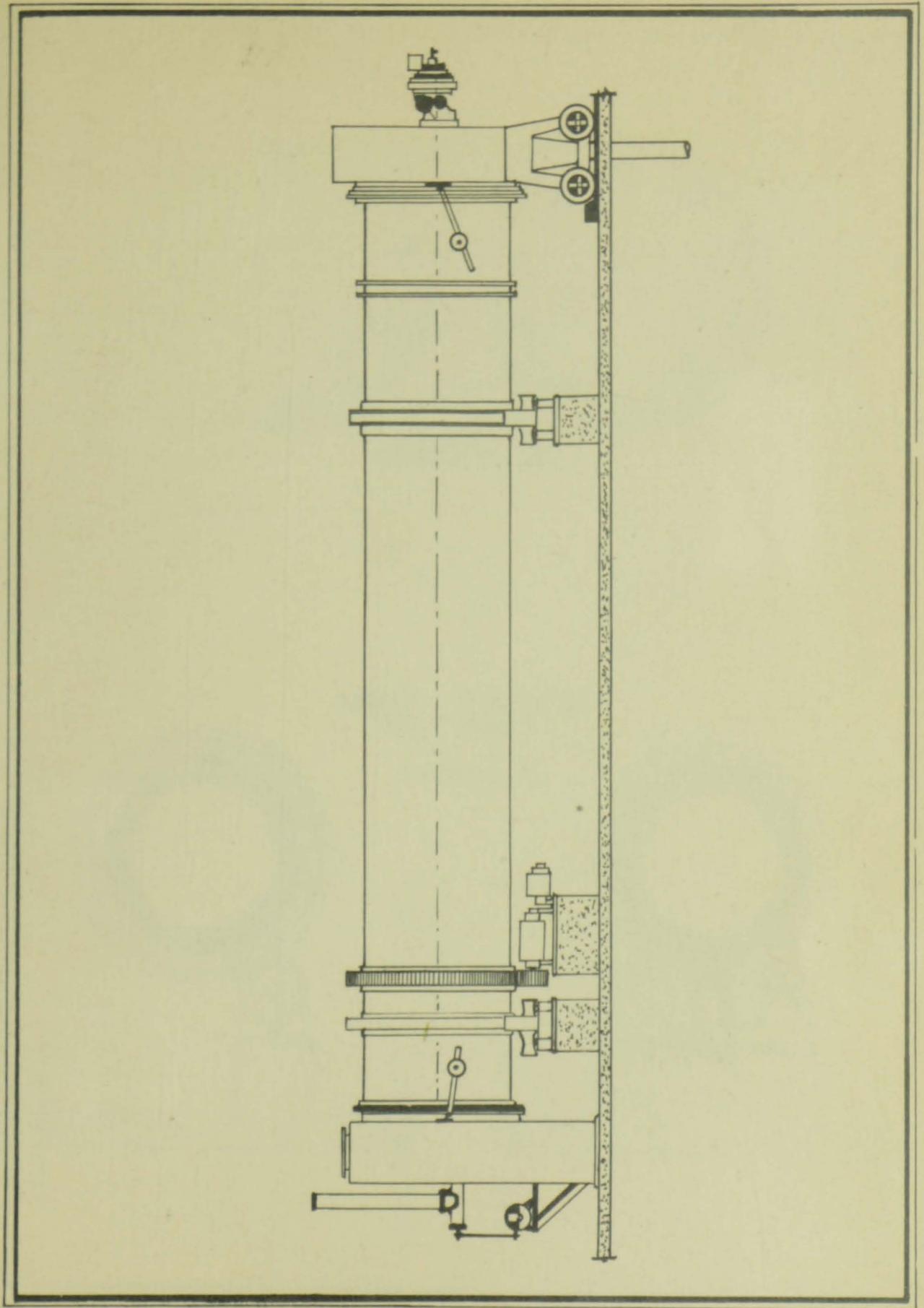
Entonces sustituyendo en la ecuación del área tenemos:

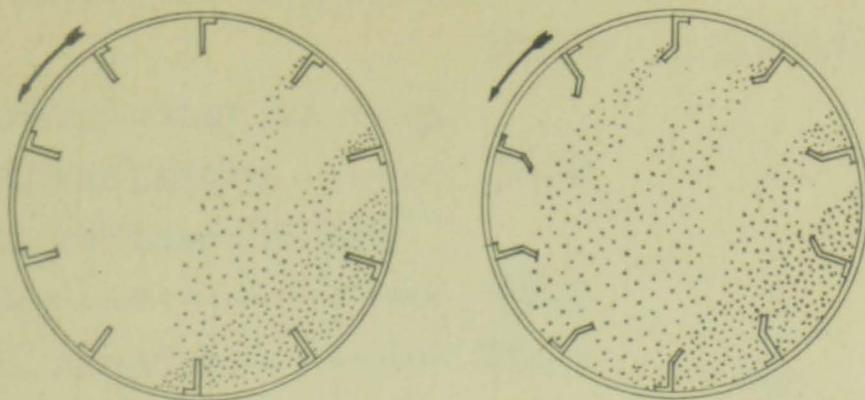
$$A = \frac{19\ 880}{6 \times 94.2} = 33.2 \text{ pies}^2$$

Diseño del secador

Como necesitamos una superficie de 3.62 m^2 , vamos a construir un tubo de lámina de 40 cm. de diámetro con lo cual resulta que debe tener 2.85 m. de largo. Este tubo va recubierto de otro, de tal manera que el vapor circulará entre el tubo exterior y el tubo interior.

Este tubo va montado sobre unos rodillos dando vueltas. Dentro del tubo interior tenemos que poner un dispositivo para agitación del material por secar. Para este objeto sirven unas aspas que se colocan a lo largo de la pared (Esquemas 1 y 2). Estas aspas pueden ser derechas y pueden ser dobladas con lo cual aumenta considerablemente la agitación, según se puede ver en el esquema No. 2.

