

Dr. Ernesto Albán Mestanza —
Profesor de Química Industrial y Volumetría

La industrialización del
Cloruro de Sodio en el
Ecuador —



ÁREA HISTÓRICA
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

Antes de entrar en materia, quiero exponer ligeramente los motivos que indujeron a llevar al terreno de la práctica el proyecto de industrialización del cloruro de sodio o sal de cocina.

En el año de 1933, el Consejo Universitario de la Central, impulsado por el noble afán de convertir en realidad la autonomía económica del Plantel, estudió con detenimiento la posibilidad de establecer alguna actividad técnico-industrial, que siendo apropiada a su organización y capacidades, esto es, sin desvirtuar sus funciones específicas, tuviera, por una parte, fines reproductivos, y por otra, abriera a la juventud estudiosa nuevos horizontes y rumbos de perfeccionamiento.

En mi deseo de ver cristalizada esa aspiración y de que cuanto antes se iniciara ese plan de actividades industriales, sometí en aquel tiempo a consideración del H. Consejo Universitario, un proyecto de industrialización del cloruro de sodio, que se produce en el Ecuador abundantemente y a precio reducido.

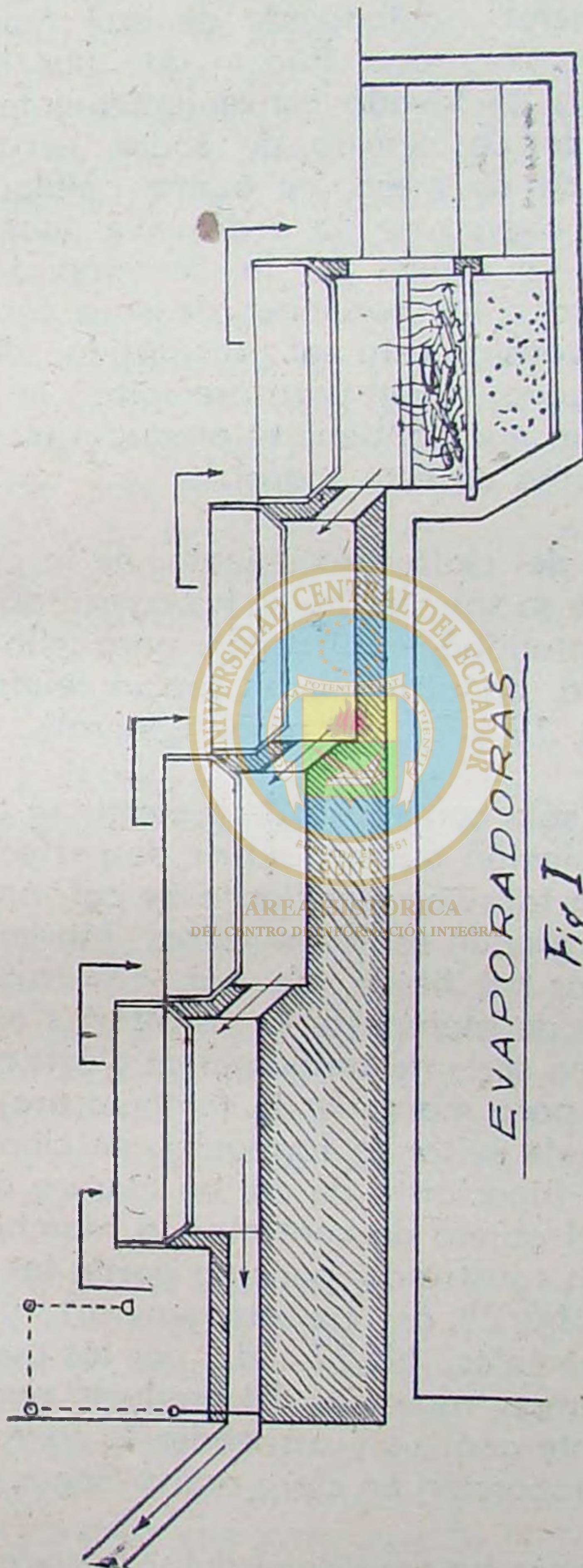
Aceptado mi estudio por el H. Consejo Universitario, fué para mí de imperiosa necesidad el trasladarme a Alemania, con el fin de estudiar las condiciones técnicas necesarias para la instalación de la mencionada industria y ponerme en contacto directo con las Casas constructoras de la maquinaria destinada a la fabricación de las sustancias que consulta mi proyecto y obtener de ellas los respectivos presupuestos. Empero, examinados que fueron éstos, encontré, —con no poca sorpresa—, que ninguno de ellos era inferior a la cantidad de \$ 1'200.000, es decir, una cantidad demasiado elevada para las posibilidades econó-

micas universitarias. Ante esta situación que destruía por su base mi propósito, decidí investigar un sistema propio de fabricación, en el cual sus aparatos, no obstante la escasez de medios, fueran en lo posible construidos en el país, procurando colocar el proyecto dentro de un marco económico de posible realización. A consecuencia de la imposibilidad económica en que se encontraba la Universidad, el Coronel Dn. Pablo Borja tomó a su cargo, con plausible empeño, el conseguir que el Ministerio de Defensa acogiera dicho estudio, como en verdad así lo hizo, y que prestara, además, todas las facilidades necesarias para su total realización.

Y así es cómo, después de cuatro años de constante y paciente labor, hube de coronar favorablemente mis afanes.

Naturalmente, para llegar a este resultado, fué necesario, ante todo, encontrar la manera de llevar a efecto la construcción de un sistema especial de células electrolíticas, que constituyen el órgano principal de la fábrica; resuelto esto, para la concentración de las lejías provenientes de dichas células o baños electrolíticos, se buscó la forma de sustituirla el eficaz y moderno, pero muy costoso sistema de evaporación al vacío, con otro sencillo y relativamente de poco costo; por lo cual hubo de adoptarse el sistema de evaporación en recipientes abiertos. Dicho sistema está formado por cuatro evaporadoras rectangulares de hierro grueso, con una superficie de calefacción de dos metros cuadrados cada una. Para el efecto de la evaporación, se las ha colocado a manera de escalones y de tal suerte que reciban el líquido a evaporar, en dirección inversa a la de calefacción (Fig. I y N° 11, del croquis general). Y de esta manera se ha conseguido obtener con relativa facilidad y con un consumo no mayor de combustible, lejías hasta de 44° B°, a cuya concentración se las expende, con gran demanda de parte de nuestros industriales, envasadas en tambores de hierro.

Como consecuencia de la concentración de dichas lejías, se separa de ellas, casi en su totalidad, la sal común que no es descompuesta a su paso por las células electrolíticas. La separación de este producto que se deposita en



el seno del líquido alcalino-siruposo, se efectúa en nuestro caso mediante una centrífuga eléctrica especial (Nº 13 del plano general), obteniendo de este modo una substancia blanca, de grano fino y que por lo tanto bien podría, después de lavada convenientemente con una solución saturada de cloruro de sodio, ser utilizada como sal refinada de mesa, de buena calidad. Por el momento, dicho cuerpo se lo redissuelve junto con la sal ordinaria que se utiliza en la descomposición electrolítica. En cuanto a las porciones de sosa cáustica que tiene todavía consigo esta sal precipitada, después de haberla centrifugado, sirven para precipitar, en parte, las sales de magnesio que contiene el producto técnico que sirve de materia prima en esta industria.

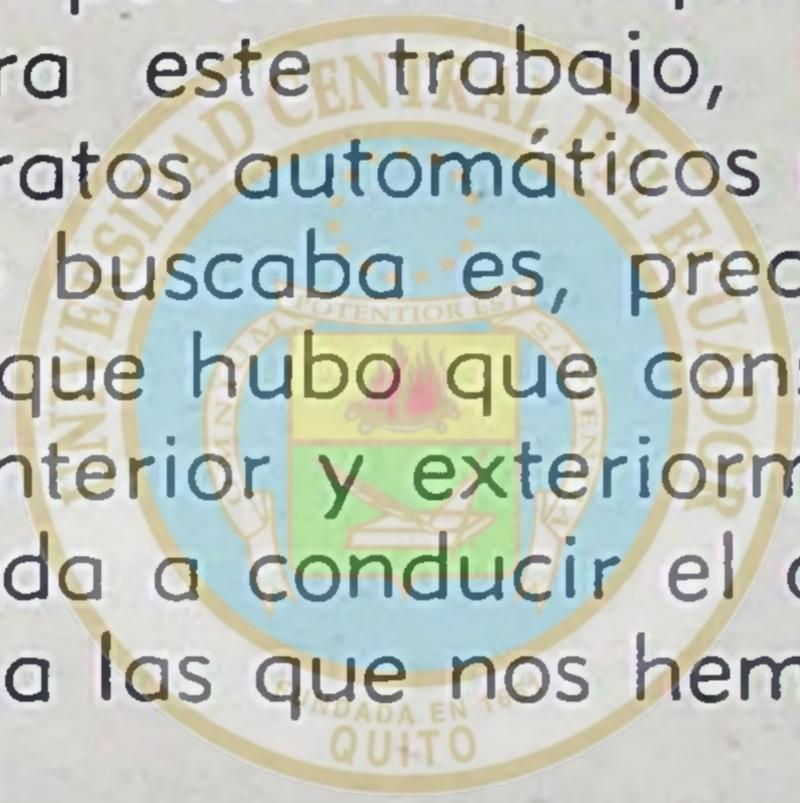
Respecto del cloro proveniente de la descomposición electrolítica de la sal común, se ha consultado el liquidarlo casi en su totalidad, utilizando para ello una instalación apropiada, adquirida a un precio relativamente bajo (Nros. 17, 18, 19 y 20, del plano general).

