UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

PROYECTO PARA UNA PLANTA DE SULFITO, BISULFITO Y TIOSULFATO DE SODIO EN EL ESTADO DE VERACRUZ.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A

ANTONIO BRUN SERRANO

1973

Jurado asignado originalmente según el tema

Presidente Prof.: SANTIAGO DE LA TORRE GALLINDO

Vocal " : EDUARDO ROJO Y DE REGIL

Secretario " : GUILLERMO CARSOLIO PACHECO

1er. Suplente " : JOSE L. PADILLA DE ALBA

2o. Suplente " : JULIO CORDERO GARCIA

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA : MEXICO D.F.

SUSTENTANTE : ANTONIO BRUN SERRANO

ASESOR DEL TEMA : SANTIAGO DE LA TORRE GALLINDO

A MIS PADRES

A MIS HERMANAS Y CUÑADO

A MI ABUELA

DESEO AGRADECER A MIS SINODALES SU AYUDA PARA LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO, ESPECIALMENTE AL ING. SANTIAGO DE LA TORRE Y HACERLO EXTENSIVO AL ING. JOSE M. LANGARICA A. POR TODAS SUS ATENCIONES.

I N D I C E

		PAG.
	INTRODUCCION	1
CAPITULO I	GENERALIDADES	4
CAPITULO II	DESCRIPCION DE LOS PRODUCTOS.....	6
	a) SULFITO DE SODIO.....	6
	b) BISULFITO DE SODIO	7
	c) TIOSULFATO DE SODIO	9
	USOS Y APLICACIONES	12
CAPITULO III	DESCRIPCION DE MATERIAS PRIMAS	18
CAPITULO IV	INFORMACION TECNICA.	24
	a) DESCRIPCION DEL PROCESO DE OBTENCION	24
	b) ESQUEMA DE DISTRIBUCION	32
	c) DIAGRAMA DE FLUJO	32A
	d) CALCULOS DE MAQUINARIA Y EQUIPO	33
CAPITULO V	ESTUDIO ECONOMICO	44
	ESTUDIO DE MERCADO.....	44
	PROYECCION DE MERCADO	51
	LOCALIZACION DE PLANTA	54
	INFORMACION ECONOMICA	56
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
	BIBLIOGRAFIA.	66

I N T R O D U C C I O N

En los tiempos actuales, cuando el desarrollo de un pais - se valora por su grado de industrialización, todo esfuerzo encaminado hacia ella, se considera valioso.

Ahora bien, en el caso de nuestro país, al que se le ha -- llamado en vias de desarrollo, es preciso multiplicar esfuerzos,- debido a que se enfrenta a una situación internacional en la cual dominan las potencias industriales y nos es preciso estudiar detenidamente todas las posibilidades de expansión industrial, para - así evitar hasta donde sea posible el desperdicio de recursos humanos y al mismo tiempo el aprovechar al máximo todas las fuentes de riqueza natural disponibles.

El presente trabajo tiene como primordial objeto, el ana-- lizar las posibilidades que existan para el montaje de una industria química pequeña, a un nivel que favorezca un plan de desarrollo regional, todo lo anterior con fundamento en un estudio teórico.

Además, este estudio constituye un pequeño ejemplo de un - "puente de integración", como ha sido llamada la industria química, la cual permite satisfacer necesidades del mercado mexicano- aprovechando los recursos naturales de nuestro suelo aunado a la- abertura de nuevas fuentes de trabajo.

Como la base principal, es nuestro caso tenemos dos mate-- rias primas; el azufre y el carbonato de sodio, como sabemos, Mé-

xico es un país productor de los dos minerales y en lo referente al azufre es de los principales.

En el año de 1971 la producción nacional de azufre fué de 1,178,454 ton. de las cuales el 96.5% fueron provenientes del Estado de Veracruz y a su vez de esta producción antes citada, ---- 807,539 ton. se produjeron en la localidad de Jáltipan en Vera--- cruz.

Por lo que se refiere al carbonato de sodio, existen yacimientos de sesquicarbonato en el vaso del lago de Texcoco que son actualmente explotados, pero lo que es más importante en este punto es señalar que la nueva planta de carbonato de sodio, estará - localizada en Minatitlan, Ver. por lo que la disposición de materia prima será muy accesible.

Por otro lado tenemos un proceso de obtención de los pro-- ductos relativamente sencillo, es decir que se lleva a cabo mediante reacciones simples y de fácil desplazamiento iónico, en las -- cuales no es necesaria una complicada tecnologia para su control y manejo.

Existe además otra razón importante para el presente estudio, que es el poder satisfacer con una sola inversión, la demanda de tres sales derivadas del azufre y que no obstante tener varias aplicaciones muy parecidas, las tres se utilizan para fines en -- los cuales es necesaria su intervención específica.

Además pudiera presentarse el caso de que un solo mercado de cualquiera de las tres sales no fuera lo suficientemente gran-

de como para respaldar la inversión en una planta y probablemente con la conjunción de los tres mercados que nos ocupan se hiciera justificable.

Previendo lo anterior el estudio se basa en el mercado interno actual de los tres productos y su posible expansión.

C A P I T U L O I

GENERALIDADES

Las sales reductoras de varios oxiácidos basados en el SO_2 comprenden el grupo más importante de derivados del SO_2, aunque - sus aplicaciones son muy parecidas y sus efectos químicos lo son- también, se prefieren por ser relativamente más estables y más fa ciles de manejar cuando existen condiciones establecidos para tem peratura y pH.

En este grupo estan comprendidas las siguientes sales:

NOMBRE COMERCIAL	FORMULA	ACIDO DEL CUAL DERIVAN
Sulfito de sodio	Na_2SO_3	Sulfuroso
Metabisulfito de sodio	$Na_2S_2O_5$	Pirosulfuroso
Tiosulfato de sodio	$Na_2S_2O_3$	Tiosulfúrico

Acido Sulfuroso.- El SO_2 se disuelve en agua para formar el ácido débil (ácido sulfuroso H_2SO_3) a una presión parcial del --- SO_2 de 1 atm., Las soluciones Contienen 18.5% de SO_2 en peso, for mado a 0°C.

En la práctica donde hay gases diluidos presentes la concen tración baja a la mitad o a un tercio de la teórica. El ácido sul furoso libre no ha sido preparado, tan solo el hidratado, $SO_2.7H_2O$ que ha sido aislado de soluciones concentradas a bajas temperatu- ras.

Los sulfitos es lo primero que se forma por la absorción - del SO_2 en soluciones alcalinas, seguidas de la formación de bisul

fitos más solubles y la absorción del SO_2 continúa.

En adición a estas sales simples, M_2SO_3 y $MHSO_3$, una serie de sales alcalino-metálicas "piro", $M_2S_2O_5$, también existen.

Estas pueden ser consideradas anhidridos de los bisulfitos y se forman por el calentamiento de los mismos ó de sus soluciones. Estos pirosulfitos (metabisulfitos) no son higroscópicos y mas estables que los correspondientes sufitos y bisulfitos.

Los sulfitos y bisulfitos alcalino-metálicos existen en estado sólido así como en solución.

Acido Pirosulfuroso.- $H_2S_2O_5$, es conocido solo a través de sus sales, los pirosulfitos ó, como son conocidos comercialmente, los metabisulfitos $M_2S_2O_5$, formados por calentamiento de los bisulfitos con los cuales estan fuertemente asociados, tienen en el bisulfito de sodio su representante más conocido en el comercio, ya que se distribuye en la forma de sus anhídridos y se prefiere por ser una fuente de SO_2 en forma sólida.

Acido Tiosulfúrico.- $H_2S_2O_3$, Es bien conocida la estructura del ion $S_2O_3^{-3}$, examinada en los tiosulfatos cristalizados.

Tiene la forma tetraédrica, aunque no regular del sulfato, pero con uno de los átomos de óxigeno sustituido por otro de azufre. No es segura la existencia del ácido tiosulfurico, ni en solución, pero basandose en la reacción de Schiff entre el sulfito y el sulfuro de sodio, se le asignó la fórmula: $H_2S_2O_3$

C A P I T U L O II

DESCRIPCION DE LOS PRODUCTOS

SULFITO DE SODIO

Fórmula: Na_2SO_3

Peso molecular: 126.06

Relación: Na 36.49%, O_2 38.08% , S 25.44%

Propiedades: Son pequeños cristales ó polvo color blanco, tienen un sabor sulfuroso salino. Es estable y no se oxida pronto como el sulfito hidratado.

Es soluble en 3.2 partes de agua; soluble en glicerol, muy poco soluble en alcohol.

p.H. 9 Se debe guardar bien cerrado.

Heptahidratado, $Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$, son cristales eflorescentes. Inestable, oxidandose en el aire a sulfato. Soluble en 1.6 partes de agua, cerca de 30 partes de glicerol, escasamente en alcohol.

La solución acuosa es alcalina y disuelve azufre.

p.H. 9 Se debe guardar bien cerrado y en lugar fresco.

Nota: El heptahidrato comercial (cerca de 90% de pureza, el resto consiste principalmente de sulfato) ha sido largamente reemplazado por la sal anhidra comercial (cerca de 96-99% de pureza) la cual es más estable.

Grados: Esta división se debe tan solo a la pureza, habiendo grado técnico y fotográfico, teniendo las siguientes especificaciones:

Anhidro Grado Técnico.-

Sulfito de Sodio	Na_2SO_3	96.0% Min.
Sulfato de Sodio	Na_2SO_4	3.0% Max.
Carbonato de Sodio	Na_2CO_2	0.5% Max.
Humedad		0.5% Max.

Anhidro Grado Fotográfico.-

Pureza	Na_2SO_3	97.0% Min. 101% Max.
Alcalinidad	Na_2CO_3	0.15% Max.
Tiosulfato	S_2O_3	0.02% Max.
Materia insoluble		0.5% Max.
Otras impurezas	Pb, Fe	0.007% Max.

BISULFITO DE SODIO

Fórmula: $NaHSO_3$

Peso molecular: 104.07

Relación: Na 22.10%, H 0.97%, O 46.13%.

SO 61.56%, S 30.81%

Propiedades: Son cristales blancos o polvo cristalino blanco o blanco amarillento; olor a SO_2, de sabor desagradable; al exponerlo al aire pierde SO_2 y es gradualmente oxidado a sulfato.

Es soluble en 3.5 partes de agua fria, 2 partes -

de agua hirviendo, en cerca de 70 partes de al--- cohol y su solución acuosa es ácida.

El bisulfito de sodio encuentra empleo industrial en sus dos formas, como solución ó como sólido. - El sólido es de la forma anhidra y tiene la fórmula $NaHSO_3$ para el reactivo puro.

El bisulfito sódico del comercio, generalmente -- definido como bisulfito sódico anhidro, en realidad es el anhidrido de dos moléculas de bisulfito de sodio, $NaHSO_3$.