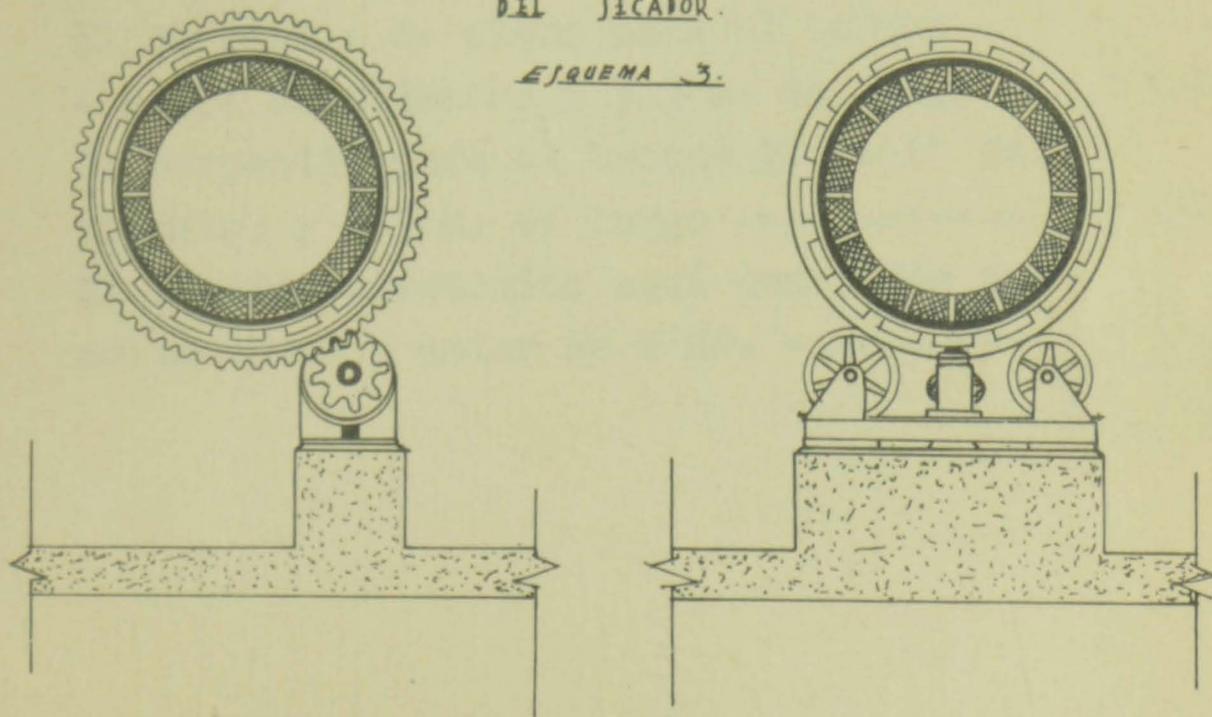




ESQUEMA 2.

SECCIÓN TRANSVERSAL
DEL SECADOR.

ESQUEMA 3.



C A L D E R A

En total, para el funcionamiento de la planta, necesitamos las siguientes cantidades de vapor:

	<u>Lbs/h</u>	<u>.Hrs. Trab.</u>	<u>Lbs. en Total</u>
Para precalentar la solución alimentadora -----	58.2	2	116.4
Para la refinación del $KClO_3$ -----	46.0	4	184.0
Para el secador -----	21.3	2	42.6
		<u>8</u>	<u>343.0</u>

En total, para 8 horas de trabajo, se necesitan 343 lbs. de vapor para lo cual se me recomienda una caldera de 5 HP. usada.

Costos del equipo de calentamiento:

1 Caldera de 5 caballos usada -----	\$ 2 500.00
El serpentín de plomo para el tanque -	
4 de 1" de diámetro y 5.5 m. de largo -	110.00
El serpentín para el tanque 10 de 1" de diámetro y 7.5 m. de largo -----	150.00
El secador construido aquí con todos sus aditamentos y motor de 2 HP. -----	5 000.00
	<u>\$ 7 760.00</u>

CRISTALIZADOR Y MAQUINARIA DE REFRIGERACION

Para poder escoger la maquinaria de refrigeración más adecuada para nuestro objeto, necesitamos calcular los 2 cristalizadores.

1o.- Cálculo del enfriador del clorato crudo

Calcular la cantidad de calor que se necesita quitar a 937.5 litros de solución de $KClO_3$ y KCl para enfriarla de $55^{\circ}C$ a $0^{\circ}C$.

Entonces

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2$$

Donde

Q_1 = calor para enfriar la solución de $55^{\circ}C$ a $0^{\circ}C$.

Q_2 = calor que penetra del medio ambiente al enfriador a través de las paredes

Calculando:

$$Q_1 = m C_p \Delta t$$

$$m = V P_s = 937.5 \times 1.184 = 1110.$$

$$C_p = 0.727$$

$$T_2 = 0^{\circ}C$$

$$T_1 = 55^{\circ}C$$

$$Q_1 = 1110 \times 0.727 (55 - 0) = 44\ 383 \text{ Cal.}$$

$$Q_1 = 44\ 383 \times 3.9685 = 176\ 200 \text{ B.}$$

Cálculo de Q_2 :

Sabemos que la fórmula de transmisión de calor es:

$$\frac{dQ}{d\theta} = U A \Delta t$$

$$y \quad \frac{1}{U} = \frac{L A_1}{K_1 A_{media_1}} + \frac{L A_2}{K_2 A_{media_2}} + \frac{L A_3}{K_1 A_{media_3}}$$

Por lo tanto, para conocer Q_3 necesitamos conocer todas estas áreas. Como el enfriador va a ser de lámina en forma cilíndrica, lo haremos con un diámetro de 1 metro. El volumen total del tanque deberá ser de 1 200 litros, debido a que no puede trabajar completamente lleno.

Para este volumen y un diámetro de 1 m. le corresponderá una altura de:

$$h = \frac{1.20 \times 4}{3.14 \times 1} = 1.5 \text{ m.}$$

Si la lámina que usamos es de 1/8" y el aislamiento de 1" de corcho, tendremos las siguientes áreas:

Lugar	Area del-fondo pies ²	Area Late-ral. pies ²	Area Total pies ²	Area Prome-dio. pies ²
Primer Enfriador				
Parte interna del Tanq. Int.	8.44	50.68	59.12	59.33
" externa "	" "	" "	" "	" "
" " " aislamiento	9.4	53.96	63.36	63.55
" " " tanq. Ext.	9.5	54.35	63.85	

En tablas encontramos:

K = 29.000 para hierro

K = 0.025 para corcho

$$\frac{1}{U} = \frac{0.125 \times 59.55}{12 \times 29 \times 59.33} + \frac{1 \times 63.36}{12 \times 0.025 \times 61.45} + \frac{0.125 \times 63.85}{12 \times 29 \times 63.55}$$

Si despreciamos el primer y tercer término, tendremos:

$$U = 0.291$$

Con este valor de U podemos calcular Q_2 considerando:

$$t_1 = 32^{\circ}\text{F} \quad \text{y} \quad t_2 = 68^{\circ}\text{F}$$

$$Q_2 = U A (t_2 - t_1) = 0.291 \times 63.85 (68 - 32)$$

$$Q_2 = 760 \text{ B.T.U.}$$

$$Q_{\text{total}} = 176\,200 + 760 = 176\,960 \text{ B.T.U.}$$

Como este calor se va a quitar en 4 horas, se necesitará para el enfriador del crudo:

$$176\,960 = 44\,240 \text{ B.T.U./hora}$$

2o.- Cálculo del enfriador del clorato refinado

En este caso, tenemos 670 litros de solución saturada de KClO_3 de un Ps. de 1.2644 que tenemos que enfriar desde 93°C . hasta 0°C .

$$Q_{\text{total}} = Q_1 + Q_2$$

$$Q_1 = m C_p (t_2 - t_1); m = V P_s$$

$$Q_1 = 670 \times 1.2664 \times 0.727 (93 - 0) = 57\,435 \text{ Cal.}$$

$$Q_1 = 227\,960 \text{ B.T.U.}$$

Cálculo de Q_2 . Para esto usamos las mismas fórmulas que en el caso anterior.

Primero vamos a calcular U.

En este caso, necesitamos un enfriador con capacidad de 750 litros y si hacemos con el mismo diámetro de 1 m. necesitaremos una altura de 1 m. y el mismo grueso de lámina y el mismo aislamiento.