Mas, no sólo con el fin de prevenir la posibilidad de que ésta instalación pudiera sufrir desperfectos, sino también con el de fabricar hipoclorito de cal, o perclorón, que consumen en grande escala nuestras fábricas de tejidos, para blanquear sus fibras, se han construído cuatro amplias cámaras de mampostería, asfaltadas en su interior y dotadas de una serie de termómetros eléctricos, necesarios, en este caso, para mantener la temperatura por debajo de 25° C., a fin de evitar la formación de clorato y la transformación de hipoclorito de cal en cloruro de calcio. Asimismo, con el objeto de controlar la marcha de esta operación, se han construído, por una parte, las ventanillas de observación (Nº 25 del croquis general), y por otra, las aberturas especiales, Nº 27, id., por las que se extrae, de tiempo en tiempo, muestras del producto para someterlo al correspondiente análisis y suspender la operación tan pronto como la proporción en cloro activo llegue a un 35%.

Tampoco se ha omitido el dotar, a cada una de dichas cámaras, de los orificios necesarios (Nº 27 del croquis general), para insuflar en ellas un chorro de aire y purificar

su atmósfera de cloro, como trabajo previo para retirar de su interior el producto elaborado por los obreros, quienes van provistos de máscaras apropiadas.

Las cuatro cámaras que comprende la ya mencionada sección destinada a producir perclorón, están enlazadas entre sí (como puede también observarse en el plano general), por medio de un juego de tubería y válvulas de agua, de tal manera que se pueda desconectar y vaciar con facilidad una de ellas, mientras el cloro recorre las tres restantes. El piso de dichas cámaras, cuya superficie total es de 200 metros cuadrados, es el que recibe la cantidad determinada de cal blanca, apagada previamente con una cantidad conveniente de agua, y luego tamizada; después, por la acción del cloro que penetra en ellas, se transforma poco a poco en perclorón. Aquí es del caso volver a observar que, para este trabajo, la industria utiliza en la actualidad aparatos automáticos modernos, pero muy costosos, y lo que se buscaba es, precisamente, la economía; razón por la que hubo que construir, asimismo de cemento recubierto interior y exteriormente de asfalto, toda la tubería destinada a conducir el cloro, como también las válvulas de agua a las que nos hemos referido anteriormente.



ÁREA HISTÓRICA
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

Por último, creo también del caso consignar que, en la instalación de que vengo ocupándome, no se ha omitido la sección destinada a la disolución de la sal bruta y a su consiguiente purificación; todo lo cual se pone en funcionamiento mediante una bomba centrífuga de acero especial, acoplada a un sistema de tubería de hierro (Nros. 1 y 2, del plano general).

En el esquema que acompaña a este trabajo, puede verse en detalle la forma, distribución y funcionamiento de todas y cada una de las partes que integran la instalación, la misma que está calculada para una capacidad de producción de una tonelada de sosa cáustica, y de cerca de ochocientos kilos de cloro, en veinticuatro horas de trabajo; debiendo sí aclarar que para que la Fábrica llegue a esta producción máxima, son todavía necesarias 10 células electrolíticas más, toda vez que cada una de las 20 existentes y que se encuentran en funcionamiento, están cal-

culadas para una intensidad de 1.000 Amperios, a una tensión media de 5 Voltios. Esta cifra de 5 Voltios, resulta en la industria algo elevada; mas este hecho obedece, en nuestro caso, a las resistencias de paso de corriente que ofrecen los numerosos puntos de las uniones deficientes de las gruesas cintas de cobre conductoras, ya sea entre sí, o ya con los extremos superiores de los vástagos cilíndricos de grafito que forman parte del cuerpo principal de los ánodos de las correspondientes células electrolíticas. Asimismo, existen por otro lado defectos de soldadura en el crecido número de las secciones que integran el cuerpo de los cátodos de hierro, de los ya mencionados baños electrolíticos; todo esto obedece, únicamente, a la falta de obreros expertos en esta clase de trabajos.

Las numerosas células electrolíticas, que en tamaño reducido se construyeron exclusivamente en vía de estudio y experimentación, para luego esos resultados aplicarlos a las que iban a construirse en tamaño industrial, tenían una capacidad para 50 Amperios y trabajaron durante largo tiempo con sal impura, a una tensión que oscilaba sólo alrededor de 3.8 Voltios. Esta circunstancia se explica por el hecho de que, dado su tamaño, fué fácil su exacta construcción y el establecer contacto íntimo entre todas las uniones de los conductores, que en este caso estaban únicamente formados por alambre suave de cobre, de fácil manejo. También la soldadura autógena de los cátodos de hierro, pudo hacerse con mucha precisión.

