

Universidad Nacional Autónoma de México

ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS QUÍMICAS

**Control Químico en la
Fabricación de
Hipoclorito de Sodio**

550

Augusto Manuel Trejo Castillo

México, D. F.

1949



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.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS QUIMICAS

CONTROL QUIMICO EN LA FABRICACION DE
HIPCCLORITO DE SODIO

Tesis que presenta
AUGUSTO MANUEL TREJO CASTILLO
para su examen profesional de
QUIMICO

MEXICO, D. F.

1949

A mis padres.

Sr. Francisco R. Trejo Lara
y Sra. Ma. Luisa Castillo de Trejo.

con cariño y reconocimiento a sus
sacrificios.

A mis hermanos.

A la Srita.

Gladys Góngora Pérez

A mis

amigos y compañeros

Agradecimiento:

A mis maestros.

A la biblioteca "Benjamín Franklin".

Al personal técnico de "Productos Químicos Mexicanos S. A."

PROLOGO

La presente tesis, tiene por objeto mostrar el procedimiento y control en la obtención del Hipoclorito de Sodio seguido en la fábrica de "Productos Químicos Mexicanos S. A.".

Expone otros métodos de obtención, sugiriendo el desarrollo de la fabricación de este producto, hasta hoy poco aceptado en la industria de México; siendo factible su incremento y uso respecto al de otros hipocloritos.

SUMARIO

CAPITULO	HOJA
I .- INTRODUCCION	1
II .- MATERIAS PRIMAS, METODOS ANALITICOS Y DE CONTROL	12
a)- Materias primas.	12
b)- Control químico del proceso de fabricación y del producto obtenido.	17
c)- Métodos de análisis.	20
III.- RESULTADOS	22
IV .- DISCUSION	24
V .- CONCLUSIONES	33
VI .- REFERENCIAS	34

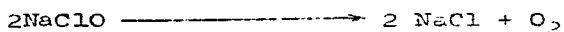
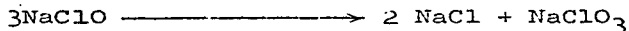
INTRODUCCION

El hipoclorito de sodio es un producto conocido bajo diversas denominaciones: agua de Javel, agua de Labarraque, Hipocarol, solución de Dakin, líquido blanqueante, etc.

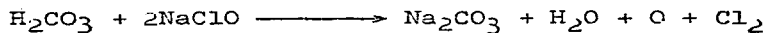
El uso inicial que se le dió fué como desinfectante, en hospitales de campaña en el año de 1793 (8). Se considera a los hipocloritos, como sales derivadas del ácido hipocloroso (H-ClO) cuyo hidrógeno es substituído por un metal; en este caso el sodio.

Se expende generalmente en el comercio en solución, en la mayoría de veces impurificada por NaCl , NaOH y NaClO_3 . Se le encuentra en menor cantidad en forma sólida, variando la cantidad de -- agua de cristalización de sus moléculas: $\text{NaClO} \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$; $\text{NaClO} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; $\text{NaClO} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, con puntos de fusión en grados centígrados de -- 57.5° , 24.5° y 45.0° respectivamente. Los cristales se descomponen con facilidad al querer determinar su punto de ebullición, son muy solubles en agua fría y en agua caliente descomponense también (5). Tienen forma de agujas, sistema tetragonal - siendo el hipoclorito de sodio en este estado más soluble, que en solución o amorfo - -- son incoloros aunque hay veces están amarillentos debido a impurezas de perósico de sodio (21) y (15).

Su composición molecular es inestable. Lo descomponen la acción del calor y de la luz en cloruro y clorato de sodio, o bien - en cloruro y oxígeno:

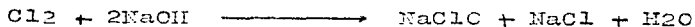


La acción de diversos óxidos, como el NiO_3 y Co_2O_3 que obran como catalizadores originan la descomposición; lo mismo que los ácidos, aun los débiles, dejando cloro libre:



... para la obtención del hipocloro de sodio, pero con pequeñas variaciones pueden resumirse en tres grupos:

1) - Reacción del cloro con el hidróxido de sodio.



El cloro empleado puede estar al estado líquido o gaseoso, el hidróxido en solución fría.

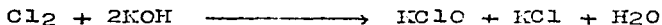
Al utilizar cloro líquido, preséntase lo siguiente:

El cloro se gasifica al penetrar en la solución por clorinar, se introduce por la porción inferior del líquido, ésto produce agitación del medio y por consiguiente de las sustancias por reaccionar.

Este estado líquido del cloro relaciona el fenómeno de la dispersión de sustancias líquidas que en condiciones normales son gaseosas. Mediante artificios mecánicos sencillos y de poco costo se ha conseguido la introducción del cloro líquido en ese estado en la solución por clorinar, en forma de una expansión horizontal parecida a una película que se abre en abanico, que se controla perfectamente por debidas regularizaciones de la presión en el líquido por clorinar y en la velocidad de introducción del cloro en su punto de descarga.

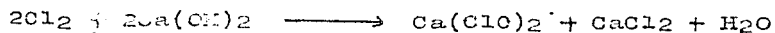
Esto previene la parcial vaporización del cloro en el lugar de introducción y lo distribuye en filamentos o en pequeños fragmentos dentro del medio, originando un movimiento agitatorio circular, obteniéndose de este modo una dispersión excelente del cloro (14).

Por reacción semejante Bertholet obtuvo en 1789, hipoclorito de potasio, pasando una corriente de cloro dentro de una solución fría de potasa cáustica y que lo utilizó en el blanqueo (12):

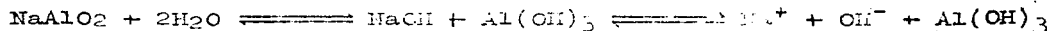


En la actualidad de semejante manera, se preparan soluciones de hipoclorito de calcio, teniendo como materias primas, cloro e hidró-

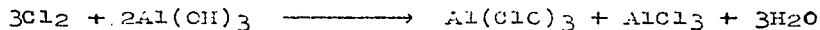
hidróxido de calcio (llamada de cal):



Este procedimiento se descubrió en Inglaterra alrededor del año de 1798 (12). Pueden obtenerse otros hipocloritos por parecidas reacciones, pero es digna de mencionar la preparación de solución de hipoclorito de aluminio, conocida con el nombre de "licor de Willson" y cuya producción, propuesta por Wies, resulta económica y se logra por la acción del cloro, sobre el aluminato de sodio ($\text{NaAlO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) (11). Las soluciones de aluminato de sodio, son fuertemente hidrolizables y el hidróxido resultante tiene un marcado carácter anfotérico.

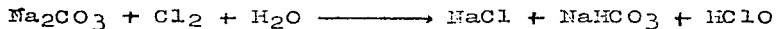


De lo que se considera que la reacción que se efectúa es la siguiente:



En el caso particular de preparación de hipoclorito de sodio la Deutsche Solvay Werke (British Patent # 21,411 - 1910 -), sugiere la reacción del cloro con un líquido alcalino consistente de una mezcla de sosa cáustica y soda ash (NaOH y Na_2CO_3).

El cloro reacciona primero con la sosa cáustica, conforme a la reacción ya conocida. Cuando la sosa se ha agotado el cloro que sigue, reacciona con el carbonato conforme a la ecuación siguiente:



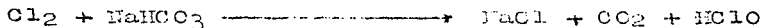
Y el resultado final es una mezcla de ácido hipocloroso e hipoclorito de sodio que estará relacionada con las cantidades utilizadas de sosa cáustica y soda ash.