Este anhidrido es el metabisulfito sódico ó pirosulfito sódico, $Na_2S_2O_5$. La mayor parte de los -- productos comerciales poseen un mínimo de 98% de- $Na_2S_2O_5$ y aproximadamente 0.5% de sulfato sódico, y el 1.5% restante está formado principalmente -- por sulfito sódico, Na_2SO_3.

El bajo contenido de humedad mejora la conserva-- ción del producto. Los métodos comerciales para - la fabricación del bisulfito se diferencian en detalles pero en general siguen el mismo fundamento. Se debe de guardar en lugar fresco, y debe estar- bien cerrado.

Grados: Al igual que el sulfito se presenta en dos grados con pequeñas diferencias:

Anhidro Grado Técnico.-

Metabisulfito de Sodio	$Na_2S_2O_5$	96.0% Min.
Bisulfito de Sodio	$NaHSO_3$	105.0% Min.
Dióxido de Azufre	SO_2	65.0% Max.
Sulfato de Sodio	Na_2SO_4	3.0% Max.
Sulfito de Sodio	Na_2SO_3	1.0% Max.

Anhidro Grado Fotografico.-

Pureza	$Na_2S_2O_5$	97.0	% MIN.
Tiosulfato	S_2O_3	0.04	% Max.
Materia insoluble Ca, Mg		0.5	% Max.
Otras impurezas Pb, Fe		0.007	% Max.

TIOSULFATO DE SODIO

Fórmula: $Na_2S_2O_3$

Peso Molecular: 158.11

Propiedades: Se le conoce también con el nombre de Hiposulfito de sodio; es el más conocido é importante de los Tiosulfatos. Cuando la sal cristaliza de una solución acuosa a temperatura ordinaria, se forma el pentahidrato como cristales de la singonia monoclínica. El producto comercial es vendido como grandes cristales incoloros "en forma de arroz" ó gránulos blancos.

Estos son medianamente estables bajo condiciones ordinarias en aire, efloresciendo en aire calien-

te y seco y presentando ligeramente delitescencia en aire húmedo.

A 18°C los cristales funden en el agua de cristalización y pueden ser deshidratados completamente a esta temperatura pero al vacio ó a 105°C bajo condiciones atmosféricas.

A una temperatura de 223°C el compuesto anhidro se descompone de acuerdo con la reacción:

$$4\ Na_2S_2O_3 \longrightarrow 3\ Na_2SO_4 + Na_2S_5$$

Los cristales del pentahidrato son muy solubles en agua, disolviendose 74.7 gr. en 100 de agua a 0°C. Es soluble en amoniaco y muy poco soluble en alcohol.

El tiosulfato de sodio es un electolito fuerte y los valores de conductancia electrolítica para sus soluciones acuosas son muy cercanos a los mismos para las soluciones equivalentes de sulfato de sodio.

Las soluciones acuosas del tiosulfato de sodio son neutrales. Las soluciones tienen una estabilidad limitada por el hecho de tender a descomponerse lentamente en reacciones del tipo:

$$Na_2S_2O_3 \rightarrow Na_2SO_3 + S$$ (soln. neutras o ácidas)

$Na_2S_2O_3 + H_2O \rightarrow Na_2SO_4 + H_2S$ (Soln. Alcalinas)

La estabilidad en presencia de ácidos crece enormemente por la adición de sulfito de sodio.

Grados: Existe también el grado técnico y el fotográfico:

Industrial ó Grado Técnico.-

Tiosulfato de Sodio	$Na_2S_2O_3.5H_2O$	99.5% Min.
Cloruro de Sodio	NaC_l	0.8-1.0% Max
Sulfato de Sodio	Na_2SO_4	0.1% Max.
Materia insoluble		0.005% Max.
Sulfato de Sodio	Na_2S	0.01% Max.

Grado Fotográfico.-

Tiosulfato de sodio	$Na_2S_2O_3.5H_2O$	99.5% Min.
Cloruro de Sodio	NaC_l	0.25% Max.
Sulfato de Sodio	Na_2SO_4	0.01% Max.
Materia insoluble		0.005% Max.
Sulfato de Sodio	Na_2S	0.01% Max.

Para este producto, como se puede notar, la diferencia fundamental está en los cloruros, y en el grado fotográfico se procura que sean mínimos para evitar precipitaciones en el momento de su uso.

NOTA: Las purezas aquí especificadas son de los productos disponibles en el mercado nacional y son las normas actuales de los fabricantes.

USOS Y APLICACIONES

SULFITO DE SODIO.

El sulfito de sodio es un compuesto que es muy facilmente-oxidado, por esta razón se emplea en muchos casos donde se requiere un agente reductor suave. Es empleado en el blanqueo de delicadas fibras de lana y seda y como un anticloro despues del blanqueo de estamble, textiles y papel.

Tiene uso también como preservador y antioxidante en alimentos y para prevenir la coloración de soluciones de azucar crudo en la evaporación. Tambien para el esterilizado de los barriles de cerveza.

Para fotografia es ampliamente usado en la preparación de-reveladores, ya que una solución típica contiene además del agente revelador un buffer alcalino, sulfito de sodio y bromuro de potasio. Alrededor de 30 g. de sulfito por litro de revelador. Este actúa como preservativo y preventivo del manchado; sin embargo su acción de solvente sobre los haluros de plata con frecuencia tienen algun efecto sobre el curso del revelado.

Otro uso importante es en el tratamiento de aguas, sobre - todo su adición al agua de alimentación de calderas, removiendo - el oxígeno del agua para ayudar a prevenir la corrosión y la formación de costras o escamas.

Entre los usos químicos se usa como intermediario en química orgánica; en la obtención de Tiosulfato de sodio y para la preservación de hidroquinona y otros agentes, además de aprovechar -

como ya dijimos sus propiedades de reductor enlas reacciones químicas.

En la preparación de hules sintéticos en los de tipo copolimero butadieno-estireno es muy importante el catalizador y uno de los sistema de óxido-reducción usados es la combinación de agua oxigenada y sulfato de sodio.

Tiene diversos usos de menor importancia como son sus pequeñas aplicaciones en medicina que se utiliza como antiséptico.

También en grabados y litografía, en el plateado de espejos y en tintes y tinturas.

BISULFITO DE SODIO.

El bisulfito de sodio tiene diversidad de usos, entre los más importantes estan en la industria de la curtiduria, del papel, química y fotográfica.

En la industria de la curtiduria, esta sal ácida es usada como agente reductor para las soluciones de cromo y como depilatorio en cueros.

Se usa el bisulfito de sodio en la preparación de la pulpa de madera, la cual se hace quemando astillas de madera bajo presión en una solución de ácido sulfuroso y bisulfito.

Dentro de la química se usa principalmente para la obtención de otras sales de sodio, entre las que se encuentran soluciones de hidrosulfito de sodio, llamadas también ditionitas de sodio ($Na_2S_2O_4$) que se usa mucho en plantas textiles, al grado que la sal se prepara en las propias fábricas. Las ditionitas se obtienen

por la reducción de sulfitos, bisulfitos y dióxido de azufre, con reductores como el polvo de zinc ó fierro; amalgama de sodio ó -- zinc, o suspensión de sodio.

Para obtenerlas del bisulfito de sodio es por medio de una reducción electrolítica.

También entra en la fabricación de colorantes y su aplicación sobre las fibras, en reacciones químicas como intermediario, en síntesis de química orgánica y como reactivo analítico.

En el campo de la fotografía se usa como agente reductor.

Dentro de sus aplicaciones de menor importancia, se usa -- como aclarador de materiales celulósicos como el yute, que contienen lignocelulosa y necesitan la aplicación de un agente reductor.

También se aplica para las cremas de tártaro, en perfumeria y cosméticos, en la esterilización de barriles de cerveza y - bebidas similares, para preservar el ensilado de heno, en medicina. Se utiliza como conservador de alimentos, en jarabes de glucosa y azucar, como antiséptico en general, como pesticida y en-- la preservación de hule látex.

TIOSULFATO DE SODIO.

Los usos más importantes del tiosulfato de sodio son en -- función de sus propiedades de reductor suave como el sulfito de - sodio. Entre estos se encuentran: fotografía, curtiduria, tioglicolatos, papel y textiles, farmaceuticos y varios usos químicos.- Algo del tiosulfato de sodio se usa en la producción de tetraetilo de plomo.

El ion tiosulfato es universalmente empleado como un agente fijador en fotografía en la forma de la sal de sodio por su -- capacidad de disolver el bromuro de plata no reducido en el revelado de una película como complejos de Tiosulfato-Plata.

Forma un complejo soluble $Ag(S_2O_3)_2^{3-}$, el cual tiene una -- constante de disosiación de 10^{-13} a 25°C; y probablemente un complejo más alto $Ag(S_2O_3)_3^{3-}$ en el cual el ion plata está sostenido más firmemente. El tiosulfato disuelve cloruro y bromuro de plata prontamente, la reacción se puede presentar como sigue:

$$AgBr + 3Na_2S_2O_3 \longrightarrow Na_5Ag(S_2O_3)_3 + NaBr$$

Ahora bien, el tiosulfato tiende a descomponerse en una -- solución ácida débil de acuerdo a la ecuación:

$$Na_2S_2O_3 \rightleftharpoons Na_2SO_3 + S$$

algo se descompone también de acuerdo a la ecuación:

$$2Na_2S_2O_3 \rightleftharpoons Na_2S + Na_2S_3O_6$$

Para prevenir esta descomposición por los ácidos del tiosulfato de sodio, se añade una pequeña cantidad de bisulfito de sodio como estabilizador.

En la industria de la curtiduria, despues de tratar la piel con dicromato de potasio y ácido sulfúrico, se tratan con tiosulfato de sodio cuando el cromo (VI) se reduce a un sulfato de cromo básico (III).

Este compuesto se utiliza también en la manufactura del -- ácido tioglicólico para aplicaciones como preparaciones para fija

dores de ondas en el pelo.

La reacción con el cloroacetato dá una sal de Bunte, la -- cual hidroliza facilmente en un ácido mineral para dar el ácido - tioglicólico:

$$NaOOCCH_2Cl + Na_2S_2O_3 \longrightarrow NaOOCCH_2SSO_3Na + NaCl$$

$$NaOOCCH_2SSO_3Na + H_2O + H_2SO_4 \longrightarrow HOOCCH_2SH + 2NaHSO_4$$

El tiosulfato de sodio se usa también como un anticloro -- para reducir el cloro residual en textiles, papel y efluentes de- desperdicio. Puede ser usado para la extracción de plata de los - minerales; en baños de plata y oro y como mordientes para tintu-- ras e impresión de textiles y como una fuente de dióxido de azu-- fre en el blanqueado para paja, lana, marfil y aceites, como pre- servativo contra la fermentación en las preparaciones de cosmóti- cos.