Segundo Enfriador Lugar	Area de ft ²	Area Late- ral ft ²	Area Total ft ²	Area Promedio ft ²
Parte interna del tanq. Int.	8.48	33.8	42.28	42.55
" externa " "	8.2	34.2	42.82	44.86
" " " aislamient.	9.4	37.5	46.90	47.15
" " " tanq. ext.	9.5	37.9	47.4	

Cálculo de U:

Sustituyendo los valores en la ecuación - resulta:

$$\frac{1}{U} = \frac{0.125 \times 42.82}{12 \times 29 \times 42.55} + \frac{1 \times 46.9}{12 \times 0.025 \times 44.86} + \frac{0.125 \times 47.40}{29 \times 12 \times 47.15}$$

$$U = 0.288$$

$$Q_2 = 0.288 \times 47.4 (68 - 32) = 482 \text{ B.T.U.}$$

$$Q_{\text{total}} = 227\ 960 + 482 = 228\ 442$$

Como el trabajo se va a efectuar en 4 horas, se necesitará:

$$Q = 56\ 990 \text{ B.T.U./hora}$$

La maquinaria de refrigeración para esta capacidad, se pidió a la Worthington Pump and Machinery Corporation y se encontró una máquina, cuyas características son:

Un compresor Worthington Carbondale de 3" de diámetro, por 3" de carrera, movido por un motor de 5 HP. con agua que entra al condensador a 80°F, y el compresor va a trabajar a 22.5 libras de aspiración y 18.5 libras en la descarga.

Cálculo de las áreas de los serpentines en los 2 enfriadores:

$$Q = U A \Delta t_{\log.}$$

El valor de U lo tomaremos como lo indica --- Perry y como lo aconsejó la misma Cía. Worthington,

aproximadamente 20, ya que va a haber convección forzada.

La temperatura a la que va a circular la salmuera va a ser de -10°F y va a salir a 0°F .

Para el enfriador del crudo:

$$Q = U A \Delta t_{\log}$$

$$\begin{array}{lll} U = 20 & T_1 = 131^{\circ}\text{F} & t_1 = -10^{\circ}\text{F} \\ Q = 44\,240 \text{ B.T.U.} & T_2 = 32^{\circ}\text{F} & t_2 = 0^{\circ}\text{F} \end{array}$$

$$\Delta t_{\log} = \frac{(131 + 10) - (32 - 0)}{2.3 \ln \frac{141}{32}} = 74$$

Despejando:

$$A = \frac{44240}{20 \times 74} = 29.5 \text{ ft}^2$$

Usando serpentín de 1.5" de diámetro, tenemos una longitud de:

$$L = 75.1 \text{ ft.}$$

Para el enfriador del refinado:

$$T_1 = 199.4^{\circ}\text{F}$$

$$T_2 = 32^{\circ}\text{F}$$

$$\Delta t_{\log} = \frac{(199.4 + 10) - (32 - 0)}{2.3 \ln \frac{209.4}{32}} = 94.5$$

$$A = \frac{56990}{20 \times 94.5} = 30.5 \text{ ft}^2$$

$$L = 77.5 \text{ ft.}$$

La máquina de refrigeración, según presupuesto con todo y el motor de 5 HP ----- \$ 10 000.00

Un tanque enfriador de 1 200 litros con agitador mecánico y 75 ft. de tubo de cobre de 1.5" de diámetro ----- 2 050.00

Un tanque enfriador de 750 litros con agitador mecánico y 77.5 ft de tubo de cobre de 1.5" de diámetro ----- 1 750.00

Suma total ----- \$ 13 800.00

CALCULO DE LINEAS DE FLUJO DE FLUIDOS

10.- Línea desde el tanque de almacenamiento al --
tanque alimentador de pilas

Para el diámetro de la tubería, usamos la fórmula de diámetro más económico que es:

$$D = \frac{2.2 G^{0.443}}{\rho^{0.318}} \quad (x) \text{ ----- } 1$$

Donde:

G = flujo ρ en miles de lbs/hora

ρ = lbs/pie³

D = diámetro interior

Aplicando para este caso:

$$G = 937.5 \times 1.1623 \times 2.2 \times 2 = 4800 \text{ lbs/hora}$$

$$\rho = 1.1623 \times 62.3 = 72.5 \text{ lbs/pie}^3$$

Resolviendo la ecuación (1) se obtiene:

$$D = 1.15'' = 1 \frac{1}{4}'' \text{ Nominal}$$

Voy a calcular las pérdidas de presión durante el trayecto o sea la presión necesaria para bombear la solución.

Aplicando la ecuación general:

$$x_1 + P_1 v + \frac{U_1^2}{2g} + W = x_2 + P_2 v + \frac{U_2^2}{2g} + F$$

En todos los casos, vamos a trabajar a presión atmosférica o sea a presión constante, por lo tanto.

(x) Chemical Engeneering Handbook Perry

nos queda la ecuación despejando a W y considerando la velocidad inicial igual a cero.

$$W = X_2 - X_1 + \frac{U^2}{2g} + F \text{ -----(2)}$$

En el caso que estamos calculando

$$X_1 = 0$$

$$X_2 = \frac{4.50}{0.3048}$$

$$U_2 = \frac{\frac{4800}{72.5}}{0.01038 \times 3600} = 1.73 \text{ pies/s}$$

Ya que para diámetro de 1 1/4" nominal corresponde un diámetro interior de 1.38" y un área de:

$$A = 0.01038 \text{ pies}^2$$

F = pérdidas por fricción a todo lo largo de la tubería.

Estas pérdidas las vamos a calcular en dos partes:

$$F = F_a + F_b$$

F_a = pérdidas por fricción a lo largo del tubo

F_b = pérdidas de presión por angostura del tubo después del tanque.

Cálculo de F_a:

En este cálculo podemos aplicar la ecuación de Fanning:

$$F = \frac{4 f N U^2}{2g D} \text{ ----- (3)}$$

Vamos a calcular el valor de f para este caso:

$$\text{Módulo de } R_e = \frac{D U \rho}{\mu} = \frac{1.38/12 \times 1.73 \times 727}{0.99 \times 0.000672} = 22800$$

Ya que $\mu = 0.99$ centipoises (x)

En la gráfica de la página No. 78 de Walker, - se ve que a este valor de Re corresponde:

$$f = 0.0075$$

N = largo de toda la tubería y como para calcular la fricción en las conexiones y válvulas se relacionan éstos con el largo del tubo, la N constará de dos partes:

$$N = N_L + N_c$$

$$N_L = \text{largo de la tubería} = \frac{6}{0.3048} = 16.48 \text{ pies}$$

$$N_c = 3 \text{ codos de } 90^\circ + 1 \text{ válvula}$$

$$N_c = 120 + 45 = \frac{165}{12} = 13.75 \text{ pies}$$

Ya que para cada lado se considera 30"

y para cada válvula 45"

Según dato en Walker página 86, para flujo turbulento.