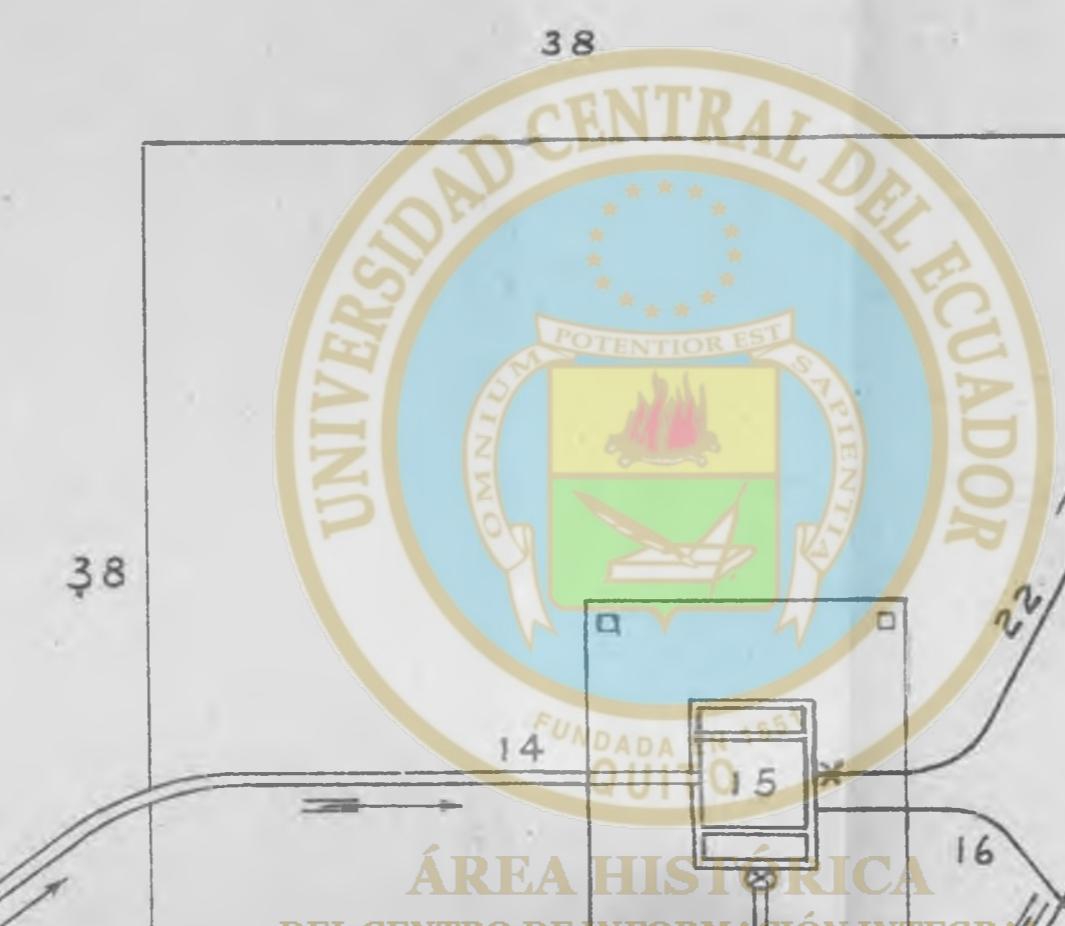
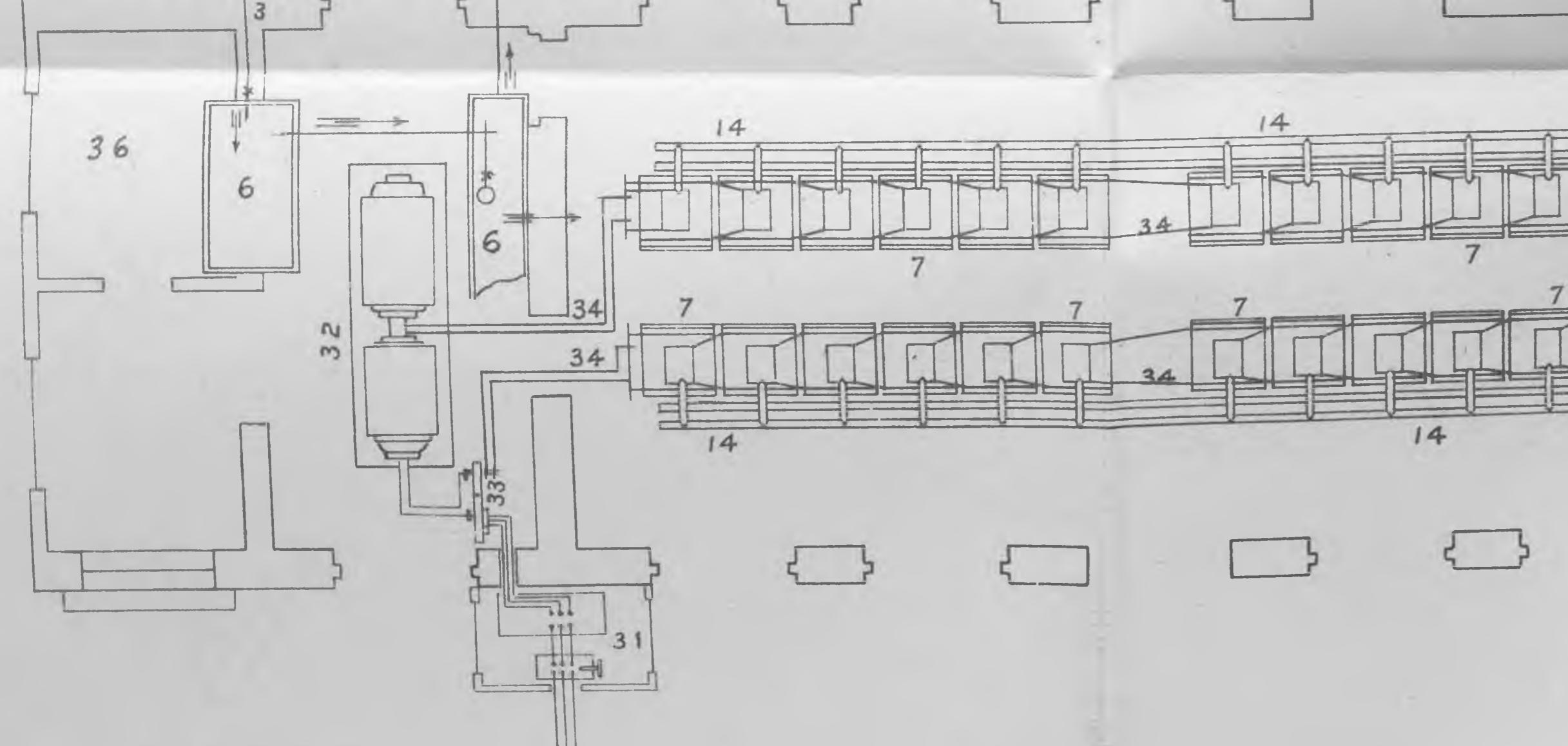
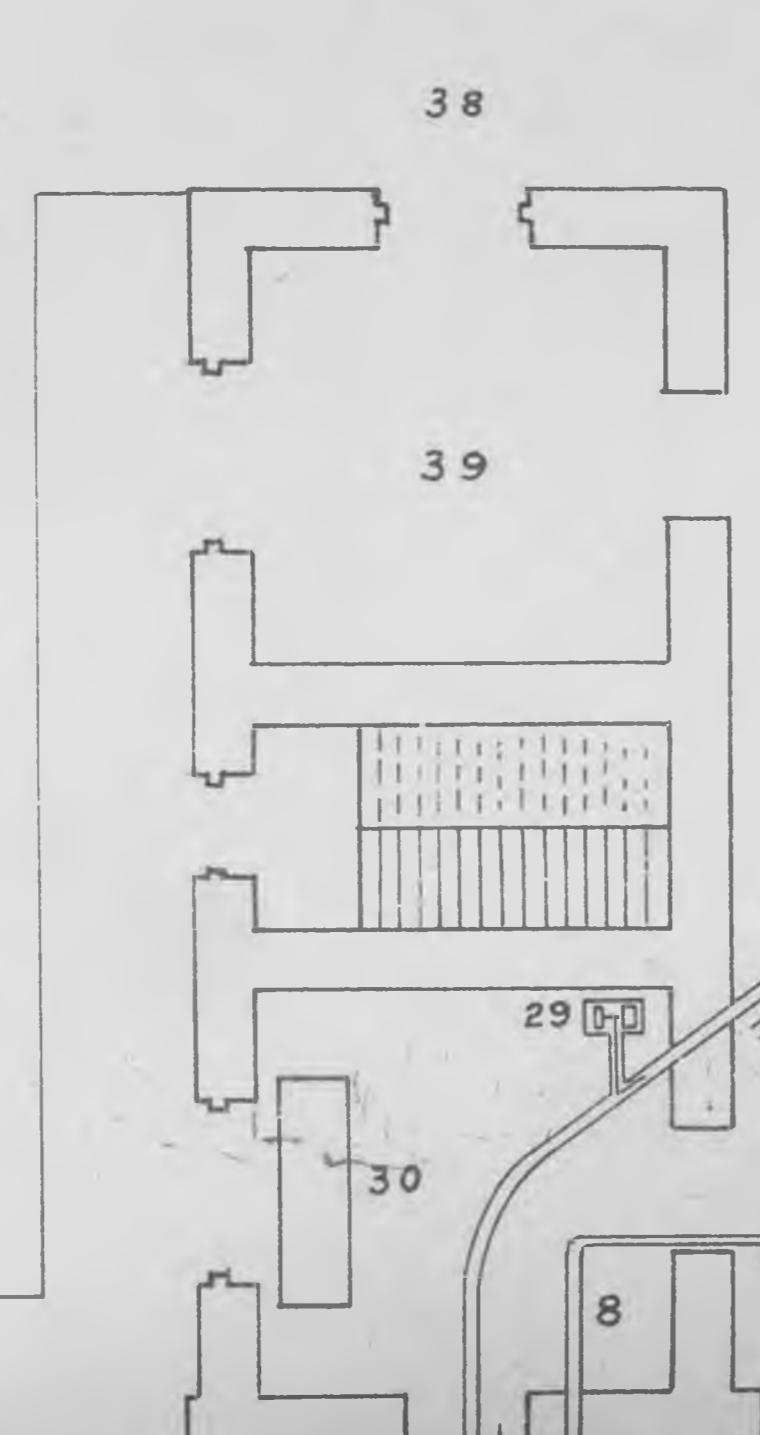
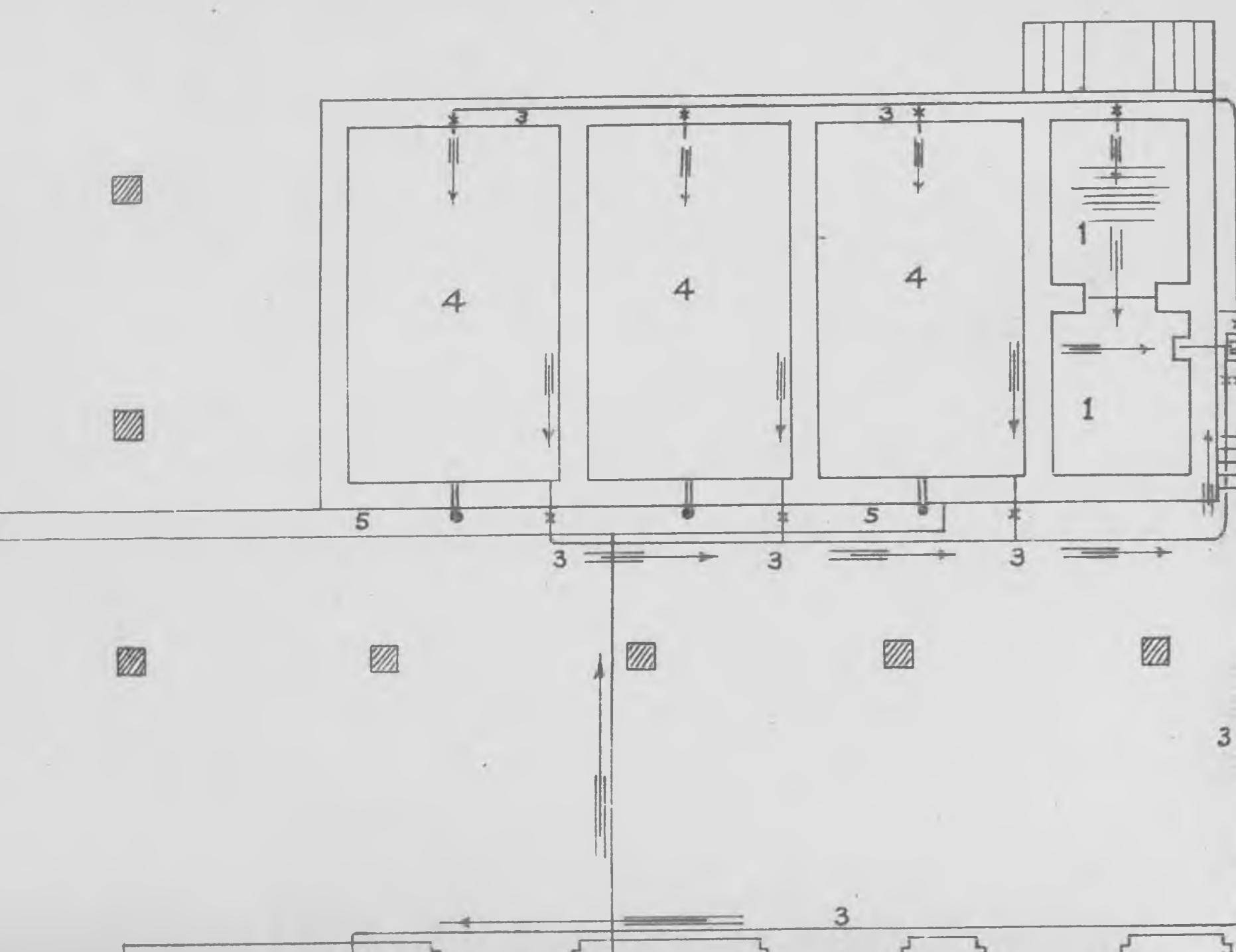
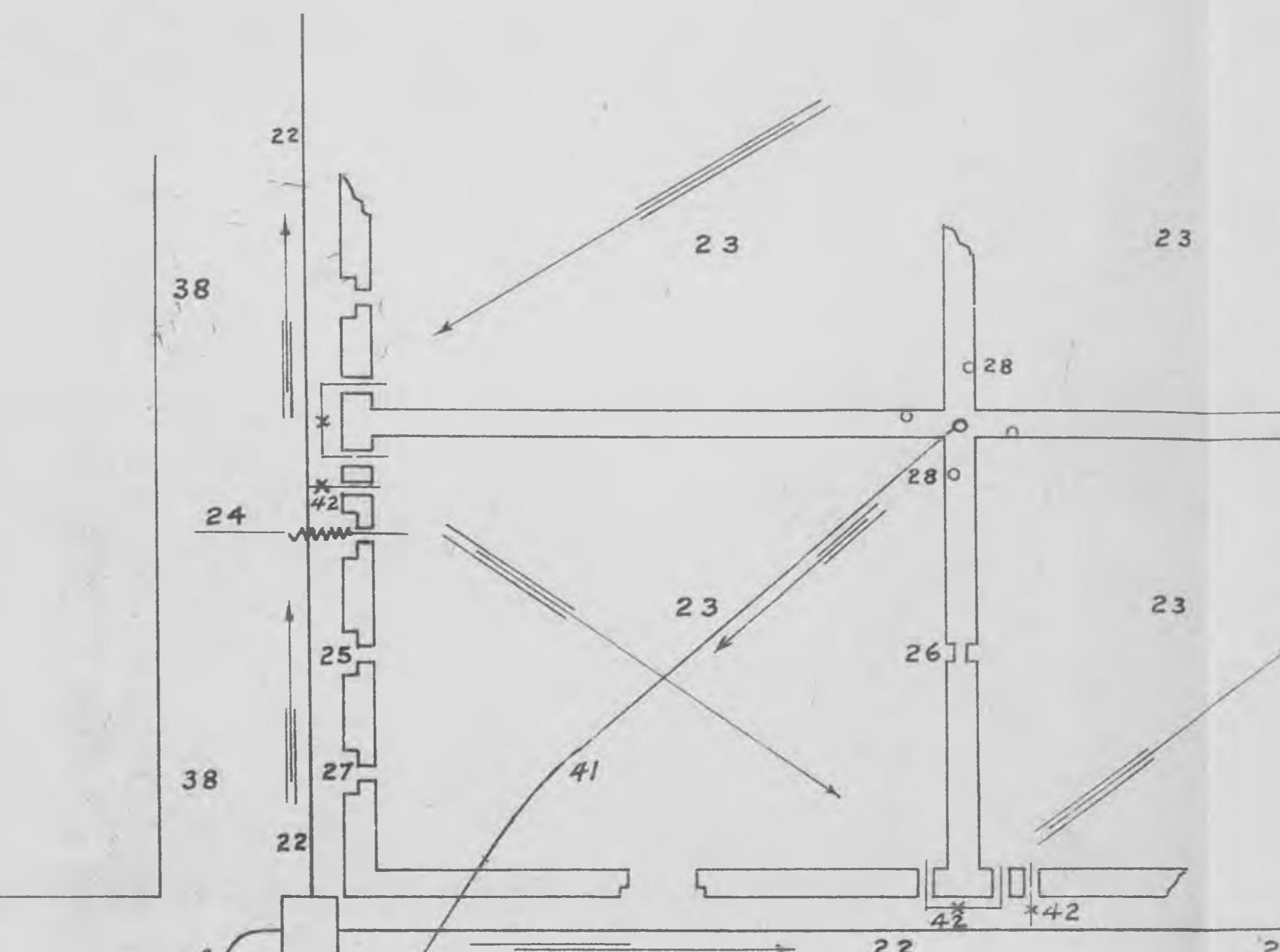
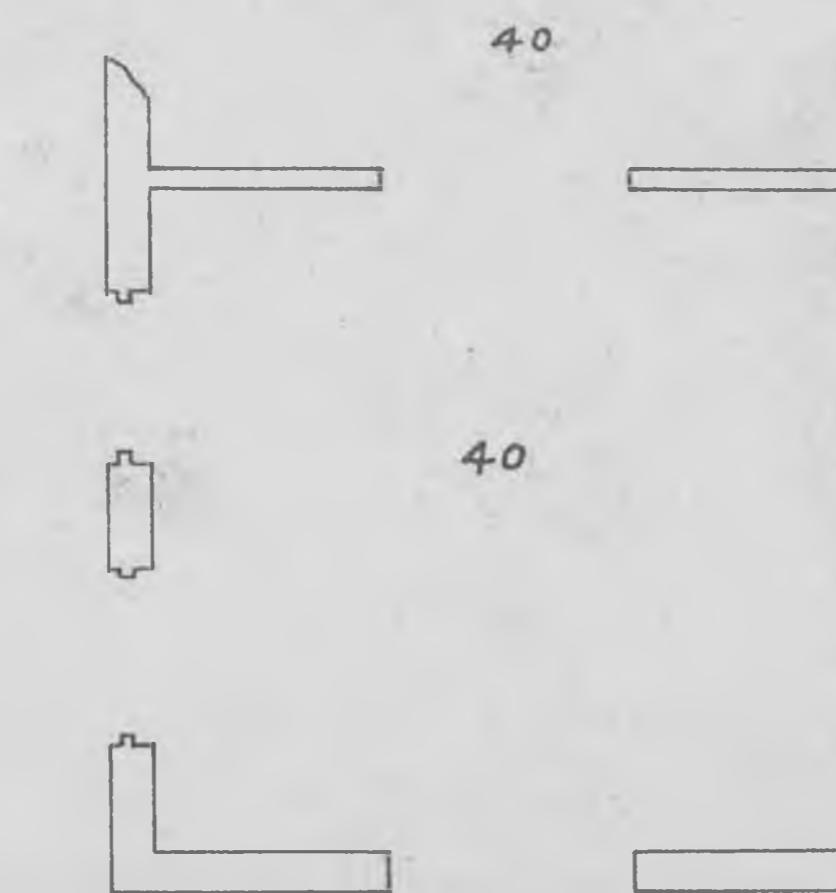
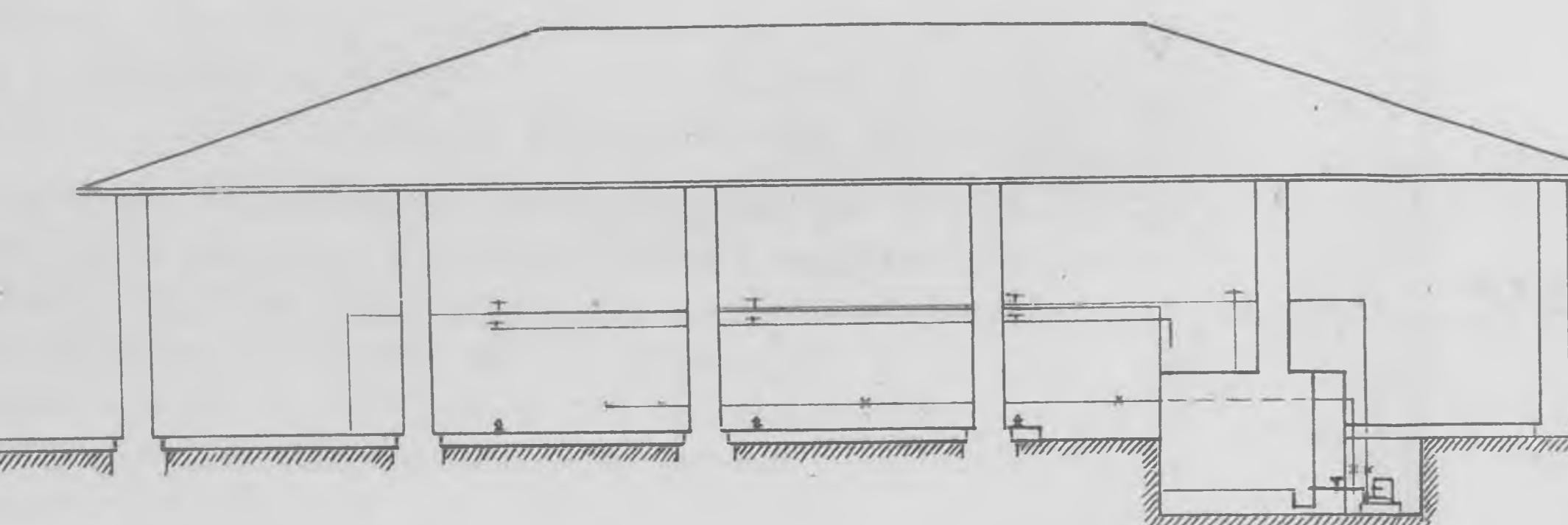
Puede afirmarse que la fabricación de la sosa cáustica, por una parte, y la de ácido sulfúrico, por otra, constituyen las dos sólidas bases sobre las cuales se desenvuelve la industria química de un país, abriendo con ello vastos campos de prosperidad y riqueza nacionales. Se ha sentado la primera de esas bases; que pronto el Ecuador complete tan importante obra de progreso nacional con la implantación de la fábrica de ácido sulfúrico, es de desearse.