Para el pelo gris, cuando se quiere hacer blanco nieve, se usa la acción reductora del SO_2, pero se puede usar cuidadosamen- te el permanganato de potasio seguido de tiosulfato de sodio. Lo- mismo para la eliminación del tinte, cuando es un teñido de pelo- permanente, es una tarea dificil y lo más seguro es dejar crecer- el pelo, sin embargo cuando es necesario se usa el decolorado, pa ra lo cual se usan soluciones débiles de tiosulfato de sodio.

Otros usos menores son en la reducción de añil (indigo) y- en la preparación de cinabrio, el cual es un mineral que contiene azufre y mercurio y es una fuente para la obtención del mercurio.

Entre los más novedosos se incluyen los siguientes: como - un aditivo en los baños de plateado de cobre, plata, niquel y cobalto, el pulido electrolítico de la plata, para inhibir la corrosión en aleaciones de cobre por soluciones de fosfato de amonio y sulfato de amonio.

La aplicación en medicina se ha estudiado por largo tiempo y extensivamente. El compuesto tiene un bajo orden de toxicidad - y es inofensivo en contacto con la piel.

Puede ser administrado oralmente o por inyección intravenosa (0.5 - 2.0 g. en 5-10% de solución acuosa) como antídoto por - envenenamiento con cianuro. Es también antídoto efectivo contra - el envenenamiento por iodo.

Se usa en soluciones oftálmicas y para estabilizar como -- aditivo el p.H. en soluciones de glucosa para inyecciones.

El uso del tiosulfato de sodio anhidro en lugar del pentahidratado se incrementa rapidamente, tiene la ventaja de salvar - cerca del 36% en peso y aún más en volúmen, además posee una mejor estabilidad en preparaciones fotográficas premezcladas.

El material desde luego es higroscopico.

C A P I T U L O III

DESCRIPCION DE MATERIAS PRIMAS

Las materias primas usadas en el proceso seleccionado son-basicamente azufre y carbonato de sodio, sin embargo el azufre -- queda relegado a segundo término, no en el aspecto económico que-es fundamental, sino en el aspecto técnico, debido a que el azu-- fre es quemado para obtener uno de los derivados más importantes-que es el SO_2 el cual va a desarrollar la función básica del pro-ceso. Por lo anterior, aparece como materia prima.

DIOXIDO DE AZUFRE.- Es un producto conocido y usado desde-2,000 A.C. por los Egipcios, era usado como desinfectante y en el blanqueado. El SO_2 es uno de los menores y más variables constitu yentes de la atmósfera ya que está contenido en los gases volcáni cos.

Las fuentes y disposiciones del SO_2, son muy variados, la-fuente más económica y la más importante es el azufre elemental.

La mayoria del azufre producido por el proceso Frasch es-- quemado para hacer SO_2. Practicamente todo esto se consume inmedia tamente en la manufactura de ácido sulfúrico, pulpa de sulfito y-otros usos cautivos.

Propiedades.- El SO_2 es un gas incoloro con olor caracterís tico picante y sofocante. Condensa a -10°C a presión atmosférica-es un líquido incoloro que congela a -75.5°C.

La forma molécular es SO_2 con un correspondiente peso mole

cular: P.M. 64.06 en todos sus estados.

Las constantes críticas son: Temperatura crítica 157.12°C

Presión crítica 77.65 atm.

A 0°C y una atmósfera de presión el gas tiene una gravedad especifica de 2.2636 relativa al aire y ocupa un volúmen de 5.47-ft^3/lb.

El SO_2 es un gas relativamente inerte y estable que puede-ser calentado a cerca de 2000°C sin sufrir una descomposición apreciable; no forma mezclas inflamables ó explosivas con el aire. Se forma por la oxidación de azufre en aire y por la pirólisis de -- sulfitos y tiosulfatos.

Manufactura de SO_2.- El SO_2 es preparado por el quemado al aire de azufre o pirita FeS_2. La producción preferida es la com-- bustión del azufre del proceso FRASCH por ser relativamente sim-- ple y solo en el caso de consideraciones económicas se favorece - el uso de pirita.

Para nuestro caso en particular uno de los puntos básicos-del estudio económico lo constituye el azufre, por lo que se considerará como materia prima para la obtención del SO_2.

AZUFRE.- Se le conoce desde la epoca griega de Homero y lo citan los alquimistas de Medievo, se le considera como simbolo de la combustibilidad y constituyente de todos los metales. Lavoisier y Gay Lussac establecieron su naturaleza de elemento químico.

Se le encuentra en la naturaleza en grado de libertad, --- siendo los yacimientos más grandes de los de Louisiana (U.S.A.),-

Jáltipan, Veracruz (México) y en la isla de Sicilia (Italia), tienen todos orígen sedimentario.

Existen varios métodos para la extracción del azufre que - van desde el metódo de extracción directa de minería hasta el método Frasch. Este último es el más utilizado en la exploración de los grandes yacimientos y consiste en fundir el azufre en la capa donde yace que es entre 200 y 900 metros de profundidad, haciendo llegar a ella un sistema de tubos de acero concentricos parecidos a los que se usan en la explotación de pozos petroleros, de tamaños entre los 2.5 cm. y 15.0 cm. Por el tubo interior se inyecta-aire comprimido; por el espacio intertubular externo se inyecta-- agua caliente (165°). El azufre funde, y junto con el agua y el-- aire sale por el espacio intertubular libre. A su salida se deposita al aire en montones enormes que alcanzan hasta 30 mts. de altura, aquí solidifica y cuando sea necesario se desgaja por procedimientos de cantera. La pureza del azufre alcanza un 99.5% por - medio de este procedimiento.

CARBONATO DE SODIO.- Na_2CO_3, es un polvoblanco, cristalino e higroscópico. En la industria química los términos "ash", "soda ash", "soda", y "soda calcinada" son usadas para la sal anhidra.

Ultimamente el término "ash natural" ha sido usado para designar el carbonato de sodio producido directamente de los minerales naturales, mientras que el "ash sintético" denota el producto del proceso Solvay. Quimicamente estos materiales son idénticos.- Algunas propiedades importantes del carbonato son:

Punto de fusión: 851°C

Cp $_{25°C}$: 26.41 cal/°C Gmol

Calor de fusión : 8 Kcal/mol

Densidad 20°C : 2.533 g/cm^3

Peso molecular: 106

En el comercio químico el soda ash es casi siempre sinónimo del término "alcali". Es el alcali soluble más disponible en el alto tonelaje, bajo costo y pureza razonable en el tráfico químico actual.

Fuentes.- El uso de las "soda ash" por el hombre fué indudablemente prehistórico. Existen depósitos en varios lugares del mundo. Las arenas y arcillas de ciertos lugares en los desiertos muestran con frecuencia concentraciones de carbonato de sodio y en algunos de esos casos depósitos enteros substancialmente conteniendo sesquicarbonato de sodio razonablemente puro y a estas formas los geólogos las llaman "evaporados".

Estos depósitos se encuentran en las cercanias de lagos y los más importantes son: Searles y Owens en California, U.S.A., Lago Magady, Kenya, Lago de Texcoco, México y Lagunillas, Venezuela.

Ahora bien los depósitos más importantes se encuentran en Green River, Wyoming, USA.

El sesquicarbonato es una de las varias formas minerales de la soda y el único con una importancia económica actual, se le llama "trona" y su formula es: $Na_2CO_3.NaHCO_3.2H_2O$.

$$2Na_2CO_3 \cdot NaHCO_3 \cdot 2H_2O \longrightarrow 3Na_2CO_3 + 5H_2O + CO_2$$

Por otra parte la manera de producir soda a partir de sal fué el proceso Leblanc, Que tuvo su máxima importancia a finales del siglo pasado entre 1875-1885, en este proceso la sal común -- era tratada con ácido sulfurico para obtener sulfato de sodio y - ácido clorhídrico:

$$NaCl + H_2SO_4 \longrightarrow NaHSO_4 + HCl$$

$$NaCl + NaHSO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + HCl$$

El sulfato de sodio era calentado con piedra caliza y carbón para producir "ash negro" que contenia carbonato de sodio, sulfuro de calcio, y algo de carbón que no reaccionaba.

$$Na_2SO_4 + 2C \longrightarrow Na_2S + 2CO_2$$

$$Na_2S + CaCO_3 \longrightarrow Na_2CO_3 + CaS$$

De aquí el carbonato de sodio se extraia con agua.

Sin embargo este proceso fué substituido por el proceso Solvay que se le llama también proceso amonio-soda. Se empezó a trabajar con él en Estados Unidos desde 1882 y es el que se usa todavia con una importancia fundamental. Las materias primas son sal común y piedra caliza. El Hidróxido de amonio entra en el proceso pero no es transformado y solo se pierde una pequeña cantidad, -- consecuentemente no es una materia prima en el sentido usual del término.

La ecuación del proceso total se puede escribir:

$$CaCO_3 + 2NaCl \longrightarrow Na_2CO_3 + CaCl_2$$

Esta reacción no se puede llevar a cabo directamente pero-se logra a través de un cierto número de pasos.

Los usos son principalmente en la fabricación de vidrio, - sosa caustica, silicatos de sodio, cromatos de sodio, bicarbona-- tos, jabón y otros usos químicos varios.

C A P I T U L O IV

DESCRIPCION DEL PROCESO DE OBTENCION

Sulfito de Sodio.- El procedimiento comercial más impor-- tante para este compuesto es pasando dióxido de azufre dentro de una solución de carbonato de sodio, hasta que el producto tenga- una reacción ácida.

En este punto la solución consiste principalmente de bisul fito de sodio. Este puede ser convertido en sulfito de sodio me- diante una adición de más carbonato de sodio a la solución y -- hervirlo hasta que todo el dióxido de azufre se haya desenvuelto.

La reacción es llevada a cabo en unos recipientes largos- de madera, forrados con plomo. Despues que la solución se ha - - asentado, se concentra, despues de lo cual hay una formación de- cristales de $Na_2SO_3 7H_2O$, resultantes en el enfriado, para des- - pues filtrar o centrifugar los cristales y pasarlos al secador. El sulfito de sodio anhidro se obtiene por deshidratación del -- heptahidrato calentandolo a temperaturas superiores de 35°C.

Bisulfito de sodio.- Los métodos comerciales para la fa-- bricación de bisulfito sódico, polvo blanco cristalino, se dife- rencian en detalles, pero en general siguen el mismo fundamento.

Las aguas madres procedentes de operaciones anteriores, - que estan saturadas de bisulfito sódico, se refuerzan en carbona to sódico, con lo cual el bisulfito de la solución se transforma en sulfito sódico; esto es muy importante, pues cuando se alcan- za esta concentración en la torre, se puede sacar si se desea el

sulfito sódico como producto; formandose además una suspensión - de carbonato sódico.

Por esta suspensión se pasa dióxido de azufre gaseoso procedente de un quemador de azufre, formandose metabisulfito.