$$N = 16.48 + 13.75 = 30.23 \text{ pies}$$

$$F_a = \frac{4 \times 0.0075 \times 30.23 \times 1.73^2}{2 \times 32.2 \times 1.38/12} =$$

$$= 0.382 \text{ pies lbs/lb.}$$

(x) Chemical Engineering Handbook Perry

Cálculo de F_b :

En el mismo Walker encontramos la ecuación:

$$\Delta H = \frac{K U_2^2}{2g} \text{ (Pág. 87) ----- (4)}$$

Siendo el valor de K para todos los casos 0.5 según gráfica en la página 88, pues el cociente $\frac{S_2}{S_1}$ en todos los casos es casi cero.

$$F_b = \Delta H = \frac{0.5 \times 1.73^2}{2 \times 32.20} = 0.0261 \text{ ft lbs/lb.}$$

$$F = 0.382 + 0.0261 = 0.4081 \text{ ft. lbs/lb.}$$

Aplicando la ecuación (2) tenemos:

$$W = 14.8 + \frac{1.790^2}{2 \times 32.2} + 0.4081 = 15.26 \text{ ft lbs}$$

$$\omega = \frac{15.26 \times 72.5}{144} = 7.68 \text{ lbs/plg}^2$$

2o.- Línea del tanque colector de solución al enfriador del crudo

$$D = \frac{2.2 G^{0.443}}{\rho^{0.318}}$$

$$f = 1.1539 \times 62.3 = 71.89 \text{ (x)}$$

$$G = 937.5 \times 1.1539 \times 2.2 \times 2 = 4760 \text{ lbs/h}$$

$$D = 1.11" = 1 \frac{1}{4}" \text{ Nominal } D_{int} = 1.38"$$

$$A = 0.01038 \text{ pies}^2$$

(x) Tablas de Perry

Cálculo de W:

$$Re = \frac{Dup}{\mu}$$

$$U = \frac{4760/71.89}{0.01038 \times 3600} = 1.78 \text{ ft/seg}$$

$$\mu = 0.51 \text{ centipoise}$$

$$Re = \frac{1.38 \times 1.78 \times 71.890}{12 \times 0.51 \times 0.000672} = 43700$$

$$f = 0.0058$$

$$N_L = \frac{10}{0.3048}$$

$$N_c = \frac{7 \times 30 + 45}{12} = 21.8 \text{ pies}$$

$$N = 32.8 + 21.8 = 54.6 \text{ pies}$$

$$F_a = \frac{4 \times 0.0058 \times 54.6 \times 1.78^2}{2 \times 32.2 \times 1.38/13} \text{ Ecuación 3}$$

$$F_a = 0.396 \text{ pies lb/lb.}$$

$$F_b = \frac{0.5 \times 1.78^2}{64.40} = 0.0246 \text{ pies lb/lb. Ecuación 4.}$$

$$F = 0.396 + 0.0246 = 0.4206$$

$$W = 14.8 + \frac{1.78^2}{64.40} + 0.4206 = 15.272 \text{ pies lb/}$$

ya que

$$X_2 = \frac{4.50}{0.3048} \text{ pies y } X_1 = 0$$

$$\omega = \frac{15.272 \times 71.89}{144} = 7.61 \text{ lb/plg}^3$$

30.- Línea para conducir aguas madres del crudo al tanque de disolución

$$D = 1.38''$$

$$A = 0.01038$$

debido a que el gasto es el mismo y todas las demás condiciones son las mismas.

Cálculo de W:

$$Re = \frac{D U \rho}{\mu} ; U = 1.79 \text{ pies/seg}$$

$$\rho = 72.5$$

$$\mu = 0.99 \text{ centipoise}$$

$$f = 0.0075 \text{ ya que}$$

$$Re = 22800$$

$$N_L = \frac{15}{0.3048} = 49.2 \text{ pies}$$

$$N_c = \frac{90 + 90}{12} = 15.0 \text{ pies}$$

$$N = 49.2 + 15.0 = 64.2$$

$$F_a = \frac{4 \times 0.0075 \times 64.2 \times 1.79^2 \times 12}{64.4 \times 1.38} =$$

$$F_a = 0.765 \text{ pies lb/lb.}$$

$$F_b = 0.0261$$

$$W = 4.92 + (0.765 + 0.0261) + 0.0519 = 5.76 \text{ pies lb/}$$

$$\omega = \frac{5.76 \times 72.5}{144} = 2.89 \text{ lb/plg}^2$$

4.- Línea para conducir las aguas madres del refinado al tanque de disolución del crudo

$$\rho = 1.017 \times 62.3 = 63.36$$

$$G = 600 \times 1.017 \times 2.2 \times 4 = 5.370 \text{ lb/min}$$

ya que se quiere bombear en 15 min.

$$D = \frac{2.2 \times 5.370^{0.443}}{63.36^{0.318}} = 1.24''$$

$$D = 1.25'' \text{ Nom.} \quad D_{\text{int}} = 1.38'' \quad A = 0.1038 \text{ ft}^2$$

Cálculo de W

$$Re = \frac{D U \rho}{\mu}$$

$$D = 1.38''$$

$$\rho = 63.36$$

$$\mu = 0.987 \text{ centipoise}$$

$$U = \frac{5.370 / 63.360}{0.01038 \times 3600} = 2.32 \text{ pies/s}$$

$$Re = \frac{1.38 \times 63.36 \times 2.32}{12 \times 0.987 \times 0.000672} = 25500$$

$$f = 0.0065$$

$$N_L = \frac{12}{0.3048} = 39.4 \text{ pies}$$

$$N_c = \frac{90 + 90}{12} = 15 \text{ pies}$$

3 codos de 90 + 2 válvulas

$$F_a = \frac{4 f N U^2}{2 g D}$$

$$N = 39.4 + 15 = 54 \text{ pies}$$

$$F_a = \frac{4 \times 0.0065 \times 54.4 \times 2.32^2 \times 12}{2 \times 32.2 \times 1.38}$$

$$F_a = 1.035 \text{ pies lb/lb.}$$

$$F_b = \frac{K U^2}{2 g} = \frac{0.5 \times 2.32^2}{64.40} = 0.0417$$

$$F = 1.035 + 0.0417 = 1.0767 \text{ pies lb/lb}$$

$$W = X_b - X_a + \frac{U^2}{2 g} + F$$

$$X_b = \frac{6}{0.3048} = 19.68$$

$$W = 19.68 + 0.0834 + 1.0767 = 20.84$$

$$\omega = \frac{20.84 \times 63.36}{144} = 9.18 \text{ lb/plg}^2 \text{ pies lb/lb}$$

5.- La línea de la circulación no se calcula porque es igual a la que conduce la solución al ler. enfriador y como tiene menor altura, las pérdidas de presión son menores.

F I L T R O P R E N S A

El filtro más chico que me ofrecieron fué de Anáhuac Machinery Co. de 20 placas de 12" de lado - por cada placa. Como al probarse se vió que este - filtro trabajando a 25 lbs/plg²., me daba el rendimiento necesario, es decir, que filtraba los 937.5 litros de solución en 2 horas, a través de tela fil^{tr}ante "PROVIDENCIA", se aceptó el filtro.

Así mismo, se observó en la práctica que manteniendo la presión constante, casi se obtenía el gas^{to} constante, por lo que se simplifica mucho el con^{tr}ol de la operación.