El empleo de sólo solución de soda ash, puede utilizarse para la fabricación de hipoclorito de sodio; en determinadas circunstancias ésto tiene ciertas ventajas.

... de la solución se e-
fectúan, puede resumirse en la siguiente:



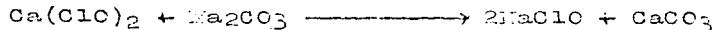
La introducción del cloro continúa más allá del punto indi-
cado en la anterior ecuación, el bicarbonato es atacado conforme a
la ecuación:



y el ácido carbónico que se forma, por tratarse de un medio acuoso,
influye sobre el ácido hipocloroso destruyéndolo, dando oxígeno y á-
cido clorhídrico que aumenta la descomposición del hipoclorito (11).

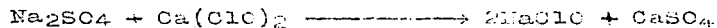
2) - Reacción de doble descomposición de determinadas sales de sodio al ponerse en contacto con soluciones de algún otro hipoclorito

Tratando el hipoclorito de calcio con soda ash:

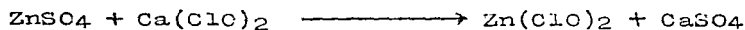
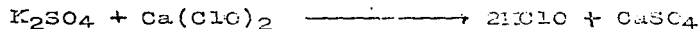
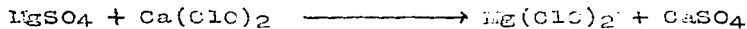
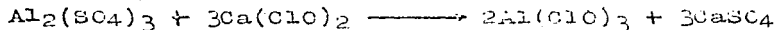


El hipoclorito de calcio se obtiene al disolver en agua "polvo
blanqueante", cloruro de cal $[(\text{CaO})\text{Cl}_2]$.

Tratando el hipoclorito de calcio con sulfato de sodio:



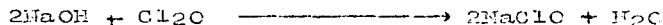
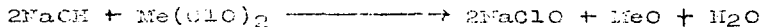
De esta manera, y con los sulfatos respectivos, se obtienen los
hipocloritos de aluminio, magnesio, potasio y zinc (11):



Tratando el hidróxido de sodio con anhídrido hipocloroso que se
encuentra en tetracloruro de carbono. Este estado se realiza por bor-
botación de cloro en tetracloruro de carbono al cual se le ha agrega-
do óxido amarillo de mercurio o sea óxido mercuríco (15).

Debe considerarse la inclusión de este proceso en este grupo

porque si se trata de un compuesto de tetracloruro de carbono con óxido mercuríco, se produce la formación de hipoclorito mercuríco, $[HgO, Cl_2O$ o $Hg(ClO)_2]$ por así decir, este compuesto suministra el anhídrido hipocloroso; resultando de ésto, la consideración a la formación de las reacciones:



Por este procedimiento se ha conseguido la preparación de otros hipocloritos, como los de calcio, bario, estroncio, potasio y litio; y continuando el procedimiento de obtención del hipoclorito de sodio se puede preparar el hipoclorito de plata, al fijar aquél o los derivados provenientes de su hidrólisis, sobre el óxido de plata. En general estos hipocloritos se han logrado en pruebas experimentales.

3) - Por electrólisis de la sal común (NaCl).

Durante los últimos años este proceso para la fabricación de hipoclorito de sodio, se ha extendido en el campo comercial.

Los primeros que lo abordaron con bastante buen éxito fueron investigadores alemanes, Hermite y Kellner, y las plantas que se utilizan en ésto son aquellas de Schuckert, Kellner y Ottel (4).

Para su obtención es necesario el uso de ciertos aparatos denominados celdas electrolíticas y la que por primera vez se construyó fué la de Kellner; patentes alemanas # 99,880 (1894), # 104,492 (1896) y # 165,486 (1902).

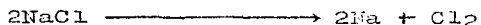
Entre otros diversos aparatos, patentados en Alemania, y que marcan el comienzo del desarrollo de esta industria, tenemos las siguientes de:

Haas y Ottel	# 101,296	(1896)	y # 114,739	(1900)
Schoop	# 118,450	(1899)	y # 121,525	(1900)
Schuckert	# 141,724	(1902)		

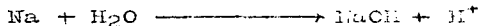
1905,5 (1905)
 G. Thiele # 205,087 (1906)
 A. Vogelsand # 205,110 (1906)

El objeto de ésto es que al electrolizar una solución de cloruro de sodio, los productos resultantes de ella, se pongan en contacto inmediatamente, es decir, reaccionen en el interior de la celda.

Al pasar a través de la salmuera la corriente, el cloruro de sodio se descompone siendo liberado el sodio en el polo negativo (cátodo) y el cloro en el polo positivo (ánodo):



El sodio por la facilidad que tiene para descomponer al agua y tratándose de reacciones en medio acuoso, produce en la región catódica las sustancias, hidróxido de sodio e hidrógeno:



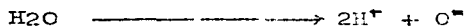
Como la disposición de estas celdas, no permite la liberación de la sosa y cloro producidos, reaccionan éstos entre sí de acuerdo con la ecuación ya conocida (hoja # 2).

En la práctica no se presenta ésto de una manera tan simple por producirse en el medio, reacciones secundarias entre las diversas sustancias que en él se encuentran y por la acción de la corriente eléctrica sobre las mismas (4) y (11).

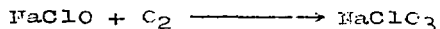
En primer lugar el hidrógeno, actúa en cierto grado con el hipoclorito de sodio:



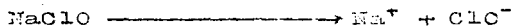
Como la corriente bajo ciertas condiciones descompone al agua:



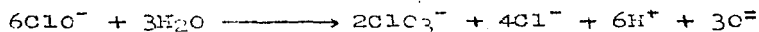
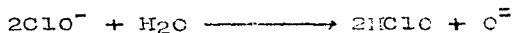
desprende en forma nascente óxigeno, en el ánodo de la celda, y el cual reacciona con el hipoclorito, produciendo clorato de sodio:



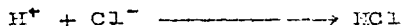
al hidrógeno en el cátodo y reacciona como ya se indicó. También la corriente eléctrica actúa sobre cierta porción del hipoclorito de sodio que se encuentra en la solución, causando la electrólisis de esta sal:



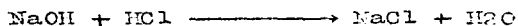
Los iones ClO^- libéranse en el ánodo y forman al contacto del agua reacciones secundarias:



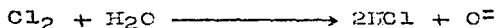
Por consecuencia, en la región que rodea al ánodo se encuentran en estado libre oxígeno, cloro e hidrógeno, cuyos efectos ya se mencionaron; pero algo del hidrógeno puede combinarse con el cloro, con formación de ácido clorhídrico:



que en unión del formado en otras reacciones, reacciona con el hidróxido de sodio y con el hipoclorito de sodio de la manera siguiente:



Como en la región catódica se encuentra también cloro, debido a estas reacciones y a descomposición del ácido hipocloroso, se supone la reacción siguiente:



En el proceso electrolítico de Kellner que utiliza celdas del mismo nombre y que es uno de los más productivos, emplea electrodos en forma de planchas o placas de material aislante, generalmente vidrio cuya superficie está horadada y por las cuales penetra un alambre muy delgado de platino-iridio, que se adhiere a las placas por medio de material no conductor.

La distribución del alambre de platino forma una verdadera mall

Las placas se colocan una al lado de otra, dentro de un recipiente de vidrio o material aislante, en posición vertical median- te ranuras situadas hacia los lados de la vasija. El espacio que que- da entre las placas es bastante angosto y su situación determina la formación de varios compartimentos.