CROQUIS DE LA PLANTA DESTINADA A LA INDUSTRIALIZACION

DEL CLORURO DE SODIO

ESCALA: 1:100

Dr. Ernesto Albán Mestanza.



ÁREA HISTÓRICA
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

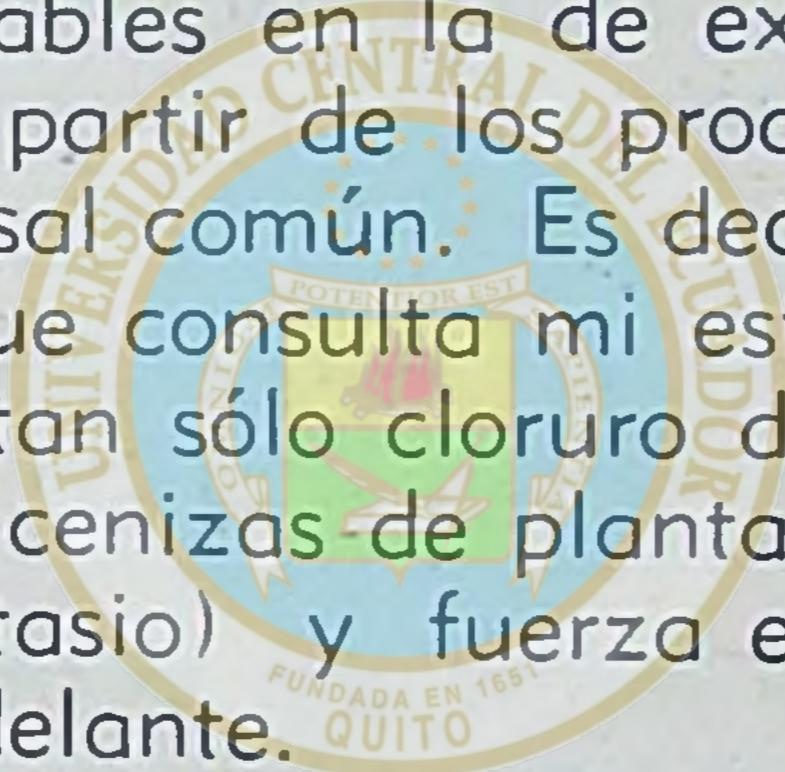
LEYENDA:

- 1 - Tanques para disolver la sal
- 2 - Bomba impulsante, que pone en circulación el agua que disuelve la sal y conduce la disolución obtenida a los tanques colectores.
- 3 - Tubería para la circulación de la solución de sal.
- 4 - Tanques colectores y de purificación de la solución salina
- 5 - Canal para el desague del sedimento proveniente de la purificación del líquido salino.
- 6 - Tanques altos, para distribuir la disolución de sal en los baños electrolíticos.
- 7 - Baños electrolíticos.
- 8 - Canales conductores de la solución de sosa cáustica y del cloruro de sodio no electrolizado, provenientes de los baños electrolíticos.
- 9 - Tanques colectores de la solución de sosa cáustica diluida.
- 10 - Bomba impulsante que conduce a las evaporadoras la sosa cáustica diluida.
- 11 - Evaporadoras
- 12 - Tanque colector de la sosa cáustica concentrada.
- 13 - Centrifuga eléctrica que separa el cloruro de sodio que se deposita durante la evaporación de las lejas.
- 14 - Tubos de cemento asfaltado conductores de cloro.
- 15 - Camara refrigerante del cloro.
- 16 - Canales de desague.
- 17 - Deseedor.
- 18 - Compresor de cloro.
- 19 - Condensador.
- 20 - Balanza.
- 21 - Reductor de presión
- 22 - Canales asfaltados para conducir el cloro a las cámaras de perclorón.
- 23 - Cámaras para producir perclorón.
- 24 - Termómetros, eléctricos.
- 25 - Ventanilla de observación.
- 26 - Lámpara eléctrica.
- 27 - Ventanilla que permite tomar muestras de perclorón e insuflar aire en el interior de la cámara.
- 28 - Tubos de ventilación.
- 29 - Compresor de aire.

- 30 - Laboratorio.
- 31 - Transformador.
- 32 - Dínamo.
- 33 - Tablero de distribución.
- 34 - Línea de corriente continua.
- 35 - Motor eléctrico.
- 36 - Electricista.
- 37 - Chimenea.
- 38 - Corredores.
- 39 - Mecánica.
- 40 - Bodegas.
- 41 - Tubería que comunica las cámaras de perclorón con la chimenea.
- 42 - Válvulas de agua.

El cloruro de sodio es una de las materias primas más importantes de la industria química, pues da lugar a la formación de una infinidad de productos químicos, medicinales y farmacéuticos de más o menos fácil elaboración, los cuales guardan entre sí una estrecha y mutua relación. Así, de ese crecido número de cuerpos que pueden obtenerse partiendo de la electrolisis del cloruro de sodio, merecen citarse, como especialmente importantes, la sosa cáustica, el carbonato y bicarbonato de sodio, el cloroformo, los hipocloritos empleados como decolorantes y desinfectantes; los sulfitos, bisulfitos e hiposulfitos, que son aprovechados por la Medicina, la fotografía, la industria de tejidos, la de pasta de celulosa para la elaboración de papel, etc., etc.

También los cloratos, indispensables en la fabricación de fósforos y pólvoras, y los percloratos, que se emplean en cantidades considerables en la de explosivos, pueden asimismo obtenerse a partir de los productos resultantes de la electrolisis de la sal común. Es decir que, para elaborar todos los cuerpos que consulta mi estudio, se necesita como materia prima tan sólo cloruro de sodio, gas carbónico, azufre, lejía de cenizas de plantas (si se trata de elaborar clorato de potasio) y fuerza eléctrica, como voy a demostrarlo más adelante.



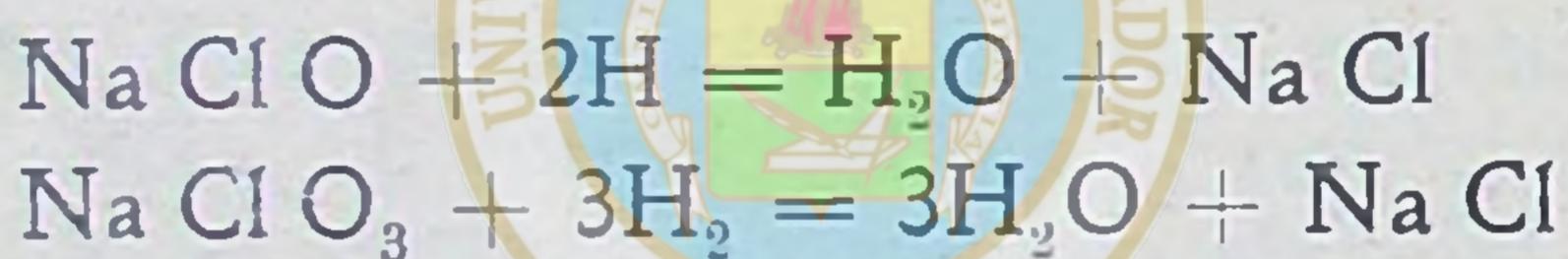
ÁREA HISTÓRICA
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

La electrolisis, o sea, el paso de la corriente eléctrica a través de una solución acuosa de cloruro de sodio, da lugar a la formación de cloro en el electrodo positivo, o ánodo y sodio en el negativo o cátodo. Este último reacciona al momento con el agua de la solución, formando sosa cáustica e hidrógeno. Por consiguiente, como resultado de la electrolisis se obtiene cloro, sosa cáustica e hidrógeno.

Mas, aunque estos procesos parecen muy sencillos a simple vista, sin embargo se han presentado en la práctica serias dificultades para conseguir su realización. Así, por ejemplo, si el cloro que se deposita en el ánodo se difunde a través del electrólito, al ponerse en contacto con la sosa cáustica del cátodo, reacciona formando hipocloritos y cloratos:

- $$1.^{\circ} - \text{Na Cl} = \text{Na}^+ \dots \text{Cl}^-$$
- $$2.^{\circ} - \text{Na} + \text{H.OH} = \text{Na OH} + \text{H}$$
- $$3.^{\circ} - \frac{\text{Na OH}}{\text{Na OH}} + \frac{\text{Cl}}{\text{Cl}} = \text{Na Cl} + \text{Na O Cl} + \text{H}_2\text{O}$$
- $$4.^{\circ} - 3\text{Na Cl O} = \text{Na Cl O}_3 + 2\text{Na Cl}$$

Igualmente, si se dejara escapar a través de la solución el hidrógeno que queda en libertad en el cátodo, agitaría, en primer término, el líquido, favoreciendo la difusión del cloro, a la vez que ejercería ese hidrógeno su propiedad reductora sobre los compuestos secundarios que llegaran a formarse durante esa operación. De esta manera los hipocloritos y cloratos de sodio se transformarían, nuevamente, en sal común, lo cual equivaldría a una pérdida de energía eléctrica que repercutiría desfavorablemente en la rentabilidad de la industria:



Por otra parte, si atravesara el hidrógeno la solución del electrólito, se incorporaría al cloro formando una mezcla explosiva.

Para subsanar todas estas dificultades, es decir, para impedir la recombinación de los productos anódicos y catódicos, y obtener separadamente la sosa cáustica y el cloro, se han propuesto varios procedimientos y se han ideado gran número de baños electrolíticos.

Aquí me limitaré únicamente a citar algunos de los modelos generales que utiliza la industria en gran escala y que representan los diferentes métodos empleados hasta el presente, para luego concretar en forma algo detallada el baño electrolítico que he construído especialmente para nuestro caso particular.