Cálculo del diámetro del tubo alimentador

$$D = \frac{2.2 W^{0.443}}{\rho^{0.318}}$$

$$W = \frac{937.5 \times 1.1623 \times 2.2}{2 \times 1000} = 1.392 \text{ mili lb/h}$$

$$\rho = 1.1623 \times 62.3 = 72.5$$

$$D = \frac{2.2 \times 1.392^{0.443}}{72.5^{0.318}} = 0.881"$$

$$D \text{ Nom.} = 1" \quad D_{\text{int}} = 1.048" \quad A = 0.006 \text{ pies}^2$$

Cálculo de W:

$$Re = \frac{D U \rho}{\mu}$$

$$D = 1.049/12$$

$$\rho = 72.5$$

$$\mu = 0.99$$

$$U = \frac{1392}{72.5 \times 0.006 \times 3600} = 0.883 \text{ pies/s}$$

$$Re = \frac{1.049 \times 0.883 \times 72.5}{12 \times 0.99 \times 0.000672} = 8380$$

$$f = 0.0088$$

$$N_L = \frac{1}{0.03048} = 3.28$$

$$N_c = \frac{60 + 45}{12} = 8.75$$

$$N = 3.28 + 8.75 = 12.03 \text{ pies}$$

$$X_b = \frac{0.5}{0.003048} = 1.64 \text{ pies}$$

$$F_a = \frac{4 f D U^2}{2g D}$$

$$F_a = \frac{4 \times 0.0087 \times 12.03 \times 0.883}{2 \times 32.2 \times 1.049/12} = 0.0585$$

$$F_a = 0.0585$$

$$F_b = \frac{0.5 \times 0.883^2}{64.4} = 0.006$$

$$F = 0.0585 + 0.006 = 0.0645$$

$$W = 1.64 + \frac{0.883^2}{64.4} + 0.0645 = 1.72 \text{ pies lb/lb.}$$

$$\omega = \frac{1.72 \times 72.5}{144} + 25 = 0.868 + 25 \text{ lbs/plg}^2$$

$$\omega = 25.868 \text{ lb/plg}^2$$

Ya que la presión para el filtro es de 25 lb/plg

CALCULO DE BOMBAS NECESARIAS

1.- Bomba para el filtro y para subir la solución al tanque de tratamiento.

Como la presión más alta a resistir es la del filtro, calcularemos la bomba para 25.868 lb/plg²

$$\text{Potencia de la bomba} = \frac{\Delta P \cdot Q}{550 \times E_f}$$

P = presión por vencer en lb/plg²

Q = U A

E_f = eficiencia de la bomba que en nuestro caso tomaremos la más común de 50%

Sustituyendo los valores por este caso:

$$\Delta P = 25.868 \times 144$$

$$Q = 0.883 \times 0.006$$

$$\begin{aligned} \text{Potencia de la bomba} &= \frac{3715 \times 0.005298}{550 \times 0.5} = \\ &= 0.0718 \text{ HP} \end{aligned}$$

En la práctica el que más se le acerca es de 0.125 HP.

2.- Bomba para la recirculación y para llevar la solución al enfriador del crudo.

La presión por vencer es de 7.61 lb/plg²

$$\Delta P = 7.61 \times 144$$

$$Q = 1.78 \times 0.01038$$

$$\text{Potencia de la Bomba} = \frac{1060 \times 0.0184}{550 \times 0.5} = 0.0$$

En la práctica usaré una bomba de 0.125 HP.

3.- Bomba para conducir aguas madres del crudo al tanque de disolución y llevar las aguas madres del refinado al tanque de disolución del clorato crudo.

Como la resistencia más alta es la de la segunda línea, calcularé la bomba para:

$$P = 9.18 \times 144$$

$$U A = 2.32 \times 0.01038$$

$$\text{Potencia de la Bomba} = \frac{9.18 \times 144 \times 2.32 \times 0.01038}{550 \times 0.5}$$

Potencia de la Bomba 1.15 HP

En la práctica usaremos una bomba de 1.5 HP

C E N T R I F U G A S

Para nuestro caso, necesitamos 2 centrífugas - porque la centrífuga que usamos para el $KClO_3$ crudo no puede centrifugar el refinado, debido al peligro de impurificarlo de nuevo.

El trabajo de cada centrífuga se va a efectuar en 4 horas para que un obrero pueda atender a las -

2 centrífugas.

Para nuestro objeto, se adquirieron 2 centrífugas con canasta cada una de 18" de diámetro y 18" de altura. Para mover estas centrífugas se usan motores de 3/4 HP. para c/u, pues el trabajo más eficiente es con los motores acoplados.

COSTO DE LA TUBERIA

LINEA	DIAMETRO	LONG. MTS.	CODOS	TES	VALVULAS	TOTAL
No. 1	1 1/4"	6	3	1	1	\$ 59.2
" 2	1 1/4"	10	7	1	1	87.2
" 3	1 1/4"	15	2	1	2	128.2
" 4	1 1/4"	12	2	1	2	112.0
" 5	1"	1	2	1	1	21.9
Alimentado ra de agua	1/2"	55	10	4	7	213.5
Alimentado ra de vapor	1"	25	6	1	3	169.7
Alimentado- ra de pilas	1/4"	5	4	1	2	79.4

Pues el precio unitario es:

Para	1 1/4"	\$ 5.40,	\$ 1.60,	\$ 2.00,	\$ 22.0
"	1"	4.50	1.20	2.00	16.0
"	1/2"	2.50	0.40	0.50	10.0
			Suma	-----	\$ 871.1

R E S U M E N

Costo de la tubería -----	\$ 871.10
Costo del filtro prensa -----	1 850.00
Costo de 2 bombas de 0.125 HP c/u con motor	450.00
Costo de 1 bomba de 1.5 HP -----	700.00
Costo de 2 centrífugas hechas en el país -- con una capacidad de 40 kgs. de $KClO_3$ cen-- trifugado por hora (Canasta de 18" de diáme tro y 18" de altura) con sus motores de --- 3/4 HP c/u -----	4 100.00
Suma -----	<u>\$ 7 971.10</u>

COSTOS Y BALANCES ECONOMICOS

C A P I T U L O V

Una de las partes primordiales en un proyecto industria, es el Balance Económico, pues sería obvio diseñar una planta industrial que no pueda --- aportar beneficios económicos, ya que no habría --- quién hiciera la inversión necesaria.

En un balance económico intervienen 2 partes primordiales:

- 1) Inversión del capital en la construcción de la planta o gastos fijos
- 2) Costo de la elaboración del producto

Los gastos fijos son:

- a) Costo del terreno y edificio
- b) Costo de la maquinaria
- c) Costo de la instalación de la maquinaria
- d) Instalación del laboratorio químico
- e) Inversión en materia prima y producto elaborado almacenado.