Se llena la celda con salmuera de cloruro de sodio, por tubos de alimentación colocados en el fondo de la vasija, y fluye hacia arriba por entre las placas recubiertas de alambre que forman los elec- trodos, descargándose por ranuras que se hallan en la parte superior.

Hay varios factores que influyen en la eficiencia de estos apar- atos, entre ellos: la corriente eléctrica, concentración del elec- trólito; temperatura e impurezas del mismo.

La corriente eléctrica usada, es directa y pasa de par a par de placas por el electrólito.

La caída de corriente de placa a placa sucesiva es de 5 a 6 volts y de todo el aparato, alrededor de 110 volts, con corriente de 120 amper.

El grosor del alambre de platino (0.1 mm. de diámetro) en rela- ción con la longitud que recubre a la placa (150 mts). Determinan una superficie efectiva de 0.1177 mts.², que de acuerdo con el ampe- raje, dan una densidad de corriente de 10,200 amper por mt.²; esta extraordinaria alta densidad de corriente tiene influencia decisiva en el buen éxito en la producción de hipoclorito. Se ha observado que cuando la densidad es baja en el ánodo, tiende a incrementar la formación de clorato.

La salmuera que usualmente se emplea, desde el punto de vista económico, es de una concentración de 10% en cloruro de sodio, pro- duciendo una solución de hipoclorito de 2 a 3 % en cloro activo.

En la celda Haas-Ottel la concentración de las soluciones fina-

... 5 grs. por lt. aunque se ha logrado para
... este mismo tipo soluciones de 14 grs. por lt. en
cloro activo.

La temperatura del electrólito debe controlarse a perfección, porque la elevación de ella, origina pérdida en energía eléctrica, así como complicaciones en las reacciones químicas secundarias.

Las impurezas de la salmuera, generalmente compuestos de calcio, magnesio y fierro también influyen; en una gran cantidad de celdas la presencia de sales de fierro, producen al paso de la corriente ferrato de sodio soluble (Na_2FeO_4) que causa la descomposición del hipoclorito, de preferencia cuando se trata de soluciones concentradas.

Sin embargo, en la celda Hermito se le agrega a la solución del electrólito, cloruro de magnesio (2.5%), dando buen resultado, debido a que esta sal aumenta la conductividad en la solución.

Trabajos efectuados en el "Iowa State College" (9), sobre el diseño y construcción de tales aparatos, produjeron dos tipos de celda, uno continuo y el otro para trabajarle en períodos. El tipo discontinuo tiene cátodo formado por una placa de platino delgada y de 1 pulgada cuadrada de superficie, el ánodo de las mismas medidas es de rodio, ambas colocadas en posición vertical y separadas entre sí, alrededor de $1/32$ de pulgada.

En el tipo de producción continua, el cátodo es una lámina perforada y de forma cónica invertida, de superficie de $7/8$ de pulgada cuadrada, de platino-iridio (80-20) y ánodo en el mismo tamaño y forma, de rodio, colocados en posición horizontal, el cátodo debajo del ánodo y separados a una distancia de $1/16$ de pulgada.

Como fuente de electricidad para estas celdas, se puede emplear una batería de placas; por ejemplo: el acumulador de un automóvil, con capacidad de 5 a 10 ampers y 6 volts.

~~hacer utilizar~~, como materia prima, una solución salina que contiene 25 grs. de cloruro de sodio y 1.5 grs. de bicarbonato de sodio, por litro.

Las soluciones producidas por las celdas son:

En la de tipo discontinuo, la solución resultante contiene 4.75 grs. de hipoclorito de sodio por lt. y huellas de clorato de sodio (0.02 a 0.03 grs. por lt.), con un pH de 9.3 y cuya producción es de 10 ml. por minuto.

En la celda de tipo continuo, la solución resultante contiene 4.82 grs. de hipoclorito de sodio por lt. con pH de 8.8 y escurrimiento de 10 ml. por minuto.

Estas soluciones varían poco en concentración y en todo tiempo quedan dentro de los límites prescritos por la fórmula del Dr. Dakin y para cuya obtención, fueron proyectadas.

Solución neutra de hipoclorito de sodio, es obtenida en celdas herméticamente cerradas y sujetas a presión constante (20). En ellas, todos los gases producidos son retenidos y cuando la corriente eléctrica cesa, el cloro que aun no se ha combinado reacciona con la sosa libre presente, hasta neutralización exacta. La corriente se interrumpe mediante un artificio termostático que controla la presión y temperatura predeterminadas.

Las celdas para la producción de hipoclorito de sodio, con frecuencia se operan en serie respecto al flujo del electrólito, conocido esto por "cascada", es decir, la solución que sale de una celda penetra a la otra (3).

La instalación electroquímica que envuelve más de una celda se puede diseñar, para operar en serie o en flujo paralelo (la corriente del electrólito está separada en cada celda), o combinación de ambos sistemas que pueden ser usados.

En general el arreglo se hace para la obtención de determinadas concentraciones en el producto resultante. La composición del electrólito cambia mientras avanza por las celdas, y la eficiencia de corriente suele ser mayor al principio que al final.

Si éste es el caso (en la obtención del hipoclorito de sodio por electrólisis, ésto sucede), matemáticamente puede obtenerse - una eficiencia promedio más elevada, empleando las celdas empalmadas en serie en cuanto al electrólito.

ANÁLISIS DE LAS REACCIONES DE LA CÁUSTICA

Las notas seguidamente descritas, están dadas para el proceso de reacción del cloro con solución de sosa cáustica y que fué el que se desarrolló en esta tesis.

a) - Materias primas.

Sosa Cáustica.- (NaOH) nombre con que se conoce comercialmente al hidróxido de sodio. Es una base muy enérgica, que se expende al estado sólido o en solución, por la propiedad que tiene de ser muy soluble en agua.

Tiene propiedades corrosivas y destructoras sobre la materia orgánica, por ésto entre la gente que la manipula, origina con frecuencia lesiones en la superficie del organismo y cuando se trata de soluciones calientes, los vapores desprendidos arrastran pequeñas partículas de sosa que causan lesiones en el aparato respiratorio.

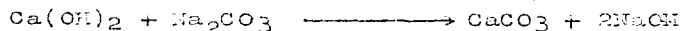
Se emplea solución de "sosa débil", obtenida por electrólisis de cloruro de sodio.

Los resultados de los análisis están reportados en grs. por lt.

Densidad a 25° C.	Alc. total en NaOH	NaOH	Na_2CO_3	NaCl	NaClO	NaClO_3
1.2225	104.8	103.2	2.12	180.18	0.96	5.40
1.2252	104.8	102.4	3.18	177.84	0.90	5.68
1.2157	108.2	107.0	1.59	182.52	0.82	3.90
1.2263	109.2	107.6	2.12	175.70	0.71	5.32
1.2200	115.0	113.8	1.59	163.80	0.37	5.32
1.2445	115.2	112.8	3.18	173.16	0.42	5.85
1.2272	116.8	115.2	2.12	166.14	0.60	6.56
1.2300	117.6	116.0	2.12	173.16	0.71	5.32
1.2357	120.0	118.8	1.59	168.48	0.78	6.21
1.2448	124.2	122.2	2.65	154.44	0.17	6.40

Se usa también la solución de sosa fuerte, que se obtiene por concentración en evaporadores de un sólo efecto, de soluciones diluidas de sosa: electrolítica y de caustificación.