En algunos métodos los aparatos de absorción son tanques - de acero forrados de ladrillos.

Los tanques tienen 4.5 m. de altura y 4.5 m. de diámetro- y estan equipados con tapas de fundición forradas de plomo con - cierre hermético. Una hélice de plomo duro, que trabaja a través de un prensa estopas va a 100 rpm.

La tubería de entrada de gas esta introducida 30 cm. en - el líquido. Una conducción de 25cm. va desde los quemadores hasta los aparatos de absorción y entra en estos a través de tube-- rías de 7.6 cm. de diámetro (3 por tanque).

El gas entra en el aparato de absorción de la segunda fase y de allí pasa al de la primera fase desde donde se descarga- en el aire mediante un ventilador.

El eje de la hélice esta forrado de plomo, y lo mismo - - ocurre con la válvula que cierra el orificio de salida del fondo.

Es muy importante hacer notar en este punto que para realizar la absorción del dióxido de azufre se pueden utilizar tambien torres de absorción a contracorrientes rellena de anillos ó co-- llarines.

La formación de los cristales de metabisulfito en la disolución saturada viene favorecida por una moderada disminución de

la temperatura. Los cristales se eliminan por centrifugación, seguida de un retorno de las aguas madres al dispositivo de absorción.

Es de suma importancia la rápida desecación de los cristales para evitar su excesiva ocidación a sulfato o su descomposición por pérdida de dióxido de azufre.

Los procesos descritos en diversas patentes indican que el polvo húmedo puede desecarse pasandolo a través de un desecador de seis platos. Unos brazos giratorios pasan el material de un plato a otro, cayendo por unas aberturas alternativas circulares y centrales. Los platos se calientan con vapor.

Tambien pueden utilizarse los denominados desecadores relámpago, que permiten una desecación especialmente rápida.

La misión del desecador es eliminar la humedad adherida. El bisulfito anhidro (metabisulfito) se produce en la reacción que tiene lugar durante la absorción del dióxido de azufre:

$$Na_2CO_3 + 2SO_2 \longrightarrow Na_2S_2O_5 + CO_2$$

Aunque existe otra reacción que considera la solución de las aguas madres y dá como producto bisulfito puro:

$$2NaHSO_3 + 2Na_2CO_3 + 2H_2O + 4SO_2 \longrightarrow 6NaHSO_3 + 2CO_2$$

Si se utiliza un edificio de varios pisos el material puede moverse por gravedad, excepto para realizar la adición de carbonato sódico en los tanques de absorción ó en otro caso a las torres de absorción. Estas operan en dos fases; el aparato de ab

sorción de la primera fase, situado en el piso superior recibe - la suspensión de carbonato sódico fresca y el dióxido de azufre- procedentes de los aparatos de absorción de la segunda fase.

Estos últimos situados en el piso inferior reciben el - - dióxido de azufre fresco de los quemadores de azufre y la suspensión de carbonato sódico procedente del aparato de absorción de- la primera fase. En este último el carbonato sódico se ha transformado totalmente en bisulfito anhidro, y esta suspensión se -- manda a las centrífugas situadas en el piso inferior; los desecadores estan situados en la planta baja ó al nivel de los carri-- les de las vagonetas.

Tiosulfato de Sodio.- Se fabrica comercialmente de dos -- maneras diferentes: la primera, es independiente de cualquier -- otro proceso y requiere el empleo de carbonato sódico y azufre,- y la segunda utiliza las aguas madres del sulfuro y depende de - una fábrica de sulfuro sódico; el dióxido de azufre que se consume puede conseguirse de la cámara de combustión de una planta de ácido sulfúrico que generalmente forma parte de una gran instalación.

En el segundo tipo de fabricación se acostumbra tener una reserva de carbonato sódico y azufre, para que en el caso de que fallen las aguas madres puedan utilizarse estos productos.

Para ello sirve exactamente la misma instalación sin - - cambio alguno y el gas de combustión es la materia prima del -- dióxido de azufre, como en el primer método.

Método del carbonato sódico - azufre.

Se disuelve el carbonato de sodio en agua caliente y la - disolución obtenida (26°Bé) se bombea a un depósito situado encima de la primera torre de absorción. Las torres que constituyen- la instalación son de plomo sostenido por un soporte de madera, y estan rellenas de palos de madera dura, excepto en su parte inferior donde existe una pequeña cámara construida de ladrillos antiácidos.

El gas sulfuros residual procedente de la segunda torre - (segunda respecto a la disolución) entra por la parte inferior y se pone en contacto con la disolución de carbonato sódico descendente que absorbe todo el dióxido de azufre existente. El líquido parcialmente gaseado de la primera torre se eleva a la parte- superior de la segunda torre, donde se pone en contacto con el - gas sulfuroso procedente de los quemadores; de esta manera el -- carbonato sódico se ha transformado totalmente en bisulfito sódico que sale por un sifón de la parte inferior y se recoge en - - unos tanques recubiertos de plomo.

$$Na_2CO_3 + H_2O + 2SO_2 \longrightarrow 2NaHSO_3 + CO_2$$

El dióxido de azufre se puede preparar quemando azufre en pailas de hierro refrigeradas por debajo con aire, y apoyadas en una estructura de ladrillos; o se puede instalar un quemador patentado especial que puede ser de varios tipos, como son el rotatorio de Glens Falls, el quemador Chemicc de pulverización, el -

quemador de platos Vesuvius y otros.

Ahora bien como se requiere una gran cantidad de SO_2, para los quemadores de azufre, el máximo teórico es de 21% en volúmen de SO_2 y bajo condiciones satisfactorias se alcanza del 14 - al 20%.

Los diferentes quemadores de azufre que estan a la disposición comercial como los mencionados anteriormente son proporcionados por sus manufactores como capaces de producir gas en el rango de 5 a 18% de dióxido de azufre.

En el rango superior de la concentración de SO_2 las temperaturas de flama teóricas para la combustión del azufre en aire varian entre 1200 y 1600°C.

La temperatura del gas al abandonar la cámara de combustión en quemadores de azufre continuos varia desde 700 hasta - - 1000°C.

A todo esto hay que agregar que la reacción de combustión es exotérmica y para quemar una libra de azufre se requiere a su vez, una libra de Oxígeno para una combustión completa.

Inicialmente, la disolución bisulfitica, con 22% de SO_2 - era el producto más importante, pero actualmente ha sido desplazado por el bisulfito sódico anhidro, $Na_2S_2O_5$, polvo que contiene 67% de SO_2.

Por acción del carbonato de sodio, la disolución de bisulfito se transforma en sulfito neutro, y este se calienta con azu

fre en polvo, (la pulverización del azufre puede resultar peli-- grosa), en un recipiente de fundición revestido de ladrillos y - con agitador.

Así se obtiene una disolución de tiosulfato sódico que - se concentra en un evaporador desde 36° a 51°Bé. Despues de -- una sedimentación, esta disolución se pasa a cristalizadores re- cubiertos de plomo o de acero y se deja enfriar. Si se utilizan- cristalizadores de hierro, para evitar la contaminación se deja- una capa de cristales en los lados y en el fondo del cristaliza- dor.

$$2NaHSO_3 + Na_2CO_3 \longrightarrow 2\ Na_2SO_3 + H_2O + CO_2$$

$$Na_2SO_3 + S \longrightarrow Na_2S_2O_3$$

Despues de dos ó más dias, se separan las aguas madres y los cristales de $Na_2S_2O_3\ 5H_2O$ se pasan por una centrífuga en la que se eliminan las aguas madres adheridas, se lavan por rociado con una ducha y se descargan en un transprotador que los conducen al interior de un tamíz rotatorio cilíndrico de alambre de- acero.

El tamíz esta formado por dos telas, una de seis mallas- que recibe el producto sin clasificar y una de tres mallas que- constituye la mitad posterior.

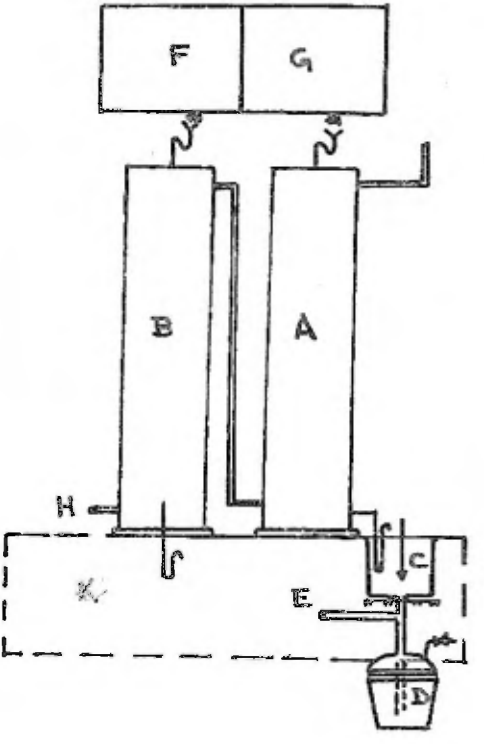
Los finos pasan a traves del tamíz de seis mallas a medi da que gira lentamente el cilindro, los cristales del tamaño de una lenteja pasan a través de la tela de tres mallas, mientras-

que las piezas más groceras, que son los verdaderos cristales, - caen por el extremo del tamíz. No es necesario desecar los cristales.

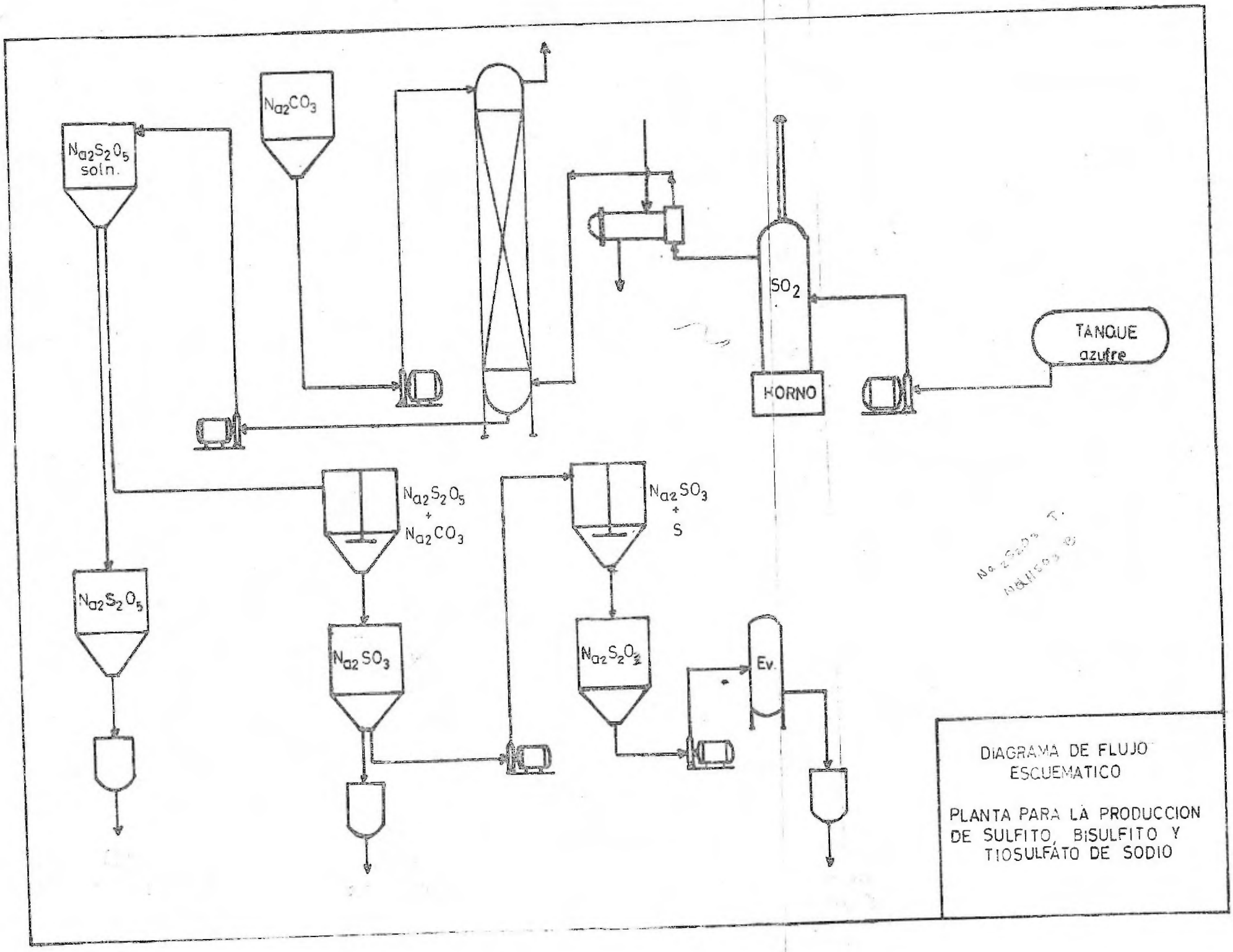
Cuando una disolución de 51°Bé se enfría en cristalizadores de acero circulares de 3m. de diámetro y 1m. de profundidad, en los que los rastrillos de dos brzos agitan el líquido mientras se enfría, se obtiene un producto cristalino fino de grano uniforme que se denomina " hiposulfito granulado ".

ESQUEMA DE DISTRIBUCION DE APARATOS

El Nitrógeno, Oxígeno y bióxido de Carbono salen de la primera torre y se dirigen a una pequeña chime-- nea.



Planta sencilla que pone de manifiesto los princi-- pios de la forma de trabajo para la fabricación de- disolución de bisulfito.
La disolución de carbonato sódico del tanque "G" se introduce en la primera torre de plomo "A", donde - se ponen en contacto con el gas agotado procedente- de la parte superior de la segunda torre de plomo - "B".
La disolución procedente de "A" se recoge en "C", - despues se pasa al recipiente de fierro recubierto- de plomo "D", utilizado como válvula, a través de - "E" se inyecta en el tanque "F", desde el cual se - alimenta la torre "B" donde se pone en contacto con el gas fresco que entra por "H".


$Na_2S_2O_5$ soln.
Na_2CO_3
SO_2
HORNO
TANQUE azufre
$Na_2S_2O_5$ + Na_2CO_3
Na_2SO_3 + S
$Na_2S_2O_5$
Na_2SO_3
$Na_2S_2O_3$
Ev.
DIAGRAMA DE FLUJO ESQUEMATICO
PLANTA PARA LA PRODUCCION DE SULFITO, BISULFITO Y TIOSULFATO DE SODIO

CALCULO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

PARA hacer el cálculo del equipo, es necesario conocer de-antemano la cantidad de materia prima y productos que se van a manejar, así como las condiciones en las que se va a trabajar, por-lo que teniendo como base una producción anual fijada y la este--quometria de las reacciones, podremos calcular las cantidades desconocidas.

PRODUCCION ANUAL.-

1000 ton de Bisulfito de Sodio

2000 ton de Sulfito de Sodio

650 Ton de Tiosulfato de Sodio.

REACCIONES.-

$$S + O_2 \longrightarrow SO_2$$

$$SO_2 + Na_2CO_3 \longrightarrow Na_2S_2O_5 + CO_2$$

$$Na_2S_2O_5 + H_2O + Na_2CO_3 \longrightarrow 2\ Na_2SO_3 + H_2O + CO_2$$

$$Na_2SO_3 + S \longrightarrow Na_2S_2O_3$$

Ahora bien, por relación de pesos moleculares tenemos que-los reactivos necesarios para cada reacción son:

$$Na_2SO_3 + S \longrightarrow Na_2S_2O_3$$

$$518.35 + 131.65 \longrightarrow 650 \text{ ton.}$$

Empezando para obtener las 650 ton. de Tiosulfato, lo que-nos dá una necesidad de 131.65 ton. de azufre más 518.35 ton. de-

Sulfito de Sodio.

Las cantidades anteriores son además de lo necesario para la producción de Sulfito y Bisulfito; para la obtención del sulfito tenemos:

$$Na_2S_2O_5 + Na_2CO_3 \longrightarrow 2\ Na_2SO_3 + CO_2$$

$$1900\ ton + 1060\ ton \longrightarrow 2520\ ton + 440\ ton$$

Con esto tenemos que la necesidad anual de bisulfito se ve incrementada en 1900 ton aparte de las 1000 que fueron fijadas para la producción y su producción será de 2900 ton:

$$Na_2CO_3 + 2\ SO_2 \longrightarrow Na_2S_2O_5 + CO_2$$

$$1618\ ton + 1954\ ton \longrightarrow 2900\ ton + 672\ ton$$

Por último para obtener el Dióxido de Azufre necesario es:

$$S + O_2 \longrightarrow SO_2$$

$$967\ ton + 967\ ton \longrightarrow 1934\ ton$$

Resumiendo obtenemos que para la producción propuesta, la materia prima necesaria es:

azufre = 132 + 967 = 1099 ton/año

Carbonato de sodio = 1618 + 1060 = 2678 " / "

Con la información obtenida, se calculan las capacidades de operación y con esto el equipo.

Debemos señalar que consideramos innecesario profundizar en el diseño del equipo y solo se tomaron en cuenta las especificaciones necesarias para poder obtener cotizaciones, el equipo que no-

fué posible obtener las anteriores, se dá valor aproximado mediante gráficas existentes.

Para el proceso necesitamos; un tanque de fusión de azufre, un horno quemador de azufre, un cambiador de calor, una torre de absorción, tanques de dilución de carbonato, un evaporador un tanque reactor con agitador para obtención de Tiosulfato.

Tanques de almacenamiento, separadores de centrífuga, un secador de charolas, una torre de enfriamiento y auxiliares como son bombas, válvulas, tuberias y equipo de control.

Tanque de fusión de azufre.-

Este tanque está enchaquetado, para poder suministrar calor por medio de vapor, que va a fundir el azufre y posteriormente conservarlo en estado líquido, es necesario que esté aislado, es de forma rectangular con lámina interior de acero inoxidable con capacidad suficiente para 3250 Kg/turno, con un volumen de 4,000 lt., que fué cotizado con un precio de $ 50,000.00.

Horno quemador de azufre.-

El cálculo del horno, es con base a la cantidad requerida de SO_2 para la producción diaria:

$$S + O_2 \longrightarrow SO_2$$

$$3.25 \text{ ton.} + 3.25 \text{ ton.} \longrightarrow 6.50 \text{ ton.}$$

Esta reacción se lleva a cabo a 1300°C ó sean 1573°K.

De acuerdo a los fabricantes de hornos, bajo condiciones satisfactorias el volúmen de SO_2 a la salida del horno se calcula

entre 14 y 20% para nuestro balance de calor, tomaremos como base 16%.

Composición a la salida del horno en volúmen.

$$\begin{cases} 16\% \ SO_2 \\ 5\% \ O_2 \\ 79\% \ N_2 \end{cases}$$

Como el porciento en volúmen equivale al porciento mol, tenemos :

0.16 Kmol de SO_2

0.05 Kmol de O_2

0.79 Kmol de N_2

1 - 0.16

X - 1 X = 6.25 Kmol mezcla

Salida

$$\begin{cases} SO_2 : 1.000 \text{ Kmol} \\ O_2 : 0.312 \text{ Kmol} \\ N_2 : 4.938 \text{ Kmol} \end{cases}$$

De la reacción :

Entrada

$$\begin{cases} S : 1.000 \text{ Kmol} \\ O_2 : 1.312 \text{ Kmol} \\ N_2 : 4.938 \text{ Kmol} \end{cases}$$

Balance de calor:

Productos.-

SO_2 : (1.000 Kmol) (12.0 Kcal/Kmol °C) = 12.0 Kcal/°C

O_2 : (0.312 Kmol) (7.38 Kcal/Kmol °C) = 2.3 Kcal/°C

N_2 : (4.938 Kmol) (7.41 Kcal/Kmol °C) = 36.6 Kcal/°C

50.9

$$Q = n\ C\ (T - 25°C)$$

$$Q = 50.9\ Kcal/°C\ (850 - 25) = 50.9 \times 825$$

Q productos = 42,000 Kcal.

Calor estandar de reacción.-

$$\Delta H_{25} = -\ 70{,}960\ Kcal/Kmol$$

Calor de los reactivos.-

S : (1.00 Kmol) (4.48 Kcal/Kmol °C) (130 - 25)

S = 470 Kcal.

Aire : la temperatura de entrada 25°C 25°C . . Q = 0

$$\Delta H = 42{,}000 - 70{,}960 - 470 = -\ 29{,}430\ Kcal.$$

$$\Delta H\ total = -\ 29{,}430\ Kcal/Kmol\ de\ SO_2$$

Para 6.5 ton/turno de SO_2 resultan 813 Kg/hr

$$\frac{813}{64} = 12.7\ Kmol\ de\ SO_2/hr$$

$$Q = 12.7 \times -\ 29{,}430 = 3.74 \times 10^5\ Kcal/hr$$

$$Q = \frac{374 \times 10^6\ cal}{252\ cal/Btu} = 1{,}480{,}000\ Btu/hr$$

El horno de tipo tubular, con quemador axial automatico -- para inicio de combustión, con tubos interiores de acero inoxidable, tiene un precio de $250,000.00

Cambiador de calor.-

La temperatura de salida de los gases del horno alcanza -- 850°C y se enfrian en el cambiador a 410°C, usando para este fin- agua, la cual entra a 20°C y abandona el cambiador como vapor que será utilizado para alimentar el tanque de fusión, el evaporador- y el secador de charolas:

SO_2 : (1.00 Kmol) (11.45 Kcal/Kmol °C) = 11.45 Kcal/°C

O_2 : (0.312 Kmol) (7.616 Kcal/Kmol °C) = 2.38 Kcal/°C

N_2 : (4.938 Kmol) (7.23 Kcal/Kmol°C) = 35.55 Kcal/°C

49.38 "

$$Q = 49.38 \text{ Kcal/°C } (850 - 410) = 49.38 \times 440$$

$$Q = 21,700 \text{ Kcal/Kmol de } SO_2$$

$$Q = 21,700 \text{ Kcal/Kmol } SO_2 \times 12.7 \text{ Kmol/hr} = 2.76 \times 10^5 \text{ Kcal/hr}$$

$$Q = \frac{276 \times 10^6 \text{ Cal}}{252 \ \frac{\text{Cal}}{\text{Btu}}} = 1,090,000 \ \text{Btu}/_{\text{hr}}$$

Conociendo el calor, tenemos que: $Q = Ud\ A\ \Delta t$

Como nos interesa conocer el área $A = \frac{Q}{Ud\ \Delta t}$

Para el gas se tiene una Ud = 15

$$t = LMTD \times Ft$$

L M T D :	Fluido Caliente	Fluido frio	Diferencia
	1562	212	1350
	770	68	702
Diferencia	792	144	648

$$L\,M\,T\,D = \frac{648}{2.3 \text{ Log } \frac{1350}{702}} = 998$$

$$L\,M\,T\,D = 998 \text{ (Ft)} \qquad Ft = 0.925$$

$$\therefore \Delta t = 923$$

$$\text{AREA} = \frac{1{,}090{,}000}{(15)\,.(923)} = 79 \text{ ft}^2$$

Costo del Cambiador = $ 30,000.00

Torre de Absorción.-

Para nuestro proceso tenemos que la absorción va acompañada de una reacción química entre las dos fases que componen el sistema, dando como resultado una absorción más rápida del gas (SO_2) en la solución de Carbonato:

$$2\ SO_2 + Na_2CO_3 + H_2O \longrightarrow Na_2S_2O_5 + CO_2 + H_2O$$

$$6.5 + 5.4 + 12.6 \longrightarrow 9.65 + 2.24 + 12.6$$

Estas últimas cantidades estan dadas en toneladas.

La solución de Carbonato de sodio al 30% en peso, posee una densidad de 1.3274 g/cc.

$$\frac{18 \text{ ton}}{1.3274 \ \frac{g}{cm^3}} = \frac{18,000,000 \ g}{1.3274 \ \frac{g}{cm^3}} = 13,560,000 \ cm^3$$

$$\text{LIQUIDO} = \frac{13,560}{8} = 1,695 \text{ lt/hr de solución}$$

Gas: 812.5 K SO_2/Hr

$$\frac{812,500}{64} = 12,700 \text{ moles/hora}$$

$$12,700 \ \frac{\text{moles}}{\text{hora}} \times 22.4 \ \frac{\text{lt}}{\text{mol}} = 284,480 \text{ lt/hr}$$

$$284,480 \times 0.03532 = 10,047 \ ft^3/hr.$$

Torre empacada de paredes de acero inoxidable, de 4 ft. de diámetro, con una altura de empaque de 10 ft. con anillos Raschig de porcelana de ½" x ½", con una altura total de 14 ft., con ventilador para gases con un precio de $ 220,000.00

Tanques para Disolución de Carbonato.-

Se seleccionaron tanques de tipo "bunker", de acero inoxidable, con 2.50 m de diámetro y 3.0 m de altura total, con una capacidad aproximada de 10 metros cúbicos, con lámina de 1/4" de espesor, bridas y soportes incluidos, con precio unitario de - - - $80,000.00 siendo dos tanques, para tener $ 160,000.00

Evaporador.-

El evaporador es necesario para poder concentrar la solución de Tiosulfato de sodio que entra con un 35% de concentración y para que empieze a cristalizar, se necesita una concentración -

mínima del 59% en peso:

Entra: $Na_2S_2O_3$ - 275 kg/hr

H_2O - 510 "

Sale: $Na_2S_2O_3$ - 275 Kg/hr

H_2O - 192 "

Evaporación: 318 kg/hr = 700 lb/hr

$$Q = m\lambda = 700 \text{ lb/hr } (1051.5 \text{ Btu/lb})$$

$$Q = 736{,}050 \text{ Btu/hr.}$$

$$Q = U A \Delta t \quad ; \quad A = \frac{Q}{U \Delta t}$$

Para este caso U = 200

$$A = \frac{736{,}050}{200\ (300-167°F)} = 28 \text{ ft}^2$$

El evaporador es de tipo vertical, de tubos cortos de plomo y el cuerpo de acero forrado interiormente de plomo con un precio de $ 85,000.00.

Tanque reactor para tiosulfato.-

El tanque de acero con interior vidriado, con una capacidad 8 m^3, con soportes y bridas, con un espesor de placa de 1/4" con precio de $120,000.00

Agitador.- La agitación del tanque, necesaria para la reacción entre el sulfito y el azufre, se hace con un motor de 3 H.P. con reductor de velocidad acoplado, flecha y hélice forradas de plomo con un valor aproximado de $ 50,000.00.

Tanques.-

Los siguientes tanques fueron cotizados bajo las siguientes especificaciones, tipo "bunker", de 8 m^3 de volúmen, con espesor de placa de 1/4", bridas para conexión de tubería y soportes, con valor unitario para tanques de acero de $65,000.00 y de - - - - - 80,000,00 para acero inoxidable.

2 tanques para bisulfito	$ 130,000.00
1 tanque reactor para sulfito	$ 80,000.00
2 tanques para Sulfito	$ 65,000.00
1 cristalizador para Tiosulfato	$ 65,000.00

Secador de Charolas.-

Para el secado de los cristales, indispensable antes del - envase, es necesario un secador de 40 ft^2 con sus auxiliares con precio de $ 35,000.00.

Separadores de Centrífuga.-

Este tipo de separadores es necesario, para eliminar a la salida de los cristalizadores las "aguas madres", son de acero inoxidable, con motor acoplado de 3 H.P. de precio unitario de - - - - $ 47,500.00.

3 Separadores	$ 142,500.00

Torre de enfriamiento.- Por cotización de fabricante se obtuvo para una capacidad de 15 ton de refrigeración un precio de - $10,750.00.

Equipo de laboratorio.- Para un laboratorio pequeño, se-- destina una cantidad de $ 110,000.00

Tanque para combustible.-

Tanques con capacidad de 3,500 lt. cilindricos, con tapas- planas de acero con precio para dos tanques de $ 20,000.00.

Bombas, valvulas, tuberia y accesorios.-

Para una planta de este tipo, en la cual se manejan sóli-- dos y líquidos, se estima de costo ya instalado como un 25% del - precio del equipo: $ 422,300.00

Controles por equipo automático.-

Por ser una planta con potenciómetros, termómetros y nive- les automáticos, e incluyendo el equipo de control de salida se - se estima en 10% de lo anterior : $ 168,920.00

En total el renglón de Maquinaria y Equipo queda en: $ 2,280,420.00.

C A P I T U L O V

ESTUDIO DE MERCADO

El estudio de mercado, abarca como señalabamos en un principio el mercado de las tres sales de azufre que obtenemos en nuestro proceso; incluye una breve descripción de la producción anual en México, productores y distribuidores, así como las importaciones realizadas desde hace cinco años.

CARACTERISTICAS DEL MERCADO.-

Para el sulfito de sodio, hasta 1968 la producción nacional era insuficiente para abastecer el mercado del pais, solo cubria un 50% de las necesidades, pero a partir de esta fecha se cubre la totalidad del mercado mexicano, no obstante la Secretaria de Industria y Comercio concedió permisos de importación del sulfito anhidro hasta 1970.

La capacidad instalada (ver tabla al final de caracteristicas) como se puede notar está muy por encima de la demanda nacional (ver producción).

Teniendo en cuenta que el valor de origen cuando se importaba este producto era de 1,500 pesos/ton. y que en cotizaciones solicitadas a Productos Químicos Básicos S.A. (principal fabricante), Materias Primas S.A. y Proveedores Químicos Generales S.A. se obtuvo un precio de 2,500 pesos/ton, por lo que se puede estimar conservadoramente el precio de 2,100 pesos/ton. para venta de fabricante.

En base a comentarios de los productores el crecimiento -- se puede estimar del orden del 5 - 10% promedio anual en el futuro.

La relación de fabricantes y distribuidores es la siguiente:

Basf Mexicana S.A. Centro Químico S.A.

Casa Guasco S.A. Materias Primas S.A.

Casa Holck S.A. Polaquimia S.A.

Productos Químicos Básicos, S.A. de C.V. (Grupo CYDSA)

Productos Químicos Mardupol S.A.

El caso del bisulfito de sodio es similar al del sulfito,- hasta el año de 1968 lo fabricado en el pais representaba alrededor del 20% del consumo, además solo se producía la solución, a - partir de ese año entró en operación la planta de Productos Químicos Básicos y despues de este quedó totalmente cubierta la demanda. El precio de importación en ese entonces era de 1,300 pesos/- ton. y en cotización actual a los productores se obtuvo un precio de 2,150 pesos/ton. Por lo anterior se puede dar un precio de venta en fábrica de 1,800 pesos/ton.

En base a la opinión de los fabricantes el crecimiento de- este mercado se puede esperar del orden del 10% en relación al -- ultimo año.

Los fabricantes y distribuidores son:

Los fabricantes y distribuidores son:

Almex S.A.

Glucosa S.A.

Basf Mexicana S.A.

Materias Primas S.A.

Harshaw - Juárez S.A. de C.V.

Productos Químicos Básicos S.A. de C.V.

Productos Químicos Mardupol S.A.

Química Hoechst De México S.A.

El mercado del tiosulfato de sodio es un caso especial, ya que oficialmente existe una espacidad instalada de 6,200 ton. por año desde 1968; sin embargo el único productor registrado es Guanos y Fertilizantes de México, S.A. en la planta de San Cristóbal Ecatepec, con una producción estimada de 45 ton/mes.

Además la producción en dicha planta es sobre pedido y está regulada por un distribuidor exclusivo. A esto debemos agregar que la importación siempre estuvo en ascenso y alcanzó su máximo en - 1971, descendiendo en 1972.

Debido al impulso que ha recibido el tiosulfato de amonio- en la industria fotográfica es dificil hacer una previsión del -- aumento de mercado en el futuro.

El precio en México según cotización de Compañía Distribuidora química Sibra para el tiosulfato de sodio es de 2,200 pesos/ ton. para el grado fotográfico y 2,100 pesos/ton. para el grado- industrial, disponibles en paquetes de 50 kilos.

Se puede tomar como base un precio de 1,800 pesos/ton. para venta de fabricante.

Los fabricantes y distribuidores son:

Allied Chemical S.A. Química Anglo Mexicana

Alquimia Mexicana S.A. Universal de Industrias

Casa Holck S.A. Ventas Técnicas S.A.

Compañia Distribuidora Química Sibra S.A.

Además se fabrica el tiosulfato como reactivo y los fabricantea son:

J.T. Baker S.A.

Productos Químicos Monterrey S.A.

Este tiosulfato lo fabrican ellos mismos y su precio es -- de 25 pesos/kg. la capacidad instalada es de 70 ton/año y las ventas no llegan al 50% de su capacidad.

Para ampliar un poco más la información, cabe señalar que los precios de estos productos en el mercado internacional según el Chemical Marketing Reporter son:

PRODUCTO	Dls/100 lbs.	Pesos/Kg.
Bisulfito de sodio anhidro	6.60	1.82
Sulfito de sodio (técnico)	6.60 - 8.00	1.82 - 2.20
" " " (a granel)	5.85	1.61
" " " (fotográfico)	10.90	3.00
Tiosulfato de sodio	10.95 - 11.20	3.02 - 3.09

En lo referente a capacidad instalada tenemos:

CAPACIDADES INSTALADAS (ton):

PRODUCTO	1968	1969	1970	1971	1972
SULFITO Y BISULFITO	3,300	12,900	12,900	17,400	17,400
TIOSULFATO DE SODIO	6,200	6,200	6,200	6,200	6,200

A continuación aparecen los valores de la producción nacional y las importaciones, para complementar la información.

CONSUMO NACIONAL.-

PRODUCCION NACIONAL SULFITO DE SODIO

AÑO	PRODUCCION (ton)	VALOR (miles)
1968	2,760	5,520
1969	1924	3,848
1970	2,573	5,146
1971	2,371	4,742
1972	2,500	5,000

PRODUCCION NACIONAL BISULFITO DE SODIO

AÑO	PRODUCCION (ton)	VALOR (miles)
1968	470	846
1969	1,523	2,741.4
1970	1,913	3,443.4
1971	2,379	4,282.2
1972	2,500	4,500.0

PRODUCCION NACIONAL TIOSULFATO DE SODIO

AÑO	PRODUCCION (ton)	VALOR (miles)
1971	196	352.8
1972	154	277.2

Fuente informativa A.N.I.Q. e investigación directa.

IMPORTACIONES.-

SULFITO DE SODIO

AÑO	VOLUMEN (ton)	VALOR (miles)
1968	154	308
1969	79	158
1970	268.3	294.4
1971	24.3	30.7
1972	- - -	- - -

BISULFITO DE SODIO

AÑO	VOLUMEN (ton)	VALOR (miles)
1968	571	1,028
1969	171	307.8
1970	32.4	58.4
1971	1.18	3.8
1972	0.192	- - -

TIOSULFATO DE SODIO

AÑO	VOLUMEN (ton)	VALOR (miles)
1968	337.6	491.4
1969	551.7	754.2
1970	815.0	1,410.3
1971	1,398.2	2,060.2
1972'	460.2	732.7

' Periodo de enero-octubre 1972.

Fuente informativa: Dirección Gral. de Estadística S.I.C.

CONSUMO TOTAL APARENTE

AÑO	SULFITO DE SODIO	BISULFITO DE SODIO	TIOSULFATO DE SODIO
1968	2,854 ton.	1,041 ton	337.6 ton
1969	2,003 "	1,694 "	551.7 "
1970	2,841,3 "	1,945.4 "	815.0 "
1971	2,395.3 "	2,380.2 "	1,594.2 "
1972	2,500 "	2,500. "	614.2 "

PROYECCION DE LA DEMANDA:

Para esta proyección, se toman como base los datos del consumo total aparente.

ECUACIONES:

$$Y = a_o + a_1 x$$

$$\Sigma y = a_o n + a_1 \Sigma x$$

$$\Sigma xy = a_o \Sigma x + a_1 \Sigma x^2$$

$$a_o = \frac{(\Sigma y)\ (\Sigma x^2) - (\Sigma x)\ (\Sigma xy)}{n\ \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$$

$$a_1 = \frac{n\ \Sigma xy - (\Sigma x)\ (\Sigma y)}{n\ (\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

Para Sulfito de sodio:

	x	y	x^2	xy	n = 5
	- 2	2854	4	- 4708	
	- 1	2003	1	- 2003	
	0	2841	0	0	
	1	2395	1	2395	
	2	2500	4	5000	
Σ =	0	11,593	10	687	

$$a_o = \frac{(11,593)\ (10)}{50} = 2318.6$$

$$a_1 = \frac{(5)\ (687)}{50} = 68.7$$

$$\underline{Y = 2318.6 + 68.7\ x}$$

Bisulfito de sodio.-

	x	y	x^2	xy	n = 5
	- 2	1041	4	- 2082	
	- 1	1694	1	- 1694	
	0	1945	0	0	
	1	2380	1	2380	
	2	2500	4	5000	
Σ =	0	9560	10	3604	

$$a_o = \frac{(9560)\ (10)}{50} = 1930 \ ; \quad a_1 = \frac{(5)\ (3604)}{50} = 360.4$$

$$\underline{Y = 1930 + 360.4\ x}$$

Tiosulfato de sodio:

	x	y	x^2	xy	n = 5
	- 2	338	4	- 676	
	- 1	552	1	- 552	
	0	815	0	0	
	1	1594	1	1594	
	2	614	4	1228	
$\Sigma =$	0	3913	10	1594	

$$a_o = \frac{(3913)\ (10)}{50} = 782.6$$

$$a_1 = \frac{(5)\ (1594)}{50} = 159.4$$

$$\underline{Y = 782.6 + 159.4\ x}$$

Al aplicarse las ecuaciones anteriormente obtenidas, se -- puede llegar a obtener un consumo futuro esperado:

CONSUMO ESPERADO

AÑO	SULFITO DE SODIO	BISULFITO DE SODIO	TIOSULFATO DE SODIO
1973	2525 ton	3011.2 ton	1260.8 ton
1974	2594 "	3371.6 "	1420.2 "
1975	2662 "	3,732.0 "	1579.0 "

Estas utlimas cifras son el resultado de la proyección de la demanda.

LOCALIZACION DE LA PLANTA.

Para la localización se tomó en cuenta primordialmente la zona de explotación de azufre y la próxima ubicación en esta área de la planta de carbonato de sodio, además de cumplir el objetivo del plan de desarrollo regional.

A esta zona se le conoce como la cuenca salina del Istmo y está en la zona sur de Veracruz, acuñada al oriente del estado de Tabasco y tocando áreas de Chiapas.

Fue descubierta a principios de este siglo por la pearson-Sons, Ltd.; las primeras perforaciones que dieron lugar al descubrimiento fueron en la región de Jáltipan, Ver.

Tenían por objeto principal la búsqueda de Petróleo, basadas en la existencia de chapopoteras en zonas cercanas, los resultados fueron negativos con respecto a la acumulación de petróleo, pero se descubrieron en cambio, grandes depósitos azufreros como son: Jáltipan, Texistepec, Nopalapa, San Cristóbal y Salinas (Mezquital).

De esta manera se inició la explotación de azufre en nuestro país.

Esta porción en estudio, considerada todavía como de las de máximo potencial en la república se ha desarrollado en forma acelerada desde hace tiempo, en el cual se han instalado plantas tan importantes como el complejo industrial de pajaritos, la planta de amoniaco, Fertilizantes del Istmo, y la ampliación de la ya existente refinería de Minatitlán, esto con el objeto de industria

lizar las riquezas propias de este lugar, entre las que están el-azufre, petróleo, sal, arenas cuarcíferas, hierro y caliza.

Dentro de la parte centrad de la cuenca, se descubrieron - cinco estructuras con azufre comercialmente explotables.

Del área total de la cuenca se tienen con posibilidadesa de 4 a 5,000 Km^2 para azufre, las ya comprobadas con azufre comercial cubren de 10 a 12 Km^2 y se encuentran ubicados en una área que no excede los 800 Km^2.

Comunicación.- Siendo tan importante en cualquier proyecto, en esta zona, está totalmente solucionada, pues se cuenta con todos los medios de transporte como lo son: ramal principal del ferrocarril hasta Minatitlán y Coatzacoalcos, carreteras principa-les a las mismas ciudades y pavimentadas de estado superficial a-los municipios adyacentes, aereo con un aereopuerto para aviones-de mediano alcanze, fluvial por el rio Coatzacoalcos y marítimo--por el puerto del mismo nombre.

Clima.- El Clima en esta parte es de tipo tropical húmedo, con precipitaciones que fluctuan entre 2,500 y 3,00 mm. anuales.

INFORMACION ECONOMICA

Tomando como bases el mercado nacional aunado al precio de venta y la versatilidad del proceso para hacer posibles las variaciones dentro de la producción, tendremos como referencia para el estudio económico los siguientes requerimientos.

El efectivo para la operación de la compañía se ha supuesto igual a dos meses de costos y gastos.

Las cuentas por cobrar provenientes de clientes, se han -- supuesto iguales a un mes de ventas, ya que la política que se -- piensa seguir es vender a 30 días de plazo promedio.

Los requerimientos estimados de capital son para una producción anual de 2,000 toneladas de sulfito, 1,000 toneladas de bisulfito y 650 toneladas de tiosulfato de sodio, operando 300 días -- al año y un turno al dia.

I. INVERSION REQUERIDA.

a) Capital Fijo.	Miles de pesos
Maquinaria y equipo	2,281.0
Terreno: 1,000 m^2 a \$ 30.0 m^2	30.0
Edificio: 600 m^2 de construcción de tipo dos aguas a \$700.0 m^2 y 250 m^2 de oficinas a \$ 1,000.0 m^2	670.0
Sub-total (a)	2,981.0

b) Capital de trabajo	Miles de pesos
Inventario de materias primas	569.13
Inventario de producto terminado	905.20
Inventario de producto en proceso	226.30
Efectivo	122.70
Cuentas por cobrar	597.50
Sub-total (b)	2,420.83

c) Gastos de pre-operación y arranque	
Organización de la empresa	100.0
Notariales	60.0
Sueldos y salarios	97.0
Corridas y pruebas	40.0
Varios	23.0
Sub-total (c)	320.0
TOTAL	5,721.83 (5,721.83)

INSUMOS.-

1. Materias Primas

Producto	Precio Unitario	Orígen
Azufre de 99.5%	$ 335.0/ton.	Nacional
Carbonato de sodio 98.8%	$ 925.0/ton.	Nacional

2.- Agua y energéticos		Pesos
Consumo anual de agua 159,000 m^3.	Costo	$ 111,300.0
Consumo anual de electricidad 74,250 KW-H	"	$ 24,414.0
Consumo anual de combustible 244 m^3 de diesel	"	$ 96,000.0

1. Cotizaciones LAB, Jáltipan, Ver.

2. Tomando como base la producción anual.

3.- Fuerza de trabajo.

Directa:

4 Obreros especializados	Sueldo anual de c/u.	$ 29,200.0
4 Obreros semiespecializados	idem	$ 20,075.0
6 Obreros sin especialización	idem	$ 12,775.0

Indirecta:

Un director	Sueldo anual	$120,000.0
Un contador	Sueldo anual	$ 78,000.0
2 Técnicos de producción	Sueldo anual de c/u.	$ 90,000.0
3 Empleados de Oficina	Sueldo anual promedio de c/u.	$ 23,400.0
4 Empleados de confianza (velador, chofer, etc.)	Sueldo anual promedio de c/u.	$ 21,600.0

Esto nos sirve de base para nuestros costos.

II. GASTOS DE PRODUCCION

a) Materias Primas	Miles de pesos
Azufre 1,100 ton/año	368.50
Carbonato de sodio 2,678 ton/año	2,477.15
Sub-total (a)	2,845.65

b) Fuerza de trabajo directa e indirecta

Directa	273.75
Indirecta	534.60
Prestaciones, 20% del renglón	161.67
Sub-total (b)	970.02

c) Servicios

	Miles de pesos
Energia èléctrica	24.42
Energeticos	96.00
Agua	111.30
Sub-total (c)	231.72

d) Depreciación

Maquinaria y equipos (10%)	228.10
Edificios (5%)	33.50
Sub-total (d)	261.60

e) Amortización

Gastos de Pre-operación y arranque (5%)	16.00
Sub-total (e)	16 00

f) Seguros

Seguro global sobre maquinaria, equipos, edificios, inventarios y materias primas	26.20
Sub-total (f)	26.20

g) Mantenimiento

Mantenimiento y gastos generales de planta	140.00
Sub-total (g)	140.00
TOTAL	4,491.19

III. COSTO TOTAL ANUAL

	Miles de Pesos
a) Costo de producción	4,491.19
b) Imprevistos	673.68
c) Gastos financieros: 10% de intereses. Sobre el pasivo fijo estimado	134.15
d) Gastos de ventas: 5% sobre el valor de las ventas	258.50
COSTO TOTAL ANUAL	5,657.52

IV. INGRESOS UTILIDADES E IMPUESTOS

a) Ingreso por la venta de 1,000 tons. de bisulfito a $ 1,800/ton., 2,000 tons. de sulfito a $ 2,100/ton y 650 Tons. de tiosulfato a $ 1,800/ton	7,170.00
b) Utilidad antes del impuesto	1,512.48
e) Pago de I.S.I.M.	286.80
d) Pago de I.S.R.	635.25
UTILIDAD DISTRIBUIBLE ESTIMADA	$ 590.43

V. POR FORMA DE LOS ESTADOS FINANCIEROS.

ESTADO DE RESULTADOS

		Miles de pesos.
Ventas		$ 7,170.00
Costo de producción		$ 4,362.34
UTILIDAD BRUTA		$ 2,807.66
GASTOS DE ADMINISTRACION	$ 802.63	
GASTOS DE VENTA	$ 358.50	
GASTOS FINANCIEROS	$ 134.15	
UTILIDAD NETA		1,512.38
IMPUESTOS		922.05
UTILIDAD BISTRIBUIBLE		$ 590.33

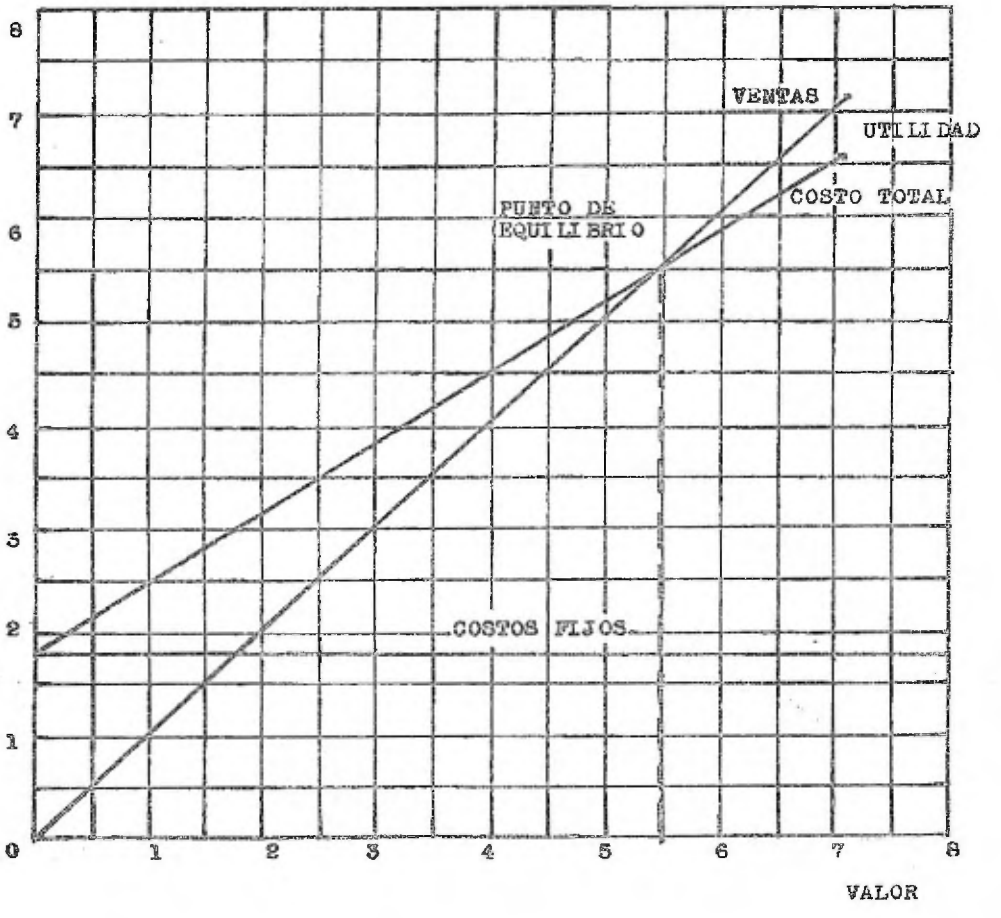
DATOS PARA EL DIAGRAMA DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

Capacidad: 1,000 ton. de bisulfito, 2,00 ton. de sulfito y 650 ton. de tiosulfato de sodio.

COSTOS FIJOS		COSTOS VARIABLES	
Depreciación	261.60		
Amortización	16.00	Materias Primas	2,845.65
Mano de Obra	970.02	Servicios	231.72
Seguros, imprevistos	228.30	Imprevistos	471.58
Gastos Financieros	134.15	Gastos de Venta	358.50
Mantenimiento y gastos	140.00	Impuestos	922.05
Sub-totales	1,750.07		4,829.50
COSTOS TOTALES		6,579.57	
VENTAS:	$ 7,170.00		

DIAGRAMA DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

(Millones de pesos)



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- La producción de las tres sales, ayudaría a fortalecer el -- mercado del azufre, ya que como elemento tiene bajo costo -- y al tranformarlo se aumenta su valor.

Además favoreceria el desarrollo regional mediante la explotación de las riquezas disponibles.

2.- Los productos propuestos son derivados simples y de fácil -- obtención, de gran utilidad debido principalmente a la enorme variedad de aplicaciones que poseen.

3.- De los procesos de obtención existe variación en la obtención del SO_2, ya que se puede generar quemando piritas ó azufre,- en nuestro caso, por economía se quema azufre.

Para la obtención de sulfito y bisulfito de sodio se tiene-- un solo proceso, en cambio para el tiosulfato existen dos -- métodos que son a partir de sulfuro de sodio, o bien a parti de bisulfito de sodio, obviamente se utilizó este último.

4.- En lo referente al mercado, tenemos una capacidad instalada- muy alta a partir de 1968 con respecto a la producción para- sulfito, sin embargo, para el tiosulfato de sodio con la producción se podría surtir el mercado interno, que se provee - en parte de importaciones.

Para el futuro, según la proyección es necesario duplicar la actual capacidad de producción del tiosulfato de sodio.

Para este producto existe otro aspecto importante y es el --

hecho de que el precio internacional es un 33% más alto que en el mercado nacional, y esto permitiria la creación de un mercado de exportación.

5.- Ahora bien debido a que el proceso se puede variar facilmente en lo referente a la relación de producción de las sales, se podría obtener una cantidad de tiosulfato mayor a la propuesta.

Tambien es importante hacer notar que los actuales fabricantes de sulfito y bisulfito tienen planes de expansión hacia la fabricación de tiosulfato de sodio.

6.- Acerca de la localización de la planta en Veracruz, en la zona de explotación de azufre y la próxima instalación de la planta de carbonato de sodio se complementaria el objetivo del desarrollo regional; a su vez señalaremos que en caso de haber mercado de exportación tenemos la cercania del puerto de Coatzacoalcos.

7.- En lo económico tenemos que el precio de venta tomado, es precio de venta en fábrica ya que por las condiciones del mercado existente es necesario tener un distribuidor, de otra manera se podria aumentar el precio y por consiguiente las utilidades.

8.- Por último concluiremos que la realización de este proyecto no se estima conveniente y en caso de que los mercados propuestos resultaran positivos, seria mejor integrar el proyecto a alguno de los complejos ya existentes.

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

1.- Kirk - Othmer
Enciclopedia of Chemical Technology
Second Edition, Vols, 19, 20, 21.
Jhon Wiley & Sons. 1969

2.- Kent James A.
Riegel Química Industrial
Primera Edición.
Ediciones Grijalbo
Barcelona, España. 1964.

3.- Bargalló Modesto
Tratado de Química Inorgánica
Primera Edición.
Editorial Porrúa, México. 1962

4.- Shreve Norris R.
The Chemical Process Industries
Primera Edición.
Mc. Graw - Hill Book Co. 1965.

5.- Chilton Cecil H.
Cost Engineering in the Process Industries
Mc. Graw - Hill Book Co. 1960.

6.- Perry John H.
Chemical Engineers' Handbook
Fourth Edition
Mc. Graw - Hill Book Co. 1963.

7.- Márquez Pineda A., Viveros Juárez M.,
Serna Vigueras R.
Depósitos de Sal y azufre en la Cuenca Salina
del Itsmo, Ver.
Consejo de Recursos Naturales no renovables.
México D.F. 1964.

8.- Kern Donald Q.
Process Heat Transfer
International Student Edition
Mc. Graw - Hill - Kogakusha 1950.

9.- De Lorenzi Otto M.E.
Combustion Engineering
Combustion Engineering Superhester Inc.
1951.

10.- Dixon J.W. y Massey J.F.
Introducción al analisis estadistico
Segunda edición.
Mc. Graw - Hill Book Co. 1966

11.- Chemical Marketing Reporter

Oil, Paint & Drug Reporter

Febreto 19. 1973.