El costo de elaboración del producto consta de:

- 1) Costo de la materia prima
- 2) Gastos de operación que son:
 - a) Costo de la mano de obra
 - b) Costo de la energía: Eléctrica, Vapor
 - c) Costo del agua usada

- 3) Amortización del capital
- 4) Intereses
- 5) Contribuciones y Seguros
- 6) Reparación de maquinaria
- 7) Gastos Imprevistos

G A S T O S F I J O S

a) Costo del terreno y edificio

El edificio para el caso particular de la planta de clorato de potasio, debe estar situado en un lugar apartado de otras construcciones debido al peligro de explosiones. Además, el Departamento Central exige que el propietario de la planta tenga -- jardines alrededor del edificio de un ancho no menor de 3 metros de cada pared.

La extensión del terreno necesario sería en total de 10 m. x 15 m. para construcción y añadiendo 3 m. en cada lado para jardín, sería en total ----
 $16 \times 21 = 336 \text{ m}^2$ de terreno.

Como se ha indicado, debe encontrarse lejos de la ciudad por lo que en aquel rumbo, el costo de terreno es aproximadamente de \$ 15.00 el metro cuadrado.

Costo de terreno -----	\$ 5 040.00
Costo de la construcción que usé de 150 m ² a \$ 100.00 m ² para que cumpla con todas las necesidades	<u>\$ 15 000.00</u>
	\$ 20 040.00

b) Costo de la maquinaria

Equipo eléctrico ---	\$ 11 750.00	
Sala de electrolisis	14 345.00	
Tanques -----	3 350.00	
Equipo de calentamiento	7 760.00	
Equipo de refirgerac.	11 800.00	
Tubería -----	871.10	
Bombas con sus motores	1 150.00	
Filtro Prensa -----	1 850.00	
Centrífugas -----	<u>4 100.00</u>	\$ 56 976.10

c) Costo de instalación de la maquinaria

	Sobre costo	Adquisición
Maquinaria Eléct.	20%	\$ 2 350.00
Sala electrolisis (Inst. no acondi- cionamiento) ---	10%	1 434.50
Tanques -----	10%	335.00
Caldera -----	25%	625.00
Secador -----	15%	750.00
Maq. de Refrig.	15%	1 200.00

Enfriadores -----	10%	\$	380.00	
Instalación de la tubería -----	12%		242.50	
Filtro Prensa -----	10%		185.00	
Centrífugas -----	10%		410.00	
Instalación eléc-- trica (Luz) -----			<u>522.00</u>	\$ 8 434.00

d) Instalación del laboratorio Químico 1 500.00
Importe total de la instalación,----- 86 900.10

e) Inversión en materia prima y producto
elaborado almacenado

A este capital invertido en inmueble,
debe aumentarle un 15% para la com--
pra de materias primas para un mes -
y para poder tener el producto alma-
cenado durante unos 15 días:

$$\$ 86\ 900.10 \times 15 = 13\ 035.01$$

En números redondos, hay que inver-
tir en la planta \$ 100 000.00

COSTO DE LA ELABORACION DEL PRODUCTO

1) Costo de la materia prima

Para 150 kgs. diarios, se usan

.720 x 150 = 108 kgs. de KCl a		
\$ 0.80 -----	\$	86.40
5.4 x 937.5 = 5.000 kgs. de -		
HCl Ind. a \$ 0.24 -----		1.20
10 x 937.5 = 9.375 kgs. de --		
K ₂ Cr ₂ O ₇ a \$ 6.00 kg. -----		56.25
Corriente eléctrica por cada		
kg. de KClO ₃ es de 7 KWH para		
150 kgs. 1050 KWH. a \$ 0.05 -		<u>52.50</u>
	\$	196.35

Se recupera el 80% de K₂Cr₂O₇
 en las aguas madres ----- 45.00 \$151.35

2) Gastos de operación

a) Costo de mano de obra diarios

	<u>TUR.</u>	<u>PERSONS</u>	<u>SUELDO</u>	<u>TOTAL</u>
	<u>NOS</u>	<u>x TURNO</u>	<u>POR DIA</u>	<u>-----</u>
Sala de electrolisis				
equipo eléctrico ---	3	1	4.00	\$ 12.00
Equipo de Refriger.	1	1	4.00	4.00
Equipo de Calentamiento	1	2	5.00	10.00
Centrífuga -----	1	1	4.00	4.00

	TUR- NOS	PERSONS x TURNO	SUELDO POR DIA	TOTAL
Movimiento de solu- ciones y filtro pren- sa -----	1	1	4.00	\$ 4.00
Secador y empaque --	1	1	4.00	4.00
Administración -----	1	2	7.50	15.00
Control Técnico ----	3	1	8.00	24.00
Total sueldo diario -----				\$ 77.00
7o. día -----				14.00
				\$ 91.00

b) Energía

Corriente eléctrica necesaria para los mo-
tores a \$ 0.05 KWH:

U S O	HP . KW.	HORA. DIAR.	KWH. DIA	COSTO
Agitador Tanq. Disol.	.5 0.3730	2	0.7460	\$ 0.0373
" " Trat.	.5 0.3730	1	0.3730	0.0186
" " Purif.	.5 0.3730	4	1.4920	0.0746
Secador -----	2 1.492	1	1.4920	0.0746
Planta de Refrig.	5 3.730	8	29.8400	1.4910
Agitador 1er. enfrdr.	.5 0.3730	4	1.4920	0.0746
Agitador 2o. enfriadr.	.5 0.7770	4	1.4920	0.0746
Bomba 1 -----	.125 0.0932	2.5	0.2330	0.0116
Bomba 2 -----	.125 0.0932	12.5	1.1650	0.0582
Bomba 3 -----	1.5 1.1190	0.75	0.8390	0.0420
Alumbrado aprox.				0.4000
Costo de energía eléctrica -----				\$ 2.3571

de la hoja anterior ----- \$ 2.3571
 Energía de vapor, solo consideraré el
 combustible, debido a que la mano de
 obra ya está considerada:
 50 litros diarios de petróleo crudo
 a \$ 0.045 litro ----- 2.2500
 \$ 4.6071

c) Costo del agua usada

Agua a \$ 0.04 m³
 Preparar la solución ----- 0.900 m³ \$ 0.036
 Máquina de Refrigeración --- 3.500 m³ 0.140
 Caldera y otros usos generals 1.000 m³ 0.040
 \$ 0.216

3) Amortización del capital

La amortización del capital se puede calcular por la siguiente fórmula:

$$a = \frac{(C_i - C_f) i}{(1 + i)^n - 1}$$

donde:

C_i = costo inicial

C_f = costo final

i = intereses

n = años de vida del equipo

El costo inicial de la planta y maquinaria, según se calculó anteriormente es de \$ 86 950.10.

$$C_i = 86\ 950.10$$

El costo final se tiene tomando en cuenta la depreciación de la maquinaria durante el tiempo proyectado del costo inicial.

Si $n = 10$ años de vida de la planta

El costo final de la planta será:

EQUIPO	DEPRECIACION ANUAL	DESPUES DE LOS 10 AÑOS COSTO FINAL ESTIMATIVO
Maquinaria eléctrica	10%	\$ 3 500.00
Sala de electrolisis	10%	1 500.00
Tanques	10%	300.00
Equipo de calentamiento	10%	1 500.00
Equipo de refrigeración	10%	3 500.00
Filtro Prensa	10%	300.00
Centrífugas	10%	400.00
Edificio	3%	10 500.00
Terreno		5 040.00
Laboratorio Químico Control	10%	300.00
		<u>\$ 26 840.00</u>

$$C_f = \$ 26 840.00$$

Intereses bancarios sobre el capital son de --
\$ 0.08% anual.

$$a = \frac{(86 950.10 - 26 840.00) 0.08}{(1 + 0.08)^{10} - 1} \frac{1}{300}$$

pues se consideran 300 días de trabajo al año.

a = \$ 13.90 diarios

4) Contribuciones y seguros

Seguros de incendio, explosión y Seguro Social, se puede considerar el 2% anual.

$$\frac{100\ 000.00 \times 0.02}{300} = 6.66 \text{ diarios}$$

No se consideran impuestos debido a que esta industria gozará de exención de impuestos por 10 años, según decreto del 27 de julio de 1943, por ser industria nueva y provechosa para el país y por encontrarse instalada en la nueva zona industrial del Distrito Federal.

5) Intereses

Al 8% anual invertidos \$ 100 000.00

$$\frac{100\ 000.00 \times 0.08}{300} = 26.60 \text{ diarios}$$

6) Reparación de maquinaria

Se considera al 10% del valor de su adquisición

$$\frac{56\ 976.10 \times 0.10}{300} = \$ 18.99 \text{ diarios}$$

7) Gastos imprevistos

Se puede considerar \$ 20.00 diarios

El costo de los 150 kgs. de clorato de potasio que se elaborarán en un día será:

G A S T O S F I J O S

Amortización -----	\$ 13.90	
Intereses -----	26.60	
Seguros -----	<u>6.66</u>	\$ 47.16

G A S T O S D E O P E R A C I O N

Materia prima -----	\$ 151.35	
Mano de obra -----	91.00	
Energía Eléctrica -----	4.60	
Agua -----	0.22	
Reparaciones -----	18.99	
Gastos imprevistos -----	<u>20.00</u>	\$ 286.16
Costo de 150 kgs. de $KClO_3$		\$ 333.32

$$\text{Costo de 1 kg. de } KClO_3 = \frac{333.32}{150} = \$ 2.23$$

El precio mínimo del kg. de $KClO_3$ en el mercado es de \$ 3.50 por kilogramo, por lo que resulta como el por ciento de utilidad:

$$\frac{(3.50 - 2.23) \times 100}{3.50} = 36.3\%$$

Porcentaje de Utilidad anual sobre el capital invertido

Nosotros consideramos como año de trabajo normal 300 días. Produciendo 150 kgs. diarios, tendremos 45 000 kgs. al año.

Importe de la venta de 45 000 kgs.	
a \$ 3.50 kg. -----	\$ 157 500.00
El costo de 45 000 kgs. es -----	<u>100 350.00</u>
Utilidad gravable -----	\$ 57 150.00

Como la inversión es de \$ 100 000.00 el porcentaje de Utilidad anual sobre la inversión será:

57.15%

CONTROL DEL PROCESO

C A P I T U L O V I

C O N T R O L D E L P R O C E S O

El Técnico del turno deberá recopilar los siguientes datos durante el proceso, para poder obtener el máximo rendimiento y mejor manutención del equipo.

El Departamento Eléctrico deberá dar el siguiente informe:

	DIA _____		TURNO _____	
HORA	AMPERES	VOLTS	TEMPERATURA	PILAS
7	_____	_____	_____	_____
9	_____	_____	_____	_____
11	_____	_____	_____	_____
13	_____	_____	_____	_____

Son necesarios estos datos para controlar la electrolisis, pues si sube la temperatura en las pilas, se acaban rápidamente los electrodos y si cambia el amperaje, entonces cambia el rendimiento.

A menor amperaje, menor rendimiento y como el amperaje depende del voltaje, deben ser controladas ambas cosas.

La temperatura demasiado elevada produce detri-

mentos en los electrodos de grafito, por lo que tam-
bién hay que controlarla.

En el Laboratorio Químico se deberán presentar
los siguientes datos:

SOLUCION EN LAS PILAS			DIA _____	TURNO _____
HORA	% KCl	% KClO ₃	ACIDEZ	OBSERVACIONES
7	_____	_____	_____	_____
9	_____	_____	_____	_____
11	_____	_____	_____	_____
13	_____	_____	_____	_____

Estos datos son necesarios para saber si la --
acidez en las pilas es correcta, pues si es menor -
la acidez, es menor el rendimiento, ya que la con--
ductividad de la solución baja.

Es necesario saber las concentraciones de KCl
y KClO₃, para saber cuando efectuar el lance, para
que no trabajen inútilmente las pilas, pues bajan-
do mucho la concentración de KCl y subiendo la de
KClO₃ más de lo debido, se precipita dentro de las
mismas pilas y puede llegar a hacer contacto entre
el cátodo y el ánodo.

También corre a cargo del laboratorio, controlar la materia prima que entra y la pureza del producto terminado, así como todos los controles intermedios durante el proceso.

C O N C L U S I O N

Analizando los resultados obtenidos en el presente estudio, llegamos a la conclusión que la instalación de una planta de $KClO_3$ en México es conveniente, tanto desde el punto de vista económico como desde el punto de vista técnico, ya que el producto sale completamente igual al extranjero y así daría un paso más en la prosperidad e independización de la Industria Nacional. Se entiende que --- mientras sea mayor la capacidad de producción, será menor el costo de la mano de obra y sería más ventajoso económicamente.

BIBLIOGRAFIA Y DISEÑOS DE LA PLANTA

B I B L I O G R A F I A

Theretical and Applied Electrochemistry.- by
Maurice de Kay Thompson.

Industrial Electrochemistry.- by
C. L. Mantell, Ph.D.

Electroquímica.- por el
Dr. Ing. Víctor Gaertner.

Principles of Chemical Engineering.- by
Walker, Lewis, McAdams and Gilliland.

Outlines of Theretical Chemistry.- by
Frederick H. Getman, Ph.D. and Farrington Daniels.

Chemical Engineering Plant Design.- by
Frank C. Vilbrandt, Ph.D.