La sosa de caustificación se produce por una reacción de doble descomposición, en medio acuoso, del hidróxido de calcio (cal apagada) y carbonato de sodio:



Como los productos resultantes son: uno soluble (NaOH) y el otro insoluble (CaCO₃), factores que permiten la fácil separación por medio de las operaciones de decantación y filtración.

Los resultados de los análisis de sosa fuerte, están dados porcentualmente en peso:

Densidad a 25° C.	Alc. total en NaOH	NaOH	Na ₂ CO ₃	NaCl
1.4600	39.23	38.13	1.45	2.17
1.4595	39.35	38.37	1.30	2.31
1.4669	39.42	38.44	1.30	2.62
1.4640	39.45	38.46	1.31	2.25
1.4676	40.00	39.00	1.30	2.07
1.4799	40.07	39.09	1.30	3.08
1.4728	41.17	40.01	1.45	2.71
1.4778	41.30	40.32	1.30	2.25
1.4756	41.44	40.46	1.30	2.18
1.4708	41.46	40.48	1.30	2.19

Cloro.-(Cl₂) se utiliza al estado gaseoso, presenta un color amarillo verdoso de olor picante y característico, ataca a las membranas mucosas de los ojos, garganta y nariz; es sofocante e irritante, produciendo tos extremada e inflamación de las mismas.

Tiene acción venenosa sobre el aparato respiratorio y es muy

peligroso cuando penetra en los pulmones. Cualquiera que sea su concentración en el aire, aun en pequeñas porciones origina una respiración desagradable.

Análisis de cloro: los resultados están dados porcentualmente en volumen normal o sea, corregidos a cero grados centígrados y 760 mm. de presión al estado seco, es decir, en condiciones normales.

Columna # 1.- Muestras del gas tomadas a la salida del grupo de celdas electrolíticas que lo generan.

Columna # 2.- Muestras del gas después de haberse utilizado en la producción de cloruro de cal y que sirve para producir al hipoclorito de sodio.

Columna # 3.- Muestras del gas después de haberse empleado en la producción del hipoclorito de sodio.

1		2		3	
Cl ₂	CO ₂	Cl ₂	CO ₂	Cl ₂	CO ₂
53.87	1.66	30.59	0.32	24.94	6.13
55.03	1.52	33.89	0.32	27.20	---
54.24	1.82	34.24	0.31	27.30	0.07
56.55	1.40	29.71	0.40	21.63	---
54.30	1.83	35.92	0.41	26.66	0.13
55.86	1.64	30.70	0.32	23.72	0.06
53.21	1.82	31.10	0.38	22.51	---
54.42	1.63	31.77	0.38	21.23	---
55.68	1.21	34.19	0.39	22.87	---
55.64	1.40	33.22	0.32	23.05	0.13

La fuente de cloro que se utiliza en este proceso, no es el producto directo de la electrólisis del cloruro de sodio, sino los residuos que quedan de la producción del cloruro de cal.

La celda electrolítica que produce estas materias primas, de a-

~~cuando~~ con las reacciones respectivas anotadas en la hoja # 6, es la llamada "MELSON".

Esta consiste en una caja de forma rectangular, construída en parte de fierro y en parte de concreto. Dividida en dos secciones o cámaras, la superior llamada "anódica" es cerrada, excepto dos orificios, uno en la porción media que sirve para alimentarla con salmuera preparada con sal común, y el otro en la región posterior que permite el escape del cloro.

El ánodo lo forman catorce piezas de grafito, conectadas entre sí por una placa de cobre; muchas veces estas piezas se impregnan de aceite de linaza o parafina, en parte o en su totalidad, con el objeto de hacerlas más durables, por resistencia a las acciones de la corriente eléctrica y sustancias que los rodean.

El cátodo es una lámina perforada de fierro, en forma de U, recubierta en la parte interna por el diafragma. Construído con tela y papel de asbesto, que sirve para permitir el escurrimiento de la sosa cáustica producida. En algunas ocasiones se impregna con silicato de sodio, para disminuir el escurrimiento que en condiciones normales debe ser de 150 a 200 ml. por minuto, con una alcalinidad de 100 a 125 grs. por lt. en hidróxido de sodio.

La cámara inferior llamada "catódica", tiene tres orificios, uno en la parte anterior, por el que escurre la sosa cáustica y los otros dos, situados uno a cada lado en la parte más alta de ella por los cuales se libera el hidrógeno producido.

La salmuera que se utiliza es una solución saturada de cloruro de sodio (300 grs. por lt. aproximadamente) la cual ha sido previamente purificada de las impurezas que la sal tiene: principalmente cloruro de magnesio y sulfatos de magnesio, calcio y sodio.

De no eliminadas estas impurezas, provocan incrustaciones e se-

dimentaciones en el diafragma, que trae como secuencia el aumento de la resistencia en la celda, al paso de la corriente (en condiciones normales ésta es de 3.6 a 4.0 volts a 1000 ampers). Además la descomposición electrolítica de estas sales originan deterioro en ambos electrodos. La alcalinidad es de 5 a 6 grs. por lt. en hidróxido de sodio, y la temperatura es la del ambiente (20 a 23°C.); estas condiciones han quedado determinadas por razones de carácter económico, pues de preferencia la salmuera debe ser neutra, ya que al electrolizarse el carbonato e hidróxido de sodio que norman la alcalinidad, producen iones que atacan al grafito.

La temperatura con que penetra la salmuera, que es la ambiente, causa pérdidas en energía eléctrica, que se gasta al elevar la temperatura de ella en la celda hasta unos 45° C. aproximados.

Cálculo del cloro disponible para la fabricación de hipoclorito de sodio.- Los datos están reportados en kgs. y es la producción de un grupo de 60 celdas "NELSON" en 24 horas, conectadas en serie con corriente directa de 1000 ampers.

Cloro calculado a partir de la producción real de NaOH	Cloro utilizado en la producción de (CaO)Cl ₂	Cloro que reacciona con la sosa en el interior de las celdas.	Diferencia utilizable en la producción de NaClO
1435	574	137	724
1439	602	170	667
1463	586	144	733
1466	580	180	712
1491	593	163	735
1496	637	179	680
1503	510	185	808
1515	600	179	736
1493	560	177	756
1456	540	179	727

4 - Control químico del proceso de fabricación y del producto obtenido.

La solución de hipoclorito de sodio, se fabrica a partir de especificaciones pedidas por los compradores.

En general éstas son de 50 a 55 grs. por lt. expresado en cloro activo, cuya equivalencia en hipoclorito de sodio es de 105 a 115 grs. por lt., el contenido en cloruro de sodio, no mayor de 130 grs. por lt. con alcalinidad en hidróxido de sodio, alrededor de 15 grs. por lt.

Se utiliza una fosa con su respectiva torre de reacción empacada con platos de asbesto en semicircunferencia, colocados uno arriba del otro y en sentido opuesto, por las que mediante una bomba, se re-circula la solución alcalina. El cloro se introduce por la porción inferior de la torre y fluye hacia arriba a través de la cascada formada por el líquido que baja de la parte superior de la misma, o sea que el contacto que existe entre el cloro y el hidróxido de sodio y que permite la reacción, se logra por contracorriente.

La solución de sosa cáustica se prepara, de acuerdo con las especificaciones pedidas, ya de "sosa fuerte" o de "sosa débil"; por lo general es una mezcla de ambas, que se diluyen hasta el grado deseado originándose siempre un aumento en la temperatura del líquido debido al calor de dilución, por lo que es necesaria la recirculación del mismo hasta tener la temperatura ambiente (20 a 23° C.)