El sistema de baños adoptado por la industria con dicho fin, se lo puede dividir, de manera algo imperfecta, en tres diferentes clases:

1^a—**Baños en los que el cátodo y el ánodo van separados por un diafragma o tabique poroso** que dificulta la difusión e impide, por lo tanto, la mezcla mecánica de los dos líquidos, sin poner obstáculo al paso de la corriente eléctrica. Dichos diafragmas están constituidos, en unos casos, por piezas de cemento moldeadas con disolución de sal común, como sucede, por ejemplo, con los baños de Griesheim; en otros, el diafragma está formado por papel o tejidos de asbesto, ya solo, o ya recubierto por una pasta de sulfato de bario y fibras de amianto, como en las células de Billiter.

La disposición de dichos tabiques, en el interior de las células, es vertical en unos sistemas, y horizontal en otros.

La electrolisis, según el sistema de diafragma, exige que la disolución de la sal de cocina, que va a ser utilizada en la descomposición electrolítica, se encuentre libre de toda clase de cuerpos extraños, antes de entrar en las correspondientes células, pues su presencia ocasionaría la obstrucción de los poros del diafragma, aumentando, por consiguiente, la resistencia eléctrica. No obstante todas las precauciones adoptadas, los diafragmas quedan fuera de servicio después de un año, más o menos.

2^a—**Baños en los que se emplea un cátodo móvil de mercurio para la separación de la sosa y el cloro.** Estos baños están formados, propiamente, por 2 células, esto es, una de descomposición y otra de formación. En la primera se descarga el cloro en el ánodo, en tanto que en el cátodo de mercurio se descarga el sodio que se reúne con el mercurio para formar una amalgama, la cual, mediante dispositivos especiales, pasa a la célula de descomposición, en donde se transforma, con el agua que en ella se encuentra, en sosa cáustica.

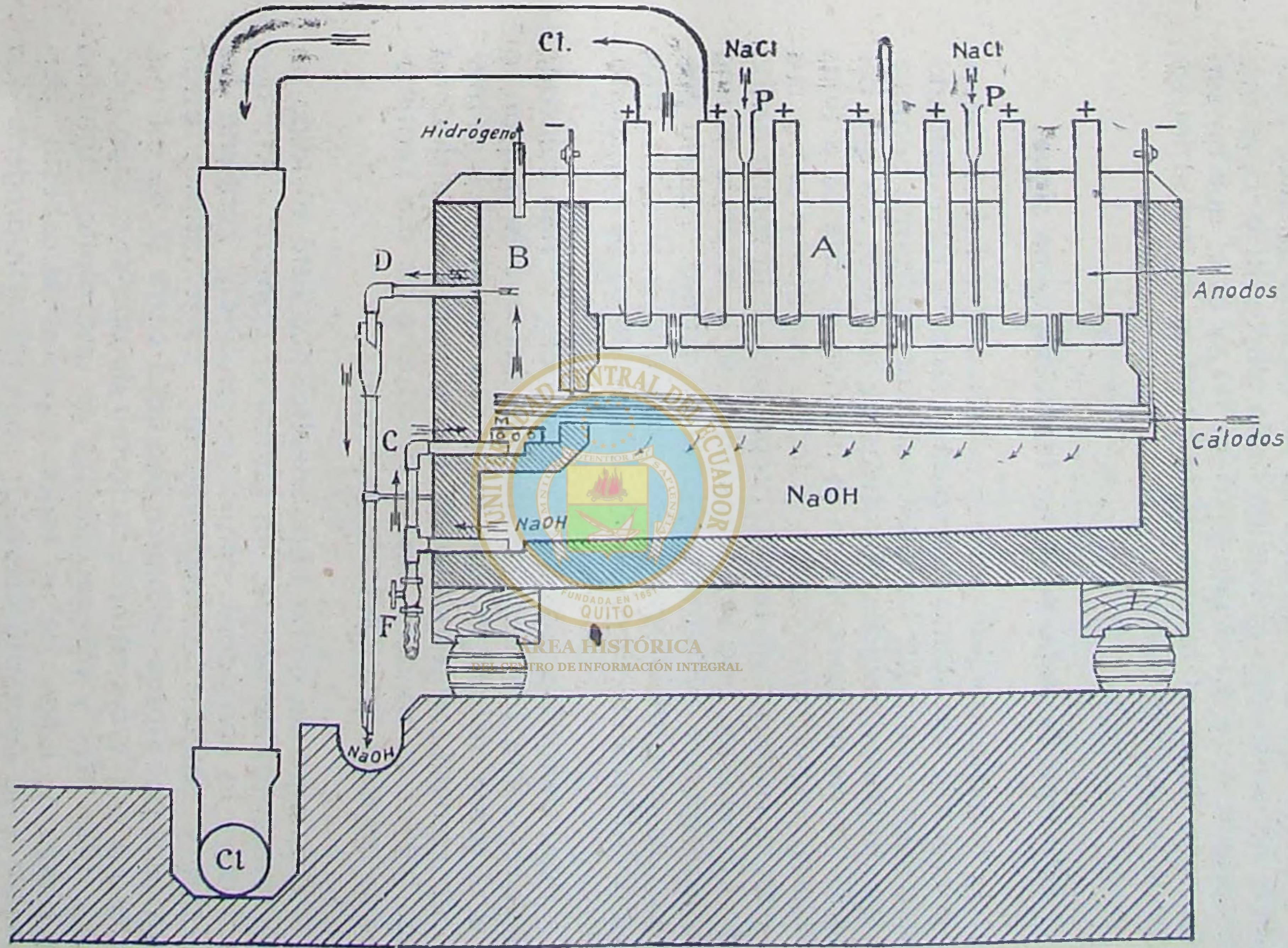
Este método, que a primera vista se manifiesta tan sencillo, presenta en la práctica graves inconvenientes; así, por ejemplo, el metal alcalino de que se enriquece preferentemente la superficie del cátodo y la amalgama formada, deben ser revueltas sin cesar mecánicamente, con el

resto del mercurio. Si esto no se verifica, en lugar de la formación de amalgama, sobreviene la descarga del ión hidrógeno; al mismo tiempo se forma sosa cáustica, que, con el cloro de la célula, produce hipoclorito y clorato, y da lugar a la formación de oxígeno. Además, se presenta el peligro de explosión de las mezclas de cloro e hidrógeno, etc.

3^a—Células sin diafragmas.—No es absolutamente necesario el empleo de diafragmas, en disposición horizontal o vertical, para mantener separada la solución anódica que contiene cloro, de la catódica que encierra la de sosa cáustica, pues dicha separación puede también conseguirse aprovechando el hecho de que, durante la electrolisis, la solución catódica —que en este caso se encuentra debajo del ánodo— se enriquece en sodio, es decir, en sosa cáustica, desprendiendo tan sólo hidrógeno; esta solución se hace, por lo tanto, cada vez más pesada, reuniéndose en el fondo de la cuba electrolítica una disolución rica en sosa cáustica. Por otro lado, mientras se verifica el trabajo electrolítico, la solución anódica se vuelve cada vez más pobre en sal; y como el producto principal del ánodo, que es el cloro, se desprende prácticamente de la solución en forma completamente gaseosa, y esta pérdida no se equilibra con nada, resulta que el líquido anódico se hace más ligero que la solución inicial de cloruro de sodio, y ocupa, por consiguiente, la zona superior del baño.

Ahora bien: si se disponen los cátodos en una posición horizontal, debajo del ánodo, entonces es posible aprovechar esta variación de peso específico de las soluciones anódica y catódica para la obtención industrial de sosa cáustica, cuidando únicamente de someter a una desviación lateral la corriente ascendente de hidrógeno que se desprende en el cátodo; pues, en caso contrario, este gas mezclaría entre sí las dos soluciones, destruyendo su estratificación tranquila.

Con arreglo a este principio funcionan las células de campanas de Aussig, la de Billiter, Leykam, etc., etc. Igualmente, basado en este mismo principio, es decir, en el