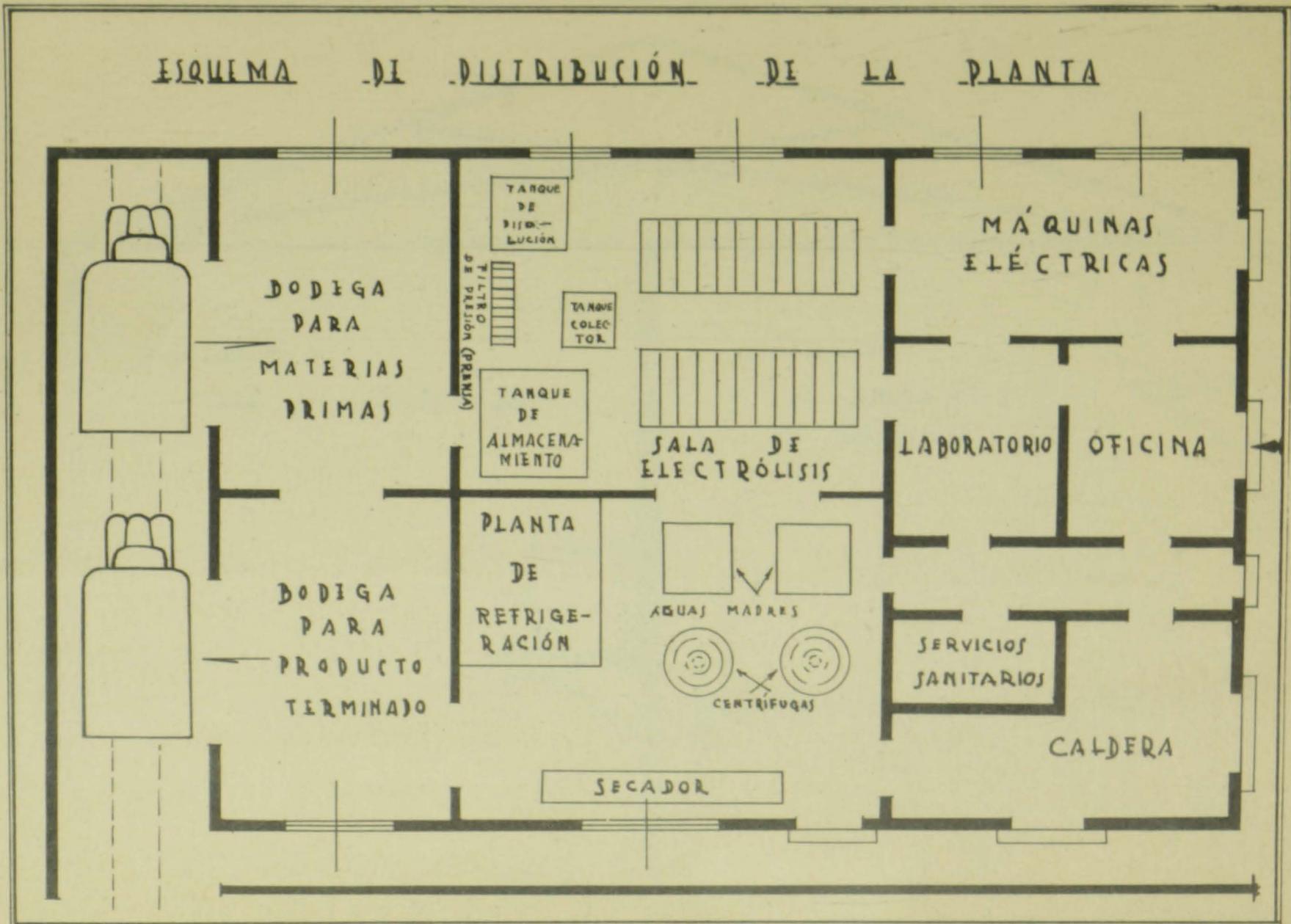
Solutions of Electrolytes.- by
Louis P. Hammett, Ph.D.

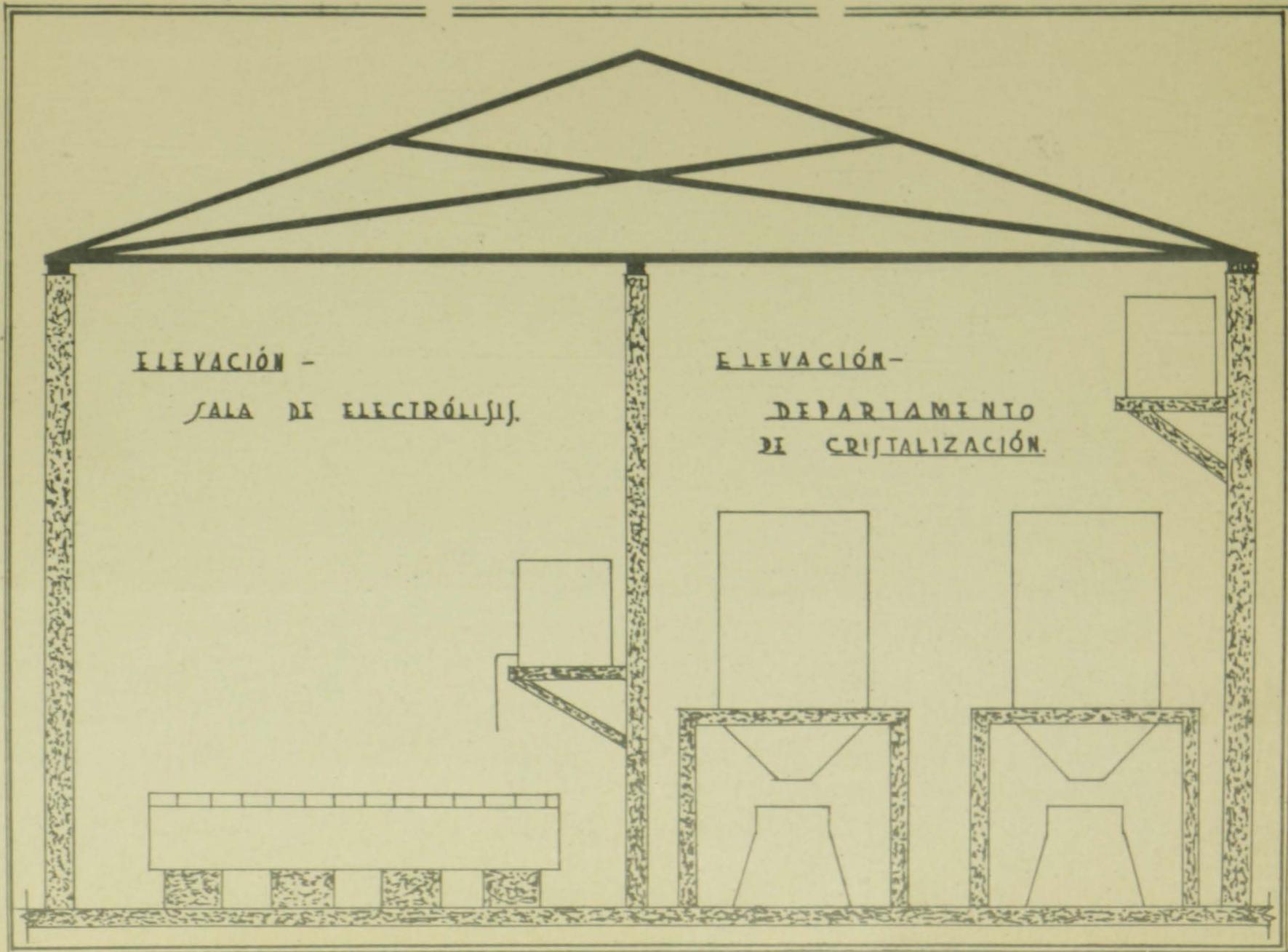
Chemical Engineers' Handbook.- by
John H. Perry, Ph.D. 1934.

Handbook of Chemistry and Physics.- by
Charles D. Hodgman M.E. 28th Edition.

Chemical Metallurgical Engineering.
Meses de noviembre y diciembre de 1944 y
marzo de 1945.

ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA





ELEVACIÓN -

SALA DE ELECTRÓLISIS.

ELEVACIÓN -

DEPARTAMENTO
DE CRISTALIZACIÓN.