Cuando la solución comienza a clorinarse, aumenta su temperatura por efecto del calor de reacción, de las sustancias reaccionantes (5 a 8° C. aproximadamente). Si el aumento es brusco, es posible que se deba a formación de clorato de sodio en vez de hipoclorito, facilitando el aumento de temperatura la realización de esta reacción secundaria, cuya principal causa son defectos mecánicos en la

recirculación. Como precaución para que no se efectúe la descomposición del hipoclorito, cuando la temperatura está cerca de 40° C., se deja de introducir cloro y el líquido se recircula hasta que la temperatura en él haya bajado.

El control se norma por análisis completo de la solución inicial. El análisis de hipoclorito de sodio, deba ser dado en cloro activo de muestras que se tomen cada hora aproximadamente. Temperatura de la solución en los mismos intervalos de tiempo y análisis de la solución final, que dará el precio de venta del producto obtenido.

Análisis de soluciones iniciales de sosa cáustica, y que sirven para la fabricación del hipoclorito de sodio, los resultados están reportados en grs. por lt.

Densidad a 25° C.	Alc. total en NaOH	NaOH	Na ₂ CO ₃	NaCl.
1.1699	143.20	138.80	5.83	32.74
1.1681	137.60	132.40	6.89	37.44
1.695	142.80	137.40	5.83	35.10
1.1706	147.00	142.60	5.83	33.59
1.1706	145.80	141.80	5.83	37.44

Reporte de una preparación de hipoclorito de sódio.- Para 1000 Lts. de solución inicial, se emplearon 200 lts. de "sosa fuerte" y 200 lts. de "sosa débil" y el volumen se completó con agua de pozo (cantidades que por regla general se usan, debido a los respectivos análisis de dichas sustancias). Análisis de ella; reportando los resultados en grs. por lt.

Densidad a 25° C.	Alc. total en NaOH	NaOH	Na ₂ CO ₃	NaCl
1.1685	140.40	136.80	4.77	36.27

La tabla siguiente es reporte del análisis hecho durante el pro

cese de acuerdo con las normas de control enunciadas, dándose los resultados en grs. por lt..

Cl ₂	Equivalente en NaClO	Temp. en °C.	Cl ₂	Equivalente en NaClO	Temp. en °C.
2.20	4.62	23	26.80	58.45	31
2.94	6.17	23	28.76	63.36	32
4.04	8.43	24	30.45	63.90	32
5.32	11.17	24	30.96	64.97	32
9.47	19.88	26	32.66	68.54	33
10.65	22.35	25	35.15	73.77	31
11.00	23.08	26	39.05	81.95	32
14.56	30.56	28	40.56	84.91	30
17.04	35.76	30	42.95	90.14	32
19.45	40.83	29	44.38	93.14	32
20.85	43.76	31	48.07	100.88	31
23.43	49.17	33	49.76	104.43	31
25.20	52.88	32	53.25	117.76	32

Análisis del producto terminado..- Los resultados están anotados en grs. por lt..

Densidad a 25° C.	Alc. total en NaOH	NaOH	Na ₂ CO ₃	NaCl	NaClO	NaClO ₃
1.1098	9.60	5.20	5.83	121.68	113.25	2.83

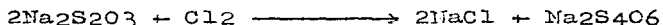
Al terminar el proceso, las soluciones de hipoclorito de sodio se presentan turbias. Las impurezas que producen esta turbidez, son en su mayor parte sales de magnesio, calcio y fierro, que traen consigo tanto el agua como la sosa cáustica.

Por decantación se logra la clarificación de las mismas; análisis de algunas de estas soluciones están anotados en el cuadro siguiente, cuyos datos repórtanse en grs. por lt..

Densidad a 25°C.	Cloro total en NaOH	NaOH	Na ₂ CO ₃	NaCl	NaClO	NaClO ₃
1.1242	24.80	16.80	10.60	122.85	102.81	5.49
1.1175	19.20	10.40	11.66	123.02	99.08	2.98
1.1236	23.20	16.80	8.48	125.19	102.84	3.27
1.1280	37.20	27.60	12.72	118.17	105.79	3.69
1.1125	10.40	8.40	2.65	121.51	114.65	4.82

c) - Métodos de análisis.

NaOH y Na₂CO₃ .- Titúlase por alcalimetría (método de R. B. Warder); para "sosa fuerte" se prepara una dilución de 25 a 250 ml. de la cual se toma para el análisis una parte alícuota de 25 ml.; Para "sosa débil" y la solución del proceso, tómanse 10 ml. directos. En la titulación de estas últimas soluciones, se hace una variación al método y que consiste en agregar a la solución por titular, unas gotas de solución saturada de tiosulfato de sodio, antes de comenzar la, para neutralizar el cloro activo que contenga (16) y (22):



Si ésto no se hace el cloro destruye los cromóforos de los indicadores (anaranjado de metilo y fenolftaleína) que producen la coloración, por lo que no podría hacerse el análisis.

NaCl .- Titúlase por argentimetría (método de Fr. Mohrs); para "sosa fuerte" se hace una dilución de 25 a 250 ml. de la cual se toma para el análisis una parte alícuota de 25 ml.. Para "sosa débil" y la solución del proceso, se hace una dilución de 5 a 100 ml., de la que se toma para el análisis una parte alícuota de 5 ml., cuando éstas contienen cloro activo, se calcula por diferencia entre el cloro total y el resultante al neutralizar el cloro con arsenito de sodio (22).

NaClO₃ .- Titúlase por permanganimetría, por diferencia de dos

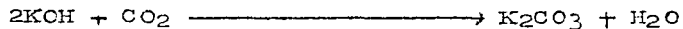
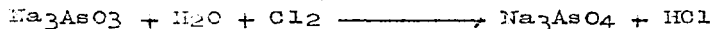
variedades de solución de sulfato ferroso. La primera que sirve de testigo. La segunda sobre la misma cantidad de solución de sulfato ferroso a la que se agrega el clorato de sodio por titular.

Es de importancia en este método acidificar la solución que contiene al clorato, antes de ponerla en contacto con la de sulfato ferroso; de no hacerse los resultados serán falsos, debido ésto a la alcalinidad.

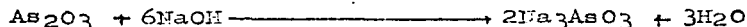
De la muestra, se hace una dilución de 25 a 100 ml. de la que se toma una parte alícuota de 25 ml. la cual se utiliza en el análisis (16).

NaClO .- Se titula, por método indirecto, por yodometría (método de Bunsen). Para "sosa débil" y primeras muestras del proceso, se hace sobre 10 ml. directos y en las muestras finales el análisis es sobre 1 ml. (11) y (16).

Cl₂ .- Se determina utilizando el "Aparato de Orsat", en el que se recoge el cloro en solución de arsenito de sodio y el anhídrido carbónico en solución de hidróxido de potasio (16) y (22).



La solución de arsenito, se prepara al disolver óxido arsenioso en hidróxido de sodio.



RESULTADOS

Atendiendo a los reportes de análisis del proceso, anotados en las hojas 18 y 19, y previa observación:

La cantidad de hidróxido de sodio empleado en el proceso, considerando la alcalinidad en las soluciones producida exclusivamente por el hidróxido y el volumen constante durante el mismo, será el dado por la diferencia que sigue:

NaOH inicial - NaOH final = NaOH empleada

140.400 kgs. - 9.600 kgs. = 130.800 kgs.

Estequimétricamente y con relación a la ecuación de la reacción (hoja # 2), la cantidad de hidróxido empleado debe de producir ---- 121.807 kgs. de hipoclorito de sodio; la cantidad producida, suponiendo que en su totalidad la solución final fuera utilizable, es de 113.250 kgs.; de lo que resulta que la reacción se logró en un 92.9 %, dado que también se originan reacciones secundarias.

En este caso la solución final se puso a decantar por 24 horas, otras veces el tiempo es mayor (hasta 48 hs. aproximadas) y se obtuvo, 890 lts. de solución clara. El hipoclorito que prácticamente se preparó, es de 100.792 kgs. en total; lo que da un rendimiento respecto al volumen de líquido utilizable de 89.0% y de hipoclorito destinado a venta, respecto al teóricamente producido, de 82.8 %.

El tiempo empleado en la clorinación, fué de 29 horas, pero esto queda sujeto a diversas variantes, entre ellas: producción de cloro, el cual depende de la concentración de la salmuera y del amperaje, succión en las celdas del grupo; calidad de la cal utilizada en la producción de $(CaO)Cl_2$, además de otras de menor importancia.

En intervalos de tiempo semejantes (una hora aproximadamente) el hipoclorito de sodio que se produjo, varió de 0.73 a 8.18 grs. por lt., lo que indica que la cantidad de cloro absorbido en los

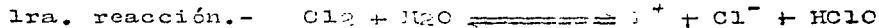
mismos intervalos, fué de 0.695 a 7.795 kgs.

La concentración de la solución final, en relación al peso .
están dadas porcentualmente, en la tabla siguiente:

Solución final del proceso descrito.		Variación de concentraciones en otras soluciones finales.
NaOH	0.47	0.75 a 2.45
Na ₂ CO ₃	0.52	0.23 a 1.12
NaCl	10.96	10.56 a 11.14
NaClO	10.20	8.86 a 10.30
NaClO ₃	0.25	0.26 a 0.49

Para el desarrollo de este capítulo, es de importancia, la relación de las teorías de composición y descomposición de los hipocloritos.

Teoría de la formación (las concentraciones de los paréntesis están expresadas en mols. lit. por lit.) - (13).

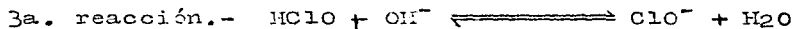


$$K_1 = \frac{[Cl_2]}{[H^+][Cl^-][HClO]} = 2570$$

La concentración de cloro libre $[Cl_2] = 0.064$ (solución saturada a 25° C.) lo que demuestra los grandes valores de K_1 .

2a. reacción.- $Cl_2 + OH^- \rightleftharpoons HClO + Cl^-$

$$K_2 = \frac{[Cl_2][OH^-]}{[Cl^-][HClO]} = K_1 \times [H^+] \times [OH^-] = 2570 \times 1.4 \times 10^{-14} = 3.6 \times 10^{-11}$$



$$K_3 = \frac{[HClO][OH^-]}{[ClO^-]}$$

; esto puede calcularse de la constante de afinidad del ácido hipocloroso:

$$\frac{[ClO^-][H^+]}{[HClO]} = 3.7 \times 10^{-8} \quad \therefore \quad K_3 = \frac{1.4 \times 10^{-14}}{3.7 \times 10^{-8}} = 3.8 \times 10^{-7}$$

K_2 y K_3 determinan el resultado de todos los productos de la reacción del cloro con el hidróxido.

Pero: $\frac{[HClO]}{[OH^-]} = K_3 \frac{[ClO^-]}{[OH^-]^2}$ y $\frac{[Cl_2]}{[Cl^-]} = K_2 \frac{[HClO]}{[OH^-]}$

$$\therefore \frac{[Cl_2]}{[Cl^-]} = K_2 K_3 \frac{[ClO^-]}{[OH^-]^2}$$

Para valores dados de cloro molecular y cloro iónico, el rendimiento de hipoclorito aumentará al aumentar el hidróxido; que a su vez será limitado por la producción de clorato.

Como con anterioridad se indicó, esto sucede en presencia de

ácido y termina hasta la completa conversión del hipoclorito a clorato.

$$\text{Tenemos: } \frac{[\text{ClO}^-]}{[\text{OH}^-]} = 2.6 \times 10^{-11} \times \frac{[\text{HClO}]}{[\text{OH}^-]} = 1.4 \times 10^{-11} \times \frac{[\text{ClO}^-]}{[\text{OH}^-]^2}$$

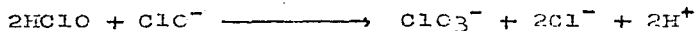
La descomposición de la solución de hipoclorito (2), da el siguiente equilibrio en solución ácida.

$$\frac{d[\text{ClO}^-]}{dt} = -k[\text{HClO}][\text{ClO}^-]$$

En solución alcalina el contenido de ácido hipocloroso libre es:

$$[\text{HClO}] = K \frac{[\text{ClO}^-]}{[\text{OH}^-]} ; K = \text{constante de hidrólisis del hipoclorito.}$$

Suponiendo que el ácido hipocloroso es el agente oxidante de estas soluciones:



$$\text{Tenemos: } \frac{d[\text{ClO}^-]}{dt} = -k[\text{HClO}][\text{ClO}^-] = -kK \frac{[\text{ClO}^-]^2}{[\text{OH}^-]}$$

en soluciones alcalinas la totalidad del ácido hipocloroso es insignificante comparado a los iones ClO^- .

$$\left(\frac{dx}{dt}\right) = -kK \left(\frac{x^2}{[\text{OH}^-]}\right) ; \left(\frac{1}{x}\right) - \left(\frac{1}{x_0}\right) = \left(\frac{kK}{[\text{OH}^-]}\right)t \quad \text{y} \quad \frac{r}{xt} = \frac{kK}{[\text{OH}^-]}$$

en donde x es la suma de hipoclorito determinado por titulación, r el valor de la reacción opuesta $\frac{x_0 - x}{x_0}$ y x_0 el contenido inicial de hipoclorito.

En solución de hidróxido a diversas temperaturas (25, 30 y 40 C.) resulta que $\frac{r}{xt}$ es constante. Para tales soluciones de hidróxido de sodio a diferentes temperaturas y concentraciones:

$$\left(\frac{1}{x}\right) - \left(\frac{1}{x_0}\right) = k_r t r \quad \text{y} \quad V - V_0 = K_r t$$

Si se usan diluidas, V es el número de litros de solución cal-

~~culada para una molécula de hipoclorito de sodio de concentración x~~

$$k_r = \frac{K_f}{[OH^-]}$$
 esta ecuación, expresa el hecho de que al aumentar la alcalinidad, aumenta la estabilidad de la solución; la constante imperfecta del producto $[OH^-]k_r$ es debida al hecho de que el contenido en alcalinidad no es la verdadera medida de los iones OH^- activos.

De acuerdo con esto, soluciones de mayor concentración en hipoclorito pueden obtenerse con una mayor concentración en alcalinidad de la solución inicial. Así Russell y Smith en 1898 y 1899, pasaron cloro en soluciones muy concentradas, logrando que el hipoclorito cristalizara y su fórmula fué de $NaClO \cdot 6H_2O$. La temperatura según ellos no debe excederse de $27^\circ C$. en soluciones fuertemente concentradas de hipoclorito de sodio (4).

Se ha preparado de acuerdo con un sistema de clorinación muy parecido al que se menciona en esta tesis (7): soluciones de hipoclorito de 14 a 15 % que superan a las obtenidas en el método descrito en 3.70 a 6.14 %. Cuando dichas soluciones llegan a una concentración de alrededor de 30 % en cloro activo, es difícil mantenerlas así, pues se originan autodescomposiciones. Sin embargo, en soluciones completamente neutras se ha logrado la concentración mediante evaporación al vacío a temperaturas moderadas, generalmente de 40 a $45^\circ C$. (15).

De esta manera se obtuvo hipoclorito de sodio en cristales muy pequeños, de color blanco o ligeramente amarillos, y al agregarle a este polvo agua produce una pequeña efervescencia (como se anotó en la hoja # 1) originada por la presencia de peróxido de sodio, el cual también imparte la coloración y que se forma por la acción del anhídrido hipocloroso que ataca al hipoclorito. El anhídrido hipocloroso a su vez es formado por la acción del calor en los evapo -

~~El hipoclorito de sodio obtenido, tiene 4 a 6 moléculas de agua de cristalización. Estos cristales son bastante inestables a la temperatura ordinaria; pero quitándoles el agua de cristalización, por medio de cal anhídrica en exceso, aumenta la estabilidad conservándose en buenas condiciones por bastante tiempo.~~

Cuando estos cristales se encierran herméticamente, ocasionalmente son explosivos (21). Es probable que esto se deba a la descomposición de los mismos, con la consiguiente presencia y formación de clorato de sodio.

Por lo mencionado en el Capítulo III, tenemos que la absorción del cloro es pequeña y ésta está regida por diversos factores.

La solución que lo ha de absorber, en este caso hidróxido de sodio, es diluida y no fácilmente retiene al cloro. La mayor parte de él no reacciona utilizándose en la preparación de solución de hipoclorito de calcio a partir de "lechada de cal".

De acuerdo con (7), el cloro parcialmente agotado puede emplearse en la fabricación de otras soluciones de hipoclorito de sodio mediante acondicionamientos iguales.

De aquí se deduce que es factible llegar al agotamiento total del cloro (desperdicio de las torres de producción del cloruro de cal), obteniéndose soluciones de hipoclorito de sodio a diversas concentraciones, que a su vez pueden irse clorinando en los primeros sistemas de reacción hasta lograr la concentración deseada.

En la producción de este hipoclorito, a partir de "soda ash", mencionado en la hoja # 3, tiene ciertas ventajas el procedimiento; una de ellas consiste, en que si soluciones iguales en volumen y con alcalinidad equivalente, una respecto a la otra, en carbonato e hidróxido de sodio, clorinándose en las mismas condiciones, es más

~~que~~ mayor la absorción en la solución de carbonato y que trae como secuencia, la reducción en el tiempo y costo de la producción.

Otro factor es el mejor contacto entre ambas sustancias reaccionantes y ello en parte se logra si el cloro se borbota entre la solución y se atiende la difusión del mismo en ella. Referente a la torre de reacción empleada un mejoramiento se puede lograr, como se sugiere en (7), si se emplea para empacarla "Rashing rings" (secciones de tubos de 12 a 15 cms. de altura por 10 a 12 de diámetro, acanalados en la superficie exterior y divididos en 4 secciones verticales interiormente), que producen a la caída del líquido, una serie de pequeñas cascadas por lo que se logra una mayor superficie de contacto.

El contacto entre los reaccionantes, así como la pureza en cloro están intimamente ligados con la temperatura que tiene la solución durante el proceso.

Si el cloro es bastante puro, como en el caso de utilizar cloro líquido que se considera de 99 % en pureza o el producido directamente de las celdas 92 a 95 % en volumen; como se tiene bastante contacto entre las sustancias reaccionantes, la reacción se alige-
ra, pero se produce un aumento en la temperatura con riesgo de descomponer la preparación de hipoclorito. Por lo que es necesario tener un artificio para bajarla, es decir, refrigeración. Lo que confirma la conveniencia de usar cloro parcialmente agotado, como se hace en la producción del hipoclorito de sodio en "F. C. M. S. A." y como se indica en (19), el cual utiliza el desperdicio de cloro en el proceso de liquefacción o sea las "purgas", en determinados casos mezcladas con aire.

Como resultado de las pruebas de estabilidad, resuelto por ~~la~~ ~~que~~ ~~que~~. Como se indicó en el Capítulo III hubo una variación de 0.75 a 2.45 % de hidróxido de sodio, además del carbonato de sodio cuya concentración varía de 0.23 a 1.12 % , (el comercio permite una concentración de 1 a 1.3 % en hidróxido de sodio).

Si se agota el hidróxido, quedando exclusivamente carbonato de sodio, la solución es prácticamente estable y si la reacción continúa sobre el carbonato agotándolo en parte, la estabilidad no se afecta apreciablemente, pero es conveniente su pronto uso; sólo se altera por la relativa gran cantidad que la solución contenga en bicarbonato de sodio (11), que se produce según reacción de la hoja 4.

Se han realizado trabajos para conseguir la estabilidad de los hipocloritos y en particular de las soluciones concentradas de hipoclorito de sodio (12). Esto se ha logrado mediante el empleo de compuestos orgánicos (agentes húmedos), que permiten hacerlos seguros y estables dentro de límites prácticos (para propósitos de almacenamiento y embarque).

Para preparar estas mezclas el compuesto orgánico, tiene que:

1ro).- Ser resistente a la oxidación (estabilidad en hipocloritos concentrados).

2o.)- Ser inerte a los hipocloritos (no promover la descomposición de los hipocloritos); y

3o.)- Tener buenas propiedades húmedas en soluciones de hipoclorito.

Los compuestos orgánicos que poseen estas condiciones y producen resultados satisfactorios, pertenecen a la clase de los sulfonatos alquílicos.

El uso de "sosa fuerte", como principal materia prima para la

...concentración de cloruro de sodio en el producto obtenido; pero esto debe de relacionarse con los costos, ya que la "sosa fuerte" es bastante más cara que la "sosa diluida" por gastos en la concentración.

Con material mecánico adecuado, se puede obtener una mejor clarificación; mayor cantidad de solución final y disminuir el tiempo empleado en lograrla, obteniéndose mayor rendimiento en la producción.

Este hipoclorito como blanqueante tiene de principal competidor al "cloruro de cal", que por su menor precio y facilidad en su almacenamiento y transporte, tiene algunas ventajas sobre él. El hipoclorito de sodio en este uso, se relaciona con una serie de materiales en conexión con la industria de la seda artificial (7), la de textiles; fibras vegetales y pastas para la producción de papel. Tiene la ventaja sobre el cloruro de cal de no tener sales insolubles, lo que permite la facilidad y hasta la supresión de algunas operaciones en el blanqueo y por consecuencia disminuye, de manera apreciable, el tiempo y costo del proceso.

Un médico llamado Percy fué el primero que lo usó como antiséptico. Más tarde Kassuner y Labarraque demostraron plenamente su uso como medio de purificación del aire (8); pero su uso en heridas reveló que su consistencia ejercía una acción cáustica sobre los tejidos y debido a ello se abandonó su uso por los cirujanos.

En la primera Guerra Mundial, Francia estaba necesitada de un antiséptico de bajo costo y perfecta asepsia de emergencia. El Químico Dakin en colaboración con el Dr. Alexis Carrell, lo lograron, preparando una solución de hipoclorito de sodio al 0.470 % y la causticidad la suprimieron, mediante el empleo de ácido bórico.

Se observó después que cuando se empleaba en usos delicados aun

por el bicar-
esto es que la solución se mantiene lige-
alcalina, entre 0.25 a 0.50 por mil de carbonato de sodio,
que permite conservarla lista para utilizar por mucho tiempo.

La influencia del pH sobre la rapidez germicida de este hipoclo-
rito, ha dado lugar a un número considerable de investigaciones y se
han logrado perfectas esterilizaciones usándolo en concentraciones
de 50 a 100 partes por millon, con ayuda de detergentes, como el hi-
dróxido de sodio y fosfato trisódico. En esta forma se ha empleado
con éxito, principalmente en la limpieza de superficies que contien-
gan grasas, y el poder germicida en general no ha disminuído (6).

Se usa en la actualidad en la purificación de aguas de aprovi-
sionamiento con propósitos germicidas; la "L. L. Products Corpora-
tion of New York" prepara el antiséptico "Zonite" en donde el hipoclo-
lorito de sodio (obtenido por electrólisis) se encuentra al 1 %.

Análisis de una muestra de "Zonite".

Densidad a 25° C.	1.0623
Alcalinidad en NaOH	0.032 %
NaClO	1.03 %
NaCl	8.32 %

Se han notado algunas diferencias, en el hipoclorito de sodio
preparado por el procedimiento electrolítico con el obtenido por o-
tros procedimientos, entre ellas: que el electrolítico decolora con
mayor rapidez a la fluoresceína, que el preparado por otros procedi-
mientos químicos y ésto probablemente se deba a la posibilidad de
que el producto electrolítico contenga ozono, formado a expensas de
la energía eléctrica. Por esta causa se han hecho intentos de produ-
cir estas soluciones para propósitos desinfectantes como se indicó

en la hoja # 9; ya que se reconoce un ~~mayor~~ poder germicida al obtenido por electrólisis que a los preparados por otros procedimientos.

Por el poder fuertemente oxidante de este hipoclorito se le ha destinado a muy diversos empleos en trabajos y estudios de laboratorio, entre los que se han hecho está la recuperación de residuos estructurales (1) y fragmentos de plantas, difíciles de lograr, ya que no se pueden limpiar o lavar con facilidad, a riesgo de la ruptura o dilución de los mismos.

Varios métodos para estos trabajos se han dado a conocer, pero todos ellos dependen de la rapidez de acción, normados por la concentración y acidez de las soluciones empleadas.

En general en todos los usos para los que se destine al hipoclori de sodio, es de principal importancia el cuidadoso control de su poder oxidante.

CONCLUSIONES

Conforme a lo señalado en los Capítulos anteriores, es factible lograr una mejoría en la producción de hipoclorito de sodio en el proceso que es base de esta tesis.

Entre los factores que determinan esto, tenemos:

Agotamiento del hidróxido de sodio, sin perjuicio en la estabilización del hipoclorito resultante, bajo cuidadoso control químico.

Agotamiento del cloro disponible para la fabricación de hipoclorito de sodio, mediante otras plantas similares a la empleada y que son de fácil manejo.

La posibilidad de preparar las soluciones iniciales exclusivamente con "sosa fuerte", como materia prima.

Obtención de un producto de superior concentración y que mejoraría el costo de producción y facilitaría su almacenamiento o transporte.

Mayor rendimiento y mejor pureza en las soluciones finales, mediante el aditamento de dispositivos mecánicos especiales.

Disminución en gastos indirectos, mediante la debida protección al personal empleado; de los riesgos inherentes a las materias primas que se usan, y del mismo producto resultante (17).

Divulgación, para lograr su empleo, de las ventajas que tiene sobre otros compuestos que se utilizan en operaciones de blanqueo, lo mismo que sobre diversos antisépticos y sustancias destinadas en propósitos de oxidación.

REFERENCIAS

- 1.- BARGHOOM E. S., "Science" vol. 107 # 2784, p. 480-1 (1948)
- 2.- FOULON A. "The stability of chlorine bleach liquors", Deut. Wollen Gewerbe vol. 68, p. 991-2 (1936)
- 3.- GALL J. F. "Current efficient in a series of electrolytic cells" Trans. Electrochemistry Society vol. 87, p. 175-82 (1944)
- 4.- GEOFFREY MARTIN "Manuals of Chemical Technology vol. 4, Chlorine and Chlorine products" D. Appleton and Co.- New York - p. 36, 48-54 (1915)
- 5.- HODGMAN and HOLMES "Handbook of Chemistry and Physics" 24th. edition.- Chemical Rubber Publishing Co.- Cleveland, Ohio - p. 490-1 (1940)
- 6.- JOHNS C. K. "Germicidal Power of Sodium Hypochlorite - Effect of addition of alkali".- Industrial and Engineering Chemistry vol. 36 # 7 (July 1934)
- 7.- KOLKIN T. L. "The Production of Highly-Concentrated Hypochlorite Solutions".-The Industrial Chemist, vol. 8, p. 97-8 (March 1932)
- 8.- LACERDA DULCIDIO T. DE "Química dos hipocloritos alcalinos, sua aplicação em terapeutica e a técnica de preparação do liquido Dakin-Daufresne".- Revista Brasileira de Química.- Sao Paulo, vol. 16 # 94, p. 330-4 (Octubre de 1953)
- 9.- LEARY THOMAS S. "The development of an apparatus for producing a saline hypochlorite solution electrolytically for antiseptic purposes".- Journal Science vol. 18, p. 54-6 (1943)
- 10.- MASTERNAN A. T. "Analyst" vol. 64, p. 492-9 (1939)
- 11.- MERRIT MATTEWS J. "Bleaching and related processes.- As book Department.- The Chemical Catalog Co. Inc.- New York - p. 227, 341-66, 409, 646 (1921)

12. ~~WARRINGTON J. R. "Text book of inorganic chemistry" 5th. edition.- Macmillan and Co.- London.- p. 329, 338, 879 (1939)~~
- 13.-PARTINGTON J. R. "The Alkali Industry" 2nd. edition.- Baillière Tindall and Sox.- New York.- p. 186-8 (1925)
- 14.-PETROE GREGORY A. "Chlorination of liquids, as in the production of hypochlorites" (to the Mathieson Alkali Works Inc.).-U. S. Patent # 2,272,818 - (Feb. 10, 1942)
- 15.-PIERROUX PAUL "Recherches sur la préparation des hypochlorites a l'état solide, et étude de quelques-unes de leurs propriétés".- Bulletin Société Chimique vol. 8, p. 660-4 (1941)
- 16.-PRODUCTOS QUIMICOS MEXICANOS S. A. "Métodos Analíticos".
- 17.-RABEAU H. and Mlle. UKRAINCZYK "Ann. dermatol. syphilig" vol. 10, p. 656-80 (1939)
- 18.-RIGGS WALTER S. and PESCIKO NORMAN D. "Stable Hypochlorite composition" (to the Pennsylvania Salt Manufacturing Co.).- U. S. Patent # 2,415,657 - (Feb. 11, 1947)
- 19.-RITTER BURN H. "Process for production of relatively stable alkali metal hypochlorite solutions" (to the Hooker Electrochemical Co.).- U. S. Patent # 2, 288,841 - (July 7, 1942)
- 20.-SALLES PIERRE M. R. "Electrolytic production of neutral hypochlorite solutions".- British Patent.- (Aug. 12, 1940)
- 21.-SEGERBLOOM WILHELM "Properties of inorganic substances".- Beecham Department.- The Chemical Catalog Co. Inc.- New York .- p. 22-3 (1927)
- 22- TREADWELL F. P. "Tratado de Química Analítica" 5a edición Española, vol. 2.- Manuel Marín. - Barcelona. - p. 492-4, 637, 723 (1944)