Célula electrolítica — Corte longitudinal — Fig. II

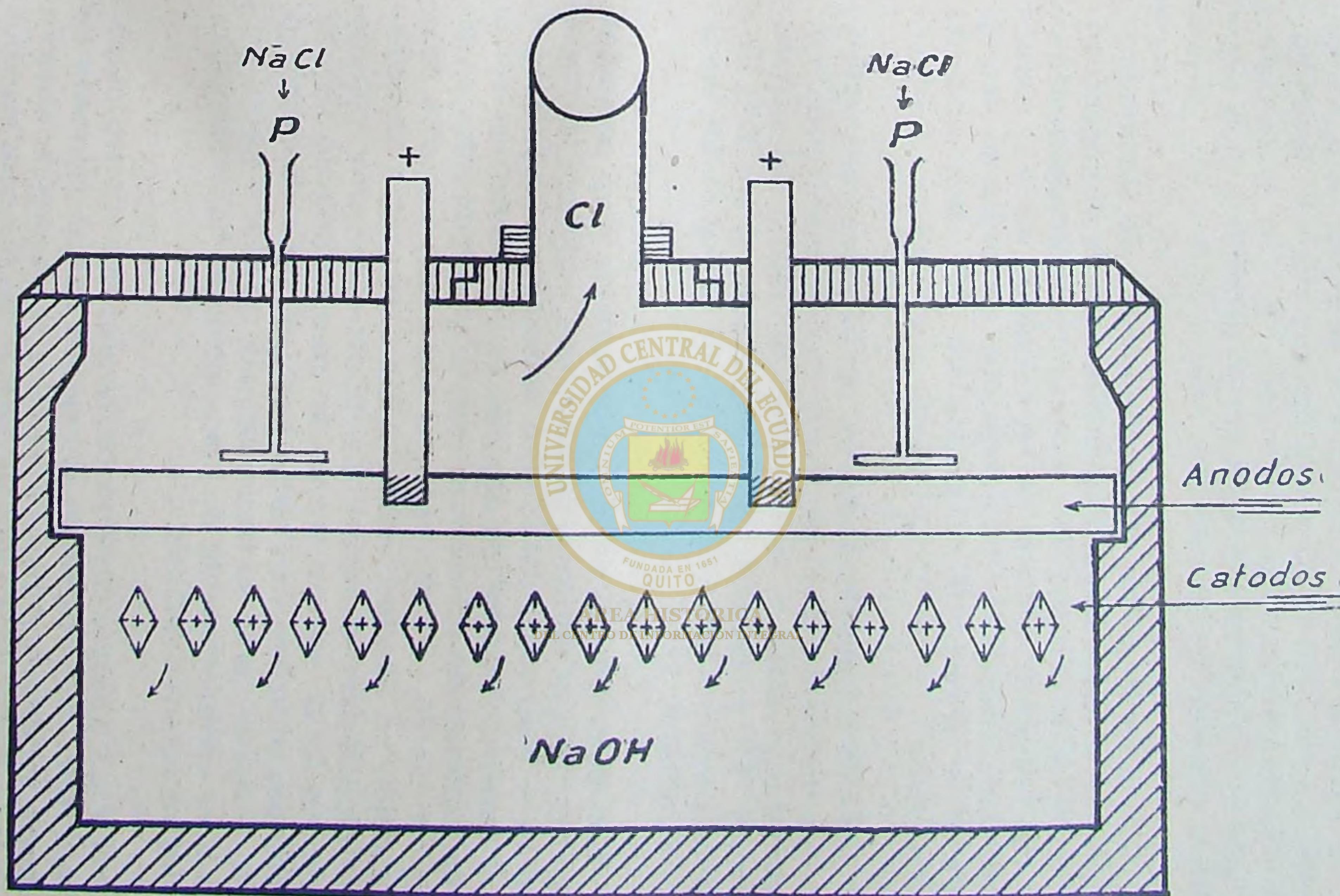
de la diferencia de densidad de los líquidos anódico y cátodo, he construído el tipo de baño electrolítico, cuyo modelo puede verse en el dibujo (Fig. II), y es el que ha servido para llevar al terreno de la práctica la industrialización del cloruro de sodio.

Este tipo de baño se lo ha fabricado como sigue:

El material elegido para su construcción, fué el cemento, mezclado con arena cuarzosa limpia, y ripio delgado. Ahora bien: para que la célula adoptase la forma apropiada, se utilizaron moldes negativos de madera, los que colocados convenientemente en el interior de artesas o tinas de hierro negro, remachado y soldado, recibieron entre sus paredes el material de relleno preparado en la forma arriba indicada, el cual, una vez endurecido, se le recubrió de una pintura especial, preparada a base de asfalto. Habría preferido, de permitirlo los medios económicos, recubrir, más bien, el interior de dichas tinas con baldosas de porcelana.

Para evitar los circuitos con el suelo, se han colocado los baños sobre traviesas de madera, las que se apoyan, a la vez, sobre aisladores, que hubo que construirlos asimismo de cemento, interponiendo, eso sí, entre los aisladores y las piezas de madera, discos de caucho de dos centímetros de espesor, por doce de diámetro.

El cuerpo de dicho baño electrolítico está dividido en dos compartimientos, de los cuales el primero "A", que constituye la verdadera célula electrolítica, contiene los ánodos y cátodos correspondientes. Estos últimos están formados por cintas de hierro reunidas entre sí, de tal manera que dan a los cátodos la forma de una cruz algo alargada (Fig. III) y van recubiertos de una malla, asimismo de hierro, y, luego, de un tejido especial de asbesto, permeable a la corriente eléctrica, mas nó al hidrógeno que se desprende en el interior del tubo doble angular resultante. Dichos cátodos se encuentran colocados a cierta altura del fondo de la célula electrolítica, en posición casi horizontal, formando una verdadera parrilla.



Célula electrolítica — Corte transversal. — Fig. III

El extremo inferior de cada uno de estos tubos, se encuentra cerrado, en tanto que el opuesto superior desemboca en la cámara rectangular contigua "B" Fig. II para dejar salir el hidrógeno originado por la descomposición electrolítica operada en su interior.

Con el fin de evitar que el movimiento del líquido provocado por el abundante desprendimiento de hidrógeno en el interior de la cámara "B", se trasmite al compartimiento "A" del baño electrolítico, se ha adaptado sobre el extremo de cada uno de los dos tubos que desembocan en el fondo de la cámara "B", el dispositivo "Q", que sirve de amortiguador.

Los dos compartimientos "A" y "B", que constituyen, como ya hemos dicho, el cuerpo de la cámara electrolítica, se comunican entre sí, únicamente, por medio del sistema de tubos "C", y con el exterior, por el tubo sifón "D". Todo este conjunto funciona en virtud de la ley de los vasos comunicantes.

Con el propósito de descomponer las muy pequeñas porciones de hipocloritos y cloratos que pudieran formarse durante la electrolisis del cloruro de sodio, se ha prolongado el extremo superior de algunas de las cintas de hierro de los cátodos, de tal manera que, al penetrar éstas en el compartimiento "B" del baño, el hidrógeno naciente que ellas dejan en libertad, reduzca los compuestos secundarios (hipocloritos, cloratos) que pudiera arrastrar consigo la disolución de sosa, a través del compartimiento "B" de la cámara, durante su avance hacia el sifón de descarga "D". Y así es cómo se ha conseguido producir sosa cáustica libre completamente de cloro, como lo han comprobado los respectivos análisis.

En lo tocante a los ánodos de grafito o electrodos positivos, éstos se encuentran dispuestos horizontalmente en la parte superior del baño y en ellos se desprende el cloro gaseoso, el cual va a reunirse después en la parte superior del baño y bajo su cubierta, de cuya parte superior se extrae suavemente el cloro, ya sea mediante el émbolo absorbente de la maquinaria compresora de este gas, N° 18, del

plan general, o de la acción aspirante que ejerce el tiro de la chimenea de la fábrica (a la cual va a parar el extremo del tubo conductor de cloro, como puede apreciarse en el N° 41 id.), y de ahí a la maquinaria liquidadora, o en su defecto, directamente a las cámaras que contienen la cal productora de perclorón.

Con el propósito de hacer inofensivos, en lo posible, los pequeños movimientos que de una manera continua produce el cloro al desprenderse reunido en grandes burbujas en la superficie anódica, se han calculado las dimensiones de los ánodos, de tal manera que cubran casi completamente la superficie del compartimiento "A" del baño electrolítico, y se han colocado, además, entre dichos ánodos dispositivos especiales que eviten los movimientos eventuales de la solución.

Dichos ánodos, colocados en cada elemento en número de siete, están formados por planchas rectangulares de grafito Acheson, cuyos vástagos, en su extremo superior, se encuentran unidos por barras colectoras de cobre; para evitar una larga conducción al generador, los veinte baños electrolíticos van conectados en serie, en forma de U, en cuyas condiciones ~~se necesitan~~ ^{se} barras de cobre relativamente cortas, obteniendo así la disposición que puede verse en conjunto en el plano general que acompaña a este trabajo.

La disolución de cloruro de sodio, saturada en frío, que alimenta en forma de lluvia abundante la zona anódica, penetra en ésta por los tubos "p", "p", que se encuentran en la cubierta o tapa de la cámara "A", desalojando, por el tubo sifón "D", en forma de chorro subdividido, una cantidad equivalente del líquido catódico, o sosa cáustica producida en el interior de los tubos catódicos y que tiene una concentración aproximada de unos 120 gramos de sosa cáustica y de 125 de cloruro de sodio por litro. En tal estado se la conduce al sistema de evaporadoras, donde se consigue concentrarla, como ya dejó dicho, hasta que alcance una densidad, más o menos, de 44° B^e.

En cuanto a las impurezas que pudieran estar contenidas en la solución de cloruro de sodio, tales como calcio, magnesio, sílice, etc., no se depositan en el interior de las envolturas catódicas, sino fuera de éstas, es decir, en el cuerpo principal abierto de la célula; de esta manera son arrastradas por completo al fondo de la cámara, de donde son conducidas hacia fuera junto con el líquido catódico o sosa cáustica. Esto sucede porque la solución de cloruro de sodio, proveniente de la parte superior, se encuentra con la zona cáustica antes de llegar al emparrillado catódico, recubierto por las envolturas de amianto; y en dicha zona cáustica es cabalmente donde tiene lugar la precipitación de las impurezas.

Las células electrolíticas sin diafragma, de la construcción que hemos adoptado en nuestro caso, presentan, asimismo, la ventaja de que en cualquier momento puede suspenderse su funcionamiento, con sólo cortar la corriente y cerrar la llave de entrada de la solución de cloruro de sodio a las correspondientes células, sin que por esto llegue a modificarse, durante algunas semanas, la naturaleza del baño electrolítico, cosa que no sucede con células de otros sistemas.

ÁREA HISTÓRICA
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

De todo esto se deduce la enorme ventaja de estos tipos de baño sobre los construidos con diafragmas, en los cuales la precipitación de las impurezas se verifica en el interior de esos diafragmas, obstruyendo sus poros, aumentando la resistencia eléctrica e inutilizándolos en un tiempo relativamente corto.

CONSIDERACIONES ECONOMICAS

El Ecuador importó en los tres últimos años anteriores a esta guerra, algo de 600.000 libras de sosa cáustica al año, cuyo precio neto de costo puede calcularse en \$ 0,80 la libra, lo que representa un valor total de \$ 480.000 al año.

Tomando en consideración, por una parte, esta cifra estadística, y por otra, las condiciones favorables del mer-

cado, tanto interno como externo, para la colocación de tal producto, se creyó conveniente construir la mencionada fábrica de sosa, con una capacidad de producción diaria de 1.000 kilos, o sean, 22 de nuestros quintales. De suerte que, tengo la seguridad de que una instalación de esta naturaleza, se encontrará bien pronto no sólo en situación de abastecer las necesidades actuales del país, como ya se lo viene haciendo, sino que también se pondrá en condiciones de fabricar, con su sobrante, carbonato y bicarbonato de sodio, sulfito, bisulfito e hiposulfito también de sodio, etc., productos que importa el Ecuador por un valor aproximado de \$ 100.000 al año. La obtención de todas estas importantes substancias —que se utilizan, como ya lo expresé anteriormente, en Medicina, en las fábricas de tejidos, jabonerías, fotografías, etc., etc.—, a partir de la sosa cáustica, no ofrece, como es sabido, ninguna dificultad técnica; así, para preparar, por ejemplo, carbonato y bicarbonato de sodio, basta con hacer pasar una corriente de gas carbónico en condiciones determinadas, por las mencionadas disoluciones de sosa. Asimismo, el bisulfito de sodio se forma haciendo atravesar por la disolución de sosa cáustica, hasta saturación, una corriente de anhidrido sulfuroso, el cual se lo obtiene por combustión del azufre en hornos especiales. A su vez, el bisulfito de sodio formado se lo puede hacer reaccionar con un volumen a igual concentración de sosa cáustica, transformándolo de esta manera en sulfito neutro, etc., etc.

Como es sabido, el Ecuador dispone de abundantes fuentes de gas carbónico y de apreciables minas de azufre de primera calidad; es decir, cuenta con materia prima barata y está, por lo tanto, en condiciones de producir, a poco costo, las sustancias químicas enumeradas.

Creo del caso llamar la atención sobre la importancia industrial del bisulfito de sodio, que he citado anteriormente, el mismo que se lo pudiera utilizar en la preparación de pasta de celulosa para la elaboración de papel, sirviéndose para ello, en nuestro caso, por ejemplo, del bagazo de la caña de azúcar, de la paja de la cebada, de la del trigo, etc., etc. Nadie podrá desconocer el considerable beneficio e importancia que representaría la implanta-

ción de una fábrica de papel en el país, si se considera, sobre todo, la enorme cifra de más de dos millones de kilos que, más o menos, se importan anualmente, por un valor de dos y medio millones de sucre.

Por otra parte, debo también anotar que la pasta de celulosa, ya por sí sola, constituye un artículo exportable; pues Inglaterra, Francia, Estados Unidos y otros muchos países, consumen anualmente enormes cantidades de ella. Francia, por ejemplo, importaba más de 300.000 toneladas de pasta de celulosa por año. La mencionada pasta es, pues, muy solicitada en el exterior, y tiene la ventaja de no afectarle la crisis de superproducción, como sucede con muchas otras materias primas.

La sosa cáustica se podría, igualmente, utilizarla en descomponer los minerales de arsénico con que cuenta el país, transformándolos en el valioso insecticida que es el arsenito de sodio, del que tanto necesita la agricultura.

Otra de las ventajas que puede ofrecernos la instalación de la fábrica de sosa, es la de que las industrias de tejidos, contando ya con dicho producto y a un precio relativamente bajo, se encontrarían en posibilidad de llevar a la práctica el importante y sencillo proceso de la Mercerización del algodón, con lo cual esta fibra adquiere un aspecto sedoso.

En lo que concierne al cloro, este gas, una vez líquido, se lo podría emplear, ya sea en el tratamiento de minerales auríferos, de cobre, etc., ya en la esterilización de las aguas potables tal como lo hacen actualmente casi todas las Municipalidades de la República, para lo cual lo importan todavía en cilindros de acero, por un valor, más o menos, de \$ 25.000 al año.

Además, el cloro sirve para preparar, como tengo ya indicado, hipoclorito de cal o Perclorón, sustancia que hasta hace poco importaban todas nuestras fábricas de tejidos para blanquear las fibras del algodón y de la lana.

Hoy día todas ellas se abastecen de la fábrica de que venimos ocupándonos, y el sobrante se lo exporta a la vecina República de Colombia, por un valor aproximado de \$ 35.000 mensuales.

Con el perclorón, a su vez, se podría producir cloroformo, haciéndolo reaccionar, en ciertas condiciones, con un volumen determinado de alcohol. Como es sabido, dicho compuesto tiene enorme aplicación, tanto en la Medicina como en la industria; así, por ejemplo, la Rotenona del Barbasco se la puede extraer fácilmente mediante dicha sustancia.

Por otra parte, es conocido el gran poder desinfectante que posee el perclorón, y como disponemos ya de una fábrica de dicha substancia, bien estaría que nuestro Servicio Sanitario se preocupe de emplearla, tanto en la desinfección de Hospitales, Casas de Rastro, sifones de las calles de las ciudades, etc., como en la esterilización del agua de todas nuestras piscinas, lo cual evitaría el contagio de enfermedades.

Con el cloro se puede también producir clorato de potasio, utilizando para ello la ceniza de las plantas. Como es sabido, nuestra Fábrica Nacional de Fósforos tiene que importar, necesariamente, aquella sustancia para emplearla en la producción de dicho artículo. Así, en el año 1939 se importó esta sustancia por una suma aproximada de \$ 45.000.

Con el cloro y el bióxido de Manganeso, cuyas minas existen en San Antonio de Pomasqui y otros lugares del País, se puede, asimismo, fabricar permanganato de potasio.

Por último, de esta importante industria, es decir, de la de sosa cáustica y cloro, se puede aún aprovechar el hidrógeno que se desprende en los cátodos de los baños elec-

trolíticos, haciéndolo reaccionar, por combustión, con una porción de cloro, lo cual da lugar a la formación de ácido clorhídrico o Muriático que importa el Ecuador por una cantidad, más o menos, de \$ 12.000 al año.

Con el propósito de que se pueda apreciar, de una manera aproximada, la utilidad neta diaria de una fábrica que produzca 1.000 kilos de sosa cáustica, también diarios, presento el siguiente cuadro demostrativo:

COSTO APROXIMADO DEL FUNCIONAMIENTO POR DIA

Capital aproximado: \$ 400.000

Compra de 1.600 kilos de cloruro de sodio comercial, o sean 35 de nuestros quintales, a \$ 8,00 el quintal

.....	\$	280,00
Fuerza eléctrica, 175 Kilo Wattios, en un día a \$ 0,07 el K. W. hora	"	294,00
Combustible	"	40,00
Un Electricista-Jefe	"	15,00
Dos Ayudantes, a \$ 8,00 cada uno	"	16,00
Tres empleados encargados de vigilar la electrólisis, a \$ 6,00 cada uno	"	18,00
Seis jornaleros, a \$ 4,00 cada uno	"	24,00
Reparaciones y accesorios	"	10,00
Amortización, 10% sobre \$ 400.000	"	120,00
Intereses, 6% de \$ 400.000	"	65,00
Administración, etc.	"	25,00
<hr/>		
SUMAN	\$	907,00

Costo total de producción de 1.000 kilos de sosa cáustica, o sean 22 quintales de 46 kilos cada uno \$ 907,00

Precio de costo de 1 libra de sosa cáustica:

$$\frac{907}{2.200} = 41 \text{ centavos.}$$

Precio de venta de 2.200 libras de sosa, a razón de \$ 0,70 libra	\$ 1.540,00
Costo total de producción	\$ 907,00
Utilidad diaria	\$ 633,00

Debo anotar que la utilidad neta de \$ 633,00 diarios, no comprende la que produce el perclorón, ni tampoco la que produciría la fabricación de carbonato y bicarbonato de sodio, cloro líquido, ácido muriático, etc., etc., productos todos derivados de la sosa cáustica y cloro.

Tengo indicado anteriormente que para obtener 1.000 kilos de sosa cáustica en 24 horas de trabajo, se necesita una corriente con la potencia de 175 Kilo Wattios. Esta cifra la obtuve de acuerdo con el siguiente cálculo:

Un amperio hora de corriente produce, teóricamente 1,5 gramos de sosa cáustica y 1,34 gramos de cloro; ahora bien, si el rendimiento práctico se calcula en un 80%, entonces un amperio produciría 28,56 gramos de sosa cáustica y 25,2 gramos de cloro en 24 horas, o bien, para obtener 1 kilo de sosa cáustica en 24 horas, la corriente debe ser de 35 amperios; mas, como se trata de obtener 1.000 kilos de sosa cáustica y 880 kilos de cloro en 24 horas, la corriente en tal caso debe ser de:

$$1.000 \times 35 \text{ Amp.} = 35.000 \text{ Amp. en 24 horas.}$$

Mas, como la tensión se puede calcular en 5 Voltios, los 35.000 Amperios expresados en Wattios, representa una potencia de:

$$35.000 \times 5 \text{ Voltios} = 175.000 \text{ Wattios,}$$

o sea, 175 Kilo Wattios.

Para terminar este estudio, del cual he esbozado sólo aquello que reviste mayor importancia, tengo que expresar mi satisfacción por haber contribuído, en la medida de mis conocimientos y de las posibilidades técnicas y económicas del País, a la realización de esta obra, que puede servir de base para una ampliación y perfeccionamiento posteriores.



ÁREA HISTÓRICA
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL