



# Universidad Nacional Autónoma de México

---

Facultad de Química

Ingeniería Básica de una Planta para la  
Fabricación de Sulfato Básico de Cromo y  
de Sintanos de Naftalina.

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUIMICO

p r e s e n t a n

Raúl Arroyo Osorio

Juan Manuel Carmona Martínez

1978



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

TESIS 1978

LAB \_\_\_\_\_  
ABO H. 46  
FONA \_\_\_\_\_  
PROG \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



1994

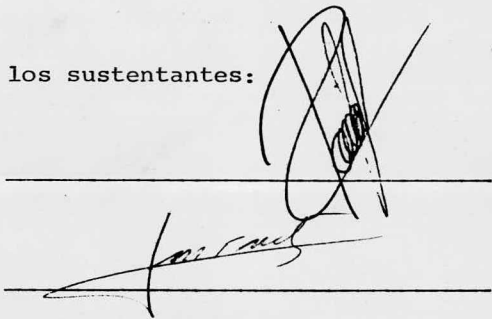
PRESIDENTE: Arturo López Torres.  
VOCAL: Roberto Andrade Cruz.  
SECRETARIO: Rafael García Nava.  
1er.SUPLENTE: Alfonso Mondragón M.  
2do.SUPLENTE: Enrique Bravo Medina.

Sitio donde se desarrolló el tema: FACULTAD DE QUIMICA U.N.A.M.

Nombres completos y firmas de los sustentantes:

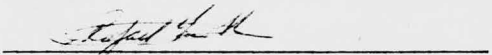
ARROYO OSORIO RAUL.

CARMONA MARTINEZ JUAN MANUEL



Nombre completo y firma del asesor del tema:

RAFAEL GARCIA NAVA.



A mi adorada madre:

SRA. EMMA OSORIO SANCHEZ.

Quien con sus sacrificios y desvelos, dejó parte de su vida, para que concluyera feliz mente una etapa de mi existir: la de estudian te.

A ella mi eterno agradecimiento.

A mi amada esposa:

DRA. MA. DEL ROCIO GALICIA DE ARROYO.

Por la alegría y confianza que trajo a mi vida, provocando el deseo de ofrecerle en este trabajo un poco de lo mucho que me - ha dado.

A mis queridos hermanos:

YOLANDA Y RUBEN.

Porque solo nosotros sabemos

lo arduo que fué el camino,

más sin embargo siempre me

ayudaron a recorrerlo.

A mi abuelita:

SRA. MARINA SANCHEZ VDA.

DE HERNANDEZ.

Ya que la alegría que en ella

provoquen estas líneas, disminuirán

un poco las penas que

le han dejado como huella los

años vividos.

A mis familiares y amigos.

Porque son partícipes de  
todo mi sentir y pensar.

Con sinceridad al

ING. FERNANDO NUÑEZ G.

Por la confianza y ayuda  
recibida en mi desenvolvimi  
miento profesional.



Con gratitud al:

ING. RAFAEL GARCIA NAVA.

Quien atinadamente y con  
interés, supo dirigir el  
presente trabajo.

A los miembros del JURADO.

Quienes en última instancia,  
dieron el verdadero valor a  
los esfuerzos puestos en esta  
tesis.

A mis MAESTROS.

Porque ellos me dieron  
la luz del saber.

A mi añorada

FACULTAD DE QUIMICA.

Que supo de todas mis  
ilusiones, alegrías,  
desencantos y tristezas

Y muy especialmente

A TI.

A mis padres:

Sra. Emma Martínez de Carmona.

Dr. Juan Manuel Carmona Fraga.

Con su ejemplo y sus consejos,  
me encausaron en el estudio,  
concluyendo en mi profesión.

A la memoria de mi abuelita:

Sra. Josefina Gutiérrez Vda. de Mtez.

A mis hermanas:

María Emma.

Genly Sonia.

Zakily Ma. Isabel.

A mi padrino:

Dr. Francisco Martínez G.

A mis maestros y  
compañeros.

Con sincero agradecimiento al:

Ing. Químico Fernando Núñez Gutiérrez.

Por su valiosa y desinteresada  
colaboración al desarrollo del  
presente trabajo a:

Ing. Químico Rafael García Nava.

Pongo a la amable consideración de los señores del jurado, esta modesta tesis recepcional que representa el anhelo y la culminación de los ideales de una carrera: Labor modesta, sí, pero que encierra la honda satisfacción de un esfuerzo desarrollado en el cumplimiento del deber.

Es resultado de investigaciones llevadas a cabo con verdadero cariño, en las que hube de pasar momentos de entusiasta optimismo a la vez que de desaliento, en los que experimenté a la par la satisfacción causada por el resultado brillante, y a la desilusión que se torna en estímulo, cuando es el alicata que impone más y más trabajo, más y más constancia.

Ha sido en mi profesión y durante largos meses, en donde con la ayuda de quienes confiaron en mi, logré estas notas de valor inestimable en el curso de algo que se busca para el logro de nuestras aspiraciones.

INDICE GENERAL.

	<u>Pág.</u>
<u>Introducción.</u>	1
Capítulo I.- <u>Ingeniería básica.</u>	
1.1 Definición.	5
1.2 Alcances.	8
1.3 Bases de diseño del proceso.	9
Capítulo II.- <u>Descripción de materias primas y productos.</u>	
2.1 Especificaciones de materias primas usadas en la fabricación de sulfato básico de cromo.	19
2.1.1 Bicromato de sodio.	19
2.1.2 Acido sulfúrico.	29
2.1.3 Miel incristalizable.	33
2.2 Especificaciones de materias primas usadas, en la fabricación de sintanos de naftalina.	37
2.2.1 Naftaleno.	37
2.2.2 Formaldehido.	41
2.2.3 Sosa cáustica en solución.	43

	<u>Pag.</u>
2.2.4 Hidróxido de amonio en solución.	50
Especificaciones de productos:	
2.3 Sulfato básico de cromo.	54
2.4 Sintanos de naftalina.	60
Capítulo III.- <u>Descripcion de los procesos.</u>	
3.1 Sulfato básico de cromo.	64
3.1.1 Reacción química.	64
3.1.2 Balance de materia para la fabrica ción del S. B. C.	69
3.1.3 Balance de energía en la fabricación del S. B. C.	78
3.1.3.1 Balance de materia y energía en el secador por asperción del S. B.C.	85
3.1.4 Secuencia en el proceso de fabrica ción del S. B. C.	91
3.1.5 Diagrama de flujo y descripción de equipo de la planta de S. B. C.	96
3.2 Sintanos de Naftalina.	103
3.2.1 Reacción química.	103



	<u>Pag.</u>
3.2.2 Balance de materia para la fabri cación de S. N.	108
3.2.3 Balance de energía en la fabrica ción de S. N.	119
3.2.3.4 Balance de materia y energía en el secador por aspersión de S. N.	124
3.2.4 Secuencia en el proceso de fabrica ción de S. N.	129
3.2.5 Diagrama de flujo y descripción de equipo de la planta de S. N.	134
3.3 Hojas de datos de equipo.	144
3.4 Servicios auxiliares.	176
3.4.1 Vapor.	176
3.4.2 Retorno de condensados.	177
3.4.3 Agua de enfriamiento.	177
3.4.4 Análisis químico del agua.	182
3.4.5 Agua potable.	183
3.4.6 Agua contra incendio.	183
3.4.7 Agua para caldera.	183
3.4.8 Agua de proceso.	184

	<u>Pag.</u>
3.4.9 Aire de instrumentación.	184
3.4.10 Aire de planta.	184
3.4.11 Combustibles.	184
3.4.12 Inertes.	185
3.4.13 Energía eléctrica.	185
3.4.14 Alimentación de energía eléctrica de emergencia.	187
3.4.15 Criterio de comunicaciones.	187
Capítulo IV.- <u>Estimación de tiempos y evaluación económica del proyecto.</u>	
4.1 Estimación de tiempos.	188
4.2 Evaluación económica del proyecto.	192
A.- Estimación de la inversión fija.	195
1.1 Inversión fija de la planta de S.B.C.	195
1.2 Inversión fija de la planta de S.N.	196
B.- Costos de planta para el S. B. C.	200
C.- Gastos de mercadeo para la fábrica de curtientes.	210
D.- Gastos administrativos de la planta de S. B. C.	211
E.- Investigación, planeación y desarrollo para la planta de S. B. C.	212

	<u>Pag.</u>
F.- Gastos financieros de la planta de S. B. C.	212
G.- Ventas netas en la planta de SBC.	212
H.- Costo de manufactura del S.B.C.	213
H' - Costo neto de fabricación por kg. de S. B. C.	214
I.- Utilidad de operación de la planta de S. B. C.	214
J.- Impuestos y pensiones de la planta de S. B. C.	214
K.- Utilidad neta de la planta de S.B.C.	214
L.- Rentabilidad.	214
M.- Costos de planta para la fabricación de S. N.	216
N.- Gastos de mercadeo para la planta de S. N.	220
Ñ.- Gastos administrativos para la planta de S. N.	220
O.- Investigación, planeación desarrollo de la planta de S. N.	220
P.- Gastos financieros para la planta de S. N.	220

V I

	<u>Pag.</u>
Q.- Ventas netas para la planta de S.N.	221
R.- Costos de manufactura del S. N.	221
R' - Costo neto de fabricación por kg. de S. N.	222
S.- Utilidad de la operación en la plan <u>a</u> ta de S. N.	222
T.- Impuestos y pensiones de la planta de S. N.	222
U.- Utilidad neta de la planta de S.N.	222
V.- Rentabilidad de la planta de S. N.	222
W.- Inversión total de la fábrica de cur <u>t</u> tientes.	223
X.- Utilidad total de la fábrica de cur <u>t</u> tientes.	223
Y.- Impuestos y pensiones de la fábrica de curtientes.	223
Z.- Utilidad neta de la fábrica de cur <u>t</u> tientes.	223
Z' - Rentabilidad de la fábrica de cur- tientes.	223

V I I

	<u>Pag.</u>
Conclusiones.	226
Anexo I.	228
Indice de figuras.	232
Indice de tablas.	235
Bibliografía.	237

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

La intensión del presente trabajo, es proporcionar la información básica para la fabricación de dos tipos de curtientes sintéticos, los cuales son el Sulfato básico de cromo y un sintano de Naftalina.

La motivación que se tuvo para efectuar el presente estudio, fué que el Ingeniero Químico tiene un gran campo de acción - hasta ahora casi desconocido-, en este tipo de plantas químicas, debido a las operaciones unitarias utilizadas, y a la escasa literatura existente sobre la elaboración de estos curtientes, a pesar de que México es el 3er. productor de cueros curtidos en Latinoamérica. Para lograr el objetivo, fué necesario realizar investigaciones teórico-prácticas y recurrir a información real de condiciones de operación.

Se pretende seguir la secuencia normal en que se desarrolla el diseño de un proyecto, tratando de no abundar en un estudio de factibilidad, ya que la demanda en el mercado de estos productos son superiores a la producción que actualmente existe de ellos, de igual manera, no se presenta un estudio sobre la selección de tecnología para la fabricación de sulfato básico de cromo, ya que el proceso para su elaboración, no ha sufrido cambios drásticos desde su origen en las tenerías.

Con respecto al sintano de naftalina, el proceso que se presenta surgió en el transcurso de la segunda guerra mundial, cuando hubo escasez en el suministro de curtientes vegetales, lo que provocó que los investigadores de esa época, contribuyeran en mucho al desarrollo de la industria química especializada en la fabricación de productos para la curtiduría, dando como resultado el descubrimiento de los sintanos de naftalina.

Con respecto a la Ingeniería de proyecto, se procuró abundar sobre la Ingeniería básica y dejando para un futuro -- trabajo la Ingeniería de detalle; más sin embargo no fué posible separar una de otra, ya que no existe un límite de finido entre ambas, es por ésto que en algunas ocasiones se mencionan puntos que para algún lector corresponderían a la Ingeniería de detalle.

Por último, se realiza una evaluación económica de los procesos, la cual será en última instancia la que determine si el proyecto se pueda convertir en realidad.

Se espera que este trabajo sea de utilidad para toda persona que esté interesada en el tema.



. CAPITULO I .

INGENIERIA BASICA.

✓ 1.1 DEFINICION.

Una de las principales etapas en el desarrollo de un proyecto es la Ingeniería básica, la cual proporciona toda la información acerca del proceso que se desea llevar a cabo, dejando a la Ingeniería de detalle el diseño del mismo.

La parte medular de la Ingeniería básica, también conocida como Ingeniería de proceso, son las bases de diseño, las cuales reúnen la información necesaria para que el Ingeniero de proyecto comience el estudio del desarrollo del proceso y así formar el paquete de Ingeniería básica.

Estas bases de diseño se dividen en:

- I. Bases de diseño del proceso.
- II. Bases de diseño generales.

Dentro de las primeras se puede mencionar: <sup>(1,2)</sup>

- 1.0 Capacidad de la planta.
- 1.1 Horas operadas por año.
- 1.2 Rendimiento.
- 1.3 Flexibilidad.

./.

- 2.0 Localización de la planta.
- 3.0 Previsión para el futuro.
- 4.0 Materias primas.
  - 4.1 Propiedades físicas y químicas.
  - 4.2 Presentación y precio.
  - 4.3 Almacenamiento.
- 5.0 Productos .
  - 5.1 Propiedades físicas y químicas.
  - 5.2 Presentación y precio.
  - 5.3 Almacenamiento.
- 6.0 Químicos y catalizadores.
- 7.0 Servicios.
  - 7.1 Vapor.
  - 7.2 Condensados.
  - 7.3 Agua enfriamiento.
  - 7.4 Agua potable.
  - 7.5 Agua contra incendio.
  - 7.6 Agua para calderas.
  - 7.7 Agua de proceso.
  - 7.8 Aire de instrumentación.
  - 7.9 Aire de planta.

- 7.10 Combustibles.
- 7.11 Energía eléctrica.
- 7.12 Criterio de comunicaciones.
- 8.0 Eliminación de desechos ó residuos.

Y dentro de las bases de diseño generales, se encuentran comprendidas:

II.

- 1.- Civiles.
- 2.- Mecánicas.
- 3.- Tuberías.
- 4.- Eléctricas.
- 5.- Instrumentación.

Estas bases de diseño, generalmente se dejan a diferentes técnicos especialistas y no al ingeniero químico, por lo que en este trabajo solamente se encontrarán las bases de diseño del proceso.

Vale la pena señalar que la clasificación anterior, no es compartida por muchos autores, ya que hay divergencia en el orden y extensión de cada punto. pero para el presente trabajo ésta clasificación es adecuada.

./.

## 1.2 ALCANCES.

El alcance del presente trabajo dentro de la Ingeniería básica, comprende todas las bases de diseño del proceso exceptuando algunos puntos, como son: La previsión para el futuro, ya que por las condiciones del proceso, es posible aumentar la capacidad cuando ésto sea necesario; químicos y catalizadores, por no emplearse en el proceso, etc.

Una vez establecidas las bases de diseño, es posible efectuar los balances de materia y energía, con lo cual se podrá realizar una descripción del proceso y el diagrama de flujo en cada planta, para así determinar el equipo necesario y las especificaciones que debe reunir éste. Con la información anterior, se estiman los servicios auxiliares requeridos, se elabora el plano de arreglo de planta y de localización general.

Debido a la simplicidad en control e instrumentación de los procesos, no se consideró necesario elaborar los diagramas de tubería e instrumentación.

Todo lo anterior comprende el paquete de Ingeniería básica ó de proceso, que contiene la información necesaria para -

elaborar la ingeniería de detalle, tema que no se desarrolla en esta tesis.

Por considerarse de importancia, en el último capítulo se presenta una estimación de tiempos y una evaluación económica del proyecto, aunque no se considera incluido dentro de la Ingeniería básica.

### ✓ 1.3 BASES DE DISEÑO DEL PROCESO.

En esta sección se describirán las bases de diseño que fueron mencionadas en la primera etapa del presente capítulo, las cuales se consideran el punto de partida para el desarrollo del presente trabajo.

#### ✓ 1.3.0 Función de la Planta.

Se pretende diseñar una fábrica de curtientes sintéticos, que está compuesta por dos plantas; una destinada a la producción de sulfato básico de cromo y la otra, a la producción de sintanos de naftalina.

En el caso de la Sal de cromo, se obtendrá a partir de bicromato de sodio, ácido sulfúrico y un agente reductor, éstos materiales reaccionarán en un tanque, por lo que el proceso será por lotes. El licor obtenido de esta reacción

se secará en forma continua.

Para la fabricación del sintano de naftalina se emplearán como materias primas: Naftaleno, ácido sulfúrico, formaldehído, hidróxido de sodio y/o de amonio. La reacción de estos compuestos se efectuará en distintos equipos, dando como resultado que el proceso se lleve a cabo en forma se mi-continua y al igual que en el caso anterior, el secado del licor obtenido será en forma continua.

Una vez establecida la función de la planta, se procede a describir las bases de diseño de la misma, las cuales son:

✓ 1.3.1.0 Capacidad de la Planta.

La capacidad de la planta de sulfato básico de cromo será de 3,000 toneladas anuales y la de sintanos de naftalina, será de 1,000 toneladas anuales. El factor de servicio a emplear es del 90.5%, lo que indica que se trabajarán 330 días al año, por lo cual se fabricarán en la primera plan ta tres lotes al día y para la segunda un lote diario.

La capacidad de diseño será igual a la capacidad normal.

✓ 1.3.1.1. Horas operadas por año.

De acuerdo al factor de servicio considerado, se laborarán 7,920 horas al año.

✓ 1.3.1.2 Rendimiento.

El rendimiento mínimo a obtener en ambas plantas es del - 98% y se desea que los productos secos, lleven un máximo de impurezas del 4%, aunque no se descarta la posibilidad de venderlos en forma líquida.

✓ 1.3.1.3 Flexibilidad.

La planta tendrá la flexibilidad de seguir operando bajo las siguientes condiciones anormales, deducidas por las condiciones del proceso

	<u>Planta</u> <u>de SBC</u>	<u>Planta</u> <u>de S.N.</u>	<u>Secado</u>
Falta de electricidad	SI	NO	NO
Falta de vapor	SI	SI	SI
Falta de agua de enfriam.	SI	NO	SI
Falta de combustibles	SI	SI	NO

./.



✓ 1.3.2.0 Localización de la planta.

Para la localización de la planta intervienen muchos factores, entre los cuales se pueden mencionar:

- a) Distancia a los centros de consumo del producto terminado.
- b) Distancia a los centros de suministro de materias primas.
- c) Vías de comunicación (terrestre, aérea, telefónica).
- d) Disponibilidad de electricidad y agua.
- e) Localización de canales para desechos.
- f) Distancia a los centros de población.
- g) Disponibilidad de mano de obra, etc.

Por las razones antes mencionadas, la fábrica de curtientes se localizará en el Bajío, ya que esta zona satisface los requerimientos de los puntos anteriores, por ejemplo, en el caso de los centros de consumo, éstos se pueden distribuir de la siguiente manera:

México.	28%
León.	28%
Guadalajara.	20%

Monterrey.	10%
Orizaba.	4%
otros.	10%

Es factible situar esta fábrica en alguna de las zonas industriales cercanas a la ciudad de México, pero para evitar mayor centralización y contaminación dentro de dicha ciudad, es preferible crear fuentes de trabajo en el interior de la República, y debido al gran auge que ha tenido en los últimos años, industrialmente hablando, la zona del Bajío, se decidió localizar ahí la fábrica.

#### 1.3.2.1 Condiciones del lugar.

El lugar escogido es una planicie, con una altitud de 1,721 metros sobre el nivel del mar. La estructura del suelo es arena arcillosa, con una resistencia en el subsuelo de 2 T por M<sup>2</sup>, por lo que las cimentaciones serán de pilotes con carga cimentada.

#### 1.3.2.2 Condiciones del viento.

Los vientos dominantes son de norte a sur y en promedio, de enero a junio son calmados y de julio a diciembre son muy débiles

1.3.2.3 Condiciones climatológicas.

La zona escogida tiene las condiciones climatológicas que se muestran a continuación:

a) Humedad relativa.	Promedio:	62%.
	Media mínima:	21%'
	Mínima registrada:	7%.
b) Temperatura.	Promedio máximo:	24.3°C
	Promedio mínimo:	7.6°C
	Máxima mensual:	27.3°C
	Mínima mensual:	1.5°C
c) Precipitación plubial:	Promedio anual:	42 mm
	Máxima mensual:	218 mm.
	Mínima mensual:	0

✓ 1.3.4.0 Materias Primas.

Las materias primas utilizadas en la fábrica de curtientes son: Bicromato de sodio, ácido sulfúrico, miel incristalizable, naftaleno, formaldehido, hidróxido de sodio e hidróxido de amonio.

./.

Dada la importancia que presenta este inciso, se decidió tratarlo en un capítulo aparte (ver capítulo II Secc. 2.1 y 2.2).

✓ 1.3.5.0 Productos.

Los productos que se obtendrán en la fábrica de curtientes son el sulfato básico de cromo (SBC) y sintanos de naftalina (S.N.). Por las mismas razones del inciso anterior, se tratará por separado en el capítulo II Secc. 2.3 y 2.4).

✓ 1.3.6.0 Químicos y catalizadores.

Por las condiciones requeridas en los procesos, en la fábrica de curtientes no se emplearán ni químicos ni catalizadores.

✓ 1.3.7.0 Servicios.

Los servicios empleados en las plantas serán básicamente: Vapor, agua, combustibles y energía eléctrica, por lo que se establecen sus requerimientos y especificaciones en una forma muy especial, dada su importancia, en el capítulo III Secc. 3.4

✓ 1.3.8.0 Eliminación de desechos.

Las normas que rigen la eliminación de desechos están de acuerdo a:

- a) Aguas: Ley de contaminación de aguas editada por el Gobierno Federal.
- b) Aire: Ley para la previsión y control de la contaminación atmosférica originada por la emisión de humos y polvos.

Los sistemas preferidos para la eliminación de aguas serán los sistemas API.

✓ 1.3.9.0 Almacenamiento.

El almacenamiento de materiales se realizará en dos zonas:

- a) Líquidos: En tanques de almacenamiento de diferentes capacidades y materiales de construcción.
- b) Sólidos: En una bodega, dividida en dos partes principales: almacén de materias primas y productos terminados. Un plano de esta bodega se encuentra en el anexo I, plano No. 4.

CAPITULO II.

✓ DESCRIPCION DE MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS

El objetivo del presente capítulo, es establecer los reque  
rimientos a cumplir tanto de materias primas, como de pro  
ductos para ambas plantas de curtientes.

Este capítulo está dividido en dos partes principales; en la primera de ellas, se tratarán las especificaciones de de las materias primas usadas y en la segunda las de los Productos terminados. En ambos casos se verá primero la planta de sulfato básico de cromo y después la planta de sintanos de naftalina.

La secuencia a seguir para los puntos arriba mencionados, será una breve introducción sobre cada materia prima o pro  
ducto terminado , con el fin de que el lector ubique su - uso dentro y fuera del proceso, a continuación se presenta  
rá su fórmula química, así como también los nombres comunes, para después mencionar las propiedades físicas más -- importantes que tiene cada material. En algunos casos se presentan gráficas y tablas en las cuales aparecen dichas propiedades, con el propósito de facilitar su posterior uso en los balances de materia y energía del siguiente capítulo

Por último, se menciona el precio en el mercado de cada material, con fecha de diciembre de 1977, así como - - también su presentación.

✓ 2.1 ESPECIFICACIONES DE MATERIAS PRIMAS USADAS EN LA FABRICACION DE SULFATO BASICO DE CROMO.

2.1.1. Bicromato de Sodio.

Este material es básico para la fabricación del sulfato básico de cromo (SBC), ya que combinado con el ácido sulfúrico y la miel incristalizable se obtiene el producto final.

El bicromato de sodio utilizado es el que se encuentra en el mercado como grado técnico; este tiene dos moléculas de hidratación y una concentración aproximada del 98%.

Su fórmula es la siguiente:  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

2.1.1.1 Propiedades físicas.<sup>(3,4)</sup>

La temperatura a la cual el bicromato de sodio pierde el agua de hidratación es de 84.6°C, su temperatura de fusión es de 356.7°C y no tiene temperatura de ebullición, ya que descompone a 400°C. El punto eutéctico se presenta a -48.2°C

./.



con una composición de 69% en peso de bicromato de sodio y 31% de agua.

Como información adicional, se presentan una serie de gráficas en donde se relaciona: viscosidad, pH, calor específico con la concentración de  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (Fig. 2.1); - también una gráfica de densidad vs. concentración a  $15.6^\circ\text{C}$  de bicromato de sodio hidratado 100% puro (Fig. 2.2).

Una forma práctica y fácil, aunque no muy exacta, para determinar la pureza del bicromato de sodio, es construir - una gráfica de densidad vs. concentración y compararla con la gráfica de la Fig. 2.2; las variaciones que existan entre una y otra, serán proporcionales a sus impurezas, ya que la densidad varía proporcionalmente con la concentración y la temperatura.

Utilizando diferentes muestras de bicromato de sodio técnico, se construyó la siguiente tabla (I) y las gráficas de las figuras 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 y 2.7, a partir de dicha tabla . En esas gráficas se relacionan:

./.

- 2.3 Densidad vs. % en peso de  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- 2.4 Densidad vs. % en volumen de  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- 2.5 Densidad vs. % en mol de  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- 2.6 Densidad vs. % en mol de  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- 2.7 Densidad vs. Kg. $\cdot\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ /100 lts. solución

2.1.1.2 Presentación y precio.

La presentación mas común del bicromato de sodio grado técnico, es en sacos de papel con 40 kgs. de capacidad. El precio promedio en el mercado es de \$14.77 por cada kg., incluyendo el flete y el impuesto sobre ingresos mercantiles.

TABLA I.- DILUCIONES EN AGUA DEL BICROMATO DE SODIO.

Gramos Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> .2H <sub>2</sub> O	Gramos Agua	% Peso Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> .2H <sub>2</sub> O	% Volumen Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> .2H <sub>2</sub> O	% Mol Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	% Mol Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> .2H <sub>2</sub> O	KgNa <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> .2H <sub>2</sub> O 100 lts. sol.	Densi dad g/cm <sup>3</sup>
17.5	82.5	17.5	7.86	1.43	1.26	19.5	1.1217
25.0	75.0	25.0	11.83	2.24	1.97	29.6	1.1799
40.0	60.0	40.0	21.15	4.38	3.87	53.4	1.3177
45.0	55.0	45.0	24.76	5.32	4.71	62.5	1.3696
50.0	50.0	50.0	28.69	6.43	5.70	70.8	1.4191
55.0	45.00	55.0	32.97	7.75	6.87	82.0	1.4789
57.5	42.5	57.5	35.24	8.5	7.55	86.5	1.5120
62.0	38	62.0	39.63	10.07	8.97	96.0	1.5665

FIG. 2.1.- DIFERENTES PROPIEDADES DEL  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

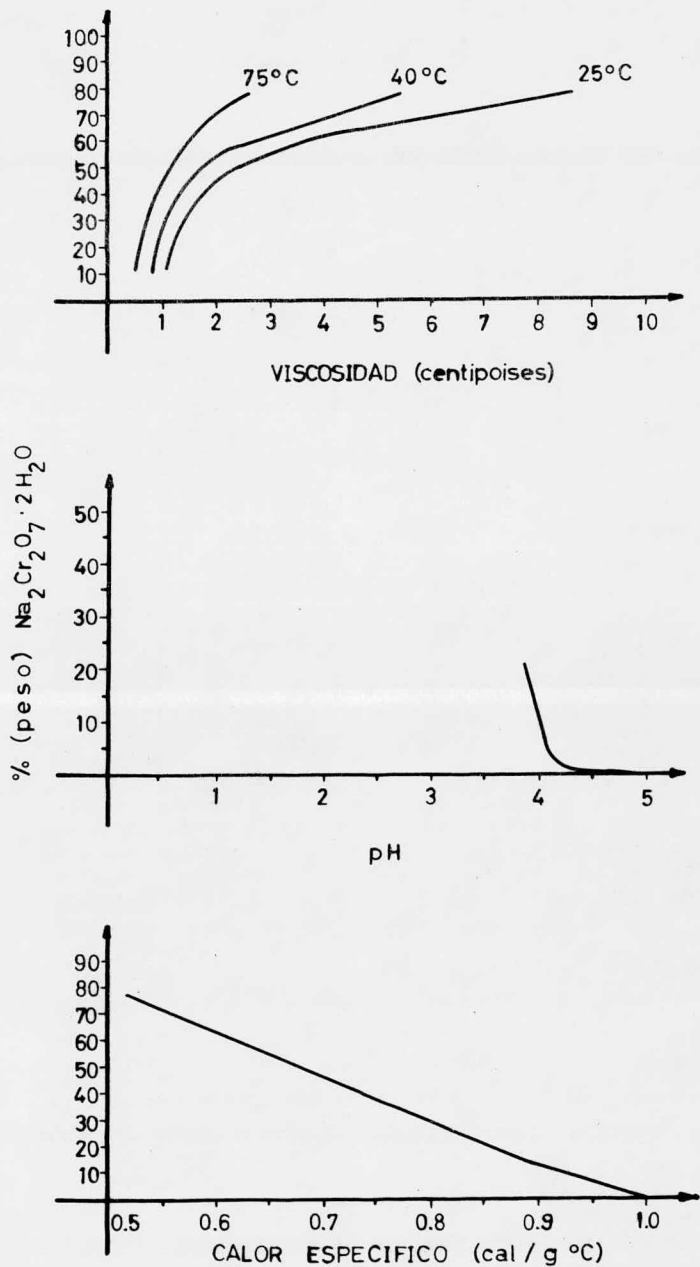


FIG. 2.2.- DENSIDAD VS % PESO DE BICROMATO DE SODIO 100% PURO

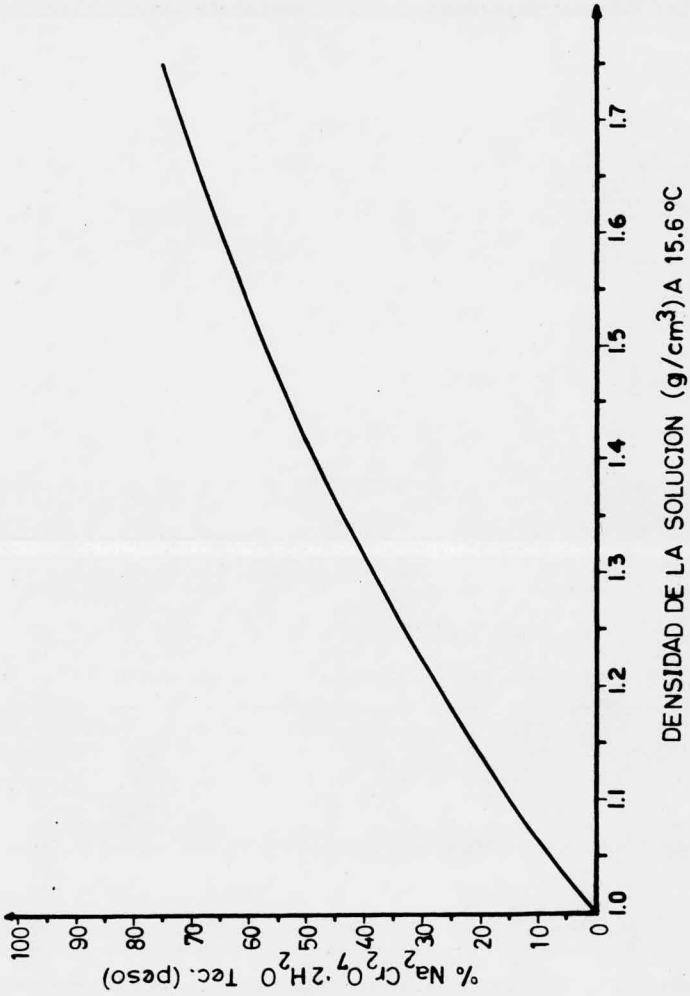


FIG.2.3.- PROPIEDADES FISICAS DEL BICROMATO DE SODIO

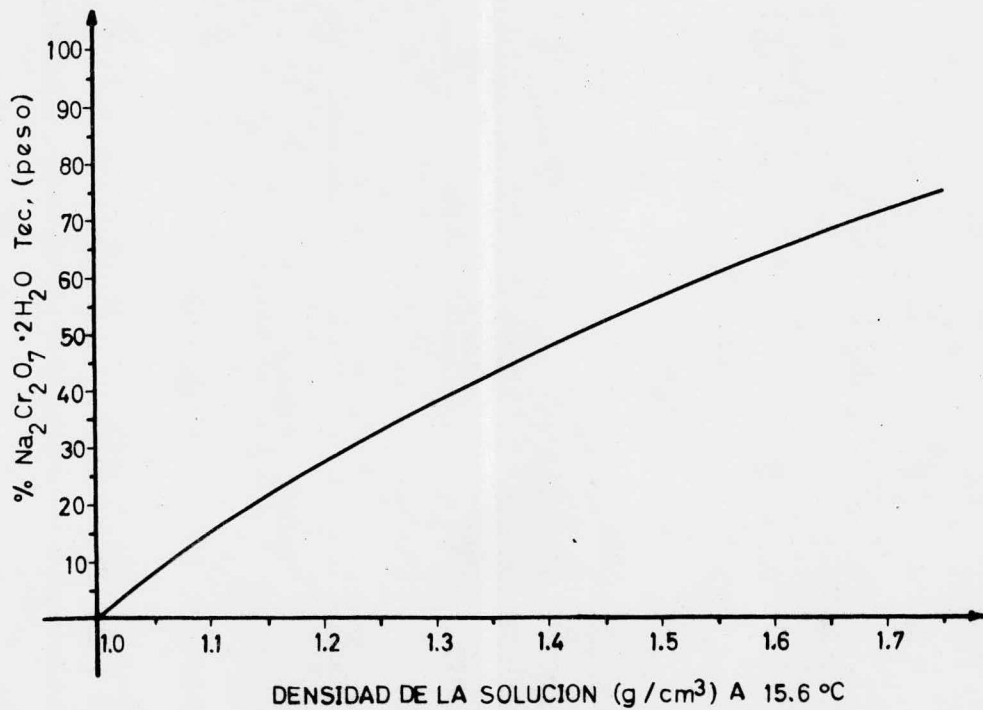


FIG.2.4.- PROPIEDADES FISICAS DEL BICROMATO DE SODIO

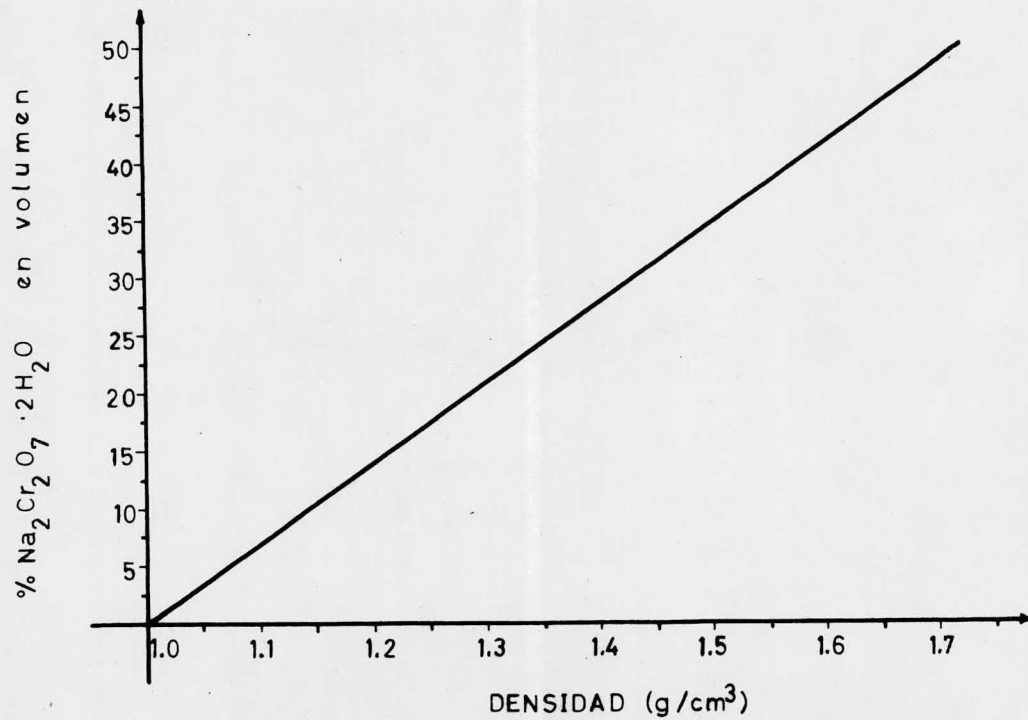
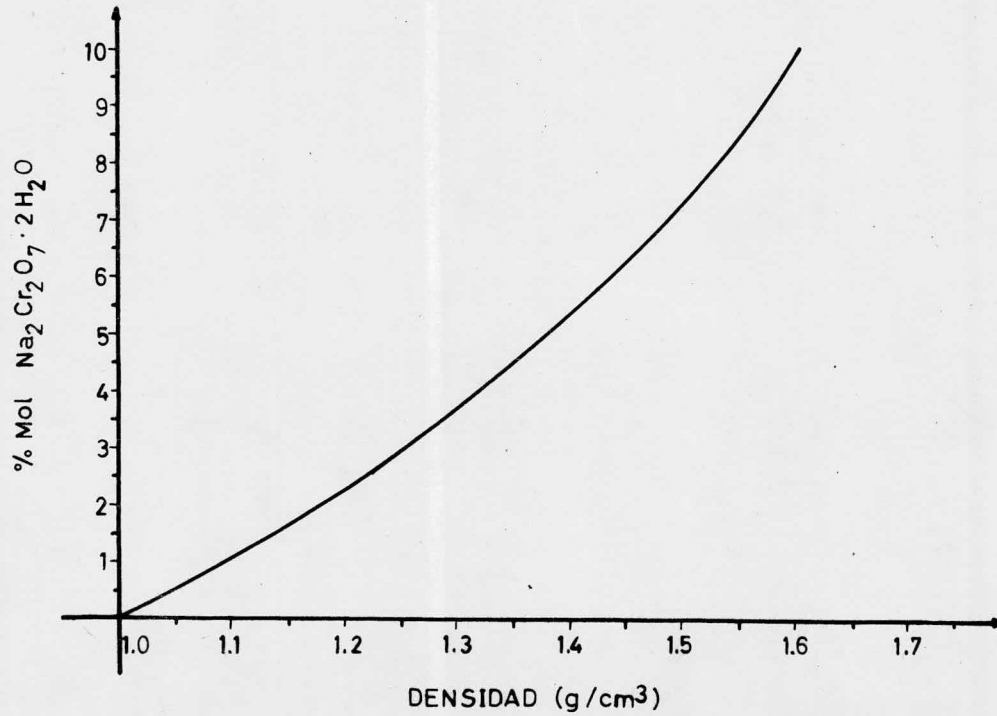


FIG.2.5.- PROPIEDADES FISICAS DEL BICROMATO DE SODIO





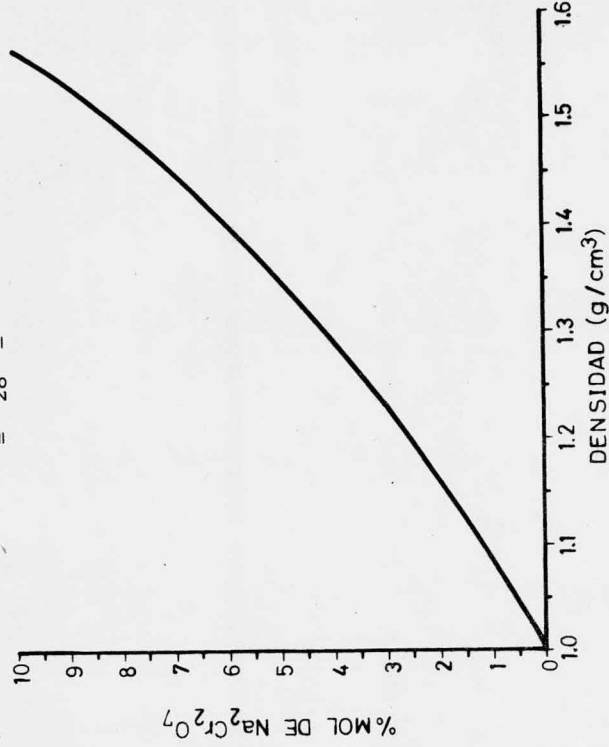
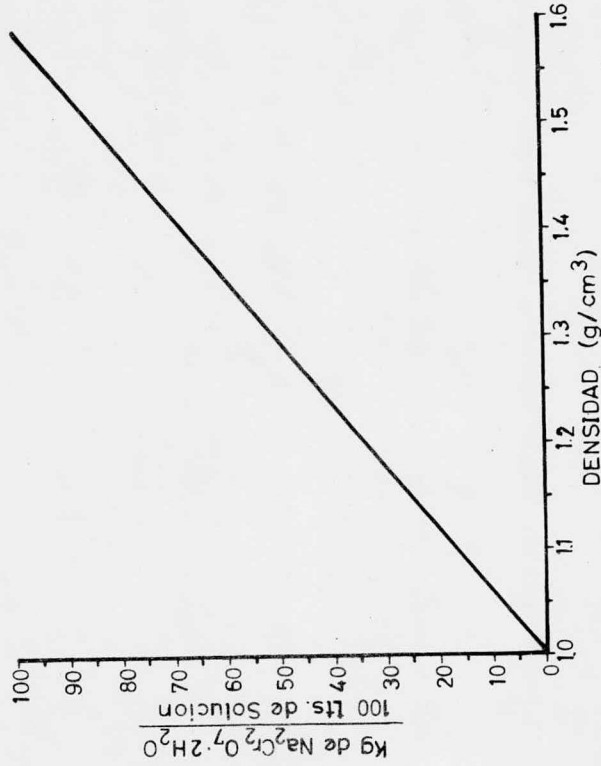


FIG.2.6.- DENSIDAD VS % MOL DE Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>

FIG.2.7.- DENSIDAD VS Kg DE B.S. POR 100 LTS. DE SOL.



2.1.2 Acido sulfúrico.

Este material interviene en la fabricación del Sulfato básico de cromo (SBC) así como en la de los sintanos de naftalina (SN).

En el primer caso reaccionará con el bicromato de sodio, para formar ácido crómico y sulfato de sodio; éstos con la miel incristalizable formarán el SBC.

En el segundo caso, servirá para sulfonar el naftaleno, para formar el ácido  $\beta$  - naftalen sulfónico, que posteriormente será condensado con formaldehido y neutralizado para formar el SN.

El ácido sulfúrico que se utilizará, será de una concentración del 98%, conocido también como aceite de vitreolo. Su fórmula es la siguiente:  $H_2SO_4$

2.1.2.1 Propiedades físicas.<sup>(4,7,8)</sup>

Debido a la abundante información que existe en la literatura sobre este compuesto, no se considera de primordial importancia el enumerar todas las propiedades que tiene,

./.

por lo que se mencionarán solamente los datos más esencia  
les.

El aceite de vitreolo hierve a 338°C y funde a 10.49°C con una composición media de 98.3% de ácido sulfúrico; es un líquido incoloro y no humea. La capacidad calorífica a 25°C es de 0.369  $\frac{\text{cal}}{\text{g } ^\circ\text{C}}$  y para cualquier temperatura:

$$C_p = 0.339 + 0.00038 t$$

donde t está dado en °C y el Cp en  $\frac{\text{cal}}{\text{g } ^\circ\text{C}}$ . En la figura 2.8 se presenta la variación de la densidad con la concen  
tración del ácido sulfúrico a 15°C.

El calor latente de fusión es de 2,360 cal/mol y el calor de formación a 25°C es de -193.69 Kcal/mol y su conductivi  
dad térmica a 30°C es de 0.21  $\frac{\text{BTU}}{\text{hr.Ft}^2^\circ\text{F}}$

En la gráfica de la figura 2.9 se presenta la variación - de la viscosidad en el aceite de vitreolo con respecto a la temperatura.

Un resumen de todos los datos anteriores se presenta en la tabla II.

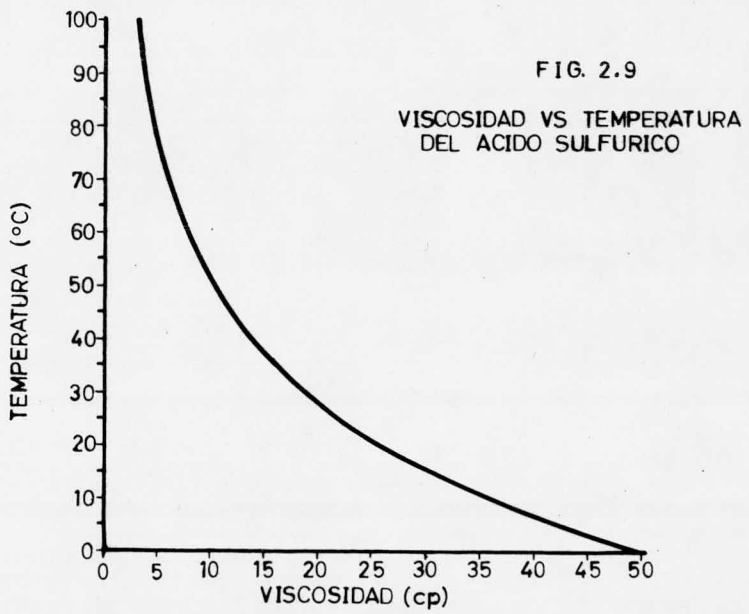
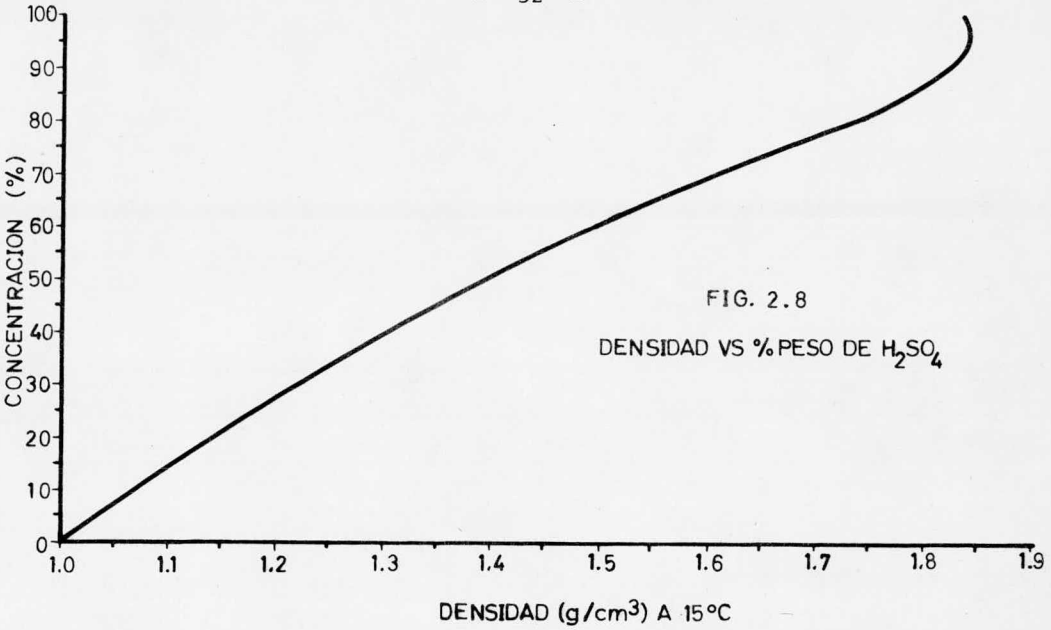
Tabla II.- Propiedades físicas del ácido sulfúrico.

Concentración:	98 - 98.5%
Densidad:	1.836 - 1.8411 g/cm <sup>3</sup>
Turbiedad:	60.7 Apha.
Fierro:	19 p.p.m.
Arsénico:	Trazas.
C <sub>p</sub> 25°C	0.369 cal/g°C
C <sub>p</sub> :	0.339 + 0.00038 t
λ <sub>f</sub> :	2,360 cal/mol.
Δ <sub>Hf</sub> 25°C	- 193.69 Kcal/mol.
k	0.21 $\frac{\text{BTU}}{\text{hr. Ft}^2 \text{°F}}$

#### 2.1.2.2 Presentación y precio.

El ácido sulfúrico concentrado será entregado en pipas de diferentes capacidades, siendo la más común la de 10 toneladas.

El precio promedio es de \$0.8131 por kilogramo, incluyendo el flete y el impuesto sobre ingresos mercantiles.



### 2.1.3 Miel Incristalizable.

Para la fabricación del sulfato básico de cromo, es necesario provocar el paso de  $\text{Cr}^{+6}$  del bicromato de sodio a  $\text{Cr}^{+3}$  del sulfato básico de cromo, ésto se logra si se agrega alguna sustancia reductora.

La sacarosa y la glucosa son compuestos con propiedades reductoras, encontrándose la primera de ellas en las mieles incristalizables o melazas, motivo por el cual será utilizada esta materia para hacerla reaccionar con el ácido crómico para darnos el SBC.

La melaza es un subproducto que se obtiene en la refinación de la caña de azúcar, es decir, que es el líquido que no cristaliza. Es un producto viscoso de color café oscuro y de olor agradable.

Por ser el principal componente de las melazas la sacarosa, la fórmula de esta materia prima será la de ésta:  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$

### 2.1.3.1 Propiedades físicas.

Una de las formas más prácticas para determinar la concentración de los sólidos en suspensión de dicha miel incristalizable, es recurrir a los grados Brix, los cuales nos representan el % de sólidos en suspensión en base a la densidad de la misma. En la figura 2.10 se presenta una gráfica de grados Brix vs. densidad.

En teoría los grados Brix, deberían ser representativos de la cantidad de sacarosa que contiene las melazas; en realidad, no todos los sólidos en suspensión en la melaza son azúcares reductores (sacarosa, glucosa, etc.), sino que también llevan otros sólidos como impurezas.

Por ser un sub-producto, la miel incristalizable nunca se obtendrá en condiciones iguales, por lo que sus propiedades variarán siempre, pero en promedio son:<sup>(4,5)</sup>

Densidad: 1.31 - 1.41 g/cm<sup>3</sup>

Grados Brix: 64 - 80

Concentración en sólidos: 64 - 80%

De acuerdo a pruebas que se realizaron tomando varias muestras de melazas y efectuando varias reducciones, se llegó a la conclusión de que de los sólidos en suspensión 2/3 par

tes son azúcares reductores y que 1/3 parte son azúcares no reductores y/o impurezas.

Esto representa que aproximadamente la mitad de la melaza (48%) es reductiva, Hay que tomar en cuenta que la oxidación de la sacarosa a dióxido de carbono y agua nunca es completa, por lo que es necesario utilizar mas sacarosa que la teórica, lo que quiere decir que es probable que en realidad exista un mayor porcentaje de azúcares reductores, pero solo aproximadamente el 50% de toda la melaza es la que reacciona y el otro 50% que no reacciona lo constituyen azúcares reductores sin reaccionar, azúcares no reductores, otros sólidos y agua.

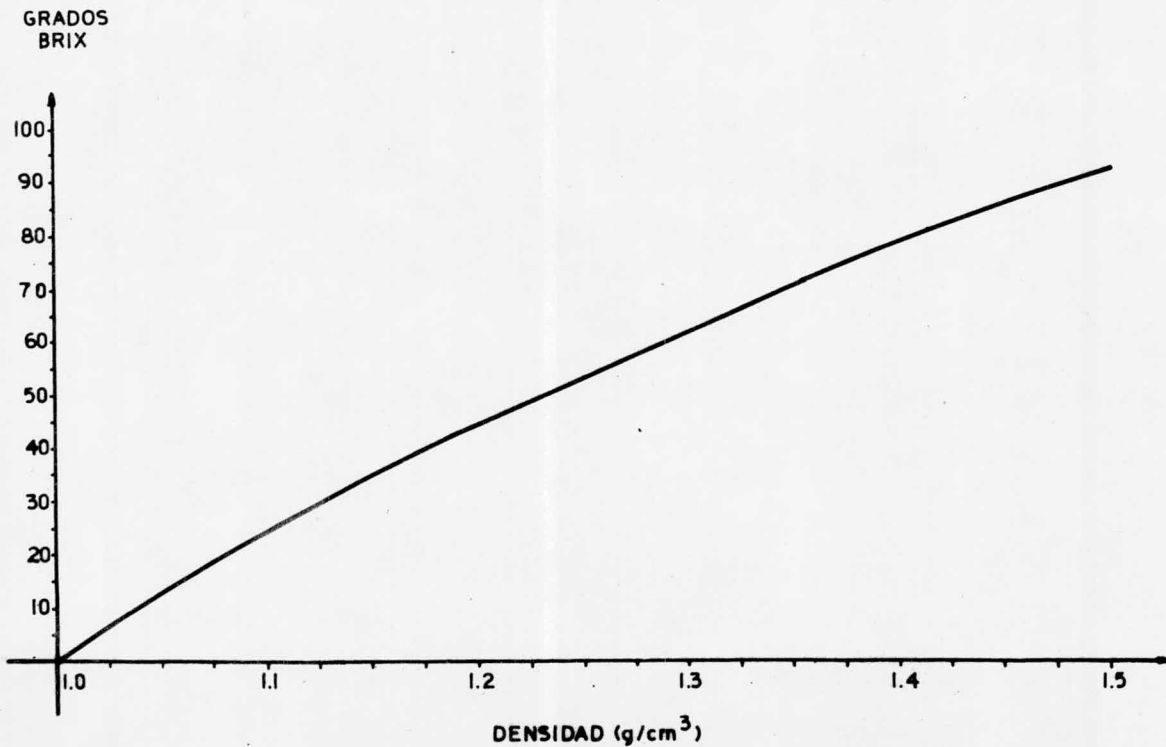
#### 2.1.3.2 Presentación y precio.

La miel incristalizable será entregada en pipas de diferentes capacidades, siendo la más común la de 5 M<sup>3</sup>.

El precio promedio es de \$1.7212 por kilogramo, incluyen do el flete y el impuesto sobre ingresos mercantiles.



FIG. 2.10.- PROPIEDADES FISICAS DE LA MIEL INCRISTALIZABLE

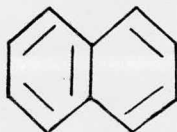


2.2 ESPECIFICACIONES DE MATERIAS PRIMAS USADAS EN LA FABRICACION DE SINTANOS DE NAFTALINA.

2.2.1 Naftaleno.

El naftaleno, también conocido como nafteno y naftalina, es el derivado mononuclear policíclico que se utiliza para sulfonar, condensar y posteriormente neutralizar, en la fabricación del S. N.

Su fórmula (propuesta por Erlenmeyer en 1866 y posteriormente confirmada por Graebe) es la siguiente: <sup>(6)</sup>



El naftaleno se encuentra entre los productos contenidos en el alquitran de hulla (por lo que también se le conoce como alquitrán blanco), en una relación que varía del 3 - a 8%, es de aquí de donde se obtiene industrialmente por destilación fraccionada de los aceites medios que destilan entre 170 y 230°C.

2.2.1.1 Propiedades físicas.<sup>(4,8)</sup>

En la siguiente tabla se presentan sus principales propiedades:

Tabla III.- Propiedades físicas del naftaleno.

Estado físico:	Sólido cristalino a temperatura ambiente.
Color:	Blanco cuando está puro; café cuando está crudo.
Olor:	Alquitran de hulla.
Corrosividad:	No es corrosivo.
Punto de flasheo:	87.8°C (190°F) copa abierta; 78.9°C (174°F) copa cerrada.
Punto de inflamación:	559°C
Límites de explosividad:	Bajo 0.9%; alto 5.9%. (% de gas por volumen de aire seco)
Densidad:	1.145 g/cm <sup>3</sup> a 15.5°C (60°F)
Punto de fusión:	80.2°C (176°F) puro; 74-80°C (165-170°F) crudo.
Punto de ebullición:	217.9°C (424°F)

FIG. 2.II.- VISCOSIDAD VS. TEMPERATURA DEL  
NAFTALENO.

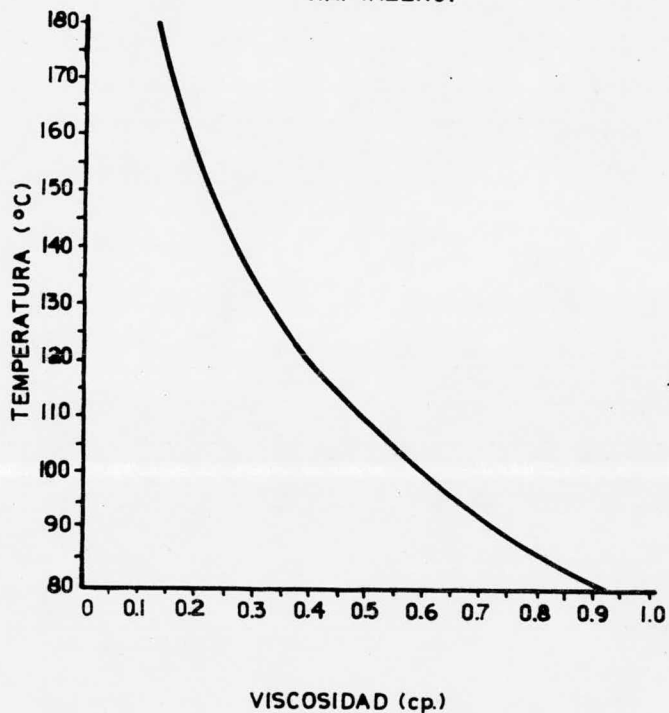


Tabla III.- (continuación).

Solubilidad en agua:	Es muy poco soluble en agua
Calor latente de fusión:	36 cal/g.
Calor latente de evaporación:	75.49 cal/g.
Capacidad calorífica:	0.281 + 0.00111 t (t = °C; Cp = $\frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$ )

Una gráfica de viscosidad vs. temperatura se muestra en la figura 2.11

#### 2.2.1.2 Presentación y precio.

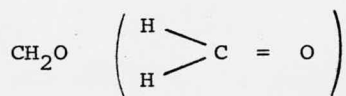
La naftalina puede ser entregada en diferentes presentaciones: Cuando se encuentra en forma impura, en tambores con 150 kgs. o bien en sacos de yute de 50 kgs. cada uno; en forma refinada en sacos de papel con 20 kgs.

El precio promedio de estas tres presentaciones es de - \$9.08 por kg., incluyendo el flete y el impuesto sobre ingresos mercantiles.

### 2.2.2 Formaldehido.

En la planta de S.N., será utilizado para efectuar la condensación del ácido  $\beta$ -naftalen sulfónico.

El formaldehido es un líquido cristalino, incoloro de olor picante y característico, también conocido como formol ó formalina. Se puede disponer de él en forma desinhibida e inhibida con metanol. Su fórmula es:



#### 2.2.2.1 Propiedades físicas.<sup>(4,C)</sup>

La formalina es una solución acuosa del formaldehido o aldehido fórmico gaseoso, que en estado puro presenta las propiedades que se muestran en la tabla IV.

Tabla IV.- Propiedades físicas del formaldehido.

Peso molecular:	30.03
Punto de ebullición:	- 19°C
Punto de fusión:	- 118°C
Energía libre (25°C);	- 27 kcal/mol.
Capacidad calorífica(0°C;1 atm):	9.75 cal/mol.
Calor de combustión:	134.1 Kcal/mol.

Calor de formación (18°C): 28 Kcal/mol.

Calor de solución en agua: 15 Kcal/mol.

Límites de explosividad

en aire: 7 a 73% por volumen.

Temperatura de ignición: 300°C

Solubilidad: Muy soluble en agua, alcohol y otros solventes polares.

El formol que comunmente se encuentra en el mercado tie  
nen las siguientes características.

Tabla V.- Características del Formaldehido a las diferen  
tes concentraciones que se encuentra en el mer  
cado.

Tipo:	37.0	37.7	44.0
Apariencia:	Líquido cristalino, incoloro y de - olor característico.		
% Formol (peso)	36.8 - 37.2	36.8 - 37.2	43.8 - 44.2
% Metanol (peso)	1.5 máx.	6.0 - 7.0	1.5 máx.
% ácido fórmico (peso)	0.02 máx.	0.02 máx.	0.03 máx.

./.

Densidad -			
(g/cm <sup>3</sup> ) a 25°C	1.1082-1.1113	1.094-1.098	1.1302-1.1341
Color apha.	20 max.	20 max.	20 max.
pH	3.75	3.75	3.75

El formaldehido que se utilizará para la fabricación de S.N. será al 44%.

#### 2.2.2.2 Presentación y precio.

El formaldehido será entregado en pipas de diferentes capacidades, siendo la más comun la de 10 M<sup>3</sup>.

El precio promedio en el mercado es de \$5.26 por kilogramo, incluyendo el flete y el impuesto sobre ingresos mercantiles.

#### 2.2.3 Sosa caústica en solución.

Este material es el que se utilizará para neutralizar el ácido naftalensulfónico condensado, para la obtención del S.N. Su nombre químico es en realidad hidróxido de sodio, siendo su fórmula: NaOH

##### 2.2.3.1. Propiedades físicas: <sup>(4,7)</sup>

Las especificaciones que debe reunir esta materia prima son las que se presentan en la tabla VI.



Tabla VI.- Especificaciones de la sosa caústica en sol.

Hidróxido de sodio como NaOH:	48% min.
Oxido de sodio como Na <sub>2</sub> O:	37.2%
Carbonato de sodio como Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> :	0.05%
Cloruros como NaCl	0.25%
Fierro como Fe:	10 ppm.
Apariencia:	Líquido <u>trans</u> parente, denso, ligeramente - turbio.

Es decir, que se utilizará una solución de NaOH al 50% (peso). Cuando el hidróxido de sodio se encuentra en estado puro, es un sólido con textura cristalina fibrosa translúcida y sus propiedades principales se mencionan en la siguiente tabla. (VII).

Tabla VII.- Propiedades físicas del hidróxido de sodio.

Punto de fusión:	318.4°C
Punto de ebullición:	1390°C
Peso molecular:	40
Calor latente de fusión:	200 cal/mol.

Calor de formación: - 101.96 kcal/mol.  
Calor de disolución: - 10.18 kcal/mol.

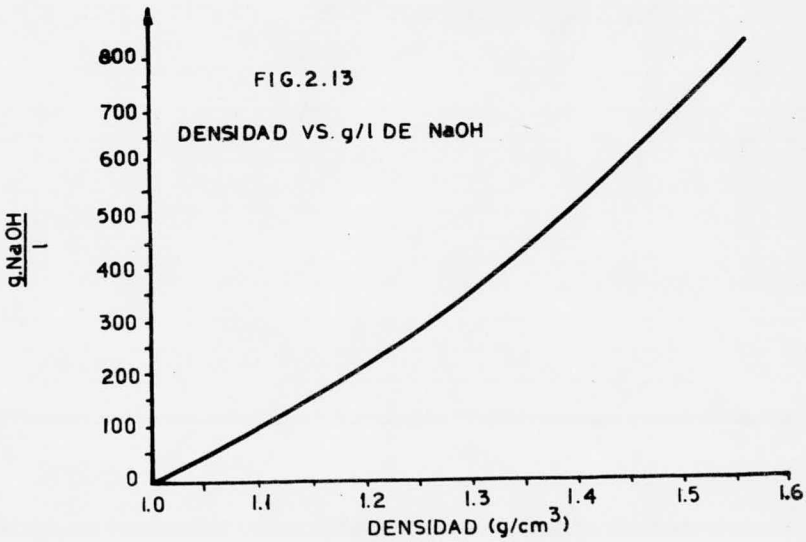
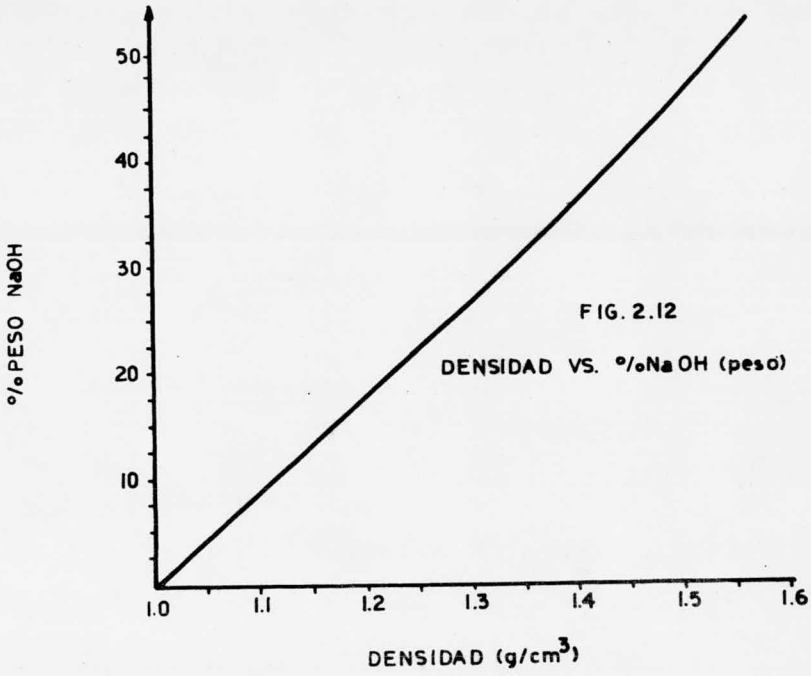
A continuación se presentan una serie de gráficas, con el fin de abundar en las propiedades de la sosa cáustica al 50%, éstas son:

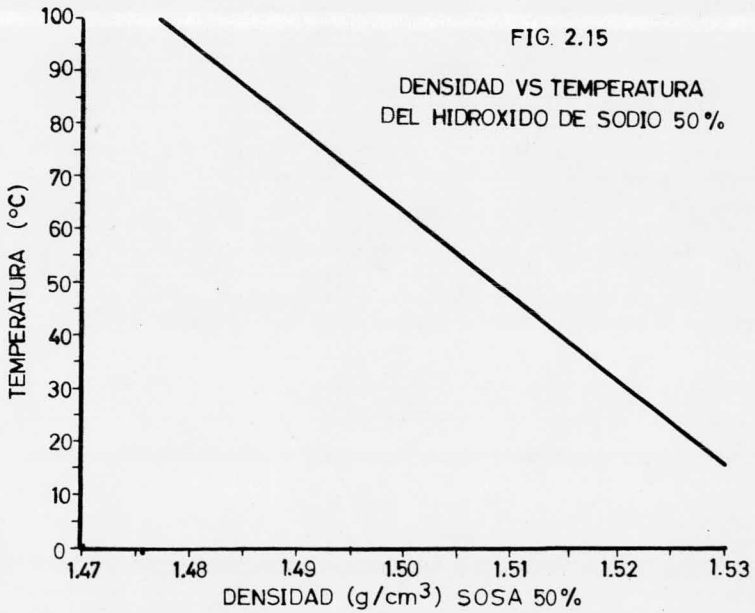
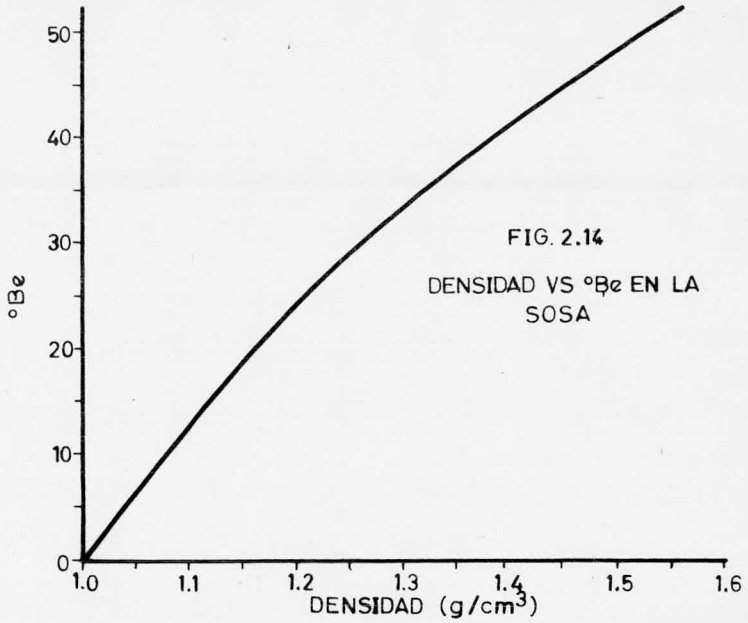
Figura 2.12 Densidad vs. % NaOH  
Figura 2.13 Densidad vs. g/l de NaOH  
Figura 2.14 Densidad vs. ° Be  
Figura 2.15 Densidad vs. temperatura.  
Figura 2.16 Capacidad calorífica vs. % NaOH.  
Figura 2.17 Capacidad calorífica vs. % mol NaOH  
Figura 2.18 Viscosidad vs. Temperatura.

#### 2.2.3.2. Presentación y precio.

La sosa al 50% será entregada en pipas de diferentes capacidades, siendo la más común la de 5 M<sup>3</sup>.

El precio promedio en el mercado es de \$1.54 por kilogramo, incluyendo el flete y el impuesto sobre ingresos mercantiles.





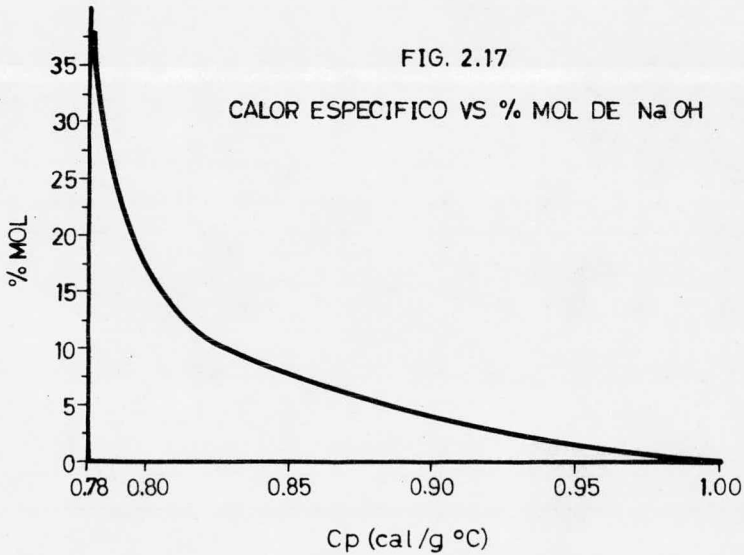
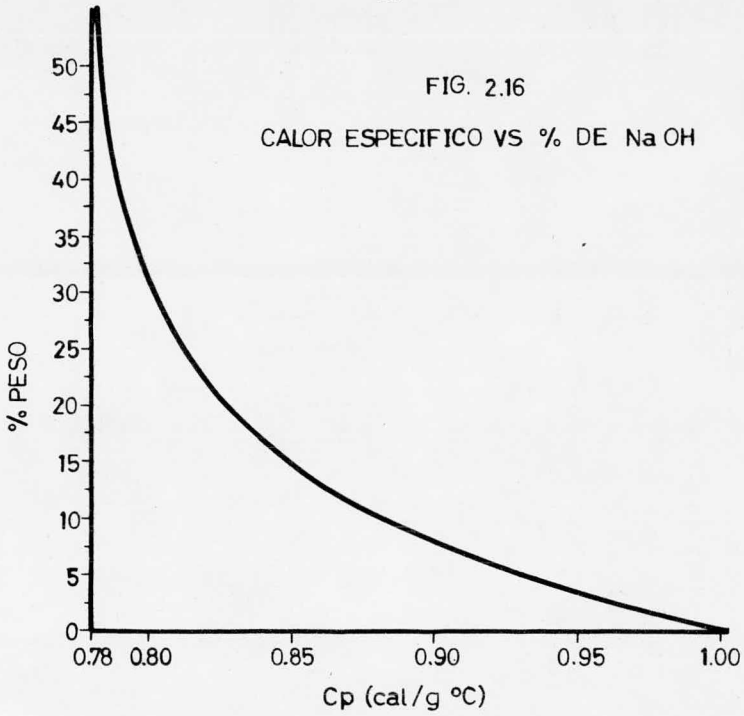
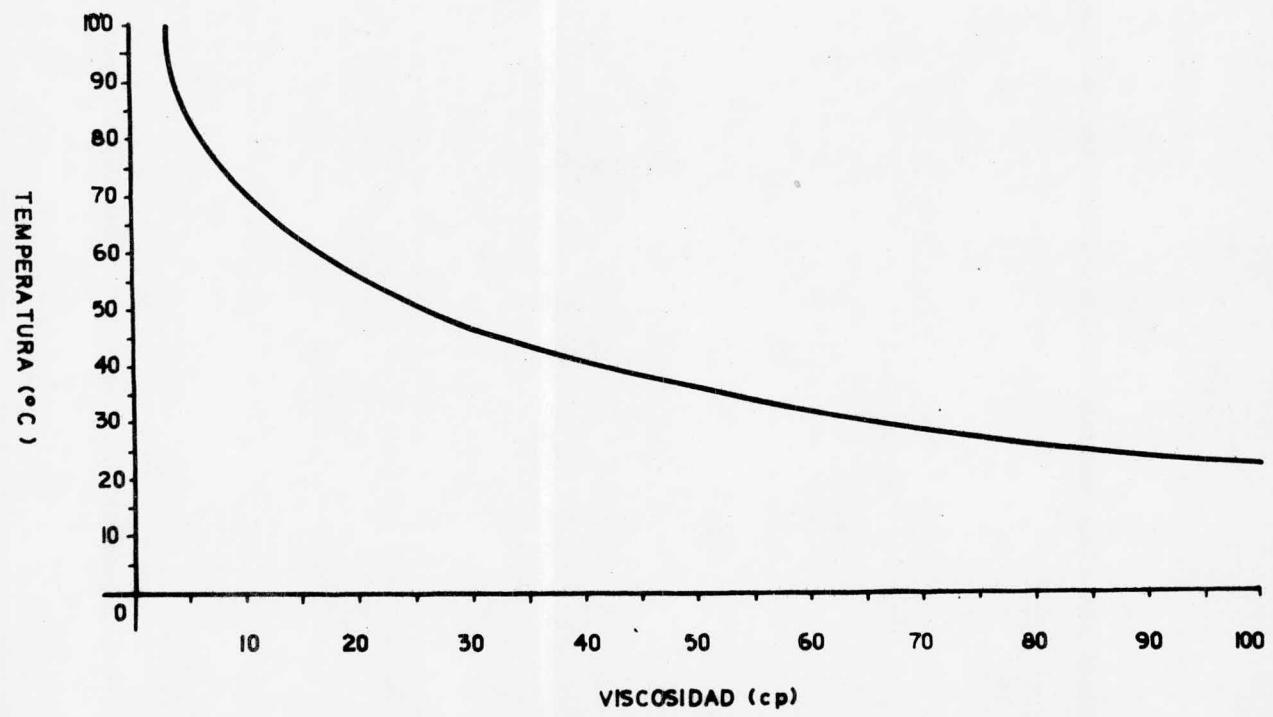


FIG. 2.10.- VISCOSIDAD VS. TEMPERATURA DE LA SOSA CAUSTICA



#### 2.2.4 Hidróxido de amonio en solución.

Este compuesto es conocido también como amoniaco. Será utilizado también para la neutralización del S.N., aun que en mucho menor proporción que la sosa caústica 50%. Esta materia prima se empleará exclusivamente para cuando la neutralización del S.N. no se quiera realizar con sosa caústica.

Como se dijo en un principio (cap. I) el fin de las plantas es el tener la mayoría de la gama de curtientes sin téticos, usados en el proceso de curtición, ya que algunas pieles requieren en dicho proceso, de una sal amoniacal, por lo cual se utilizará un S.N. neutraliza do con amoniaco.

##### 2.2.4.1. Propiedades físicas: <sup>(b)</sup>

El amoniaco acuoso es un líquido incoloro, de olor característico, muy corrosivo para el cobre, aleaciones de cobre, aleaciones de aluminio y superficies galvanizadas; es muy soluble en agua, no es sensitivo a la luz, es explosivo en mezclas de 16 a 25% de  $\text{NH}_3$  en aire -- (% en volumen), su temperatura de ignición es de  $651^\circ\text{C}$  y su temperatura de fusión es de aprox.  $-72.4^\circ\text{C}$

Una gráfica de densidad vs. concentración (% NH<sub>3</sub>) se muestra en la figura 2.19 y una gráfica de densidad vs. °Be se presenta en la figura 2.20

#### 2.2.4.2 Presentación y precio.

Existen en el comercio los siguientes tipos de amoniaco líquido:

Grado A:	29.4% NH <sub>3</sub>
Grado B:	25% NH <sub>3</sub> (mínimo).
Grado C:	15% NH <sub>3</sub> (mínimo).
USP:	27 a 29% NH <sub>3</sub>
CP:	28% NH <sub>3</sub>

El amoniaco que se utilizará será el USP, que será entregado en pipas de 10 M<sup>3</sup>, siendo el precio promedio en el mercado de \$2.60 por kilogramo, incluyendo el flete y el impuesto sobre ingresos mercantiles.



FIG. 2.19.- DENSIDAD VS. % NH<sub>3</sub> (peso)

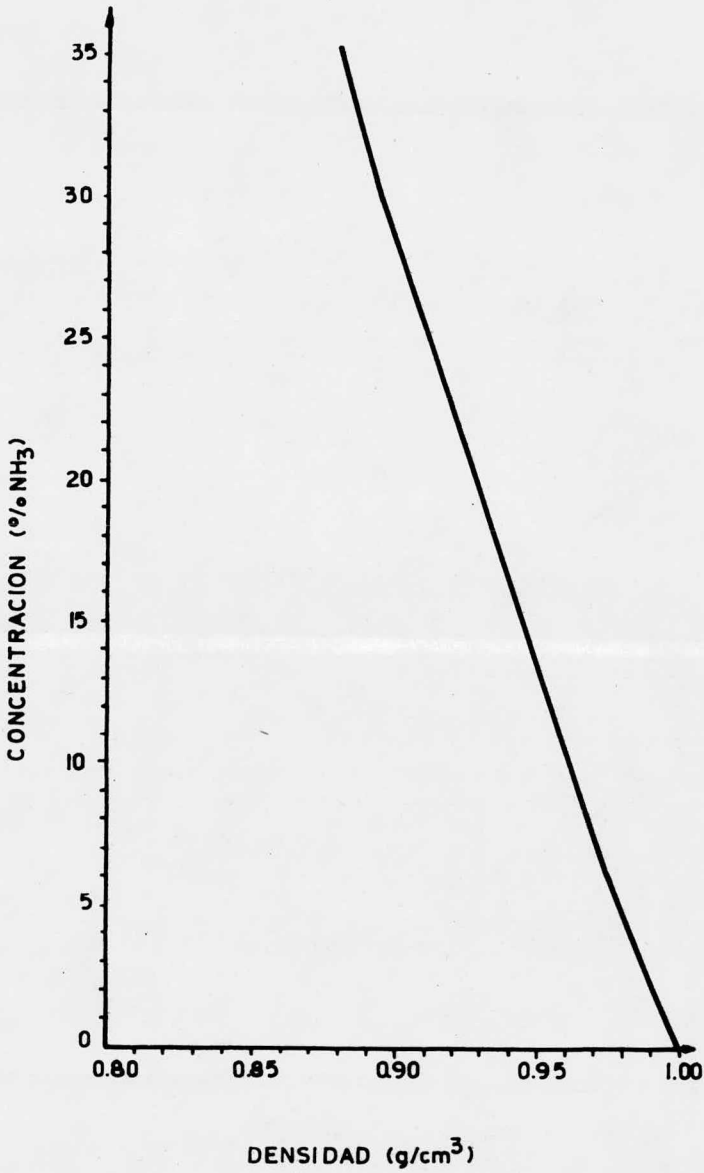
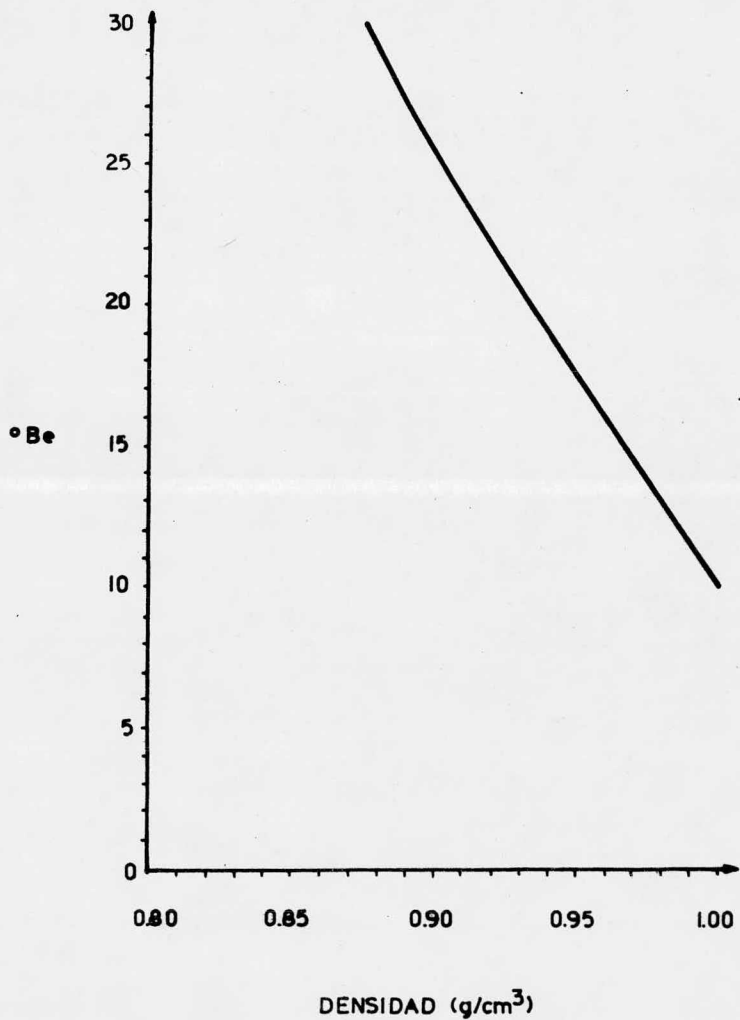


FIG.2.20.- DENSIDAD VS. °Be DEL AMONIACO .



ESPECIFICACIONES DE PRODUCTOS.

2.3 SULFATO BASICO DE CROMO (SBC). <sup>(3,E)</sup>

Este es uno de los dos productos terminados del cual es objeto el presente estudio, resultado de la reacción de reducción del bicromato de sodio y ácido sulfúrico con melaza.

El sulfato básico de cromo seco, es un polvo verde que se disuelve fácilmente en agua fría. Este polvo es el que se utiliza en la curtición de las pieles.

Al agregar el SBC al bombo de curtición, se encuentra primero en estado de un enmascaramiento de sulfato muy fuerte. Mientras dura este estado, el jugo curtiente es muy estable frente a los álcalis.

En el curso de la curtición queda anulado automáticamente el enmascaramiento del sulfato, debido a que los complejos aniónicos de sulfato de cromo se descomponen lentamente. Estos se vuelven catiónicos y debido a esto, adquieren una actividad curtiente completa.

Las ventajas de la curtición al cromo son:

- a) Suave comienzo de la curtición.
- b) Gran seguridad en la basificación.
- c) Fino aspecto de flor.
- d) Buena distribución del cromo.
- e) Buen cuerpo del cuero.
- f) Buen agotamiento de los jugos curtientes.

La composición del SBC es la que se muestra en la -  
tabla VIII.

Tabla VIII.- Composición del SBC.

	<u>Líquido.</u>	<u>Seco.</u>
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	14.4%	24 %
H <sub>2</sub> O	50.0%	16.7%
CrSO <sub>4</sub> OH	33.5%	55.8%
Otros:	2.1%	3.5%
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> equivalente:	15.6%	26 %
SO <sub>3</sub> equivalente:	16.2%	27 %
Basicidad según		
Schoerlammer:	33.3%	33.3%

En la tabla anterior, se presentan dos columnas; en la primera aparece la composición del SBC cuando ter  
mina la reacción, en donde su estado físico es líqui

do. Como será descrito posteriormente (cap. III) se secará este producto y entonces tendrá la composición que aparece en la segunda columna. Vale la pena aclarar que el SBC está formado por el:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CrSO}_4\text{OH}$  y  $\text{H}_2\text{O}$  y no solamente de  $\text{CrSO}_4\text{OH}$ , debido a que el sulfato de sodio también es un curtiente, por lo que no tiene caso tratar de eliminarlo y el agua que contiene el SBC es de cristalización.

### 2.3.1 Propiedades físicas.

Las principales propiedades que tiene el SBC y que serán utilizadas en el presente trabajo, son las siguientes:

Aspecto:	Líquido semiviscoso (liq.) o polvo (seco).
Color:	Verde oscuro.
Viscosidad(23°C):	101 cps. (liq.)
Densidad (liq):	1.576 a 1.600 g/cm <sup>3</sup> a(23-60°C)
pH:	3
Cp (liq.):	0.734 cal/g°C $\Delta H_f = -626.3 \frac{\text{Kcal}}{\text{g mol}}$
Cp (sol.):	0.569 cal/g°C
Cp (anhidro):	0.4839 cal/g°C

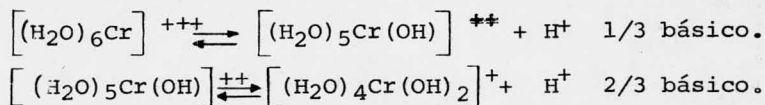
./.

Concentración: 58.9% (liq.) sólidos.

2.3.2 Aspecto químico del SBC.<sup>(3)</sup>

Este sulfato de cromo, del cual trata el presente estudio es 1/3 básico, debido a que una de las valencias - del cromo están ocupadas por el radical OH y las otras dos por el SO<sub>4</sub>, es decir: SO<sub>4</sub> = Cr - OH.

O de acuerdo con la escala de Schoerlemmer, solo 2/3 partes de todo el sulfato se combinan con el cromo - (ver en el cap. III la reac. de fabricación). Las sales crómicas en solución se ionizan, por lo que el sulfato de cromo 33% básico, se puede considerar un derivado - del sulfato de cromo por una hidrólisis parcial o sea:

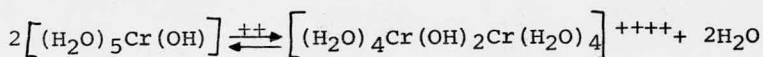


La tendencia a hidrolizarse explica la acides de las soluciones de estos compuestos básicos. En la práctica, se presenta una precipitación cuando la basicidad excede al 60%.

Esta tesis solo tratará sobre la fabricación de la sal

de cromo 1/3 básica, que es perfectamente soluble.

Los complejos iónicos presentes en la solución de SBC se cambiaran para formar complejos polinucleares, en los cuales los grupos hidroxilo actúan como puentes o eslabones entre los átomos de cromo, una ilustración simple de esto es:



Es posible que se formen cadenas unidas hasta por tres grupos hidroxilos, ésto explica la viscosidad de la solución.

Finalmente, los aniones (sulfato) pueden entrar al complejo de cromo y también pueden entrar como eslabones en las cadenas.

Por todo lo anterior, es facil comprender que en el sulfato básico de cromo se pueden encontrar una gran variedad de complejos y conbinaciones moleculares de alto grado de complejidad, esto explica también el porqué los sólidos son amorfos (cuando se efectúa el secado) y el porqué de su apariencia cristalina.

./.

Para aumentar la basicidad en un 8.3% basta agregar a 100 kgs. de SBC 4.5 kgs. de sosa calc. o bien 7.2 kgs. de bicarbonato de sodio.

Para reducir la basicidad en un 8.3% basta agregar a 100 kgs. de SBC 10.3 kgs. de ácido sulfúrico técnico al 30% (19°Be) o bien 4.3 kgs. de ácido sulfúrico 66°Be o bien 4.6 kgs. de ácido fórmico al 85%.

### 2.3.3 Almacenamiento.

El almacenaje del SBC tiene que efectuarse en lo posible en recintos frescos y secos. En caso de que se trate de la lejía, una cristalización provocada por la acción del frío, puede eliminarse fácilmente calentando el producto. Se aconseja que la lejía básica de cromo se conserve en bidones recubiertos de plomo, de goma o plástico, o bien en fosas recubiertas de ladrillos. Los recipientes de hierro o de cemento, sin embargo, no son apropiados y los de madera solo deberán usarse en caso de urgencia.

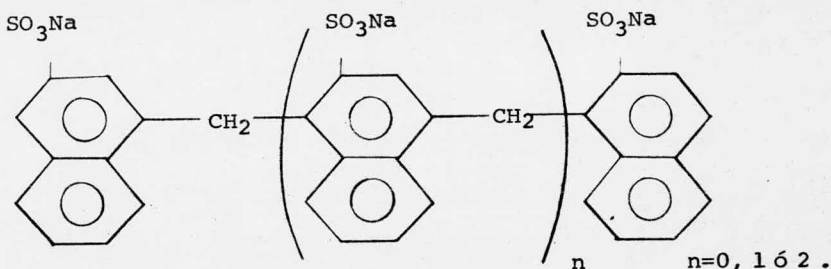
El producto seco será envasado en sacos de papel de 50 kgs. y en la planta la lejía se almacenará en dos tanques de fibra de vidrio de 10 M<sup>3</sup> provistos de un serpentín para calentamiento con vapor.



#### 2.4 SINTANO DE NAFTALINA (SN)

Este es el otro producto terminado del cual es objeto el presente estudio, resultado de la neutralización del ácido  $\beta$ -naftalensulfónico condensado.

El sintano de naftalina seco, es un polvo pardo claro que se disuelve facilmente en agua fria, siendo su fórmula:



Las especificaciones que debe reunir el S.N. se muestran en la tabla IX.

Tabla IX.- Especificaciones del S.N. <sup>(F)</sup>

Concentración:	96%.
pH:	Neutro.
Solubilidad:	Total en agua fria, solución transparente.
Color:	Pardo claro.
Ionogeneidad:	Anionactivo.

Estabilidad: Buena estabilidad a los ácidos, sales, álcalis y la dureza del agua.

Composición: Producto de la condensación del ácido  $\beta$ -naftalensulfónico.

#### 2.4.1 Usos.<sup>(t)</sup>

Se utiliza para la neutralización, recurtición e igualación del color de los cueros curtidos al cromo, así como para la dispersión de los curtientes vegetales o como agente dispersante para el teñido de poliéster con colorantes dispersos. En esta aplicación, el S.N. se usa para dispersar el colorante antes de ser agregado al baño de teñido y principalmente para evitar la aglomeración de colorantes durante el proceso de teñido, agregándolo directamente al baño.

Para efectos curtientes, se puede aplicar sin disolver o en forma disuelta. Este producto no da ninguna reacción de color con las sales de hierro y es compatible con extractos vegetales y con curtientes al cromo.

En el caso de que se desee vender en forma líquida, se neutralizará el ácido  $\beta$ -naftalensulfónico condensado, con amoníaco y entonces presenta las siguientes características:

Concentración: 50%.  
pH: Neutro.  
Contenido de cenizas: 0.5 - 1%.

En forma líquida es un jarabe espeso de color pardusco, fácilmente soluble en agua y presenta las mismas características que en forma de polvo.

#### 2.4.2 Almacenamiento:

Este producto es fácil de almacenar en forma líquida, debido a que no es abrasivo, tiene un pH casi neutro, por lo que será contenido en dos tanques de fibra de vidrio de 10 M<sup>3</sup> cada uno y provistos de un serpentín por el cual circulará vapor, debido a que presenta una cristalización cuando se deja por bastante tiempo a temperatura ambiente.

Una vez seco se envasará en sacos de papel con 50 kgs. cada uno.

C A P I T U L O   I I I .

## DESCRIPCION DE LOS PROCESOS.

### Introducción:

En este capítulo, se observará el proceso que se llevará a cabo en cada una de las plantas (SBC y SN). El sistema será semejante al del capítulo anterior, es decir, que este capítulo tratará primero la planta de Sulfato básico de cromo - (SBC) y en segundo término, la planta de sintanos de naftalina (SN). El estudio de cada planta comenzará por la reacción química que formará la base para realizar los balances de materia y energía que se presentará a continuación, tomando como fundamento estos balances para desarrollar toda la Ingeniería básica. Se procederá a describir la secuencia del proceso, para finalizar con un diagrama de flujo y la descripción del equipo de cada una de las plantas.

### 3.1 SULFATO BASICO DE CROMO.

#### 3.1.1 Reacción química:

Existen dos procedimientos para la obtención del SBC.<sup>(3)</sup> El primero se basa en hacer reaccionar dióxido de azufre, con una solución de bicromato de sodio y en el segundo, se utiliza ácido sulfúrico y miel incristalizable, en lugar del bioxido de azufre. Las reacciones que se efectúan son respectivamente, las

*para el 1er proceso*

siguientes:



El primer proceso consiste en usar  $\text{SO}_2$  líquido ó gaseoso, proveniente de un quemador de azufre, el bióxido de azufre es burbujeado a través de una solución de bicromato de sodio en un tanque, el cual debe de tener los dispositivos necesarios para permitir la distribución homogénea del bióxido de azufre, conforme se va suministrando.

En el caso de que el bióxido de azufre sea gaseoso, éste entrará por la parte inferior de una columna empacada con cerámica y a contra-corriente se adicionará la solución de bicromato de sodio.

Después que la reducción ha terminado, se pasa vapor a la solución, con lo cual se logra quitar el exceso de bióxido de azufre que quedó sin reaccionar.

El segundo proceso consiste en agregar ácido sulfúrico a un recipiente que contiene solución de bicromato de sodio y reducir con miel incristalizable.

El primer proceso es más sofisticado, debido a que implica el manejo de bióxido de azufre y de equipo más complicado por lo que el producto se encarecería.

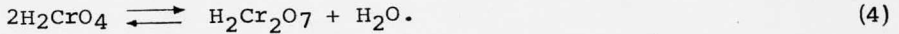
Uno de los fines de este trabajo, es el poder demostrar que se pueden hacer productos en México, con especificaciones - estandar mundiales, a bajo costo o por lo menos competitivo mundialmente, sin la necesidad de usar tecnologías sofisticadas utilizadas en los países desarrollados y que para la realidad de México, no se pueden aplicar o que no se justifican.

Por todo lo anterior, el proceso seleccionado es el segundo por requerir equipo más sencillo y utilizar materias primas que abundan en el mercado de bajo costo y fácil manipulación.

Ahora bien, cuando se agrega el ácido sulfúrico a la solución de bicromato de sodio, se produce una reacción exotérmica en la cual hay formación de ácido crómico y ácido bicrómico.

./.

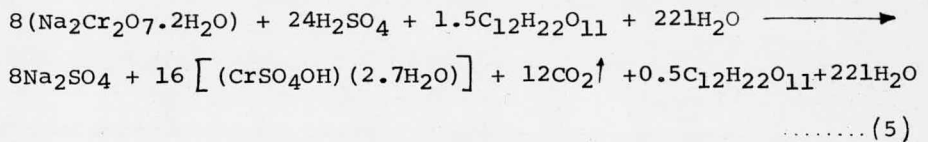
La reacción que se efectúa es la siguiente:



El cambio de ácido crómico a ácido bicrómico es casi instantáneo. Una vez formado en la mezcla de reacción el sulfato de sodio y los ácidos, se procede a reducir con miel incristalizable ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ) cumpliéndose así la reacción. (2)

En realidad, en el producto seco de S.B.C., existen considerables cantidades de agua contenidas en varios estados de combinaciones tanto físicas, como químicas, si se tratara de eliminar esta agua por un sobrecalentamiento en el secado, se obtendría un material insoluble, cosa que es indeseable.

De acuerdo a experimentos realizados y a los balances de materia que se presentan detalladamente a continuación, la ecuación que describe más fielmente la reacción es la siguiente:



./.



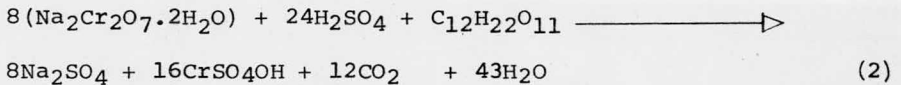




Este tipo de compuesto es el que se tiene en el producto, ya que como se ve en la ecuación(5) hay tres moléculas de agua - por mol de  $\text{CrSO}_4\text{OH}$  y se tienen impurezas, las cuales son dichos iones ácidos.

✓ 3.1.2 Balance de materia para la fabricación de SBC.

El balance de materia para el S.B.C., se realiza en base a la estequiometria de la reacción mencionada en la sección de fórmula química, como la número(2), pero aquí se describen las experiencias a nivel laboratorio que se tubieron para la compra**o** bación de dicha reacción. Entonces de acuerdo a la ecuación (2) de este capítulo, se tienen los siguientes datos:



	<u>Peso mo-</u>	<u>Número</u>	<u>gr. mol.</u>	
	<u>lecular.</u>	<u>moles.</u>		
$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	298 <sup>3</sup>	8	2,384	
$\text{H}_2\text{SO}_4$	98	24	2,352	
$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	342	1	342	
$\text{Na}_2\text{SO}_4$ } <span style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</span> sólidos	142	8	1,136	}
$\text{CrSO}_4\text{OH}$ }	165	16	2,640	

Es decir, que para poder obtener 3,030.3 kgs. de producto se co en cada lote, se necesitan las siguientes cantidades de materias primas; en base a la tabla anterior, se tiene que se requieren:

1,913.2 kgs. de bicromato de sodio al 100%.

Esto significa que se necesitan 1,952.24 kgs. al 98% o sean 2,440 lts. de solución de bicromato de sodio.

1,887.5 kgs. de ácido sulfúrico al 100%.  
o sean 1,926 kgs. al 98%, que son 1,046 litros.

274.46 kgs. de miel incristalizable al 100%.  
o sean 383.4 kgs. al 71.5% que son 249 litros.

Para comprobar la veracidad de la estequiometria de la reacción descrita en la ecuación (2), se hicieron varias reacciones para obtener sulfato básico de cromo a nivel laboratorio y una prueba típica es la que se presenta a continuación:

Las cantidades usadas son las siguientes:

Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> .2H <sub>2</sub> O.	238.4 g.	} ρ = 1.49 g/c. c. 290.1 ml.
Agua contenida en la solución de bicroma		
to de sodio:	191.7 g.	

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98%: 129.6 ml. = 239.8 g.  $\left\{ \begin{array}{l} 235.2 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \text{ 100\%} \\ 4.6 \text{ g. H}_2\text{O en ácido.} \end{array} \right.$

C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>, de 71.5°Be: 53 ml. = 72 g.  $\left\{ \begin{array}{l} 51.3 \text{ g. C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \\ 20.7 \text{ g. H}_2\text{O en miel.} \end{array} \right.$

Agua agregada durante la reacción: 180.9 g.

Total de materia prima usada: 922.8 g.

Los resultados de esta reacción son los siguientes:

Volumen de la solución de sulfato básico de cromo: 470 ml.

Densidad de la solución: 1.581 g/c.c.

Peso de la solución: 743.127 g.

Agua desprendida durante la reacción y

recuperada: 69.25 g.

Agua total agregada: 372.54 g.

Concentración de la solución: 0.6362 g. sólidos  
g. solución

Sólidos en solución: 472.77 g.

% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 16.0051%

./.

% SO<sub>3</sub>: 16.6%

Relación de SO<sub>3</sub>/Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 1.0371

El agua de la solución de SBC es: 743.12-472.77 =  
270.35 g.

Entonces el balance general de materia será el mostrado en la siguiente tabla:

Tabla X.- Balance general de materia del SBC.

Entrada.			Salida.		
	<u>Gramos</u>	<u>Moles</u>		<u>Gramos</u>	<u>Moles</u>
Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ·2H <sub>2</sub> O	238.4	8	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	113.6	8
H <sub>2</sub> O en sol. de bicromato	191.7	106.5	CrSO <sub>4</sub> OH	264	16
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	235.2	24	*Otros (melaza)	17.1	0.5
H <sub>2</sub> O en ácido sulfúrico.	4.6	25	** H <sub>2</sub> O acomplete jada.	78.1	43.34
C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	51.3	1.5	H <sub>2</sub> O en sol. SBC	270	150
H <sub>2</sub> O en miel			{ 69.25 g. cond. 38.5 H <sub>2</sub> O evap { 58.13 g. no - condensada*** 32.3		
incristalizable	20.7	11.5			
H <sub>2</sub> O agregada en reacción.	<u>180.9</u>	100.5		CO <sub>2</sub> ***	<u>52.8</u>
	922.98			922.98	

Según las cantidades usadas y de acuerdo a la ecuación (2) los sólidos a obtener teóricamente serían 377.6 g. y en realidad se obtuvieron 472.8 g., es decir, 45.2 g. más y esto se debe a las razones que a continuación se expresan:

\* Si se pone atención a los datos anteriores, se observará que para que se lleve a cabo la reacción, se agrega un 50% más de la melaza teórica por usarse, ya que solo se necesitan teóricamente 34.2 g. y se agregaron en realidad 51.3 g. de  $C_{12}H_{22}O_{11}$  (sin considerar el agua); por lo que necesariamente esos sólidos tienen que secarse junto con el sulfato básico de cromo, es decir:

51.3 g. - 34.2 = 17.1 g. de sólidos (salen junto con el SBC).

Estos sólidos pueden ser azúcares no reductores, azúcares reductores que no reaccionaron, o bien impurezas en la melaza.

Es aquí donde se puede demostrar que solo dos terceras partes de los sólidos contenidos en la melaza, son azúcares reductores, ya que de 51.3 g. solo reaccionan 34.2 g. o sea:

$$\frac{34.2 \text{ g.}}{51.3 \text{ g.}} = 0.666 = \frac{2}{3}$$

Y también se puede ver que de 72 g. de miel incristalizable, solo reaccionan 34.2 g., es decir que el 47.5% son azúcares reductores en la melaza. De lo anterior se concluye que:

472.8 g. - 17.1 g. = 455.7 g. que son de S.B.C.

Es decir, que lleva un 3.62% de impurezas.

\*\* Ahora bien, necesariamente la diferencia entre el sulfato básico de cromo obtenido (ya sin impurezas) y lo teórico por obtener es agua, o sea:

455.7 g. - 377.6 g = 78.1 g. de agua.

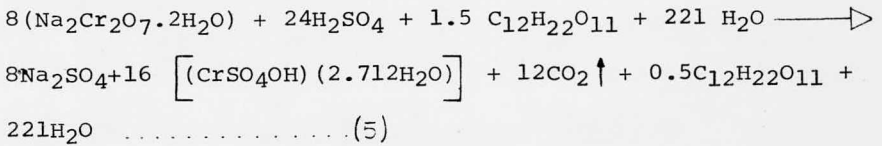
Esta agua como ya se ha mencionado en la teoría con la cual se inicia este capítulo, está unida al sulfato básico de cromo por varios estados de combinaciones físicas y químicas y si se tratara de eliminarla por medio de un sobrecalentamiento durante el secado, se forma un material insoluble, posiblemente debido a la pérdida del agua combinada químicamente y a la formación de oxisulfatos.

Esta agua unida al S.B.C. corresponde a 43.39 moles y existen 16 moles de  $\text{CrSO}_4\text{OH}$ , o sea, que en promedio a cada mol de sulfato básico de cromo están unidas:

./.

$$\frac{43.34}{16} = 2.712 \quad \frac{\text{Moles de agua}}{\text{Mol de CrSO}_4\text{OH}}$$

Esto comprueba lo descrito en el capítulo II secc. 2.3, así como también las ecuaciones 2, 3, 4 y 5 del presente capítulo. Todo lo anterior conduce a plantear la siguiente ecuación, la cual cumple y obedece a los resultados de la prueba que se presentó antes:



El balance de la ecuación desglozado es:

	Entrada	Salida
Na	16	16
Cr	16	16
S	24	24
C	18	18
O	405.5	405.5
H	555	555.3



La diferencia entre el oxígeno e hidrógeno que entran y salen, se puede deber a error de experimentación.

\*\*\* El bioxido de carbono que se reporta en la tabla X, se obtiene por estequiometría de la ecuación (5). Es en dicha tabla donde se presenta resumidos los resultados de la prueba que sirve para hacer el balance de materia.

En la reacción aquí descrita se obtuvieron 472.77 g. de sólidos, en realidad necesitamos una reacción 6409.7 veces mayor, esto es para poder obtener 3030.3 kgs. de producto seco por lote.

En la tabla XI se presentan ya las cantidades requeridas para la producción de la cantidad antes mencionada de S.B.C.  
 Tabla XI. Requerimientos de mat. prima para efectuar un lote de S.B.C.

<u>Materia prima</u>	<u>Concen</u> <u>tración</u>	<u>Densidad</u> <u>20°C g/cm<sup>3</sup></u>	<u>Promedio:</u>	
			<u>Kg.</u>	<u>Lts.</u>
Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ·2H <sub>2</sub> O	98.5%	1.48	1,528	1,860
H <sub>2</sub> O (en la sol.)	100.0%		1,229	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98.0%	1.8411	1,529	831
C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	71.5°Brix	1.359	462	340
H <sub>2</sub> O (agregada)	100.0%	1.000	1,160	1,160

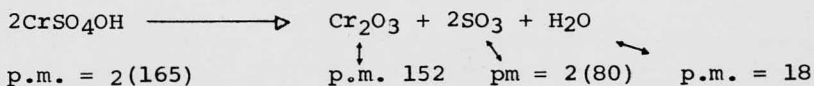
La composición media del sulfato básico de cromo (seco) será:

Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> :	24.03%
CrSO <sub>4</sub> OH:	55.84%
otros:	3.62%
H <sub>2</sub> O unida al	
CrSO <sub>4</sub> OH:	16.51%

Es decir, que en 3,030 kgs. tendremos:

728 kgs.	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
1,692 kgs.	CrSO <sub>4</sub> OH
500 kgs.	H <sub>2</sub> O
110 kgs.	otros.

El sistema de cuantificación del sulfato básico de cromo se hace como Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y SO<sub>3</sub> de acuerdo a la siguiente reacción:



Entonces, como 2(165) = 330 g. son el 55.84%, el 100% serán 590.47 g., con lo que obtenemos el porcentaje de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y SO<sub>3</sub> siendo 25.72% y 27.07% respectivamente y la relación entre - SO<sub>3</sub>/Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> es 1.0526 .

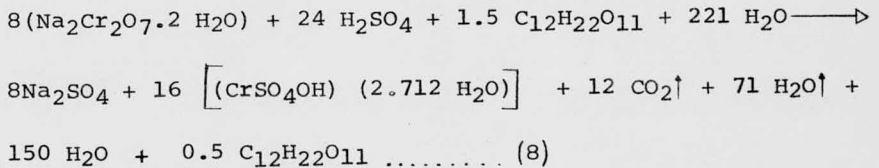
Como se ve, 55.84% de  $\text{CrSO}_4\text{OH}$  equivalen a un 25.72% de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  y a un 27.67% de  $\text{SO}_3$  y siempre que se tenga una relación de  $\text{SO}_3$  en  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  que fluctue entre 1.01 y 1.06 se sabrá que se tiene un sulfato de cromo un tercio básico.

Al llevar a cabo la reacción, hay una variación de la temperatura con respecto al tiempo como el mostrado en la gráfica de la figura 3.1

3.1.3 Balace de energía.

La finalidad de este inciso es poder establecer el calor de reacción para la fabricación del S.B.C. y el balance térmico dentro de la torre de secado.

Para efectuar el balance de energía, es necesario reescribir la ecuación(5) de la siguiente manera:



./.



La variante en esta reacción es que se separa el agua evaporada del agua que queda en la solución de S.B.C., de acuerdo con la tabla X.

Como sabemos, el  $\Delta H$  de reacción se define como sigue:<sup>(7)</sup>

$$\Delta H_R^{25^\circ\text{C}} = \sum \Delta H_{fp} - \sum \Delta H_{Fr} \quad (9)$$

Buscando los calores de formación en la literatura, se encontraron que son los siguientes:

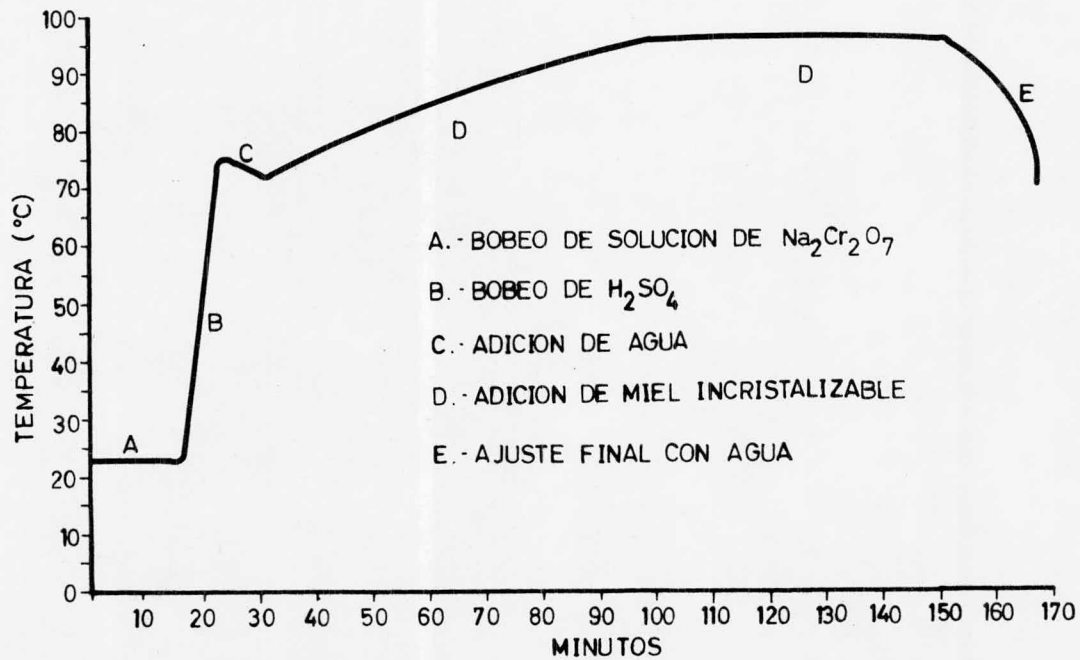


FIG. 3.1.- PERFIL DE TEMPERATURAS EN LA FABRICACION DE S. B. C.

Tabla XII: Calores de formación. <sup>(4,7)</sup>

Producto:	$\Delta H_f^{25^\circ C}$	$\frac{\text{Kcal}}{\text{g.mol}}$
$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-	465.9
$\text{H}_2\text{SO}_4$	-	193.91
$\text{Na}_2\text{SO}_4$	-	330.82
$\text{CO}_2$	-	94.052
$\text{H}_2\text{O}$ (l)	-	68.3174
$\text{H}_2\text{O}$ (g)	-	57.7979
$\text{CrSO}_4\text{OH}$	-	626.3

El unico valor no encontrado en la literatura es el de la sacarosa, por lo que se procederá a calcularlo.

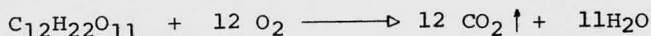
El calor de formación está dado por:

$$\Delta H_f = -\Delta H_c + (\Delta H_f \text{ CO}_2 + \Delta H_f \text{ H}_2\text{O})$$

El calor de combustión ( $\Delta H_c$ ) para la sacarosa encontrado en la literatura <sup>(7)</sup> es:

$$\Delta H_c = - 1350.1 \frac{\text{kcal}}{\text{g mol}}$$

Ahora bien, se tiene que:



Entonces:

$$\Delta H_f = 1350.1 + [12(-94.052) + 11(-68.3174)]$$

$$\Delta H_f \text{ C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} = -530.0154 \text{ Kcal/g. mol.}$$

Con todos los datos anteriores, ya se puede calcular el calor de reacción a 25°C.

$$\Delta H_r^{25^\circ\text{C}} = [8(-330.82) + 16(-626.3) + 12(-94.052) + 71(-57.7974) + 150(-68.3174) + 0.5(-530.0154)] - [8(-465.9) + 24(-193.91) + 1.5(-530.0154) + 221(-68.3174)]$$

$$\Delta H_r^{25^\circ\text{C}} = -4138.043 \text{ Kcal.}$$

El calor de reacción total se define como:

$$\Delta H_{rt} = \Delta H_r^{25^\circ\text{C}} + (\sum \Delta H_p - \sum \Delta H_r) + \Delta H_v \text{ H}_2\text{O}$$

De esta ecuación podemos eliminar el término de  $\sum \Delta H_r$ , ya que como se agregan los reactivos a temperatura ambiente,  $\Delta T=0$  y por lo tanto  $\sum \Delta H_r = 0$ .

Para poder calcular las entalpías es necesario conocer los calores específicos ( $C_p$ ) de cada componente, los cuales se presentan a continuación

Tabla XIII.- Calores específicos.<sup>(4,7)</sup>

Producto	$C_p \frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot ^\circ\text{K}}$	$C_p \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	32.800	0.231
C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	102.500	0.300
CO <sub>2</sub>	9.202	0.209
H <sub>2</sub> O	18.000	1.000
CrSO <sub>4</sub> OH.2.711H <sub>2</sub> O (s)	152.000	0.713
S.B.C. (liq.)	31.245	0.734

El término  $\Delta H_{\sqrt{H_2O}}$  es: 10.52 Kcal/mol.

Como sabemos que:

$$\Delta H = nC_p \Delta T.$$

Y la temperatura máxima que tiene la reacción es de 96°C (369°K) que es la temperatura a la cual ebulle el agua en el lugar donde se encuentra la planta y todo el calor que desprende esta reacción se utiliza para la evaporación del agua (ver figura 3.1) y se empieza la reacción a 20°C - - (293°K): por lo que en todos los casos tenemos:

$$\Delta T = (369 - 293) = 76^\circ$$



Y substituyendo:

$$\begin{aligned}\Delta H_{\text{Na}_2\text{SO}_4} &= 8(32.8)(76) = 19.942 \text{ Kcal.} \\ \Delta H_{\text{CO}_2} &= 12(9.202)(76) = 8.392 \text{ Kcal.} \\ \Delta H_{\text{H}_2\text{O}} &= 221(18)(76) = 302.328 \text{ Kcal.} \\ \Delta H_{\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}} &= 0.5(102.5)(76) = 3.895 \text{ Kcal.} \\ \Delta H_{\text{CrSO}_4\text{OH}} &= 16(152)(76) = \underline{184.832} \text{ Kcal.} \\ &519.389 \text{ Kcal.}\end{aligned}$$

$$\text{Y para: } \Delta H_{\text{VH}_2\text{O}} = 71(10.52) = 746.92 \text{ Kcal}$$

Substituyendo en la ecuación de  $\Delta H_{\text{rt}}$  tenemos:

$$\Delta H_{\text{rt}} = -4138.043 + 519.389 + 746.92$$

$$\Delta H_{\text{rt}} = -2,871.734 \text{ Kcal.}$$

En realidad el lote será 640.97 veces mayor que lo descrito, es decir que para un lote en el cual tengamos 3030.3 kg de producto seco, el calor total de reacción es:

$$\Delta H_{\text{r}} = -(2871.734)(640.97) = -1.8407 \times 10^6 \text{ Kcal.}$$

Es decir, la reacción es exotérmica y desprende por lote - 1,840,700 Kcal.

./.

3.1.3.1 Balance de materia y energía en la torre de secado

De acuerdo al balance de materia de la sección 3.1.2, vemos que de todo el producto seco, el 16.51% es agua. Por lo que en los 3030.3 kgs. de S.B.C. que se obtienen por lote, solamente existen:

$$3030.3 (1-0.1651) = 2530 \text{ kg. de producto anhidro.}$$

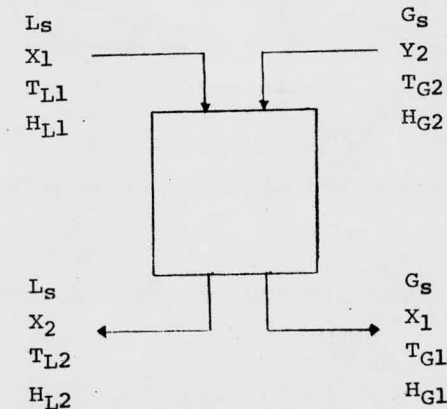
Cuando se termina de efectuar la reacción existen 5,149 kg. del licor por lo que el contenido de agua será de:

$$5144 - 2530 = 2614 \text{ kgs. de agua.}$$

El tiempo requerido para secar los 3030.3 kgs. de S.B.C., será de 8 horas.

El balance global de materia y energía se presenta en la siguiente figura. <sup>(8)</sup>

Fig. 3.2 Balance global de materia y energía en la torre de secado.



Nomenclatura.

- $L_S = \frac{\text{lb. producto seco (anhidro)}}{\text{hr.}}$   
 $X = \frac{\text{Contenido de humedad} = \frac{\text{lb de agua}}{\text{lb. producto seco.}}}{}$   
 $Y = \frac{\text{Humedad absoluta} = \frac{\text{lb. de agua}}{\text{lb. aire seco}}}{}$   
 $H_L = \frac{\text{Entalpia del líquido} = \frac{\text{BTU}}{\text{lb. producto seco}}}{}$   
 $H_G = \frac{\text{Entalpia del gas} = \frac{\text{BTU}}{\text{lb. aire seco.}}}{}$   
 $T_L = \text{Temperatura del líquido} = \text{°F}$   
 $T_G = \text{Temperatura de gas} = \text{°F}$   
 $G_S = \frac{\text{lb. aire seco}}{\text{hr.}}$

En base al diagrama dibujado se tiene que:

$$L_S X_1 + G_S Y_2 = L_S X_2 + G_S Y_1 \quad (10)$$

$$L_S (X_1 - X_2) = G_S (Y_1 - Y_2) \quad (11)$$

Ahora bien, se sabe que:

$$H_L = C_L (T_L - T_0) + XCa(T_L - T_0) \quad (12)$$

$$H_G = [0.24 + 0.45Y] (T_G - T_0) + 1075.2 (Y) \quad (13)$$

Donde:

$C_L$  = calor específico del sólido seco = 0.56916 BTU/lb°F

$C_a$  = calor específico del líquido (agua) = 1 BTU/lb °F

Entonces:

$$L_s H_{L1} + G_s H_{G2} = L_s H_{L2} + G_s H_{G1} \quad (14)$$

$$y: L_s = \frac{2530 \text{ kg}}{8 \text{ hr}} = 316.25 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} = 697.2 \frac{\text{lb.}}{\text{hr.}}$$

$$X_1 = \frac{2614}{2530} = 1.0352 \frac{\text{lb de agua}}{\text{lb prod. seco}}$$

$$X_2 = \frac{16.51}{100-16.51} = 0.1977 \frac{\text{lb de agua}}{\text{lb prod. seco}}$$

$$T_{G2} = 200^\circ\text{C} = 392^\circ\text{F}$$

$$T_{G1} = 90^\circ\text{C} = 194^\circ\text{F}$$

$$T_{L1} = 70^\circ\text{C} = 158^\circ\text{F}$$

$$T_{L2} = 90^\circ\text{C} = 194^\circ\text{F}$$

$$T_o = 0^\circ\text{C} = 32^\circ\text{F}$$

El aire que se calentará a 200°C, tendrá una temperatura de bulbo seco de 24°C (75.2°F) y una temperatura de bulbo húmedo de 18°C (64.4°F), con esto se ve que:

./.

$Y_2 = 0.01$  lb. de agua/lb. de aire seco.

El agua por evaporar será:  $L_s (X_1 - X_2)$ .

$$697.2 (1.0352 - 0.1977) = 583.905 \frac{\text{lb. agua}}{\text{hr.}} = 264.86 \frac{\text{kg.}}{\text{hr.}}$$

Para poder estimar el gasto de aire que se necesita, se tiene que resolver todas las incógnitas, ésto es:

$$H_{G2} = [0.24 + 0.45 (0.01)] (392-32) + 1075.2 (0.01) = 98.772 \text{ BTU/lb. aire seco.}$$

$$H_{G1} = [0.24 + 0.45(Y_1)] (194-32) + 1075.2 Y_1 = 38.88 + 1148.1 Y_1$$

$$H_{L2} = 0.0569 (194-32) + 0.1977(1) (194-32) = 124.23132 \text{ BTU/lb. sólido.}$$

$$H_{L1} = 0.569 (158-32) + 1.035 (1) (158-32) = 202.1214 \text{ BTU/lb. sólido.}$$

De la ecuación (11) se tiene que:

$$583.905 = G_s (Y_1 - 0.01) = G_s Y_1 - 0.01 G_s \quad (15)$$

Y de la ecuación (14) se sabe que:

$$(697.2) (202.1214) + G_s(98.772) = (697.2) (124.23132) + G_s (38.88 + 1148.1 Y_1).$$

$$140,921.27 + 98.772 G_s = 866140.076 + 38.88 G_s + 1148.1 G_s Y_1 \quad (16)$$

./.

Resolviendo simultáneamente (15) y (16):

$$G_s = 12725.912 \frac{\text{lb. aire seco}}{\text{hr.}} = 5772.4736 \frac{\text{kg. aire seco}}{\text{hr.}}$$

$$Y_1 = 0.0558 \frac{\text{lb. de agua}}{\text{lb. aire seco}} = 0.0558 \frac{\text{kg. agua}}{\text{kg. aire seco.}}$$

Finalmente, en la entrada se tiene:

$$\text{Gasto de aire: } 5772.4736 (1.01) = 5830.19 \frac{\text{kg. aire fresco}}{\text{hr.}}$$

Y en la salida:

$$\text{Gasto de aire: } 5772.4736 (1.0558) = 6095.058 \frac{\text{kg. aire fresco}}{\text{hr.}}$$

Con esto se sabe que los gases de salida tienen una temperatura de bulbo seco de 90°C (194°F) y una temperatura de bulbo humedo de 51.7°C (125°F).

Resumiendo, los resultados anteriores se presentan en la siguiente tabla:

Tabla XIV.- Balance de materia y energía en el secador  
por asperción del S. B. C.

Entrada:	Salida:
$G_s = 5772.4736 \frac{\text{Kg aire seco}}{\text{hr.}}$	$L_s = 264.86 \frac{\text{Kg SBC seco}}{\text{hr.}}$
$Y_2 = 0.01 \frac{\text{kg. agua}}{\text{kg. aire seco}}$	$X_2 = 0.1977 \frac{\text{kg. agua}}{\text{kg. prod. seco}}$
$T_{G2} = 200^\circ\text{C}$	$T_{L2} = 90^\circ\text{C}$
$H_{G2} = 98.762 \frac{\text{BTU}}{\text{lb. aire seco}}$	$H_{L2} = 124.23132 \frac{\text{BTU}}{\text{lb. sólido}}$
$L_s = 326.25 \frac{\text{Kg.}}{\text{hr.}}$	$G_s = 6095.058 \frac{\text{kg. aire fresco}}{\text{hr.}}$
$X_1 = 1.0352 \frac{\text{kg. agua}}{\text{kg. prod. seco}}$	$Y_1 = 0.05588 \frac{\text{kg. agua}}{\text{kg. aire seco.}}$
$T_{L1} = 70^\circ\text{C}$	$T_{G1} = 90^\circ\text{C}$
$H_{L1} = 202.12 \frac{\text{BTU}}{\text{lb. sólido}}$	$H_{G1} = 103.0358 \frac{\text{BTU}}{\text{lb. aire seco.}}$

✓ 3.1.4 Secuencia del proceso de fabricación del S.B.C.

El proceso como se mencionó desde un principio, se hará por lotes y el secado se efectuará en forma continua, por lo que aquí se mencionará el método de fabricación de un lote. El equipo mencionado se encuentra localizado en el diagrama de flujo de la sección 3.1.5 (plano No. 1).

Con la bomba BA-101 se extrae la solución de bicromato de sodio almacenada en uno de los tanques TA-101 (A ó B), la cual se encuentra al 55% en peso (0.8 g/ml.) y tiene una densidad de 1.48 g/cm<sup>3</sup>. Se bombean a uno de los tanques de reacción TR-201 (A ó B), exactamente 1,860 lts. (1,528 kgs. de Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>·2H<sub>2</sub>O) de dicha solución. Posteriormente se bombean con la bomba BA-102, 831 lts. de ácido sulfúrico (1,529 kgs.), que se encuentra almacenado en los tanques TA-102 (A ó B).

Una vez que se ha terminado de bombear el ácido sulfúrico y que en la tina coexisten el bicromato de sodio y los ácidos sulfúrico, crómico y dicrómico, se empieza a agregar la miel incristalizable por medio de una bomba BA-103.



Se extraen del tanque de almacenamiento TA-103, durante el transcurso de toda la reacción, aproximadamente 340 lts. (462 kgs.) de la miel incristalizable. Es la melaza, con sus azúcares reductores, la que efectuará la reducción de  $\text{Cr}^{+6}$  del bicromato de sodio a  $\text{Cr}^{+3}$  del sulfato básico de cromo.

Durante la reacción es necesario estar agregando agua constantamente, ya que por ser exotérmica, hay mucha evaporación de agua, la cual tiene que ser inmediatamente reemplazada, ya que de lo contrario, la mezcla de reacción se "secaría" y no habría desplazamiento de los iones, con lo cual se detendría la reacción.

De los balances de materia, se concluye que se necesitan agregar durante toda la reacción, 1,160 lts. de agua, aparte de la que va contenida en la solución de bicromato de sodio, en el ácido sulfúrico y en la melaza.

El volumen final de la mezcla de reacción es de aproximadamente 3,218 lts. y tiene una densidad que fluctúa entre 1.576 y 1.600  $\text{g}/\text{cm}^3$ , por lo que así se obtiene entre 5,072 y 5,149 kgs. de lejía de sulfato básico de cromo, el cual

tiene una viscosidad de 100 cps. a 23°C. Las especificaciones que tiene este licor, aparecen en el inciso 2.3 del capítulo II.

Debido a la facilidad de manejo, aplicación y almacenamiento, se secará este licor en una torre de secado por aspersión (ST-402) que tiene una capacidad evaporativa de agua de: 5,149 kg. licor - 3030.3 kg. SBC = 2118.7 kg. agua/lote.  
2118.7 kg. agua/8 horas = 264.84 kg. agua/hora.

La fabricación de S.B.C., se puede hacer disponiendo de un recipiente de aproximadamente 3 veces la capacidad final, que puede ser de plomo ó fibra de vidrio, inclinándose por el segundo, por su gran economía y resistencia.

Este tanque tendrá una capacidad de 10,000 lts. (en realidad se tendrán dos) y no necesita de agitación ni de enfriamiento, la agitación la proporciona la misma reacción. Durante el transcurso de ella hay gran formación de espuma, la cual ocupa hasta tres veces el volumen final de la lejía.

Por otra parte, la temperatura nunca es superior a la temperatura de ebullición del agua y siempre favorece la

./.

velocidad de la reacción, es por esto que no se necesita enfriamiento.

Este proceso lo pueden realizar desde las propias curti  
durias, hasta una planta de gran escala de producción, con un mínimo de equipo y de recursos humanos y con una alta calidad en el producto.

Una descripción detallada del equipo se presenta en el inciso 3.3 del presente capítulo, que es donde se presen  
tan las hojas de especificaciones.

Solo queda por mencionar que después de que se ha obtenido la lejía de cromo, se procede a secar bajo las siguientes condiciones.

Temperatura de entrada de aire: 200°C

Temperatura de salida de aire y prod.: 90°C

Temperatura de entrada del licor: 70°C

Se tendrán dos tanques de almacenamiento de 10,000 lts. de capacidad cada uno, de fibra de vidrio provistos de un serpentín para mantener el licor de cromo a 70°C, los cu  
ales se encuentran localizados como TA-202 A y B.

./.

El secado se efectuará calentando aire por medio de una cámara de combustión (CB-403) que funciona con diesel, - el cual se encuentra almacenado en los tanques TA-401 A y B, con una capacidad de 10,000 lts. cada uno. Los sólidos son separados de la corriente por medio de dos ciclos y se obtiene finalmente , el sulfato básico de cromo listo para envasar con un gasto de 378.8 kg/hr.

Los tiempos de fabricación aproximados para un lote se mencionan a continuación:

Reacción	{	Bombeo de la solución de bicromato de sodio:	19'
		Bombeo del ácido sulfúrico:	8'
		Bombeo de agua:	8'
		Tiempo de reacción:	120'
		Ajuste final de densidad y mezclado:	47'
		Análisis de laboratorio:	<u>90'</u>
			4°52'
	Secado:	8°00'	

Las 3°08' sobrantes en la etapa de reacción serán utilizados para que el personal tome alimentos, haga limpieza y prepare la solución de bicromato de sodio.

✓ 3.1.5 DIAGRAMA DE FLUJO Y DESCRIPCION DE EQUIPO DE S.B.C

La descripción de equipo se realizará en la secuencia marcada en el diagrama de flujo del plano No. 1, indicando las alternativas que pueden surgir, escogiendo una de éstas, para posteriormente realizar en la sección 3.3 las especificaciones de los equipos seleccionados.

El dimensionamiento de todo el equipo de la planta se realiza en base al estudio de mercado y al factor de servicio, obteniendo como resultado que si se desea producir 3,000 toneladas anuales, de S.B.C. seco y se laboran 330 días al año, se necesitan producir 9,091 kgs. diarios.

El equipo que tendrá la planta de S.B.C., será el siguiente:

TA-101 A y B.- Tanque de almacenamiento de la solución de bicromato de sodio. Tanque cilindrico vertical con tapa cónica integrada. Hay varias opciones para el material de construcción de este tanque y son el acero al carbón, el acero inoxidable y la fibra de vidrio/resina poliéster. Se escoge este último material por ser el más económico, aunque tiene la desventaja de ser más fragil. Se requiere de una capacidad de 50,000 lts., por lo que es conveniente colocar dos de la mitad de la capacidad deseada; o sea de

25,000 lts. cada uno, debido a que mientras de uno se está utilizando la solución de bicromato de sodio, en el otro se está preparando más solución para disolver el bicromato de sodio en agua y evitar sedimentaciones, cada tanque estará provisto de un agitador de propela con un motor de 5 Hp. Se requiere un medidor de lectura directa con integrador y controlador de flujo para la adición de la cantidad exacta de solución de bicromato de sodio. Estos tanques cubrirán las necesidades de nueve días de producción.

TA-102 A y B. Tanques de almacenamiento de ácido sulfúrico. El acero al carbón resiste perfectamente el ácido sulfúrico concentrado (98%), por lo que se puede emplear como material de construcción del tanque que será de forma cilíndrica vertical, con tapa conica integrada, aún así, se recomienda en chequeo del espesor de la pared cada año. Se tendrán dos tanques con capacidad de 20,000 lts. (36,822 kg) de ácido cada uno. Estos tanques cubrirán las necesidades de ácido sulfúrico en las plantas de sulfato básico de cromo y de sintanos de naftalina, por un período de 14 días. Para la tubería también se empleará el acero al carbón. Se requiere un medidor de lectura directa con integrador y controlador de flujo para la adición de la cantidad exacta de ácido sulfúrico.

TA-103.- Tanque de almacenamiento de miel incristalizable. Tanque cilindrico vertical con tapa conica integrada, que puede ser construido en acero inoxidable ó fibra de vidrio/resina poliester, escogiendose este último material por su bajo costo ya que el material contenido no presenta problemas para su almacenamiento. El tanque debe tener una capacidad de 20,000 lts., siendo suficiente para proveer de miel incristalizable al proceso para un período de tiempo de veinte días.

TA-202 A y B.- Tanques para el almacenamiento del licor de sulfato básico de cromo. Tanque cilindrico vertical, construido con fibra de vidrio/resina poliester, con tapa conica bridada del mismo material. Estarán provistos de un serpentín para mantener la lejía de cromo a 70°C. La capacidad de cada tanque será de 10,000 lts., pudiendo almacenar en cada recipiente, tres lotes de S. B. C.

TA-401 A y B.- Tanque para el almacenamiento de diesel. Tanque cilindrico vertical con tapa conica integrada, - construido en acero al carbón con una capacidad de 10,000 lts. cada uno.

CB-403.- Cámara de combustión. Cámara de combustión de diesel con ignición por medio de chispa eléctrica de una bujía, equipada con bomba dosificadora de diesel, ventilador de aire para la combustión y sistema automático de regulación de la temperatura que acciona una válvula reguladora del flujo de diesel. El quemador tendrá una capacidad calorífica máxima de 3,000,000 de BTU/HR., con un consumo aproximado de 1,300,000 BTU/HR. La cámara de combustión - tendrá un volumen de 1.2 M<sup>3</sup>. Su material de construcción será acero al carbón, se requiere un aislamiento de fibra de vidrio y asbesto con el fin de evitar pérdidas de calor.

TR-201 A y B.- Tanques de reacción para la fabricación de S.B.C. Tanques cilindrico vertical, con tapa cónica bridada, integrada una chimenea para desalojar los vapores y - gases desprendidos de la reacción. Los materiales de construcción que pueden ser utilizados son el plomo con huacal de acero al carbón o fibra de vidrio con resina poliester, escogiendo ésta última por su fácil manejo, reparación, bajo costo y porque resiste bien las condiciones de la - reacción. La capacidad mínima requerida es de tres veces el volumen final de la reacción, debido a la espuma que



se forma durante la misma, es decir, que tendrá cada tanque 10,000 lts. de capacidad.

BA-101.- Bomba centrífuga para la solución de bicromato de sodio. Tendrá el impulsor y la carcaza construidos en acero al carbón, con sello mecánico en la flecha y motor eléctrico cerrado, seleccionada para manejar un gasto de 100 l/min.

BA-102.- Bomba centrífuga para ácido sulfúrico. Bomba equipada con impulsor y carcaza construidos en acero al carbón, con sello mecánico en la flecha y motor eléctrico cerrado, seleccionada para manejar un gasto de 100 l/min.

BA-103.- Bomba de engranes para miel incristalizable, - construida en su totalidad en acero al carbón, equipada con sello mecánico en la flecha y motor eléctrico cerrado, seleccionada para manejar un gasto de 40 l/min.

BA-201.- Bomba centrífuga para la lejía de S.B.C., bomba equipada con impulsor y carcaza de acero inoxidable, sello mecánico en la flecha y motor eléctrico cerrado, seleccionada para manejar un gasto de 100 l/min.

BA-202.- Bomba de pistones para el esreado de lejía de S.B.C. en la torre de secado. Bomba construida en su totalidad en acero inoxidable y equipada con motor eléctrico cerrado, con variador de velocidad y transmisión de potencia de banda en "V" y poleas.

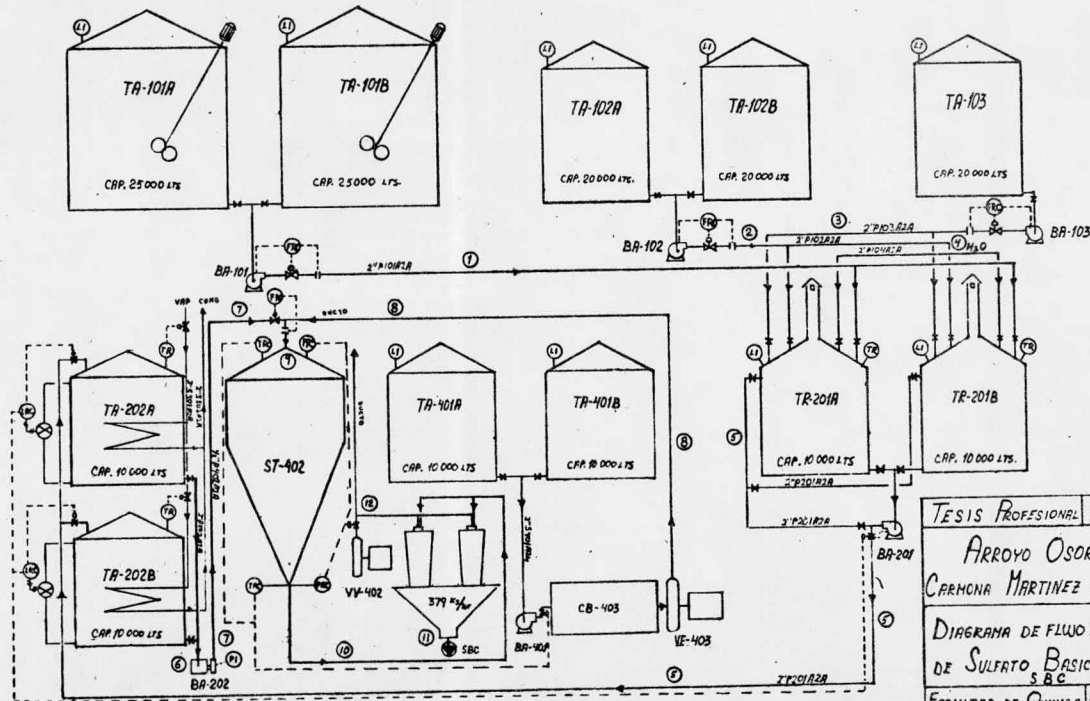
BA-401.- Bomba de engranes para dosificación de diesel a la cámara de combustión. Bomba construida en su totalidad en acero al carbón, con estopero y motor eléctrico cerrado.

VV-402.- Ventilador de vacio, construido en su totalidad en acero al carbón, con transmisión de poleas y bandas en "V", equipado con motor eléctrico cerrado.

VE-403.- Ventilador para el suministro de gases calientes a la torre de secado. Ventilador construido en acero al carbón con transmisión de potencia por medio de poleas y bandas. en "V" equipado con motor eléctrico cerrado y seleccionado para manejar 5830 kgs. de aire fresco por hora.

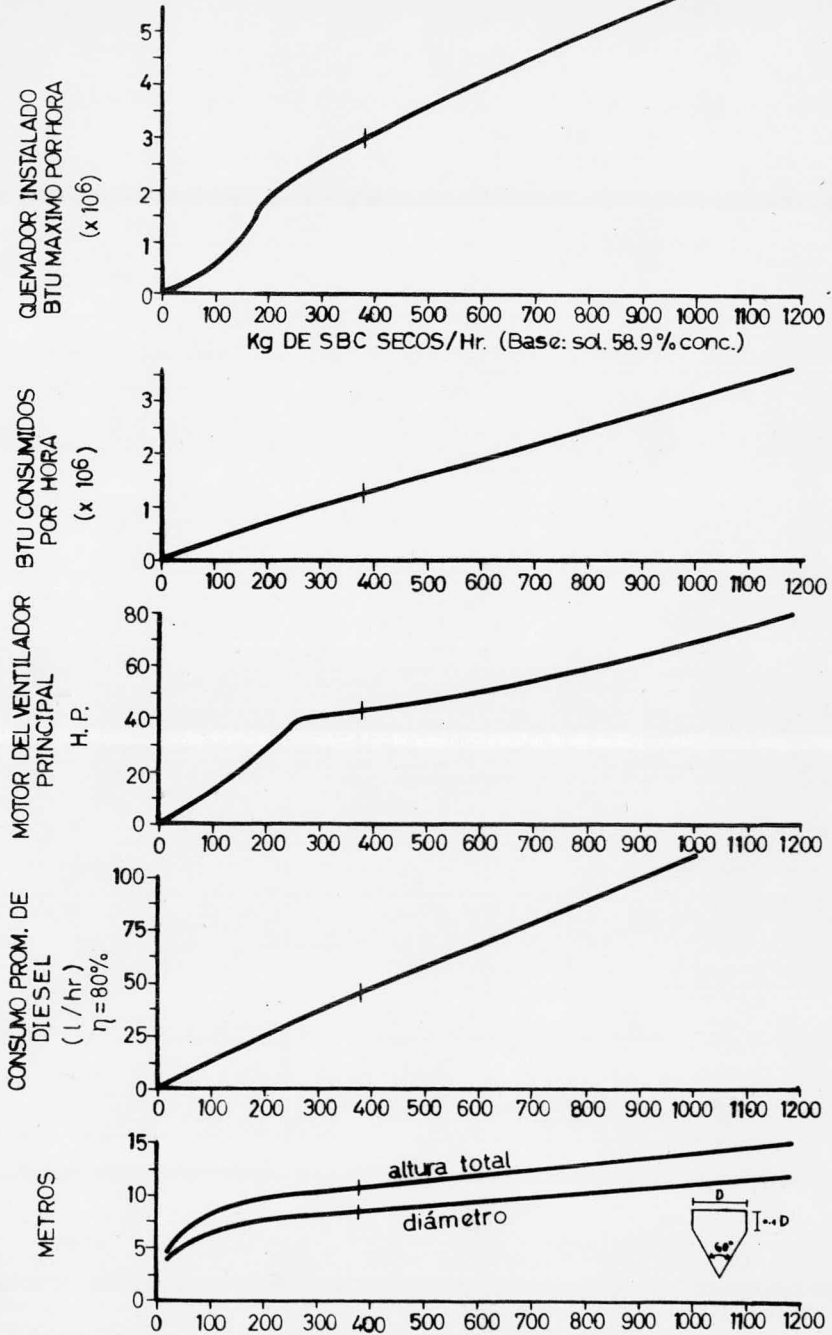
ST-402.-Secador por asperción.-Secador construido totalmente en acero inoxidable, equipado con chimenea, ciclones y tobera de descarga, con una capacidad de evaporación de 265 kg. de agua por hora, manejando un gasto de 643.6 kg. de solución de S.B.C. por hora al 58.85%.

CORRIENTE	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
PRODUCTO	$\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_7$	$\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	AGUA	SBC	SBC	SBC	Aire - $\text{CO}_2$	SBC - Aire	SBC - Aire	SBC	Aire
Eco. FISICO	LÍQUIDO	LÍQUIDO	LÍQUIDO	LÍQUIDO	LÍQUIDO	LÍQUIDO	LÍQUIDO	GAS	LÍQ-SOL-GAS	SOL-GAS	SOLÍDO	SOL-VAP
CONCENTRACION	55% P.	98% P.	47.8% P.	100% P.	58.9% P.	58.9% P.	58.9% P.	100% P.	5.85% P.	5.85% P.	96.5% P.	5.29% $\text{H}_2\text{O}$
GASTO	1551 $\text{kg}/\text{LITRO}$	1539 $\text{kg}/\text{LITRO}$	461 $\text{kg}/\text{LITRO}$	1284 $\text{kg}/\text{LITRO}$	5149 $\text{kg}/\text{LITRO}$	643.6 $\text{kg}/\text{LITRO}$	643.6 $\text{kg}/\text{LITRO}$	5630.2 $\text{kg}/\text{LITRO}$	6473.8 $\text{kg}/\text{LITRO}$	378.8 $\text{kg}/\text{LITRO}$	378.8 $\text{kg}/\text{LITRO}$	6095 $\text{kg}/\text{LITRO}$
TEMPERATURA	20°C	20°C	20°C	20°C	80°C	70°C	70°C	200°C	220°C	90°C	60°C	20°C



TESIS PROFESIONAL **PLANO 1**  
 ARROYO OSORIO RAUL  
 CARMONA MARTINEZ JUAN MANUEL  
 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA  
 DE SULFATO BASICO DE CROMO  
 SBC  
 FACULTAD DE QUIMICA UNAM 1977

FIG. 3.3.- CARACTERISTICAS DE DIFERENTES SECADORES POR ASPERCIÓN QUE MANEJEN S. B. C.



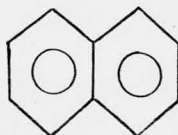
### 3.2 SINTANOS DE NAFTALINA.

#### 3.2.1 Reacción Química.

Para la obtención del SN, existen tres etapas principales; la primera de ellas consiste en sulfonar la naftalina con ácido sulfúrico; la segunda en condensar con formaldehído el ácido  $\beta$ -naftalen sulfónico obtenido de la etapa anterior y la última en neutralizar el producto condensado con una base fuerte. Motivo por el cual esta sección se subdivide en tres partes, las cuales son:

##### 3.2.1.1 Sulfonación.

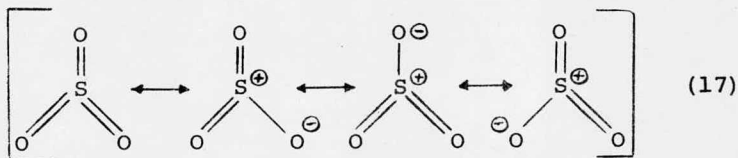
Como se recordará del capítulo II, en las especificaciones de materia prima, el naftaleno a temperatura ambiente (20°C) es sólido y tiene la siguiente estructura:



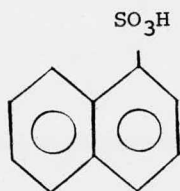
NAFTALENO.  
(P.M. = 128)

La sulfonación del naftaleno consiste en la sustitución por un grupo sulfónico (-SO<sub>3</sub>H) de un hidrógeno en un anillo aromático del mismo y se lleva a cabo con ácido sulfúrico fumante a temperatura ambiente o con ácido

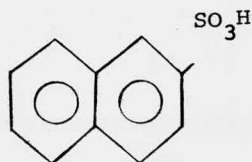
(9)  
 sulfúrico concentrado a alta temperatura. Hay autores que atribuyen la sulfonación a cualquiera de los grupos  $\text{SO}_3\text{H}^+$  ó  $\text{SO}_3$ , pero otros aseguran que el agente - sulfonante real es la molécula  $\text{SO}_3$  que aunque es una molécula neutra, tiene un poderoso átomo electrofílico en el azufre:



Sea cual fuera el agente sulfonante, el ácido naftalén sulfónico obtenido, tiene dos isómeros que se distinguen uno del otro por la posición en que se encuentra el grupo sulfónico en la molécula del naftaleno (posición 1 ó  $\alpha$  y posición 2 ó  $\beta$ ), recibiendo el nombre de ácido  $\alpha$ -naftalensulfónico y ácido  $\beta$ -naftalensulfónico respectivamente, los cuales tienen las siguientes estructuras moleculares:



Acido  $\alpha$ -naftalensulfónico.



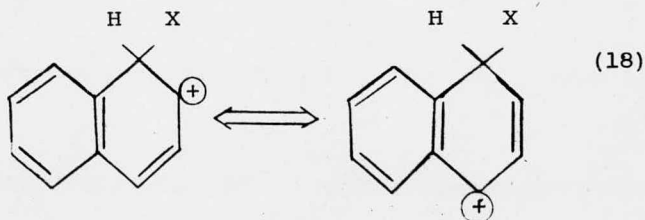
ácido  $\beta$ -naftalensulfónico

Por supuesto que estos isómeros tienen distintas propiedades, tanto físicas como químicas, es por esto que se requiere que la sulfonación se realice en la posición  $\beta$  del naftaleno, para poder obtener una condensación con formación de cadenas simétricas (como se verá más adelante).

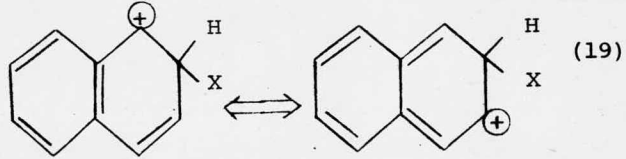
La sustitución en la posición  $\beta$ , requiere de mayor energía, debido a que se tiene que romper el anillo aromático, no ocurriendo así en la sustitución en  $\alpha$ .

A continuación se muestran las formas resonantes, -- ejemplificando lo anteriormente dicho:

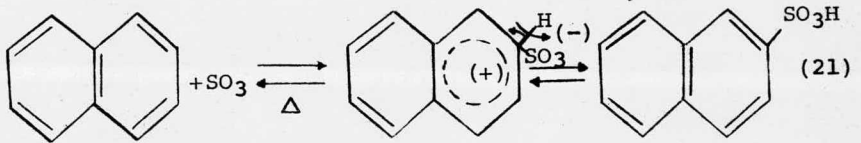
a) Resonancia para la sustitución  $\alpha$ (conservación del anillo aromático).



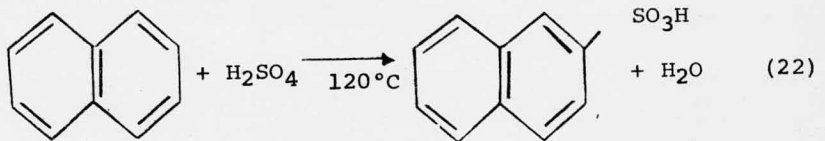
b) Resonancia para la sustitución  $\beta$  (no se conserva el anillo aromático).



La reacción entre el ácido sulfúrico y el naftaleno para la obtención del ácido  $\beta$ -naftalen sulfónico es la que a continuación se presenta.



Y la reacción condensada es:







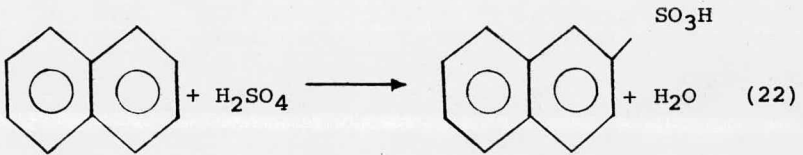


partes: Sulfonación, condensación y neutralización; que son las etapas del proceso.

La secuencia a seguir, será escribir la reacción estequiométricamente para así obtener las cantidades requeridas de las materias primas, después se presentará en diagrama de bloques el balance de materia obtenido.

### 3.2.2.1 Sulfonación.

La reacción de sulfonación es la siguiente:

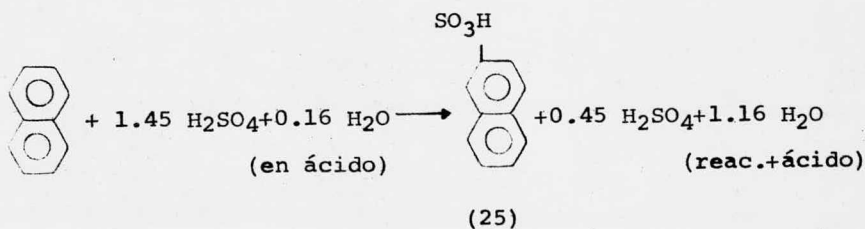


Es necesario para que la reacción se efectúe en la posición  $\beta$  del naftaleno, un exceso del 45% de ácido sulfúrico concentrado, con respecto al necesario estequiométricamente, por lo que las cantidades requeridas son:

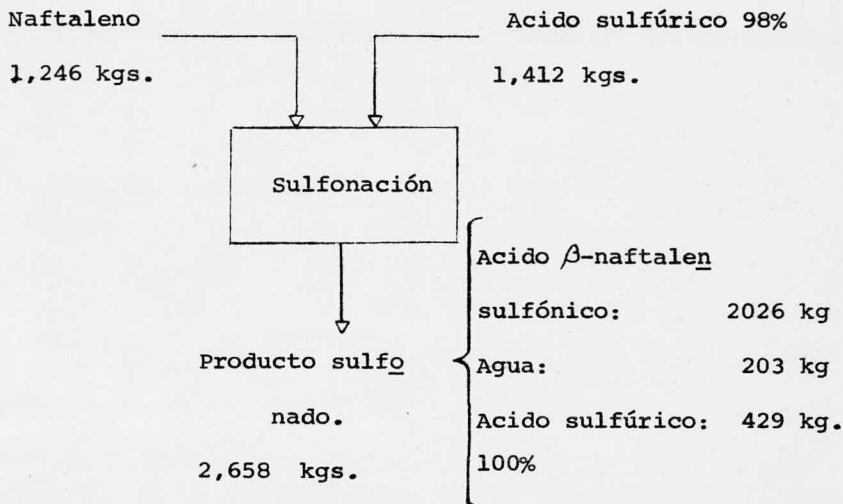
Tabla XV. Balance de materia en la sulfonación de Naftalina.

		<u>P.M.</u>	<u>No. - moles</u>	<u>Gr. mol.</u>	<u>Cantidad a usar en la planta.</u>
Entrada	Naftalina.	128	1	128	1,246 kg
	Agua en ácido sulfúrico	18	0.16	2.95	28 kg.
	Acido sulfúrico (100%)	98	1.45	142.1	1,384 kg
Salida	Acido β-naftalensulfónico	208	1	208	2,026 kg
	Agua.	18	1.16	20.95	203 kg
	Acido sulfúrico (100%)	98	0.45	44.1	429 kg

Por lo que la reacción de sulfonación que se efectúa es:



El balance en forma de bloques es el siguiente:



### 3.2.2.2 Condensación.

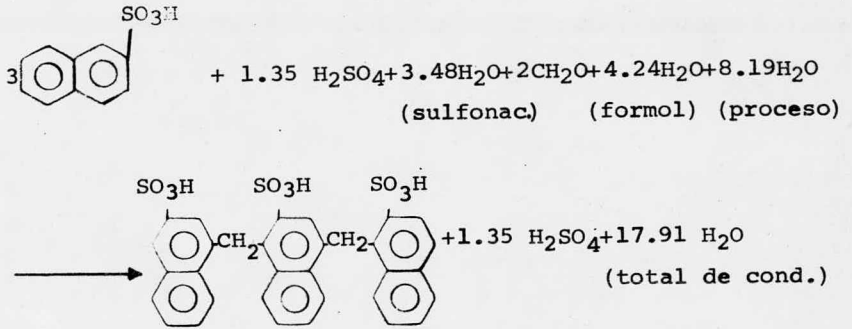
La reacción de condensación es la que se muestra en este capítulo como número (23).

La cantidad de formaldehído que se debe agregar para la condensación, es estequiométricamente solo para formar cadenas con tres moléculas de ácido  $\beta$ -naftalensulfónico, esto es teórico, puesto que se forman cadenas más largas, así como cadenas más cortas, es por este motivo que la viscosidad del producto no es muy alta. Tomando como promedio las cadenas de tres eslabones antes mencionadas tenemos:

Tabla XVI.- Balace de materia en la condensación del ácido  $\beta$ -naftalensulfónico.

					<u>Cantidad</u>	
					<u>a usar -</u>	
					<u>en la -</u>	
		<u>P.M.</u>	<u>No.</u>	<u>Gr.</u>	<u>planta.</u>	
					<u>Mol.</u>	
					<u>moles</u>	
Entrada	{	Acido $\beta$ -naftalensulfónico.	208	3	624	2,026
		Acido sulfúrico (100%)	98	1.35	132.3	429
		Agua.	18	15.91	286.38	951
		Formaldehido(100%)	30	2	60	195
Salida	{	Acido $\beta$ -naftalensulfónico condensado.	648	1	648	2,103
		Agua.	18	17.91	322.38	1,069
		Acido sulfúrico.	98	1.35	132.3	429

Por lo que la reacción de condensación que se efectúa es:

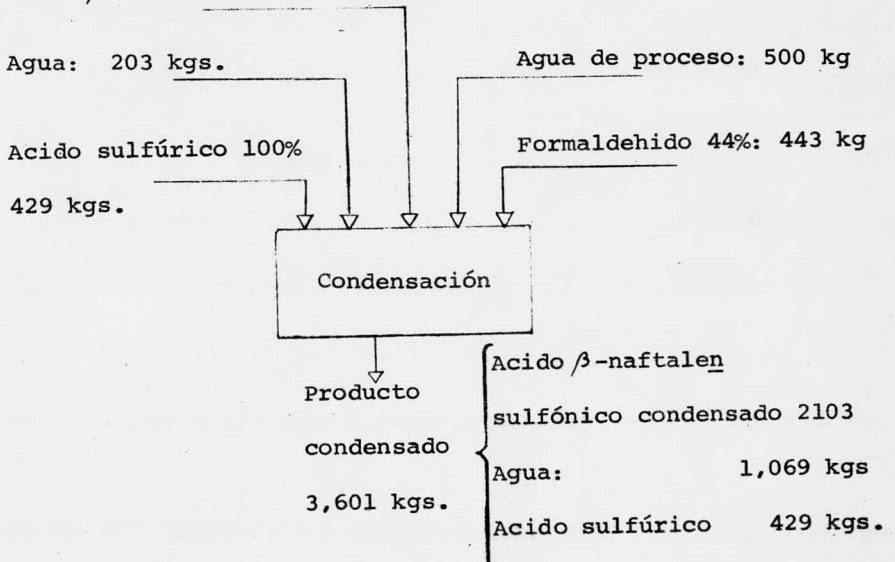


Acido  $\beta$ -naftalensulfónico condensado.

(26)

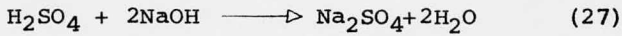
El balance en forma de bloques es el siguiente:

Acido  $\beta$ -naftalensulfónico 2026 kg.



3.2.2.3 Neutralización.

Como se puede apreciar, en los balances de materia anteriores, hay cierta cantidad de ácido sulfúrico sin reaccionar, el cual hay que neutralizar junto con el ácido  $\beta$ -naftalensulfónico condensado; por lo que en la etapa de neutralización se llevan a cabo dos reacciones las cuales son:



y

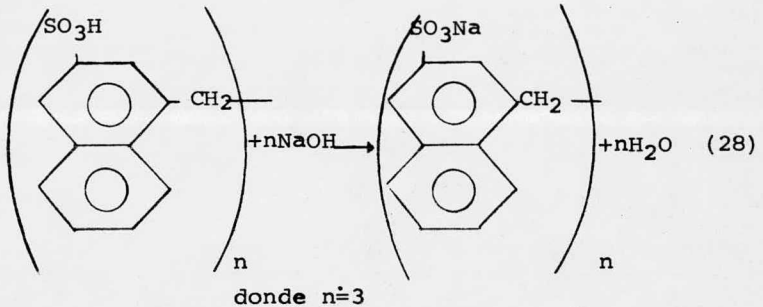


Tabla XVII.- Balance de materia en la neutralización del  
Acido  $\beta$ -naftalensulfónico condensado.

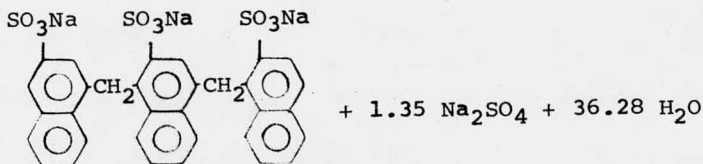
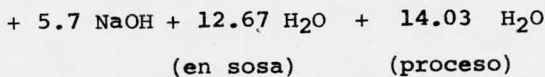
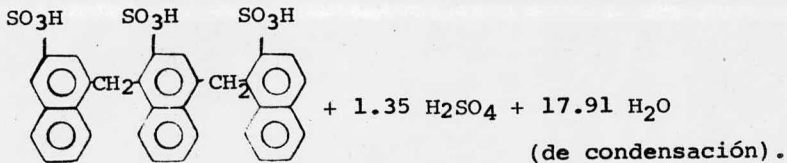
		<u>Cantidades</u>		
		<u>No.</u>	<u>Gr.</u>	<u>a usar en -</u>
		<u>P.M.</u>	<u>Moles</u>	<u>Mol</u>
<u>Entrada</u>	{			<u>la planta.</u>
	Acido $\beta$ -naf			
	talensulfóni			
	co condensado	648	1	648
				2,103 kgs.



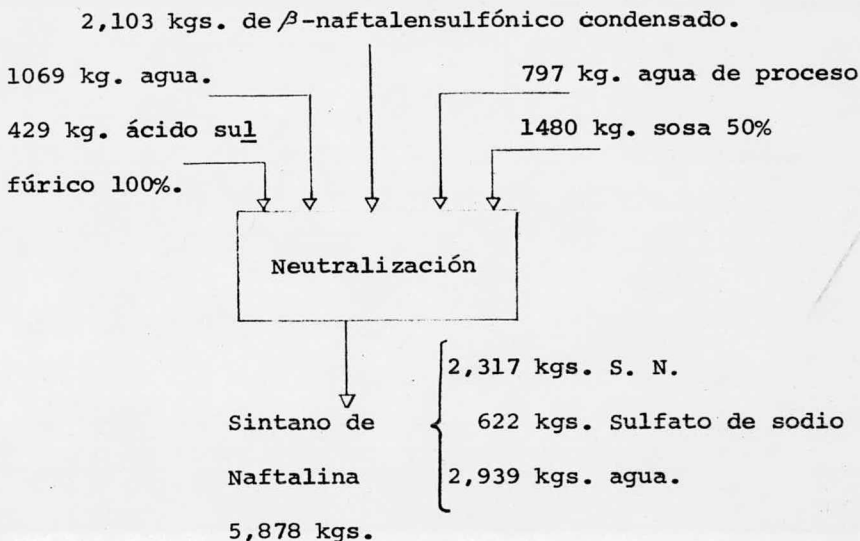
(cont.)

Entra da:	}	Agua :	18	44.61	803.07	2,606 kgs.
		Acido sulfú rico (100%)	98	1.35	132.3	429 kgs.
		Sosa causti ca (100%):	40	5.7	228	740 kgs.
Sali da.	}	S.N.	714	1	714	2,317 kgs.
		Sulfato de sodio:	142	1.35	191.7	622 kgs.
		Agua:	18	50.31	905.67	2,939 kgs.

Por lo que la reacción de neutralización que se efectúa es:



El balance de bloques en la neutralización es el siguiente:



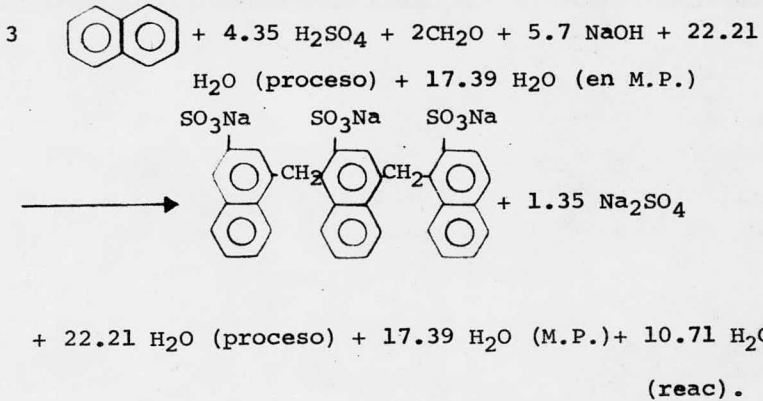
#### 3.2.2.4 Balance de materia global en la fabricación SN.

El balance de materia que se presenta a continuación, es un resumen de los balances realizados en los incisos anteriores, enseguida se tabulan los valores obtenidos:

Tabla XVIII.- Balance global de materia en la fabrica  
ción de .S. N.

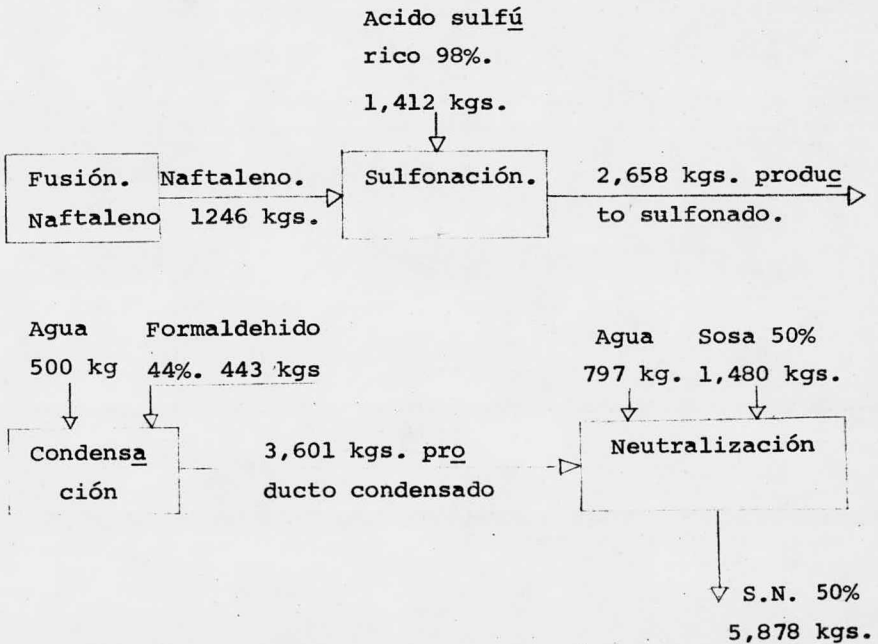
			<u>No.</u>	<u>Gr.</u>	<u>Cantidades</u> <u>a producir</u> <u>en la plan</u> <u>ta.</u>
		<u>P.M.</u>	<u>Moles</u>	<u>Mol.</u>	
Entra da:	Naftaleno	128	3	384	1,246 kgs.
	Acido sulfú rico (98%)	98	4.35	426.3	1,412 kgs.
	Formaldehi do (44%) .	30	2	60	443 kgs.
	Hidróxido de sodio (50%) .	40	5.7	228	1,480 kgs.
	Agua de pro ceso:	18	22.21	399.78	1,297 kgs.
Sali da:	Sintano de naftalina.	714	1	714	2,317 kgs.
	Sulfato de sodio.	142	1.35	191.7	622 kgs.
	Agua.	18	50.31	905.67	2,939 kgs.

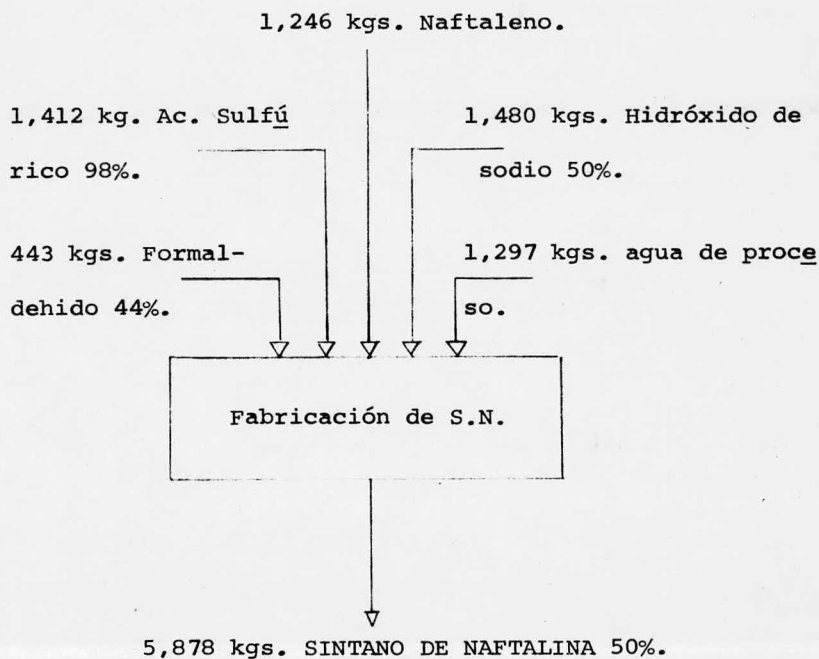
La reacción global que se efectúa es la siguiente:



(30)

El balance global de materia para la fabricación de S.N. en forma de bloques es:





### 3.2.3 Balace de energía en la fabricación de S. N.

Los balances que se presentan a continuación, tienen como finalidad, el obtener los datos térmicos indispensables, para así poder estimar los servicios auxiliares y equipo requerido para la fabricación del S. N.

./.

Como se hizo en los balances de materia, en el inciso anterior, la secuencia a seguir en esta sección, será efectuar el balance térmico en cada etapa del proceso, las cuales son:

- 1) Fusión del naftaleno.
- 2) Reacción de sulfonación.
- 3) Reacción de condensación.
- 4) Secado del S. N.

Los cálculos que se presentan en cada etapa, se realizaron de distinta forma, de acuerdo a los datos encontrados en la literatura citada o bien experimentalmente.

#### 3.2.3.1 Fusión del Naftaleno.

El naftaleno a temperatura ambiente es un sólido cristalino y el cual se requiere fundir y posteriormente calentar hasta 120°C para que la reacción de sulfonación se efectúa en la posición  $\beta$ .

La cantidad de naftaleno a usar en el reactor de fundición será de 4,984 kgs., que es la necesaria para fabricar 4 lotes de S. N., ésto se hace con el objeto de tener naftaleno listo para su empleo durante cuatro días.

Se requieren dos reactores de fundición, para que mientras en uno se esté fundiendo el naftaleno, el otro se encuentre en uso.

La simbología a utilizar es la que se presenta a continuación:

$Q_f$  ; Calor requerido para la fusión del naftaleno -  
(Kcal/carga).

$W_N$  = Kilogramos de naftaleno por carga en el reactor de fundición.

$C_{pN}$  = Calor específico del naftaleno.  $\frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$

$T_2$  = Temperatura de fusión del naftaleno ( $^\circ\text{C}$ )

$T_1$  = Temperatura ambiente. ( $^\circ\text{C}$ )

$T_3$  = Temperatura final del naftaleno fundido ( $^\circ\text{C}$ )

$\lambda_{fN}$  = Calor de fusión del naftaleno  $\frac{\text{cal}}{\text{g}}$

$w_v$  = Kilogramos de vapor necesarios por carga en el reactor de fundición.

$\lambda_v$  = Calor latente de condensación del vapor  $\frac{\text{cal}}{\text{g}}$

La ecuación con la cual se obtendrá el calor necesario para que el naftaleno quede en condiciones de reaccionar con el ácido sulfúrico, está compuesta por tres términos, con lo que se obtiene: El calor para llegar a la temperatura de fusión, el calor de fusión y el calor para llegar a la temperatura de reacción. Dicha ecuación es:

$$Q_f = W_N C_{pN} (T_2 - T_1) + \lambda_{fN} W_N + W_N C_{pN} (T_3 - T_2) = \lambda_{vwv}. \quad (31)$$

Los valores de las literales son:

$$\begin{aligned} W_N &= 4,984 \text{ kgs.} \\ C_{pN} &= 0.281 + 0.00111 T \quad (T = ^\circ\text{C}). \\ T_1 &= 25^\circ\text{C} \\ T_2 &= 80^\circ\text{C} \\ T_3 &= 120^\circ\text{C} \\ \lambda_{fN} &= 36 \text{ Kcal/kg.} \\ \bar{C}_p \text{ 25-80} &= 0.3393 \text{ Cal/g}^\circ\text{C.} \\ \bar{C}_p \text{ 80-120} &= 0.392 \text{ Cal/g}^\circ\text{C.} \end{aligned}$$



Sustituyendo estos datos en la ecuación No. 31, se tiene que el calor requerido es de:

$$Q_f = 350,627 \text{ Kcal}$$

por lo que se necesitan:

765 kg. vapor por carga.

Esto es estimando un 10% más por pérdidas de calor al exterior.

### 3.2.3.2. Reacción de Sulfonación.

Se encontró que el calor que desprende la reacción de sulfonación del naftaleno a 140°C es de:

$$\Delta H_r = -7.6 \text{ Kcal/kg. de producto sulfonado.}$$

La cantidad de producto sulfonado es de 2,026 kgs., por lo que la reacción desprende:

$$Q_s = -15,400 \text{ Kcal/carga.}$$

Esta reacción es ligeramente exotérmica, pero es suficiente para mantener la temperatura a 140°C durante las 3 horas que se requieren para la sulfonación.

### 3.2.3.3 Reacción de condensación.

En la etapa de condensación, se utilizó el método de energías de enlace para determinar el calor de reacción de -

esta etapa y es:

(11)

$-\Delta Hr = \text{Energía enlaces rotos} - \text{energía enlaces formados. .}$

Energía enlaces rotos:  $4(\epsilon_{c-h}) + 2(\epsilon_{c=O})$

Energía enlaces formados:  $4(\epsilon_{c-c}) + 4(\epsilon_{c-h})$

Los valores de los términos anteriores son los siguientes

$\epsilon_{c-h} : 98 \text{ Kcal/kg.}$

$\epsilon_{c=O} : 173 \text{ Kcal/kg.}$

$\epsilon_{c-c} : 80 \text{ Kcal/kg.}$

Por lo que  $\Delta Hr = -26 \text{ Kcal/kg.}$  y la cantidad de producto condensado es de 2,103 kgs., por lo que la reacción de condensación desprende:

$$Q_c = - 54,678 \text{ Kcal/carga.}$$

Como se puede observar, también esta reacción es exotérmica y en ella se desprende 3.5 veces más calor que en la reacción de sulfonación.

#### 3.2.3.4 Balance de materia y energía en el secador por asperción.

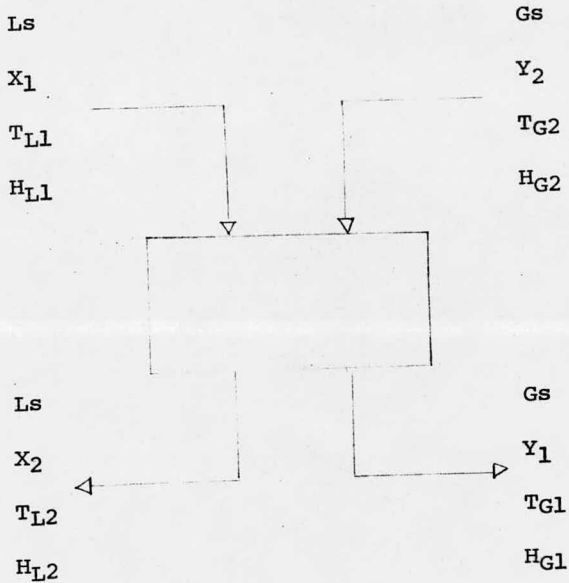
De acuerdo al balance de materia de la sección 3.2.2, vemos que obtenemos 5,878 kgs. de S.N. Líquido con una concentración de sólidos del 50%. El producto final llevará un 3% de humedad, efectuándose el secado en 24 hrs.

Todo lo anterior significa que existen:

$$5,878 (0.5) = 2,939 \text{ kg. de S.N. anhidro} = 122.458 \text{ kg/hr}$$

$$5,878 (0.5) = 2,939 \text{ kg. de agua.}$$

El balance global de materia y energía en el secador,  
 se presenta a continuación: <sup>(8)</sup> Fig. 3.4



Las literales tienen la misma nomenclatura que las pre-  
 sentadas en la sección 3.1.3.1, por lo que:

./.

$$= 126 =$$

$$L_s = 122.458 \frac{\text{kg.}}{\text{hr.}} = 269.97 \frac{\text{lb.}}{\text{hr.}}$$

$$X_1 = \frac{2,939}{2,939} = 1.0 \frac{\text{lb. agua}}{\text{lb. P.S.}}$$

$$X_2 = \frac{0.03}{1-0.03} = 0.03093 \frac{\text{lb. agua}}{\text{lb. P.S.}}$$

$$T_{G2} = 200^\circ\text{C} = 392^\circ\text{F}$$

$$T_{G1} = 90^\circ\text{C} = 194^\circ\text{F}$$

$$t_{L1} = 70^\circ\text{C} = 158^\circ\text{F}$$

$$t_{L2} = 90^\circ\text{C} = 194^\circ\text{F}$$

$$t_o = 0^\circ\text{C} = 32^\circ\text{F}$$

$$C_L = 0.4731 \frac{\text{BTU}}{\text{lb } ^\circ\text{F}}$$

$$C_a = 1 \frac{\text{BTU}}{\text{lb } ^\circ\text{F}}$$

El aire que se usará para el secado y que se calentará a  $200^\circ\text{C}$ , tiene una  $t_B = 24^\circ\text{C}$  y  $t_w = 18^\circ\text{C}$ , por lo que

$$Y_2 = 0.01 \frac{\text{lb. agua}}{\text{lb. a.s.}}$$

El agua por evaporar será

$$L_s (X_1 - X_2) = 261.62 \frac{\text{lb.}}{\text{hr.}}$$

Para poder estimar el gasto de aire requerido para el secado, es necesario resolver todas las incognitas y de acuerdo a las ecuaciones (12) y (13) se tiene que:

$$H_{G2} = 98.772 \text{ BTU/Lb. aire seco.}$$

$$H_{G1} = 38.88 + 1148.1 Y_1$$

$$H_{L2} = 81.6529 \frac{\text{BTU}}{\text{lb. sólido.}}$$

$$H_{L1} = 185.6106 \frac{\text{BTU}}{\text{lb. sólido}}$$

Sustituyendo estos valores en la ecuación (11) y resolviendo simultáneamente con la ecuación (14) se concluye que:

$$G_s = 5624.76 \frac{\text{lb. aire seco}}{\text{hr.}} = 2551.39 \frac{\text{kg. aire seco}}{\text{hr.}}$$

$$Y_1 = 0.0565 \frac{\text{lb. agua.}}{\text{lb. aire seco.}}$$

Finalmente, se tienen los siguientes datos a la entrada y a la salida del secador:

Gasto de aire húmedo: 2551.39(1.01)=2577 kg. (ent)

Gasto de aire húmedo a la salida: 2551.39(1.0565)=2696 kg.

./.

Los gases de salida tienen las siguientes temperaturas:

$$t_{G1} = 90^{\circ}\text{C} (194^{\circ}\text{F}) \text{ y } t_{W1} = 48^{\circ}\text{C} (118^{\circ}\text{F})$$

La tabla que se presenta a continuación resume los resultados obtenidos en este inciso.

Tabla XIX.- Balance de materia y energía en el secador

<u>de S. N.</u>			
<u>Entrada:</u>		<u>Salida:</u>	
Gs = 2,577	<u>kg. aire húmedo</u> hr.	Ls = 126.265	<u>kg. S.N.seco</u> hr.
Y <sub>2</sub> = 0.01	<u>kg. agua.</u> kg. a.s.	X <sub>2</sub> = 0.03093	<u>kg. agua.</u> kg. p. s.
T <sub>G2</sub> = 200°C		T <sub>L2</sub> = 90°C	
H <sub>G2</sub> = 98.772	<u>BTU</u> lb. a.s.	H <sub>L2</sub> = 81.65	<u>BTU</u> lb. p.s.
Ls = 122.458	<u>kg.S.N.</u> hr.	Gs = 2551.39	<u>kg. a.s.</u> hr.
X <sub>1</sub> = 1.0	<u>kg. agua</u> kg. p.s.	Y <sub>1</sub> = 0.0565	<u>kg. agua.</u> kg. a. s.
T <sub>L1</sub> = 70°C		T <sub>G1</sub> = 90°C	
H <sub>L1</sub> = 185.6106	<u>BTU</u> lb. sólido	H <sub>G1</sub> = 103.75	<u>BTU</u> lb. a.s.

./.

### 3.2.4 Secuencia del proceso de fabricación de S. N.

El proceso se efectuará por lotes y el secado en forma continua, es por esta razón que aquí se tratará sobre el método de fabricación de un lote. El equipo que se mencionará se encuentra localizado en el diagrama de flujo de la sección 3.2.5 (plano número 2).

El proceso comienza cargando en uno de los reactores de fundición (RA-301 A ó B) 4,984 kg. de naftaleno sólido, calentándola hasta alcanzar una temperatura de 120°C. Es necesario observar que todo el naftaleno se encuentre -- fundido para poder bombear 12,462 kgs. de éste al reactor RA-302 con la bomba BA-301. Es en este reactor donde propiamente se inicia el proceso, ya que al bombear 1,412 kg (767 lbs.) de ácido sulfúrico al 98% con la bomba BA-102 proveniente de alguno de los tanques TA-102 A ó B, empieza la reacción de sulfonación, subiendo la temperatura - hasta 140°C y se mantienen estas condiciones por tres horas, contadas a partir del término de la adición del ácido sulfúrico.

Antes de agregar el ácido sulfúrico, es necesario poner a funcionar el agitador del reactor con el fin de que el ácido se vaya dispersando homogéneamente en la mezcla de reacción.

Después de transcurridos las tres horas de reacción, se procede a tomar una muestra la cual será analizada con el fin de determinar si la reacción ha sido completa, - de ser así, se agregan 500 kgs. de agua con el fin de disminuir la viscosidad del producto y así evitar algún posible problema en el bombeo.

Con la bomba BA-302, se transfiere el ácido  $\beta$ -naftalen sulfónico al reactor RA-303, en donde se procede a enfriar hasta una temperatura de 80°C, con el fin de facilitar la posterior adición de formaldehído al 44%.

Del tanque TA-104 se extraen con la bomba BA-104, 443 kg. (403 lts.) de formaldehído, los cuales tienen que ser - agregados lentamente y bajo agitación al reactor, con el fin de controlar la reacción de condensación, la cual dura aproximadamente tres horas, transcurrido este tiempo, se toma una muestra y se procede a analizarla para comprobar que la reacción se haya efectuado en su totalidad.



De ser ésto cierto, se agregan 797 kgs. de agua para dis-  
minuir la viscosidad del producto y se enfria a 80°C nue-  
vamente para proceder al bombeo del ácido  $\beta$ -naftalensul-  
fónico condensado al reactor de neutralización RA-304, por  
medio de la bomba BA-303.

Ya en este reactor, se agregan 1,480 kgs. de sosa al 50%  
(987 lts.) lentamente, por medio de la bomba BA-105 que  
extrae el material del tanque de almacenamiento TA-105  
A ó B. Una vez que se terminó la adición de la sosa, se  
agita durante una hora para asegurar la completa neutrali-  
zación, transcurrida la cual, se toma una muestra para que  
sea analizada y ver que el producto esté dentro de especi-  
ficaciones.

Neutralizado el producto, se bombean del reactor 5,818 kg  
(4,800 lts.) del S.N. líquido con la bomba BA-304, al tan-  
que de almacenamiento TA-305 A ó B, el cual está provisto  
de un serpentín de calentamiento, con el fin de mantener  
el producto a 70°C, que es la temperatura a la cual sale  
del reactor y es dosificado el producto por medio de la  
bomba de alta presión BA-305 al secador por asperción ST-404

La torre de secado operará en flujo paralelo entre aire (2551.39  $\frac{\text{kg. aire seco}}{\text{hr}}$  ) y el S.N. líquido - - - (244.92  $\frac{\text{kg.S.N. líq.}}{\text{Hr.}}$  ). El aire se calienta por medio de la cámara de combustión CB-405 y el ventilador VE-405, manda este aire caliente al domo de la torre. El S. N. líquido se esprea en el domo de la torre a 70°C y al entrar en contacto con el aire caliente y durante todo el tiempo de residencia de ambos en el secador, se efectúa el secado.

La separación del S. N. ya seco y el aire húmedo se efectúa en dos ciclones de los cuales se extraen 126.26 kg/hr de producto seco y el ventilador de vacío VV-404, desaloja el aire húmedo a la atmósfera a 90°C por medio de una chimenea.

El S. N. será envasado en sacos de papel con tubo de polietileno interior de 50 kgs. cada uno.

Como se ha mencionado anteriormente, si se desea neutralizar el S. N. con hidróxido de amonio, se podrá utilizar la bomba BA-106 que extrae el producto del tanque TA-106.

Los tiempos aproximados de fabricación de un lote de S.N. son los que se mencionan a continuación:

Carga de naftaleno:	180 min.
Fusión de naftaleno:	420 min.
Bombeo de naftaleno a RA-302:	15 min.
Bombeo de ácido sulfúrico a RA-302:	30 min.
Reacción de sulfonación:	180 min.
Análisis de sulfonación:	30 min.
Bombeo del producto a RA-303:	30 min.
Enfriamiento:	60 min.
Bombeo de formaldehído a RA-303:	15 min.
Reacción de condensación:	180 min.
Análisis de condensación:	30 min.
Bombeo de producto a RA-304:	40 min.
Enfriamiento:	60 min.
Bombeo de sosa a RA-304:	120 min.
Análisis final y ajuste:	120 min.
Bombeo a TA-305:	<u>50</u> min.
	960 min. = 16 horas.
Secado:	24 hrs.

Las ocho horas sobrantes, serán utilizadas para que el personal tome alimentos, haga limpieza de equipo y cargue naftaleno al RA-301.

### 3.2.5 Diagrama de flujo y descripción de equipo de la planta de S. N.

La descripción del equipo se realizará en la secuencia marcada en el diagrama de flujo de la planta de S.N., marcado como plano No. 2, indicando las alternativas que puedan surgir.

El dimensionamiento de todo el equipo de la planta se realiza en base al estudio del mercado y al factor de - servicio, obteniendo como resultado que si se desean producir 1,000 tons. anuales y se laboran 330 días al año, se necesitan producir 3,030 kgs. diarios.

TA-102 A y B. Tanques de almacenamiento de ácido sulfúrico; Este equipo es común para las dos plantas y ya está descrito en la sección 3.1.5 del presente capítulo.

TA-104. Tanque de almacenamiento de formaldehído. hay dos opciones para el material de construcción de este tanque, y son el aluminio y la fibra de vidrio/resina poliéster. El segundo tipo es más económico, por lo cual es el que se utilizará. La capacidad será de 10,000 lts. (11,302 kg) con lo que se cubren las necesidades para 26 días de operación. Este tanque será cilíndrico vertical con tapa có

nica integrada, se requiere de un medidor de flujo con integrador y controlador accionando directamente la válvula de la bomba BA-104.

TA-105 A y B. Tanques de almacenamiento de hidróxido de sodio. Tanque cilíndrico vertical con tapa cónica integrada, construido en acero al carbón para una capacidad de almacenamiento de 20,000 lts. (30,600 kgs.). Es conveniente colocar dos de la mitad de la capacidad total, o sea de 10,000 lts. cada uno, para facilitar el mantenimiento y su conservación, sin afectar el proceso. Con esta cantidad se cubren las necesidades de 22 días de operación. Se requiere un medidor con integrador y controlador de flujo.

TA-106. Tanque de almacenamiento de hidróxido de amonio. Tanque cilíndrico vertical con tapa cónica integrada, construido en acero al carbón, con capacidad de 10,000 lts. - (9,000 kgs.). No es conveniente almacenar grandes cantidades por la volatilidad del material, además de que su consumo inicialmente será casi nulo.

TA-305 A y B. Tanque de almacenamiento del S. N. Líquido. Tanque cilíndrico vertical, construido con fibra de vidrio/resina poliéster con tapa cónica bridada del mis

mo material. Estarán provistos de un serpentín para man tener el licor a 70°C, la capacidad de cada tanque será de 10,000 lts., pudiendo almacenar en cada recipiente, - tres lotes de S. N.

TA-401 A y B. Tanque de almacenamiento de diesel. Este equipo es común para las dos plantas y ya se encuentra descrito en la sección 3.1.5 del presente capítulo.

RA-301 A y B. Tanques para fundir y almacenar naftaleno. Tanque cilíndrico vertical, con tapas toriesféricas, - construidos en acero inoxidable, provisto con serpentín de calentamiento para efectuar la fundición. Cada tanque almacenará 4,984 kgs. de naftaleno. Entre ambos tanques se tendrá capacidad suficiente para cubrir las necesida des de 8 días. Se requiere que estos tanques se encuentren aislados y que tengan medidor con integrador y controlador de flujo.

RA-302. Reactor para la sulfonación. Reactor cilíndrico vertical, su material de construcción es acero vidriado, debido a la característica del material que se va a mane jar, su capacidad normal será de 1,900 lts., el reactor estará equipado con agitador vidriado tipo ancla, motor eléctrico y transmisión hidráulica. Se requiere que tenga

una entrada-hombre, cuatro conecciones bridadas para el suministro del naftaleno fundido, ácido sulfúrico, agua y venteo con disco de ruptura; una válvula de descarga en la parte inferior también vidriada, este equipo está aislado y enchaquetado.

RA-303. Reactor para la condensación. Reactor cilíndrico vertical construido en acero vidriado, con una capacidad normal de 2,800 lts. provisto de chaqueta, equipado con agitador vidriado tipo ancla, motor eléctrico y transmisión hidráulica. Se requiere que tenga entrada-hombre, cuatro conecciones bridadas para el suministro del ácido  $\beta$ -naftalensulfónico, formaldehído, agua y venteo con disco de ruptura; una válvula de descarga en la tapa inferior también vidriada. Este equipo también estará aislado y enchaquetado.

RA-304. Reactor para la neutralización. Reactor cilíndrico vertical, construido en acero vidriado, con capacidad de 5,678 lts., de características iguales a los reactores RA-302 y 303.

BA-102. Bomba centrífuga para ácido sulfúrico. Este equipo es común para ambas plantas y se encuentra descrito en la sección 3.1.5 del presente capítulo.

BA-104. Bomba centrífuga para formaldehído equipada con impulsor y carcasa construidos en acero al carbón, provista de sello mecánico en la flecha y motor eléctrico cerrado, seleccionada para manejar un gasto de 100 lt/min

BA-105. Bomba centrífuga para hidróxido de sodio al 50%. Se requieren las mismas características que la bomba anterior.

BA-106. Bomba centrífuga para hidróxido de amonio. Se requiere una bomba con características idénticas a la BA-104

BA-301. Bomba de engranes para el naftaleno. Se requiere de engranes por la alta viscosidad que en ocasiones se tiene cuando se enfría el naftaleno, estará enchauquetada para circular vapor para mantener el naftaleno, en estado líquido y se pueda bombear. Su construcción será totalmente en acero inoxidable y seleccionada para manejar un gasto de 100 lts./min., equipada con motor eléctrico a prueba de explosión y sello mecánico en la fle-



cha. Toda la tubería que maneje este producto tendrá una resistencia eléctrica o estará encaquetada, con el fin de mantener siempre el fluido en forma líquida.

BA-302. Bomba de engranes para el producto sulfonado. Bomba construida en acero al carbón, y de idénticas características a la bomba BA-301 y a la tubería mencionada.

BA-303. Bomba centrífuga para el producto condensado con impulsor y carcasa, construida en acero al carbón, provista de sello mecánico en la flecha y motor eléctrico cerrado, seleccionada para manejar un gasto de 100 lt/min

BA-304. Bomba centrífuga para el S. N.- Bomba con iguales características que la bomba BA-303.

BA-305. Bomba de pistones para el esreado del S. N. líquido en el secador, construida en su totalidad en acero inoxidable, equipada con motor eléctrico cerrado, con variador de velocidad y transmisión de potencia en banda en V y poleas.

BA-401. Bomba de engranes para dosificación de diesel a la cámara de combustión, este equipo es común para ambas plantas y se encuentra descrito en la sección 3.1.5 de este capítulo.

VV-405. Ventilador de vacío construido en su totalidad en acero al carbón, con transmisión de poleas y bandas en "V", equipado con motor eléctrico cerrado.

VE-406. Ventilador para el suministro de gases calientes al secador, construido en su totalidad en acero al carbón, con transmisión de potencia por medio de poleas y bandas en "V", equipado con motor eléctrico cerrado, seleccionado para manejar 2,577 kgs. de aire por hora.

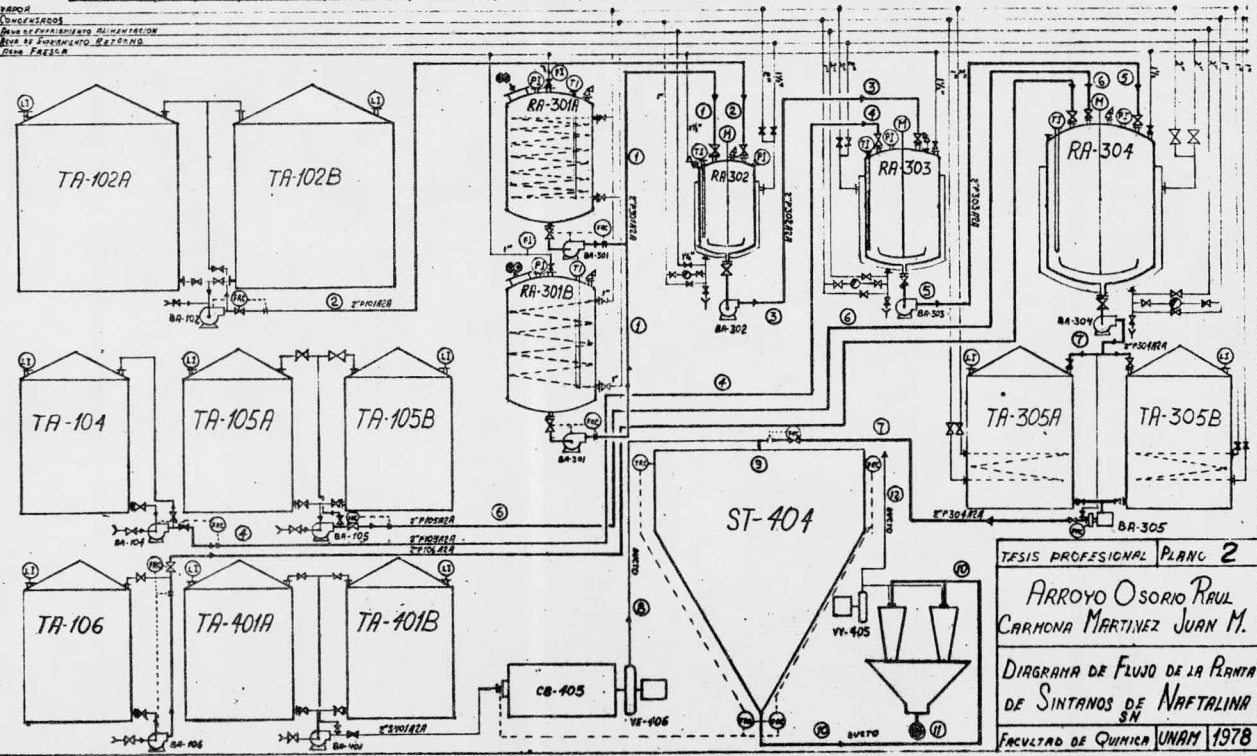
ST-404. Secador por aspersión, construido totalmente en acero inoxidable, equipado con chimenea, ciclones y tobera de descarga, con una capacidad de evaporación de -  
118.67 kg. de agua por hora, manejando un gasto de - -  
244.92 kg. de S. N. líquido/hora al 50%.

CB-405. Cámara de combustión, Cámara de combustion de diesel con ignición por medio de chispa eléctrica de una bujía, equipada con bomba dosificadora de diesel, ventilador de aire para la combustión y sistema automático de regulación de la temperatura que acciona una válvula reguladora del flujo de diesel. El quemador tendrá una capacidad calorífica máxima de 1,100,000 BTU/hr. con un consumo aproximado de 500,000 BTU/hr.

La cámara de combustión tendrá un volumen de  $0.5 \text{ M}^3$   
su material de construcción será de acero al carbón.  
Se requiere un aislamiento de fibra de vidrio y asbes  
to con el fin de evitar pérdidas de calor.

CORRIENTE	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
PRODUCTO	C10 H8	H2 SO4	C10 H8 SO2	CH2O	(C10 H8 SO2)n	NaOH	SN	AIRE - CO2	SN - AIRE	SN - AIRE	SN	AIRE
EST. FISICO	Liq - Vap.	Liquido	Liquido	Liquido	Liquido	Liquido	Liquido	Gas	Liq - Sol - Gas	Sol - Gas - Vap	Solido	Gas - Vapor
CONCENTRACION	100%	98%	76.2%	44%	58.4%	50%	50%	100%	4.47% P	4.47% P	97%	5.36% 4x0
GASTO	1246 kg/Lote	4412 kg/Lote	2658 kg/Lote	443 kg/Lote	3601 kg/Lote	1480 kg/Lote	5878 kg/Lote	2577 kg/Lote	2822 kg/Lote	126.27 kg/Lote	126.27 kg/Lote	2696.0 kg/Lote
TEMPERATURA	120°C	20°C	140°C	20°C	120°C	20°C	70°C	200°C	<200°C	90°C	± 60°C	90°C

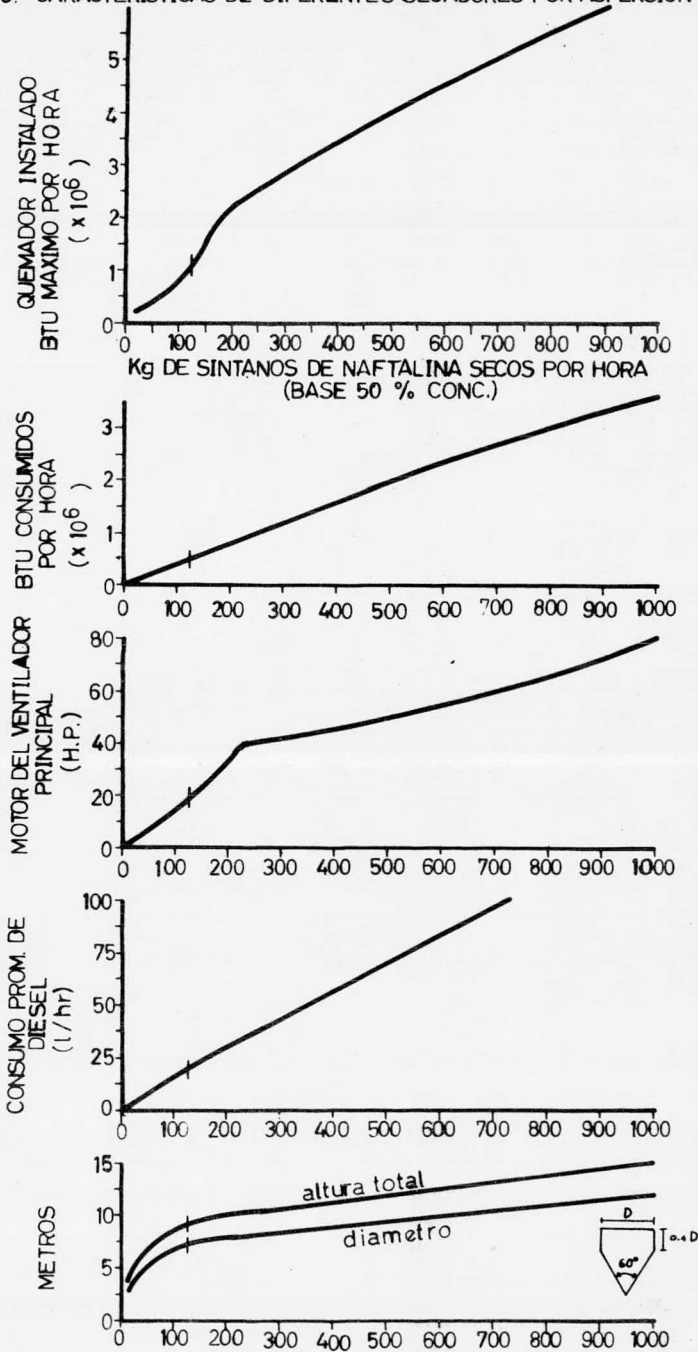
SECTOR  
CONDENSADOS  
SECTOR DE REFRIGERACION ALIMENTACION  
SECTOR DE REFRIGERACION SEPARACION  
SECTOR FRESCA



TESIS PROFESIONAL PLANO 2  
ARROYO OSORIO RAUL  
CARRONA MARTINEZ JUAN M.  
DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA  
DE SINTANOS DE NAFTALINA  
SN  
FACULTAD DE QUIMICA UNAHY 1978

142

FIG.3.5.- CARACTERISTICAS DE DIFERENTES SECADORES POR ASPERSION QUE MANEJEN S. N.



### 3.3 HOJAS DE DATOS DE EQUIPO.

En la presente sección, se presentan una serie de hojas, las cuales reúnen las especificaciones que deben tener tanto recipientes como son los tanques de almacenamiento<sup>(4)</sup>, tanques de reacción, tanques de fusión<sup>(4,6,I)</sup>, reactores y cámaras de combustión<sup>(4,6,H)</sup>; así como también las bombas que serán utilizadas en las dos plantas.<sup>(10)</sup>

No se presenta hojas de datos para los secadores, ya que los datos más interesantes han sido proporcionados por el mismo fabricante y éstos se encuentran resumidos en las figuras 3.3 y 3.5 del presente capítulo.

La secuencia a seguir, será analizar primero las especificaciones de recipientes, según sea la clave del equipo y a continuación, las especificaciones de las bombas de acuerdo a su clave.

Los datos presentados son el producto de una serie de cálculos realizados, en base a las propiedades que presentan los distintos fluidos en cada equipo.

Por otra parte, para la fácil identificación de cada equipo, a continuación se presenta el significado de la nomenclatura utilizada:

- TA.- Tanques de almacenamiento.
- TR.- Tanques para la reacción de S. B. C.
- RA.- Reactores.
- CB.- Cámaras de combustión.
- BA.- Bombas.
- VE.- Ventiladores de aire.
- VV.- Ventiladores de vacío.
- ST.- Secadores por asperción.

✓ ESPECIFICACIONES DE RECIPIENTES

PLANTA: SBC.	TRABAJO: Tesis Profesional.	
LOCALIZACION: Bajio.	ORDEN N° 001	FECHA: 1978
N° UNIDADES: Dos.	CLAVE DEL EQUIPO: TA-101 A y B.	
SERVICIO: Almac. de sol. Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	POSICION: vertical.	
TIPO DE FLUIDO: Líquido.	DENSIDAD: 1.470 - 1.480 g/cm <sup>3</sup>	
TEMPERATURA DE OPERACION: 25°C	TEMPERATURA DISEÑO: 100°C	
PRESION DE OPERACION: Atmosférica	PRESION DE DISEÑO: 2.31 kg/cm <sup>2</sup>	
PRESION DE PRUEBA: 0.77 kg/cm <sup>2</sup>	VENTEO: Atmosférico.	
LONGITUD: 5,200 mm.	DIAMETRO: 2,500 mm.	
NIVEL NORMAL: 5,093 mm.	NIVEL MAXIMO: 5,200 mm.	
CAPACIDAD NORMAL 25,000 lts.	CAPACIDAD MAXIMA: 25,525 lts.	
TAPA: cónica bridada.	MATERIAL: Fibra de vidrio/resina poliester.	
CORROSION EN CUERPO: 0.4 mm.	CORROSION EN TAPAS: 0.4 mm.	
ESPESOR EN CUERPO Escalonado de 6mm	ESPESOR EN TAPAS: escalonado 5 MM	
AISLAMIENTO: No se requiere.	ESPESOR DEL AISLAMIENTO: No se requiere	
SERPENTIN: No se requiere.	MATERIAL: No se requiere.	
PESO VACIO: 525 kg.	PESO LLENO: 38,300 kgs.	
RADIOGRAFIA: No se requiere.	CODIGO: ASME.	
PINTURA: Color natural.	EMBARQUE: Dos piezas.	
SE REQUIERE EN LA TAPA:		
3 conexiones bridadas de 50.8 mm. para venteo, carga y medidor de nivel.		
2 conexiones bridadas de 508 mm. para entrada-hombre y agitador		
SE REQUIERE EN LA PARTE INFERIOR DEL CUERPO:		
2 conexiones bridadas de 50.8 mm para descarga y drenaje.		
SE REQUIERE EN LA PARTE LATERAL:		
1 conexión bridada de 50.8 mm para entrada-hombre		



ESPECIFICACIONES DE RECIPIENTES

PLANTA: S.B.C. y S.N.	TRABAJO: Tesis profesional.	
LOCALIZACION: Bajio.	ORDEN N° 002.	FECHA: 1978.
N° UNIDADES: Dos.	CLAVE DEL EQUIPO: TA-102 A y B.	
SERVICIO: Almacenamiento ac.sulf.	POSICION: vertical.	
TIPO DE FLUIDO: liq. altamente corrosivo	DENSIDAD: 1.836 - 1.8411 g/cm <sup>3</sup> .	
TEMPERATURA DE OPERACION: 25°C	TEMPERATURA DISEÑO: 40°C	
PRESION DE OPERACION: Atmosférica.	PRESION DE DISEÑO: 3.94 kg./cm <sup>2</sup> .	
PRESION DE PRUEBA: 2.10 kg/cm <sup>2</sup> .	VENTEO: sello de aceite de silicona	
LONGITUD: 4,200 mm.	DIAMETRO: 2,500 mm.	
NIVEL NORMAL: 4,075 mm.	NIVEL MAXIMO: 4,200 mm.	
CAPACIDAD NORMAL: 20,000 lts.	CAPACIDAD MAXIMA: 20,600 lts.	
TAPA: cónica integrada.	MATERIAL: <del>acero al</del> acero al carbón SA-283 grado C.	
CORROSION EN CUERPO: 0.5 a 1.27 mm	CORROSION EN TAPAS: 0.5 a 1.21 mm	
ESPESOR EN CUERPO: 6.35 mm.	ESPESOR EN TAPAS: 8 mm.	
AISLAMIENTO: No se requiere.	ESPESOR DEL AISLAMIENTO: No se requiere	
SERPENTIN: No se requiere.	MATERIAL: No se requiere.	
PESO VACIO: 3,200 kgs.	PESO LLENO: 41,150 kgs.	
RADIOGRAFIA: Si se requiere.	CODIGO: <del>ASME</del> /ASTM.	
PINTURA: Primer.	EMBARQUE: Una pieza.	
SE REQUIERE EN LA TAPA:		
3 conexiones bridadas de 50.8 mm. para venteo, carga y nivel.		
1 conexión bridadada de 508 mm para entrada-hombre.		
SE REQUIERE EN LA PARTE INFERIOR DEL CUERPO:		
2 conexiones bridadas de 50.8 mm para descarga y drenaje.		
SE REQUIERE EN LA PARTE LATERAL:		
1 conexión bridadada de 508 mm para entrada-hombre.		

✓ ESPECIFICACIONES DE RECIPIENTES

PLANTA: S. B. C.	TRABAJO: Tesis profesional.	
LOCALIZACION: Bajio.	ORDEN N° 003	FECHA: 1978.
N° UNIDADES: Una.	CLAVE DEL EQUIPO: TA-103.	
SERVICIO: Almacén miel incristaliz.	POSICION: vertical.	
TIPO DE FLUIDO: Líquido viscoso.	DENSIDAD: 1.31 - 1.41 g/cm <sup>3</sup> .	
TEMPERATURA DE OPERACION: 25°C	TEMPERATURA DISEÑO: 100°C	
PRESION DE OPERACION: Atmosférica.	PRESION DE DISEÑO: 2.36 kg/cm <sup>2</sup> .	
PRESION DE PRUEBA: 0.59 kg/cm <sup>2</sup> .	VENTEO: Atmosférico.	
LONGITUD: 4,200 mm.	DIAMETRO: 2,500 mm.	
NIVEL NORMAL: 4,075 mm.	NIVEL MAXIMO: 4,200 mm.	
CAPACIDAD NORMAL: 20,000 lts.	CAPACIDAD MAXIMA: 20,600 lts.	
TAPA: cónica bridada.	MATERIAL: fibra vidrio/resina poliest	
CORROSION EN CUERPO: 0.4 mm.	CORROSION EN TAPAS: 0.4 mm.	
ESPESOR EN CUERPO: Escalonado 6 mm.	ESPESOR EN TAPAS: Escalonado 5 mm.	
AISLAMIENTO: No se requiere.	ESPESOR DEL AISLAMIENTO: No se requiere	
SERPENTIN: No se requiere.	MATERIAL: No se requiere.	
PESO VACIO: 350 kgs.	PESO LLENO: 29,400 kgs.	
RADIOGRAFIA: Sin radiografía.	CODIGO: ASME.	
PINTURA: Color natural.	EMBARQUE: Dos piezas,	
SE REQUIERE EN LA TAPA:		
3 conexiones bridadas de 50.8 mm para venteo, carga y nivel. 1 conexión bridada de 508 mm para entrada-hombre.		
SE REQUIERE EN LA PARTE INFERIOR DEL CUERPO:		
2 conexiones bridadas de 50.8 mm para descarga y drenaje.		
SE REQUIERE EN LA PARTE LATERAL:		
1 conexión bridada de 508 mm para entrada-hombre		

ESPECIFICACIONES DE RECIPIENTES

PLANTA: SN	TRABAJO: Tesis profesional.	
LOCALIZACION: Bajio.	ORDEN N° 004	FECHA: 1978
N° UNIDADES: Una.	CLAVE DEL EQUIPO: TA-104.	
SERVICIO: Almac. de formaldehido.	POSICION: vertical.	
TIPO DE FLUIDO: líquido.	DENSIDAD: 1.1302 g/cm <sup>3</sup> .	
TEMPERATURA DE OPERACION: 20°C	TEMPERATURA DISEÑO: 100°C	
PRESION DE OPERACION: Atmosférica.	PRESION DE DISEÑO: 2.38 kg/cm <sup>2</sup> .	
PRESION DE PRUEBA: 0.30 kg/cm <sup>2</sup> .	VENTEO: Sello de agua con lavado de gases por espreado.	
LONGITUD: 2,700 mm.	DIAMETRO: 2,213 mm.	
NIVEL NORMAL: 2,600 mm.	NIVEL MAXIMO: 2,700 mm.	
CAPACIDAD NORMAL: 10,000 lts.	CAPACIDAD MAXIMA: 10,385 lts.	
TAPA: cónica bridada.	MATERIAL: fibra vidrio/resina pol.	
CORROSION EN CUERPO: 0.4 mm.	CORROSION EN TAPAS: 0.4 mm.	
ESPESOR EN CUERPO: Escalonado de 6mm	ESPESOR EN TAPAS: Escalonado 5 mm.	
AISLAMIENTO: No se requiere.	ESPESOR DEL AISLAMIENTO: No se requiere.	
SERPENTIN: No se requiere.	MATERIAL: No se requiere.	
PESO VACIO: 200 kgs.	PESO LLENO: 12,000 kgs.	
RADIOGRAFIA: No se requiere.	CODIGO: ASME/ASTM.	
PINTURA: Color natural.	EMBARQUE: dos piezas.	
SE REQUIERE EN LA TAPA:		
3 conexiones bridadas de 50.8 mm para venteo, carga y medidor de nivel.		
1 conexión bridada de 508 mm para entrada-hombre.		
SE REQUIERE EN LA PARTE INFERIOR DEL CUERPO:		
2 conexiones bridadas de 50.8 mm para descarga y drenaje.		
SE REQUIERE EN LA PARTE LATERAL:		
1 conexión bridada de 508 mm para entrada-hombre.		

ESPECIFICACIONES DE RECIPIENTES

PLANTA: S. N.	TRABAJO: Tesis profesional.	
LOCALIZACION: Bajio.	ORDEN N° 005	FECHA: 1978.
N° UNIDADES: Dos.	CLAVE DEL EQUIPO: TA-105 A y B	
SERVICIO: Almacén de hidróxido de sodio.	POSICION: vertical.	
TIPO DE FLUIDO: Líquido.	DENSIDAD: 1.53 g/cm <sup>3</sup> .	
TEMPERATURA DE OPERACION: 20°C	TEMPERATURA DISEÑO: 80°C	
PRESION DE OPERACION: Atmosférica.	PRESION DE DISEÑO: 5.41 kg/cm <sup>2</sup> .	
PRESION DE PRUEBA: 0.42 kg/cm <sup>2</sup> .	VENTEO: Sello de aceite de sili-cón.	
LONGITUD: 2,700 mm.	DIAMETRO: 2,213 mm.	
NIVEL NORMAL: 2,600 mm.	NIVEL MAXIMO: 2,700 mm.	
CAPACIDAD NORMAL: 10,000 lts.	CAPACIDAD MAXIMA: 10,385 lts.	
TAPA: cónica integrada.	MATERIAL: Acero al carbono SA-283 grado C.	
CORROSION EN CUERPO: 0.5al.27 mm.	CORROSION EN TAPAS: 0.5al.27 mm.	
ESPESOR EN CUERPO: 6.35 mm.	ESPESOR EN TAPAS: 7.2 mm.	
AISLAMIENTO: No se requiere.	ESPESOR DEL AISLAMIENTO: No se requiere.	
SERPENTIN: No se requiere.	MATERIAL: No se requiere.	
PESO VACIO: 1,300 kg.	PESO LLENO: 17,100 kgs.	
RADIOGRAFIA: Si se requiere.	CODIGO: ASME/ASTM.	
PINTURA: Primer.	EMBARQUE: Una pieza.	
SE REQUIERE EN LA TAPA:		
3 conexiones bridadas de 50.8 mm para venteo, carga y nivel. 1 conexión bridada de 508 mm para entrada-hombre.		
SE REQUIERE EN LA PARTE INFERIOR DEL CUERPO:		
2 conexiones bridadas de 50.8 mm para descarga y drenaje.		
SE REQUIERE EN LA PARTE LATERAL:		
1 conexión bridada de 508 mm para entrada-hombre.		

ESPECIFICACIONES DE RECIPIENTES

PLANTA: SN	TRABAJO: Tesis profesional.	
LOCALIZACION: Bajío.	ORDEN N° 006.	FECHA: 1978
N° UNIDADES: Una.	CLAVE DEL EQUIPO: TA-106.	
SERVICIO Almacenamiento de NH <sub>4</sub> OH	POSICION: vertical.	
TIPO DE FLUIDO: líquido.	DENSIDAD: 0.9 g/cm <sup>3</sup> .	
TEMPERATURA DE OPERACION: 20°C	TEMPERATURA DISEÑO: 80°C	
PRESION DE OPERACION: Atmosférica	PRESION DE DISEÑO: 5.41 kg/cm <sup>2</sup> .	
PRESION DE PRUEBA: 0.30 kg/cm <sup>2</sup> .	VENTEO: de gases por espreado. Sello de agua con lavado	
LONGITUD: 2,700	DIAMETRO: 2,213	
NIVEL NORMAL: 2,600 mm.	NIVEL MAXIMO: 2,700 mm.	
CAPACIDAD NORMAL: 10,000 lts.	CAPACIDAD MAXIMA: 10,385 lts.	
TAPA: cónica integrada.	MATERIAL: SA-283 grado C Acero al carbón	
CORROSION EN CUERPO: 0.5 a 1.27 mm.	CORROSION EN TAPAS: 0.5 a 1.27 mm.	
ESPESOR EN CUERPO: 6.35 mm.	ESPESOR EN TAPAS: 7.2 mm.	
AISLAMIENTO: No se requiere.	ESPESOR DEL AISLAMIENTO: No se requiere	
SERPENTIN: No se requiere.	MATERIAL: No se requiere.	
PESO VACIO: 1,300 kgs.	PESO LLENO: 10,650 kgs.	
RADIOGRAFIA: Si se requiere.	CODIGO: ASME/ASTM.	
PINTURA: Primer.	EMBARQUE: Una pieza.	
SE REQUIERE EN LA TAPA:		
3 conexiones bridadas de 50.8 mm. para venteo, carga y medidor de nivel.		
1 conexión bridada de 508 mm. para entrada-hombre y agitador.		
SE REQUIERE EN LA PARTE INFERIOR DEL CUERPO:		
2 conexiones bridadas de 50.8 mm para descarga y drenaje.		
SE REQUIERE EN LA PARTE LATERAL:		
1 conexión bridada de 508 mm. para entrada-hombre.		

✓ ESPECIFICACIONES DE RECIPIENTES

PLANTA: S.B.C.	TRABAJO: Tesis profesional.	
LOCALIZACION: Bajio.	ORDEN N° 007	FECHA: 1978.
N° UNIDADES: Dos.	CLAVE DEL EQUIPO: TR-201 A y B.	
SERVICIO: Reacción de S. B.C .	POSICION: Vertical.	
TIPO DE FLUIDO: Líquido viscoso.	DENSIDAD: 1.58 - 1.70 g/cm <sup>3</sup> .	
TEMPERATURA DE OPERACION: 96°C	TEMPERATURA DISEÑO: 100°C	
PRESION DE OPERACION: Atmosférica.	PRESION DE DISEÑO: 2.38 kg/cm <sup>2</sup> .	
PRESION DE PRUEBA: 0.46 kg/cm <sup>2</sup> .	VENTEO: chimenea para gases.	
LONGITUD: 2,700 mm.	DIAMETRO: 2,213 mm.	
NIVEL NORMAL: 2,600 mm.	NIVEL MAXIMO: 2,700 mm.	
CAPACIDAD NORMAL: 10,000 lts.	CAPACIDAD MAXIMA: 10,385 lts.	
TAPA: cónica truncada y bridada.	MATERIAL: Fibra de vidrio/resina poliéster.	
CORROSION EN CUERPO: 0.4 mm.	CORROSION EN TAPAS: 0.4 mm.	
ESPESOR EN CUERPO: Escalonado de 8 mm.	ESPESOR EN TAPAS: Escalonado 8 mm	
AISLAMIENTO: No se requiere.	ESPESOR DEL AISLAMIENTO: No se requiere.	
SERPENTIN: No se requiere.	MATERIAL: No se requiere.	
PESO VACIO: 300 kgs.	PESO LLENO: 17,450 kgs.	
RADIOGRAFIA: No se requiere.	CODIGO: ASME.	
PINTURA: Color natural.	EMBARQUE: Tres piezas.	
SE REQUIERE EN LA TAPA:		
4 conexiones bridadas de 25.4 mm para ácido sulfúrico, bicromato de sodio, agua y miel incristalizable.		
1 conexión bridada de 508 mm para entrada hombra.		
1 conexión bridada de 304.8 mm para chimenea.		
SE REQUIERE EN LA PARTE INFERIOR DEL CUERPO:		
1 conexión bridada de 50.8 mm para descarga.		
SE REQUIERE EN LA PARTE LATERAL:		
No se requiere ninguna.		

ESPECIFICACIONES DE RECIPIENTES

PLANTA: S. B. C.	TRABAJO: Tesis profesional.	
LOCALIZACION: Bajio.	ORDEN N° 008	FECHA: 1978.
N° UNIDADES: Dos.	CLAVE DEL EQUIPO: TA-202 A y B.	
SERVICIO: Almacén de licor de SBC.	POSICION: vertical.	
TIPO DE FLUIDO: Líquido viscoso.	DENSIDAD: 1.58 - 1.60 g/cm <sup>3</sup> .	
TEMPERATURA DE OPERACION: 70°C	TEMPERATURA DISEÑO: 100°C	
PRESION DE OPERACION: Atmosférica	PRESION DE DISEÑO: 2.38 kg/cm <sup>2</sup> .	
PRESION DE PRUEBA: 0.46 kg/cm <sup>2</sup> .	VENTEO: atmosférico.	
LONGITUD: 2,700 mm.	DIAMETRO: 2,213 mm.	
NIVEL NORMAL: 2,600 mm.	NIVEL MAXIMO: 2,700 mm.,	
CAPACIDAD NORMAL: 10,000 lts.	CAPACIDAD MAXIMA: 10,385 lts.	
TAPA: cónica bridada.	fibra de vidrio/resina MATERIAL: poliester.	
CORROSION EN CUERPO: 0.4 mm.	CORROSION EN TAPAS: 0.4 mm.	
ESPESSOR EN CUERPO Escalonado de 6 mm	ESPESSOR EN TAPAS: Escalonado 5 mm	
AISLAMIENTO: No se requiere.	ESPESSOR DEL AISLAMIENTO: <sup>No se</sup> requiere	
SERPENTIN: 1,500 mm Ø, long. 23 m.	MATERIAL: Acero inox.240 tipo 304, 1 <sup>a</sup> .	
PESO VACIO: 275 kgs.	PESO LLENO: 18,000 kgs.	
RADIOGRAFIA: No se requiere.	CODIGO: ASME/ASTM.	
PINTURA: Color natural.	EMBARQUE: Dos piezas.	
SE REQUIERE EN LA TAPA:		
3 conexiones bridadas de 50.8 mm para venteo, carga y medidor de nivel.		
1 conexión bridada de 508 mm. para entrada hombre.		
SE REQUIERE EN LA PARTE INFERIOR DEL CUERPO:		
2 conexiones bridadas de 50.8 mm para descarga y drenaje.		
SE REQUIERE EN LA PARTE LATERAL:		
1 conexión bridada de 508 mm para entrada hombre.		
2 conexiones bridadas de 50.8 mm para serpentín.		

ESPECIFICACIONES DE RECIPIENTES

PLANTA: S.N.	TRABAJO: Tesis profesional.	
LOCALIZACION: Bajío.	ORDEN N° 009	FECHA: 1978
N° UNIDADES: Dos.	CLAVE DEL EQUIPO: RA-301 A y B.	
SERVICIO: Fundir naftalina.	POSICION: vertical.	
TIPO DE FLUIDO: sólido-líquido.	DENSIDAD: 1.158 g/cm <sup>3</sup> .	
TEMPERATURA DE OPERACION: 120°C	TEMPERATURA DISEÑO: 350°C	
PRESION DE OPERACION: 0.5 kg/cm <sup>2</sup> .	PRESION DE DISEÑO: 5.27 kg/cm <sup>2</sup> .	
PRESION DE PRUEBA: 5 kg/cm <sup>2</sup> .	VENTEO: Atmosférico.	
LONGITUD: cuerpo : 1727 mm.	DIAMETRO: 1,827 mm.	
LONGITUD TOTAL: 2,573 mm.	NIVEL MAXIMO: 2,230 mm.	
CAPACIDAD NORMAL: 4,500 lts.	CAPACIDAD MAXIMA: 5,420 lts.	
TAPA: Toriesférica.	MATERIAL: Acero inox. 316.	
CORROSION EN CUERPO: 0.5-1.27 mm.	CORROSION EN TAPAS: 0.5-1.27 mm.	
ESPESOR EN CUERPO: 8 mm.	ESPESOR EN TAPAS: 9.5 mm.	
AISLAMIENTO: Fibra de vidrio/asbesto	ESPESOR DEL AISLAMIENTO: 100 mm.	
SERPENTIN: 1,000 mm diámetro, 25.4 mm Ø 16 vueltas.	MATERIAL: Acero al carbón SA-285 grado C.	
PESO VACIO: 1,750 kgs.	PESO LLENO: 8,000 kgs.	
RADIOGRAFIA: Si se requiere.	CODIGO: ASME/ASTM.	
PINTURA: Primer.	EMBARQUE: Una pieza.	

SE REQUIERE EN LA TAPA:

- 2 conexiones bridadas de 50.8 mm para venteo, agua.
- 1 conexión bridada de 508 mm para entrada hombre.

SE REQUIERE EN LA PARTE INFERIOR DEL CUERPO:

- 1 conexión bridada de 50.8 mm para descarga.

SE REQUIERE EN LA PARTE LATERAL:

- 2 conexiones bridadas de 50.8 mm para serpentín.



## ESPECIFICACIONES DE RECIPIENTES

PLANTA: SN	TRABAJO: Tesis profesional.	
LOCALIZACION: Bajio.	ORDEN N° 010	FECHA: 1978.
N° UNIDADES: Una.	CLAVE DEL EQUIPO: RA-302.	
SERVICIO: Reactor de sulfonación.	POSICION: vertical.	
TIPO DE FLUIDO: Líquido.	DENSIDAD: 1.524 g/cm <sup>3</sup> .	
TEMPERATURA DE OPERACION: 140°C	TEMPERATURA DISEÑO: 343°C	
PRESION DE OPERACION: 1 kg/cm <sup>2</sup> .	PRESION DE DISEÑO: 7 kg/cm <sup>2</sup> .	
PRESION DE PRUEBA: 7 kg/cm <sup>2</sup> .	VENTEO: Atmosférico.	
LONGITUD: cuerpo: 1,057 mm.	DIAMETRO: 1,473 mm.	
LONGITUD TOTAL: 1,705 mm.	NIVEL MAXIMO: 1,321 mm.	
CAPACIDAD NORMAL: 1,893 lts.	CAPACIDAD MAXIMA: 2,074 lts.	
TAPA: Toriesféricas.	MATERIAL: Acero vidriado.	
CORROSION EN CUERPO: Inexistente.	CORROSION EN TAPAS: Inexistente.	
ESPESOR EN CUERPO: 22 mm.	ESPESOR EN TAPAS: 19 mm.	
AISLAMIENTO: Fibra de vidrio/asbesto	ESPESOR DEL AISLAMIENTO: 100 mm.	
SERPENTIN: Chaqueta.	MATERIAL: Acero al carbón.	
PESO VACIO: 2,700 kgs.	PESO LLENO: 5,860 kgs.	
RADIOGRAFIA: Si se requiere.	CODIGO: ASME.	
PINTURA: Primer.	EMBARQUE: Una pieza.	
SUPERFICIE CHAQUETA: 63,636 cm <sup>2</sup> .		
SE REQUIERE EN LA TAPA: 1 conexión bridada de 152.4 mm para lámpara. 6 conexiones bridadas de 50.8 mm para venteo, agua, ácido sulfúrico, naftaleno, fundido, manómetro y una libre. 1 conexión bridada de 304.8 mm x 406.4 mm para entrada hombre elíptica con mirilla y 2 conexiones bridadas de 101.6mm para entrada del agitador y baffle.		
SE REQUIERE EN LA PARTE INFERIOR DEL CUERPO: 1 conexión bridada de 76.2 mm para válvula de descarga.		
SE REQUIERE EN LA PARTE LATERAL: 2 conexiones bridadas de 50.8 mm para entrada y salida de la chaqueta.		

ESPECIFICACIONES DE RECIPIENTES

PLANTA: S. N.	TRABAJO: Tesis profesional.	
LOCALIZACION: Bajío.	ORDEN N° 011	FECHA: 1978.
N° UNIDADES: Una.	CLAVE DEL EQUIPO: RA-303.	
SERVICIO: Reactor de condensación.	POSICION: vertical.	
TIPO DE FLUIDO: Líquido.	DENSIDAD: 1.327	
TEMPERATURA DE OPERACION: 100°C	TEMPERATURA DISEÑO: 343°C	
PRESION DE OPERACION: 3 kg/cm <sup>2</sup> .	PRESION DE DISEÑO: 7 kg/cm <sup>2</sup> .	
PRESION DE PRUEBA: 7 kg/cm <sup>2</sup> .	VENTEO: Atmosférica.	
LONGITUD: Cuerpo: 1,500 mm.	DIAMETRO: 1,524 mm.	
LONGITUD TOTAL: 2,260 mm.	NIVEL MAXIMO: 2,000 mm.	
CAPACIDAD NORMAL: 2,800 lts.	CAPACIDAD MAXIMA: 3,353 lts.	
TAPA: Toriesféricas.	MATERIAL: Acero vidriado.	
CORROSION EN CUERPO: Inexistente.	CORROSION EN TAPAS: Inexistente.	
ESPESOR EN CUERPO: 22 mm.	ESPESOR EN TAPAS: 19 mm.	
AISLAMIENTO: Fibra de vidrio/asbesto	ESPESOR DEL AISLAMIENTO: 100 mm.	
SERPENTIN: Chaqueta.	MATERIAL: Acero al carbón.	
PESO VACIO: 3,750 kgs.	PESO LLENO: 8,200 kgs.	
RADIOGRAFIA: Si se requiere.	CODIGO: ASME.	
PINTURA: Primer.	EMBARQUE: Una pieza.	
SUPERFICIE CHAQUETA: 78,965 cm <sup>2</sup> .		
SE REQUIERE EN LA TAPA: 1 conexión bridada de 152.4 mm para lámpara. 6 conexiones bridadas de 50.8 mm para venteo, agua, producto sulfonado, formaldehído, manómetro y libre. 1 conexión bridada de 353.6 mm x 457.2 mm para entrada hombre; elíptica y bafle y 2 conexiones bridadas de 101.0 mm para entrada del agitador y bafle.		
SE REQUIERE EN LA PARTE INFERIOR DEL CUERPO: 1 conexión bridada de 76.2 mm para válvula de descarga.		
SE REQUIERE EN LA PARTE LATERAL: 2 conexiones bridadas de 50.8 mm para entrada y salida de la chaqueta.		

ESPECIFICACIONES DE RECIPIENTES

PLANTA: S. N.	TRABAJO: Tesis profesional.	
LOCALIZACION: Bajio.	ORDEN N° 012	FECHA: 1978.
N° UNIDADES: Una'	CLAVE DEL EQUIPO: RA-304.	
SERVICIO: Reactor de neutralización	POSICION: vertical.	
TIPO DE FLUIDO: Líquido.	DENSIDAD: 1.225	
TEMPERATURA DE OPERACION: 70°C	TEMPERATURA DISEÑO: 343°C	
PRESION DE OPERACION: 2 kg/cm <sup>2</sup> .	PRESION DE DISEÑO: 7 kg/cm <sup>2</sup> .	
PRESION DE PRUEBA: 7 kg/cm <sup>2</sup> .	VENTEO: Atmosférico.	
LONGITUD: CUERPO: 1,788 mm.	DIAMETRO: 1,981 mm.	
LONGITUD TOTAL: 2,756 mm.	NIVEL MAXIMO: 2,261 mm.	
CAPACIDAD NORMAL: 5,678 lts.	CAPACIDAD MAXIMA: 7116 lts.	
TAPA: Torisférica.	MATERIAL: Acero vidriado.	
CORROSION EN CUERPO: Inexistente.	CORROSION EN TAPAS: Inexistente.	
ESPESOR EN CUERPO: 22 mm.	ESPESOR EN TAPAS: 19 mm	
AISLAMIENTO: Fibra de vidrio/asbesto	ESPESOR DEL AISLAMIENTO: 100 mm.	
SERPENTIN: Enchaquetado.	MATERIAL: Acero al carbón.	
PESO VACIO: 5,200 kg.	PESO LLENO: 13,900 kg.	
RADIOGRAFIA: Si se requiere.	CODIGO: ASME.	
PINTURA: Primer.	EMBARQUE: Una pieza.	
SUPERFICIE CHAQUETA: 125,415 cm <sup>2</sup> .		
SE REQUIERE EN LA TAPA: 1 conexión bridada de 152.4 mm para lámpara. 6 conexiones bridadas de 50.8 mm para venteo, agua, producto condensado, sosa y amoniaco. 1 conexión bridada de 355.6 mm x 457.2 mm para entrada hombre; eliptica con mirilla. 2 conexiones bridada de 101.6 mm para entrada del agitador y baffle.		
SE REQUIERE EN LA PARTE INFERIOR DEL CUERPO:		
1 conexión bridada de 101.6 mm para válvula de descarga.		
SE REQUIERE EN LA PARTE LATERAL:		
2 conexiones bridadas de 50.8 para entrada y salida de la chaqueta.		

ESPECIFICACIONES DE RECIPIENTES

PLANTA: S. N.	TRABAJO: Tesis profesional.	
LOCALIZACION: Bajio.	ORDEN N° 013	FECHA: 1978.
N° UNIDADES: Dos.	CLAVE DEL EQUIPO: RA-305 A y B.	
SERVICIO: Almacén de licor de S.N.	POSICION:	vertical.
TIPO DE FLUIDO: Líquido.	DENSIDAD:	1.225 g/cm <sup>3</sup> .
TEMPERATURA DE OPERACION: 50°C	TEMPERATURA DISEÑO:	100°C
PRESION DE OPERACION: Atmosférica	PRESION DE DISEÑO:	2.38 kg/cm <sup>2</sup> .
PRESION DE PRUEBA: 0.46 kg/cm <sup>2</sup> .	VENTEO:	Atmosférico.
LONGITUD: 2,700 mm.	DIAMETRO:	2,213 mm.
NIVEL NORMAL: 2,600 mm.	NIVEL MAXIMO:	2,700 mm.
CAPACIDAD NORMAL: 10,000 lts.	CAPACIDAD MAXIMA:	10,385 lts.
TAPA: cónica bridada.	MATERIAL:	fibra de vidrio/resi na poliester.
CORROSION EN CUERPO: 0.4 mm.	CORROSION EN TAPAS:	0.4 mm
ESPESOR EN CUERPO: Escalonado de 6 mm	ESPESOR EN TAPAS:	Escalonado de 5 mm
AISLAMIENTO: No se requiere.	ESPESOR DEL AISLAMIENTO:	No se requiere.
SERPENTIN: 1,500 mm ø, long. 23 m.	MATERIAL:	Acero inox. 240 tipo 304, 1"
PESO VACIO: 275 kg.	PESO LLENO:	13,000 kgs.
RADIOGRAFIA: No se requiere.	CODIGO:	ASME/ASTM.
PINTURA: Color natural.	EMBARQUE:	Dos piezas.
SE REQUIERE EN LA TAPA:		
3 conexiones bridadas de 50.8 mm para venteo, carga y medidor de nivel.		
1 conexión bridada de 508 mm., para entrada hombre.		
SE REQUIERE EN LA PARTE INFERIOR DEL CUERPO:		
2 conexiones bridadas de 50.8 mm para descarga y drenaje.		
SE REQUIERE EN LA PARTE LATERAL:		
1 conexión bridada de 508 mm para entrada hombre.		
2 conexiones bridadas de 50.8 mm para serpentín.		

✓ ESPECIFICACIONES DE RECIPIENTES

PLANTA: S.B.C. y S. N.	TRABAJO: Tesis profesional.	
LOCALIZACION: Bajío.	ORDEN N° 014.	FECHA: 1978.
N° UNIDADES: Dos.	CLAVE DEL EQUIPO: TA-401 A y B.	
SERVICIO: Almacén de diesel.	POSICION: vertical.	
TIPO DE FLUIDO: Líquido.	DENSIDAD: 0.883 g/cm <sup>3</sup> .	
TEMPERATURA DE OPERACION: 25°C	TEMPERATURA DISEÑO: 80°C	
PRESION DE OPERACION: Atmosférica.	PRESION DE DISEÑO: 5.41 kg/cm <sup>2</sup> .	
PRESION DE PRUEBA: 2.10 kg/cm <sup>2</sup> .	VENTEO: Atmosférico.	
LONGITUD: 2,700 mm.	DIAMETRO: 2,213 mm.	
NIVEL NORMAL: 2,600 mm.	NIVEL MAXIMO: 2,700 mm.	
CAPACIDAD NORMAL: 10,000 lts.	CAPACIDAD MAXIMA: 10,385 lts.	
TAPA: cónica integrada.	MATERIAL: acero al carbón SA-285 grado C	
CORROSION EN CUERPO: 0.5-1.27 mm.	CORROSION EN TAPAS: 0.5-1.27 mm.	
ESPESOR EN CUERPO: 6.25 mm.	ESPESOR EN TAPAS: 8 mm.	
AISLAMIENTO: No se requiere.	ESPESOR DEL AISLAMIENTO: No se requiere.	
SERPENTIN: No se requiere.	MATERIAL: No se requiere.	
PESO VACIO: 1,300 kgs.	PESO LLENO: 10,500 kgs.	
RADIOGRAFIA: No se requiere.	CODIGO: ASME.	
PINTURA: Primer.	EMBARQUE: Una pieza.	
SE REQUIERE EN LA TAPA:		
3 conexiones bridadas de 50.8 mm Ø para venteo, carga y medidor de nivel.		
1 conexión bridada de 508 mm Ø para entrada de hombre.		
SE REQUIERE EN LA PARTE INFERIOR DEL CUERPO:		
2 conexiones bridadas de 50.8 mm Ø para descarga y drenaje.		
SE REQUIERE EN LA PARTE LATERAL:		
1 conexión bridada de 508 mm Ø para entrada de hombre.		

✓ ESPECIFICACIONES DE RECIPIENTES

PLANTA: SBC	TRABAJO: Tesis profesional.	
LOCALIZACION: Bajio.	ORDEN N° 015	FECHA: 1978.
N° UNIDADES: Una.	CLAVE DEL EQUIPO: CB-403.	
SERVICIO: Cámara de combustión.	POSICION: horizontal.	
TIPO DE FLUIDO: Gas.	DENSIDAD: 1.3 g/l A TPN.	
TEMPERATURA DE OPERACION: 200°C	TEMPERATURA DISEÑO: 350°C	
PRESION DE OPERACION: Atmosférica	PRESION DE DISEÑO: 7.03 kg/cm <sup>2</sup> .	
PRESION DE PRUEBA: 5.00 kg/cm <sup>2</sup> .	VENTEO: Se requiere chimenea.	
LONGITUD: 2,000 mm.	DIAMETRO: 900 mm.	
NIVEL NORMAL: Capacidad total	NIVEL MAXIMO: Capacidad total.	
CAPACIDAD NORMAL: 1,200 lts.	CAPACIDAD MAXIMA: 1,272 lts.	
TAPA: Plana bridada.	MATERIAL: Acero al carbón SA-285 grado C.	
CORROSION EN CUERPO: 0.5-1.27 mm.	CORROSION EN TAPAS: 0.5-1.27 mm.	
ESPESOR EN CUERPO: 4.76 mm.	ESPESOR EN TAPAS: 6.35 mm.	
AISLAMIENTO: Si se requiere.	ESPESOR DEL AISLAMIENTO: 127 mm.	
SERPENTIN: No se requiere.	MATERIAL: Fibra de vidrio/asbesto	
PESO VACIO: 250 kgs.	PESO LLENO: 250 kgs.	
RADIOGRAFIA: Si se requiere.	CODIGO: ASME/ASTM.	
PINTURA: en el aislamiento	EMBARQUE: 3 piezas.	
SE REQUIERE EN LA TAPA: Una abertura cuadrada de 440 mm por lado, en esta abertura se localizará una compuerta con los instrumentos reguladores de la combustión.		
SE REQUIERE EN LA PARTE INFERIOR DEL CUERPO: En la otra tapa se requiere una abertura de 508 mm de diametro para la salida de los gases de combustión.		
SE REQUIERE EN LA PARTE LATERAL: Un orificio de 25.4 mm para observar la combustión.		

ESPECIFICACIONES DE RECIPIENTES

PLANTA: S. N.	TRABAJO: Tesis profesional.	
LOCALIZACION: Bajio.	ORDEN N° 016	FECHA: 1978.
N° UNIDADES: Una.	CLAVE DEL EQUIPO: CB-405	
SERVICIO: Cámara de combustión.	POSICION: Horizontal.	
TIPO DE FLUIDO: Gas.	DENSIDAD: 1.3 g/l. P.T.N.	
TEMPERATURA DE OPERACION: 200°C	TEMPERATURA DISEÑO: 350°C	
PRESION DE OPERACION: Atmosférica	PRESION DE DISEÑO: 7 kg/cm <sup>2</sup> .	
PRESION DE PRUEBA: 7 kg/cm <sup>2</sup> .	VENTEO: Se requiere chimenea.	
LONGITUD: 1,500 mm.	DIAMETRO: 700 mm.	
NIVEL NORMAL: Capacidad total.	NIVEL MAXIMO: Capacidad total.	
CAPACIDAD NORMAL: 500 lts.	CAPACIDAD MAXIMA: 577 lts.	
TAPA: plana bridada.	MATERIAL: Acero al carbón SA - 285 grado C.	
CORROSION EN CUERPO: 0.5-1.27 mm.	CORROSION EN TAPAS: 0.5-1.27 mm.	
ESPEJOR EN CUERPO: 3.2 mm.	ESPEJOR EN TAPAS: 3.2 mm.	
AISLAMIENTO: Si se requiere.	ESPEJOR DEL AISLAMIENTO: 127 mm	
SERPENTIN: No se requiere.	MATERIAL: Fibra de vidrio.	
PESO VACIO: 110 kg.	PESO LLENO: 110 kgs.	
RADIOGRAFIA: Si se requiere.	CODIGO: ASME/ASTM.	
PINTURA: En el aislamiento	EMBARQUE: 3 piezas.	
SE REQUIERE EN LA TAPA:		
Una abertura cuadrada de 440 mm. por lado, en esta abertura se localizará una compuerta con los instrumentos reguladores de la combustión.		
SE REQUIERE EN LA PARTE INFERIOR DEL CUERPO:		
En la otra tapa se requiere una abertura de 508 mm de diametro para la salida de los gases de combustión.		
SE REQUIERE EN LA PARTE LATERAL:		
Un orificio de 25.4 mm para observar la combustión.		

✓ ESPECIFICACIONES DE BOMBAS.

PLANTA:	S. B. C.	TRABAJO:	Tesis profesional.
LOCALIZACION:	Bajio.	ORDEN NO.:	017      FECHA: 1978.
NO. UNIDADES:	Una.	CLAVE DEL EQUIPO:	BA-101.
SERVICIO:	Bombeo de solución bicromato sodio.		
TIPO DE FLUIDO:	Corrosivo.		
GASTO BOMBEADO A T.P.N.:	100 lts/min.		
TEMPERATURA DE BOMBEO:	20°C		
VISCOSIDAD:	2.7 cp.		
DENSIDAD A T.P.N.:	1.470 - 1.480 g/cm <sup>3</sup> .		
LONGITUD EQUIVALENTE TOTAL:	159 ft.		
<u>CONDICIONES EN LA SUCCION</u>			
PRESION:	1.17 kg/cm <sup>2</sup> .		
DIAMETRO:	50.1 mm.		
<u>CONDICIONES EN LA DESCARGA.</u>			
PRESION:	1.94 kg/cm <sup>2</sup> .		
CARGA DINAMICA TOTAL:	5 m.		
DIAMETRO:	36.4 mm.		
<u>REQUERIMIENTOS:</u>			
TIPO RECOMENDADO DE BOMBA:	Centrífuga.		
MATERIAL DE CONSTRUCCION:	Acero al carbón.		
TIPO RECOMENDADO DE MOTOR:	Eléctrico, cerrado.		
Hp. CALCULADO:	1.239 Hp.		
Hp. RECOMENDADO:	2 Hp		
ΔP:	0.777 kg/cm <sup>2</sup> .		
<u>NECESIDADES ESPECIALES:</u>			
Estoperó.			



✓ ESPECIFICACIONES DE BOMBAS.

PLANTA: S.B.C. y S.N.	TRABAJO: Tesis profesional.
LOCALIZACION: Bajio.	ORDEN No.: 018      FECHA: 1978
NO. UNIDADES: Una	CLAVE DEL EQUIPO: BA-102.
SERVICIO:	Bombeo de ácido sulfúrico al 98%.
TIPO DE FLUIDO:	Corrosivo.
GASTO BOMBEADO A T.P.N.:	100 lts/min.
TEMPERATURA DE BOMBEO:	20°C
VISCOSIDAD:	26 Cp.
DENSIDAD A T.P.N.:	1.836 - 1.841 g/cm <sup>3</sup> .
LONGITUD EQUIVALENTE TOTAL:	145.85 ft.
<u>CONDICIONES EN LA SUCCION</u>	
PRESION:	1.27 kg/cm <sup>2</sup> .
DIAMETRO:	50.1 mm.
<u>CONDICIONES EN LA DESCARGA.</u>	
PRESION:	2.25 kg/cm <sup>2</sup> .
CARGA DINAMICA TOTAL:	5 m.
DIAMETRO:	36.8 mm.
<u>REQUERIMIENTOS:</u>	
TIPO RECOMENDADO DE BOMBA:	Centrífuga.
MATERIAL DE CONSTRUCCION:	Acero inoxidable.
TIPO RECOMENDADO DE MOTOR:	Eléctrico, cerrado.
Hp. CALCULADO:	1.380 Hp.
Hp. RECOMENDADO:	2,0 Hp.
ΔP:	0.983 kg/cm <sup>2</sup> .
<u>NECESIDADES ESPECIALES:</u>	
Sello mecánico.	

✓ ESPECIFICACIONES DE BOMBAS.

PLANTA: S. B C.	TRABAJO: Tesis profesional.
LOCALIZACION: Bajio.	ORDEN No.: 019 FECHA: 1978.
NO. UNIDADES: Una.	CLAVE DEL EQUIPO: BA-103
SERVICIO:	Bombeo de miel incristalizable.
TIPO DE FLUIDO:	No corrosivo.
GASTO BOMBEADO A T.P.N.:	40 lts/hr.
TEMPERATURA DE BOMBEO:	20°C
VISCOSIDAD:	4,825 cp.
DENSIDAD A T.P.N.:	1.31 - 1.41 g/cm <sup>3</sup> .
LONGITUD EQUIVALENTE TOTAL:	132.73 ft.
<u>CONDICIONES EN LA SUCCION</u>	
PRESION:	1.78 kg/cm <sup>2</sup>
DIAMETRO:	50.1 mm.
<u>CONDICIONES EN LA DESCARGA.</u>	
PRESION:	3.57 kg/cm <sup>2</sup> .
CARGA DINAMICA TOTAL:	5 m.
DIAMETRO:	36.4 mm.
REQUERIMIENTOS:	
TIPO RECOMENDADO DE BOMBA:	Engranés.
MATERIAL DE CONSTRUCCION:	Acero al carbón.
TIPO RECOMENDADO DE MOTOR:	Eléctrico, cerrado.
Hp. CALCULADO:	2.47 Hp.
Hp. RECOMENDADO:	3.0 Hp.
ΔP:	1.79 kg/cm <sup>2</sup> .
NECESIDADES ESPECIALES:	
Estopero.	

ESPECIFICACIONES DE BOMBAS.

PLANTA: S. N.	TRABAJO: Tesis profesional.
LOCALIZACION: Bajio.	ORDEN No.: 020 FECHA: 1978
NO. UNIDADES: Una.	CLAVE DEL EQUIPO: BA-104.
SERVICIO:	Bombeo de formaldehido.
TIPO DE FLUIDO:	No corrosivo.
GASTO BOMBEADO A T.P.N.:	100 lts./min.
TEMPERATURA DE BOMBEO:	20°C
VISCOSIDAD:	5 Cp.
DENSIDAD A T.P.N.:	1.128 - 1.132 g/cm <sup>3</sup> .
LONGITUD EQUIVALENTE TOTAL:	95.01 ft.
<u>CONDICIONES EN LA SUCCION</u>	
PRESION:	0.17 Kg/cm <sup>2</sup> .
DIAMETRO:	50.1 mm.
<u>CONDICIONES EN LA DESCARGA.</u>	
PRESION:	1.40 kg/cm <sup>2</sup> .
CARGA DINAMICA TOTAL:	5 m.
DIAMETRO:	36.4 mm.
REQUERIMIENTOS:	
TIPO RECOMENDADO DE BOMBA:	Centrífuga.
MATERIAL DE CONSTRUCCION:	acero al carbón.
TIPO RECOMENDADO DE MOTOR:	eléctrico, cerrado.
Hp. CALCULADO:	1.215 Hp.
Hp. RECOMENDADO:	2 Hp.
ΔP:	1.23 kg/cm <sup>2</sup> .
NECESIDADES ESPECIALES:	
Sello mecánico.	

ESPECIFICACIONES DE BOMBAS.

PLANTA: S. N.	TRABAJO: Tesis profesional.
LOCALIZACION: Bajio.	ORDEN No.: 021    FECHA: 1978.
NO. UNIDADES: Una.	CLAVE DEL EQUIPO: BA-105.
SERVICIO:	Bombeo de hidróxido de sodio.
TIPO DE FLUIDO:	Corrosivo.
GASTO BOMBEADO A T.P.N.:	100 lts/min.
TEMPERATURA DE BOMBEO:	20°C
VISCOSIDAD:	100 Cp.
DENSIDAD A T.P.N.:	1.51 - 1.54 g/cm <sup>3</sup> .
LONGITUD EQUIVALENTE TOTAL:	95.01 ft.
<u>CONDICIONES EN LA SUCCION</u>	
PRESION:	1.21 kg/cm <sup>2</sup> .
DIAMETRO:	50.1 mm.
<u>CONDICIONES EN LA DESCARGA.</u>	
PRESION:	2.04 kg/cm <sup>2</sup> .
CARGA DINAMICA TOTAL:	5 m.
DIAMETRO:	36.8 mm.
<u>REQUERIMIENTOS:</u>	
TIPO RECOMENDADO DE BOMBA:	Centrífuga.
MATERIAL DE CONSTRUCCION:	Acero al carbón.
TIPO RECOMENDADO DE MOTOR:	Eléctrico, cerrado.
Hp. CALCULADO:	1.348 Hp.
Hp. RECOMENDADO:	2 Hp.
ΔP:	0.839 kg/cm <sup>2</sup> .
NECESIDADES ESPECIALES:	
Estopero.	

ESPECIFICACIONES DE BOMBAS.

PLANTA:	S. N.	TRABAJO:	Tesis profesional.
LOCALIZACION:	Bajo.	ORDEN No.:	022 FECHA: 1978
NO. UNIDADES:	Una.	CLAVE DEL EQUIPO:	BA-106
SERVICIO:	Bombeo de hidróxido de amonio.		
TIPO DE FLUIDO:	Corrosivo.		
GASTO BOMBEADO A T.P.N.:	100 lts./min.		
TEMPERATURA DE BOMBEO:	20°C		
VISCOSIDAD:	1.2 Cp.		
DENSIDAD A T.P.N.:	0.90 - 0.95 g/cm <sup>3</sup> .		
LONGITUD EQUIVALENTE TOTAL:	104.85 ft.		
<u>CONDICIONES EN LA SUCCION</u>			
PRESION:	1.03 kg/cm <sup>2</sup> .		
DIAMETRO:	50.1 mm.		
<u>CONDICIONES EN LA DESCARGA.</u>			
PRESION:	1.52 kg/cm <sup>2</sup> .		
CARGA DINAMICA TOTAL:	5 m.		
DIAMETRO:	36.8 mm.		
REQUERIMIENTOS:			
TIPO RECOMENDADO DE BOMBA:	Centrífuga.		
MATERIAL DE CONSTRUCCION:	Acero al carbón.		
TIPO RECOMENDADO DE MOTOR:	Eléctrico, cerrado.		
Hp. CALCULADO:	0.122 Hp.		
Hp. RECOMENDADO:	1 Hp.		
ΔP:	0.4875 kg/cm <sup>2</sup> .		
NECESIDADES ESPECIALES:			
Estopero.			

ESPECIFICACIONES DE BOMBAS.

PLANTA:	S. B. C.	TRABAJO:	Tesis profesional.
LOCALIZACION:	Bajio.	ORDEN No.:	023      FECHA: 1978.
NO. UNIDADES:	Una.	CLAVE DEL EQUIPO:	BA-201
SERVICIO:	Bombeo de S. B. C.		
TIPO DE FLUIDO:	Corrosivo		
GASTO BOMBEADO A T.P.N.:	100 lts/min.		
TEMPERATURA DE BOMBEO:	80°C		
VISCOSIDAD:	65 Cp.		
DENSIDAD A T.P.N.:	1.58 - 1.60 g/cm <sup>3</sup> .		
LONGITUD EQUIVALENTE TOTAL:	57.29 ft.		
<u>CONDICIONES EN LA SUCCION</u>			
PRESION:	1.05 kg/cm <sup>2</sup>		
DIAMETRO:	50.1 mm.		
<u>CONDICIONES EN LA DESCARGA.</u>			
PRESION:	1.48 kg/cm <sup>2</sup> .		
CARGA DINAMICA TOTAL:	5 m.		
DIAMETRO:	36.4 mm.		
REQUERIMIENTOS:			
TIPO RECOMENDADO DE BOMBA:	Centrífuga.		
MATERIAL DE CONSTRUCCION:	acero inoxidable.		
TIPO RECOMENDADO DE MOTOR:	Eléctrico, cerrado.		
Hp. CALCULADO:	0.150 Hp.		
Hp. RECOMENDADO:	1 Hp.		
ΔP:	0.43 kg/cm <sup>2</sup> .		
NECESIDADES ESPECIALES:	Estoperero.		

✓  
ESPECIFICACIONES DE BOMBAS.

PLANTA: S. B. C.	TRABAJO: Tesis profesional.
LOCALIZACION: Bajio.	ORDEN No.: 024. FECHA: 1978
NO. UNIDADES: Una.	CLAVE DEL EQUIPO: BA-202.
SERVICIO:	Bombeo de S. B. C.
TIPO DE FLUIDO:	Corrosivo.
GASTO BOMBEADO A T.P.N.:	405 lts/hr.
TEMPERATURA DE BOMBEO:	80°C
VISCOSIDAD:	65 Cp.
DENSIDAD A T.P.N.:	1.58 - 1.60 g/cm <sup>3</sup> .
LONGITUD EQUIVALENTE TOTAL:	126.60 ft.
<u>CONDICIONES EN LA SUCCION</u>	
PRESION:	1.24 kg/cm <sup>2</sup> .
DIAMETRO:	50.1 mm.
<u>CONDICIONES EN LA DESCARGA.</u>	
PRESION:	256.33 kg/cm <sup>2</sup> .
CARGA DINAMICA TOTAL:	10 m.
DIAMETRO:	12.5 mm.
REQUERIMIENTOS:	
TIPO RECOMENDADO DE BOMBA:	Pistones.
MATERIAL DE CONSTRUCCION:	Acero inoxidable.
TIPO RECOMENDADO DE MOTOR:	Eléctrico, cerrado.
Hp. CALCULADO:	5.53 Hp.
Hp. RECOMENDADO:	10 Hp.
ΔP:	255 kg/cm <sup>2</sup> .
NECESIDADES ESPECIALES:	

ESPECIFICACIONES DE BOMBAS.

PLANTA:	S. N.	TRABAJO:	Tesis profesional.
LOCALIZACION:	Bajio.	ORDEN No.:	025      FECHA: 1978.
NO. UNIDADES:	Una..	CLAVE DEL EQUIPO:	BA-301
SERVICIO:		Bombeo de naftaleno.	
TIPO DE FLUIDO:		No corrosivo.	
GASTO BOMBEADO A T.P.N.:		100 kgs/min.	
TEMPERATURA DE BOMBEO:		120°C	
VISCOSIDAD:		0.4 Cp.	
DENSIDAD A T.P.N.:		1.155 - 1.160 g/cm <sup>3</sup> .	
LONGITUD EQUIVALENTE TOTAL:		48.06 ft.	
<u>CONDICIONES EN LA SUCCION</u>			
PRESION:		0.95 kg/cm <sup>2</sup> .	
DIAMETRO:		50.1 mm.	
<u>CONDICIONES EN LA DESCARGA.</u>			
PRESION:		1.81 kg/cm <sup>2</sup> .	
CARGA DINAMICA TOTAL:		5 m.	
DIAMETRO:		50.1 mm.	
<u>REQUERIMIENTOS:</u>			
TIPO RECOMENDADO DE BOMBA:		Engranés.	
MATERIAL DE CONSTRUCCION:		Acero al carbón.	
TIPO RECOMENDADO DE MOTOR:		Eléctrico, a prueba de explosión.	
Hp. CALCULADO:		0.121 Hp.	
Hp. RECOMENDADO:		5 Hp.	
ΔP:		0.862 kg/cm <sup>2</sup> .	
NECESIDADES ESPECIALES:			
Carcaza enchaquetada y sello mecánico.			



ESPECIFICACIONES DE BOMBAS.

PLANTA: S. N.	TRABAJO: Tesis profesional.
LOCALIZACION: Bajio.	ORDEN No.: 026 FECHA: 1978.
NO. UNIDADES: Una.	CLAVE DEL EQUIPO: BA-302.
SERVICIO:	Bombeo producto sulfonado.
TIPO DE FLUIDO:	Corrosivo.
GASTO BOMBEADO A T.P.N.:	100 kg/min.
TEMPERATURA DE BOMBEO:	120°C
VISCOSIDAD:	200 Cp.
DENSIDAD A T.P.N.:	1.520 - 1.525 g/cm <sup>3</sup> .
LONGITUD EQUIVALENTE TOTAL:	42.57 ft.
<u>CONDICIONES EN LA SUCCION</u>	
PRESION:	0.23 kg/cm <sup>2</sup> .
DIAMETRO:	50.1 mm.
<u>CONDICIONES EN LA DESCARGA.</u>	
PRESION:	0.98 kg/cm <sup>2</sup> .
CARGA DINAMICA TOTAL:	5 m.
DIAMETRO:	36.4 mm.
REQUERIMIENTOS:	
TIPO RECOMENDADO DE BOMBA:	Engranés.
MATERIAL DE CONSTRUCCION:	Acero inoxidable.
TIPO RECOMENDADO DE MOTOR:	Eléctrico, cerrado.
Hp. CALCULADO:	3.325 Hp.
Hp. RECOMENDADO:	5 Hp.
ΔP:	0.75 kg/cm <sup>2</sup> .
NECESIDADES ESPECIALES:	
Carcaza enchaquetada y sello mecánico.	

ESPECIFICACIONES DE BOMBAS.

PLANTA:	S. N.	TRABAJO: Tesis profesional.
LOCALIZACION:	Bajio.	ORDEN No.: 027    FECHA: 1978.
NO. UNIDADES:	Una.	CLAVE DEL EQUIPO: BA-303.
SERVICIO:	Bombeo de producto condensado.,	
TIPO DE FLUIDO:	Corrosivo.	
GASTO BOMBEADO A T.P.N.:	200 lts./min.	
TEMPERATURA DE BOMBEO:	100°C	
VISCOSIDAD:	249 Cp.	
DENSIDAD A T.P.N.:	1.325 - 1.330 g/cm <sup>3</sup> .	
LONGITUD EQUIVALENTE TOTAL:	59.62 ft.	
<u>CONDICIONES EN LA SUCCION</u>		
PRESION:	0.98 kg/cm <sup>2</sup> .	
DIAMETRO:	75.1 mm.	
<u>CONDICIONES EN LA DESCARGA.</u>		
PRESION:	1.52 kg/cm <sup>2</sup> .	
CARGA DINAMICA TOTAL:	5 m.	
DIAMETRO:	50.1 mm.	
REQUERIMIENTOS:		
TIPO RECOMENDADO DE BOMBA:	Centrífuga.	
MATERIAL DE CONSTRUCCION:	Acero inoxidable.	
TIPO RECOMENDADO DE MOTOR:	Eléctrico, cerrado.	
Hp. CALCULADO:	5.220 Hp.	
Hp. RECOMENDADO:	7 Hp.	
ΔP:	0.5436 kg/cm <sup>2</sup> .	
NECESIDADES ESPECIALES:	Sello mecánico.	

ESPECIFICACIONES DE BOMBAS.

PLANTA:	S. N.	TRABAJO:	Tesis profesional.
LOCALIZACION:	Bajio.	ORDEN No.:	028    FECHA: 1978.
NO. UNIDADES:	Una.	CLAVE DEL EQUIPO:	BA-304.
SERVICIO:		Bombeo producto neutralizado.;	
TIPO DE FLUIDO:		Corrosivo.	
GASTO BOMBEADO A T.P.N.:		200 lts/min.	
TEMPERATURA DE BOMBEO:		70°C	
VISCOSIDAD:		33 Cp.	
DENSIDAD A T.P.N.:		1.223 - 1.228 g/cm <sup>3</sup> .	
LONGITUD EQUIVALENTE TOTAL:		164.38 ft.	
<u>CONDICIONES EN LA SUCCION</u>			
PRESION:		0.98 kg/cm <sup>2</sup> .	
DIAMETRO:		75.0 mm.	
<u>CONDICIONES EN LA DESCARGA.</u>			
PRESION:		1.41 kg/cm <sup>2</sup> .	
CARGA DINAMICA TOTAL:		5 m.	
DIAMETRO:		50.1 mm.	
REQUERIMIENTOS:			
TIPO RECOMENDADO DE BOMBA:		Centrífuga.	
MATERIAL DE CONSTRUCCION:		Acero inoxidable.	
TIPO RECOMENDADO DE MOTOR:		Eléctrico, cerrado.	
Hp. CALCULADO:		1.257 Hp.	
Hp. RECOMENDADO:		2 Hp.	
ΔP:		0.433 kg/cm <sup>2</sup> .	
NECESIDADES ESPECIALES:			
Sello mecánico.			

ESPECIFICACIONES DE BOMBAS.

PLANTA:	S. N.	TRABAJO:	Tesis profesional.
LOCALIZACION:	Bajo.	ORDEN No.:	029 FECHA: 1978.
NO. UNIDADES:	Una.	CLAVE DEL EQUIPO:	BA-305.
SERVICIO:	Bombeo de S. N.		
TIPO DE FLUIDO:	Corrosivo.		
GASTO BOMBEADO A T.P.N.:	200 lts/min.		
TEMPERATURA DE BOMBEO:	70°C		
VISCOSIDAD:	33 Cp.		
DENSIDAD A T.P.N.:	1.223 - 1.228 g/cm <sup>3</sup> .		
LONGITUD EQUIVALENTE TOTAL:	126.60 ft.		
<u>CONDICIONES EN LA SUCCION</u>			
PRESION:	1.24 kg/cm <sup>2</sup> .		
DIAMETRO:	50.1 mm.		
<u>CONDICIONES EN LA DESCARGA.</u>			
PRESION:	256.33 kg/cm <sup>2</sup> .		
CARGA DINAMICA TOTAL:	10 m.		
DIAMETRO:	12.5 mm.		
<u>REQUERIMIENTOS:</u>			
TIPO RECOMENDADO DE BOMBA:	Pistones.		
MATERIAL DE CONSTRUCCION:	Acero inoxidable.		
TIPO RECOMENDADO DE MOTOR:	Eléctrico, cerrado.		
Hp. CALCULADO:	5.53 Hp.		
Hp. RECOMENDADO:	10 Hp.		
ΔP:	255 Kg/cm <sup>2</sup> .		
NECESIDADES ESPECIALES:			

## ✓ ESPECIFICACIONES DE BOMBAS.

PLANTA:	S.B.C. y S.N.	TRABAJO:	Tesis profesional.
LOCALIZACION:	Bajío.	ORDEN No.:	030 FECHA: 1978.
NO. UNIDADES:	Una.	CLAVE DEL EQUIPO:	BA-401.
SERVICIO:	Bombeo de diesel.		
TIPO DE FLUIDO:	No corrosivo.		
GASTO BOMBEADO A T.P.N.:	40 lts/hr.		
TEMPERATURA DE BOMBEO:	20°C		
VISCOSIDAD:	80/100 SSF a 50°C segs.		
DENSIDAD A T.P.N.:	0.833 g/cm <sup>3</sup> .		
LONGITUD EQUIVALENTE TOTAL:	30 ft.		
<u>CONDICIONES EN LA SUCCION</u>			
PRESION:	0.125 kg/cm <sup>2</sup> .		
DIAMETRO:	25 mm.		
<u>CONDICIONES EN LA DESCARGA.</u>			
PRESION:	3.19 kg/cm <sup>2</sup> .		
CARGA DINAMICA TOTAL:	1 m.		
DIAMETRO:	25 mm.		
<u>REQUERIMIENTOS:</u>			
TIPO RECOMENDADO DE BOMBA:	Centrífuga.		
MATERIAL DE CONSTRUCCION:	Acero al carbón.		
TIPO RECOMENDADO DE MOTOR:	Eléctrico, cerrado.		
Hp. CALCULADO:	0.096 HP.		
Hp. RECOMENDADO:	1/4 Hp.		
ΔP:	3.065 kg/cm <sup>2</sup> .		
NECESIDADES ESPECIALES:			
Estopero.			

### ✓ 3.4 SERVICIOS AUXILIARES.

Los servicios auxiliares son indispensables para el funcionamiento de la planta y estos se calculan según la cantidad que se requiera en el proceso. Se describirá cada servicio por separado.

#### 3.4.1 Vapor.

El vapor será generado dentro de la planta, será de baja presión, o sea, hasta 65 psig (4.57 kg/cm<sup>2</sup> man.) y a una temperatura de 312°F (155.6°C). Calidad saturado.

El vapor requerido por la planta, es solamente para la fusión de la nftalina y en este capítulo III, en el balance de energía ya se ha calculado esta cantidad de vapor y son 765 kg/carga de naftaleno, en la planta de sulfato básico de cromo, prácticamente no se requiere vapor.

También se va a utilizar vapor en las tinas de almacenamiento de producto terminado, pero esta cantidad es mínima, ya que los productos salen de la reacción a altas temperaturas, por lo que solo hay que enfriarlos a la temperatura necesaria para la alimentación de la torre de secado y el vapor solo será para mantener esta temperatura

Entonces se considerará que una carga se fundirá en 5 horas, por lo que se requieren 153 kg/hora y esta cantidad la podemos redondear aumentándola a 200 kg/hr., para poder suministrar suficiente vapor en los momentos de máximo consumo.

Concluyendo, se requiere una caldera que nos proporcione 200 kg/hr. de vapor a baja presión 65 psig (4.57 kg/cm<sup>2</sup> man).

#### 3.4.2 Retorno de condensados.

La presión será de 50 psig (3.52 kg/cm<sup>2</sup> man) y sub-enfriado.

#### 3.4.3 Agua de enfriamiento.

La presión será de 37.4 psig (2.63 kg/cm<sup>2</sup> man.) y la temperatura de 79°F (26°C) la disponibilidad será ilimitada y la temperatura máxima será de 104°F (40°C).

La cantidad de agua de enfriamiento necesaria, será la utilizada al final de las etapas de sulfonación y condensación en la planta de S. N., ya que la planta de SBC no requiere de este servicio.

Para poder efectuar la condensación, es necesario enfriar el producto de 136°C (se estiman 4 °C de pérdida en el bombeo) hasta 80°C, temperatura a la cual se agregará el formaldehído, previamente se agregan 500 lts. de agua a 25°C para hacer el producto menos viscoso, por lo que el calor que podrá quitar esta agua será de: (el agua se llevará de 25°C a 100°C).

$$Q = 37,500 \text{ Kcal.}$$

y para el producto sulfonado tenemos que:

$$M = 2,658 \text{ kgs.}$$

$$C_p = 0.3929 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

por lo que el agua agregada al producto sulfonado lo en friará hasta:

$$T_2 = 136 - \frac{37,500 \text{ Kcal}}{(2,659 \text{ kg}) (0.3929 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}})} = 100^\circ\text{C}$$

El calor a eliminar para enfriar de 100°C a 80°C será de (tomando un  $C_p$  de la mezcla en el reactor (3158 kg) de 0.489 Cal/g°C):

$$Q = 30,886.55 \text{ Kcal.}$$



El agua de enfriamiento entrará a 26°C y retornará a 36°C, por lo que la cantidad a usar de agua será de:

$$M = 3,088.7 \text{ kg. agua} \\ \text{lote}$$

El tiempo de enfriamiento se estima en: 15 min. para agregar al reactor 500 lts. de agua. <sup>(6,H)</sup>

$$Q \text{ transferir} = 30,886.55 \text{ Kcal.}$$

$$A \text{ enfriamiento} = 8.922 \text{ m}^2.$$

$$U \text{ enfriamiento} = 159.153 \text{ Kcal}/(\text{hr}) (\text{m}^2) (\text{°C})$$

$$\Delta t \text{ ml.} = 57.7\text{°C} \text{ (En el reactor de } 100\text{°C a } 80\text{°C, en la chaqueta de } 26\text{°C a } 36\text{°C).}$$

Por lo que el tiempo necesario será de:

$$\theta = \frac{(30,886.55 \text{ Kcal}/ (60 \frac{\text{min}}{\text{hr}}))}{(8.922 \text{ m}^2) (159.153 \text{ Kcal}/\text{hr.m}^2\text{°C}) (57.7\text{°C})} = 22.6 \text{ min.}$$

Por lo que el enfriamiento se realiza en 38 min. aprox. (se estimará en 60 min. este tiempo, ya que habrá que purgar el reactor).

La otra etapa de enfriamiento se presenta cuando el producto condensado se enfria de 120°C a 60°C, con el fin de que a esta última temperatura se efectúa la neutralización del S. N.

Antes de neutralizar, se agregan 797 kg. de agua a 25°C para disminuir la viscosidad del producto, por lo que el calor que podrá quitar esta agua es de:

$$Q = (797 \text{ kg}) \left( 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \right) (90.4^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) = 52,123.8 \text{ Kcal.}$$

debido a que el producto dentro del reactor tiene las siguientes características:

$$m = 3,601 \text{ kg.} \quad C_p = 0.489 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

Es decir que el agua agregada enfriará el producto hasta 90.4°C y esta temperatura necesita bajarse hasta 60°C para que se neutralice el producto.

El calor a eliminar para enfriar de 90.4°C a 60°C, será de (tomando un  $C_p$  de la mezcla en el reactor (4398 kg) de 0.5816  $\frac{\text{Kcal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$  )

$$Q = 77,759.5 \text{ Kcal.}$$

$$= 181 =$$

Por lo que la cantidad de agua de enfriamiento requerida será de (tomando  $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ ).

$$m = 7,776 \text{ kg de agua lote.}$$

El tiempo de enfriamiento se estima en:

20 min. para agregar al reactor 797 kg. de agua. <sup>(6,H)</sup>

$$Q \text{ transferir} = 77,759.5 \text{ Kcal.}$$

$$A \text{ enfriamiento} = 14.684 \text{ m}^2.$$

$$U \text{ enfriamiento} = 80.553 \text{ Kcal}/(\text{hr.})(\text{m}^2)(^\circ\text{C})$$

$$\Delta T \text{ ml} = 40.93^\circ\text{C} \text{ (reactor: de } 90.4 \text{ a } 60^\circ\text{C;} \\ \text{agua: de } 26^\circ\text{C a } 36^\circ\text{C)}$$

por lo que el tiempo de enfriamiento será:

$$\theta = \frac{(77,759.5 \text{ Kcal}) (60 \frac{\text{min.}}{\text{hr.}})}{(14.684 \text{ m}^2) (80.553 \text{ Kcal}/\text{hr m}^2^\circ\text{C}) (40.93^\circ\text{C})} = 96.4 \text{ min.}$$

El tiempo total de enfriamiento será la suma de el tiempo que se tarda en adicionar el agua de proceso y el tiempo de circulación de agua en la chaqueta, es decir que es - de aproximadamente 120 min. Por lo anterior, se necesitaran

$$10,864.7 \frac{\text{kg. agua enfriamiento}}{\text{lote}} \quad \text{ó} \quad 3585.5 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} \text{ de agua}$$

de enfriamiento.

= 182 =

La demanda máxima será de:

$$\frac{3088.7 \text{ kg}}{22.6 \text{ min.}} + \frac{7776}{964 \text{ min.}} = 217.3 \frac{\text{kg.}}{\text{min.}}$$

Por lo que se requiere una torre de enfriamiento que proporcione 13 m<sup>3</sup> de agua por hora de agua fría a - 26°C, siendo su retorno a 36°C

#### 3.4.4 Análisis químico del agua.

Estas son las condiciones que necesita reunir el agua:

<u>Cationes.</u>	<u>p.p.m.</u>
Ca <sup>++</sup>	74
Mg <sup>++</sup>	102
Na <sup>+</sup>	<u>208</u>
Cationes totales:	384

<u>Aniones.</u>	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	306
CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	0
OH <sup>-</sup>	0
Cl <sup>-</sup>	73
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	<u>5</u>
Aniones totales:	384

Dureza total:	176
Alcalinidad A (A. metilo)	306
Sólidos totales:	457
pH:	7.45

#### 3.4.5 Agua potable.

Los mismos requerimientos que el anterior considerando un tratamiento de desmineralización y bactericida.

3.4.6 Agua contra incendio.- Los requerimientos son de que esté asentada unicamente. La distribución será por gravedad, utilizando para ello, un tanque elevado.

#### 3.4.7 Agua para caldera.

Se necesita desmineralizada y con la siguiente composición:

	<u>p.p.m.</u>
Sodio.	1 - 10
Hidróxidos.	1 - 10
Silice.	1
pH.	7 - 8
Pureza.	0
Presión.	120 psig.
Temperatura.	90°F

3.4.8 Agua de proceso.

Tendrá los mismos requerimientos que el agua potable.

3.4.9 Aire de instrumentación. No se requiere.

3.4.10 Aire de planta.

No es indispensable, pero se tendrá un compresor centrífuga, el cual tendrá como accionador un motor eléctrico, la capacidad extra requerida será de un 50% del consumo máximo. La presión será de 90 psig (6.3 kg/cm<sup>2</sup> abs.) con un punto de rocío de 40°F (4.5°C).

3.4.11 Combustibles.

Se usará gas butano en cilindros, ya que su requerimiento es mínimo. Para las cámaras de combustión de los secadores y para la caldera se usará Diesel.

El consumo de diesel se estima en base a las figuras 3.3 y 3.5 en el caso de las cámaras de combustión CB-403 y 405, en el caso de la caldera, se tomará como base el consumo de combustible (promedio) en calderas, cuando se utilizan combustibles mexicanos líquidos con poder calorífico superior a 10,000 Kcal/kg.

<u>Equipo:</u>	<u>Localización:</u>	<u>lt/hr diesel</u>	<u>lt./año</u>
CB-403.	S.B.C.	45	356,400
CB-405.	S.N.	20	158,400
Caldera.	S. N.	17.6	39,600

Por lo que el consumo anual de Diesel será de:

554,400 lts.

3.4.12 Inertes. No se necesitan.

3.4.13 Energía eléctrica.

La fuente de suministro normal será de la CFE. Las interrupciones duran en promedio de 5 a 15 min., la duración máxima es de una hora y su frecuencia de 10 a 20 veces - por año.

El voltaje de entrega será de 23,000 V, la demanda su-  
puesta será de 1,000 KVA, se tendrá 3 fases; frecuencia  
de 60 cps; capacidad de interrupción de corto circuito  
de 2,000 mVA; factor de potencia mínimo de 0.85; número  
de conductores 3; material del conductor cobre electro  
litro con aislamiento plástico; acometida subterránea

El consumo de energía eléctrica, se dividirá en dos partes; para la planta de S.B.C. y para la planta de S. N. A continuación se presentan dichos consumos.

Planta de S. B.C.

<u>Equipo:</u>	<u>Kw.</u>	<u>Tiempo de uso/lote.</u>	<u>Consumo de</u>	
			<u>energía/lote</u>	<u>Kwh/año</u>
			<u>kwh.</u>	
BA-101.	1.4914	0.317 hrs.	0.472	468.05
BA-102.	1.4914	0.133 hrs.	0.1989	196.86
BA-103.	1.4914	2.00 hrs.	2.9828	2,952.97
BA-201.	1.4914	0.783 hrs.	1.1683	1,156.58
BA-202.	7.457	8.000 hrs.	59.656	59,059.44
BA-401.	0.373	8.000 hrs.	2.9828	2,952.97
VV-402.	14.914	8.000 hrs.	119.312	118,118.88
VE-403.	31.319	8.000 hrs.	250.555	<u>248,049.64</u>
Total:				432,955.39

Planta de S.N.

BA-102.	1.4914	0.167	0.249	82.19
BA-104.	1.4914	0.083	0.124	40.85
BA-105.	1.4914	0.167	0.249	82.19



<u>Equipo:</u>	<u>Kw.</u>	<u>Tiempo de</u> <u>uso/lote.</u>	<u>Consumo de</u> <u>energía/lo-</u>	
			<u>te. Kwh.</u>	<u>Kwh/año.</u>
BA-301.	3.7285	0.167	0.623	205.48
BA-302.	3.7285	0.167	0.623	205.48
BA-303.	5.220	0.167	0.872	287.67
BA-304.	7.457	0.167	1.245	410.96
BA-305.	7.457	24.00	178.968	59,059.44
BA-401.	0.373	24.00	8.952	2,954.16
VV-404.	14.914	24.00	357.936	118,118.88
VE-405.	31.319	24.00	751.656	248,046.48
RA-302.	5.966	3.00	17.898	5,906.34
RA-303.	7.457	3.00	22.371	7,382.43
RA-304.	11.1855	2.00	22.371	<u>7,382.43</u>
Total:				450,164.97

3.4.14 Alimentación de energía eléctrica de emergencia.

No se tendrá.

3.4.15 Criterio de comunicaciones.

- a) Interna:                   Teléfonos y wolkie - Talkies.
- b) Externa:                 Teléfono de México, telex y radios  
de onda corta.

CAPITULO IV.

CAPITULO I V .

ESTIMACION DE TIEMPOS Y EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO

Este capítulo tiene como finalidad el complementar este trabajo, ya que inicialmente se trató de enfocarlo exclusivamente a la Ingeniería básica, pero para poder dar - una visión más amplia de la factibilidad del proyecto, se consideró importante realizar un estudio de los - - tiempos de construcción y una evaluación económica para la fábrica de Curtientes.

4.1 ESTIMACION DE TIEMPOS.

La estimación de los tiempos de construcción de la fábrica de curtientes se realizó en base a un programa de actividades, el cual se muestra a continuación y fué elaborado utilizando experiencias anteriores en este ramo y en coordinación con ingenieros: civil, mecánico, eléctrico; distribuidores y fabricantes de equipos y accesorios, etc.

La finalidad de estimar los tiempos, es poder programar cada una de las diferentes actividades en una secuencia

normal y lógica sin afectar otros eventos.

Se toma como base de tiempo, semanas de trabajo para la realización del programa, dividiendo éste en secciones según sea el área del proceso.

Se estima que las plantas podrán arrancar normalmente, después de 52 semanas de iniciado el proyecto.







4.2 EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO. <sup>(12,13)</sup>

Las plantas están basadas no solo en la aplicación de principios fundamentales adecuados y de datos, sino también en las diferentes fases económicas del proceso, destacándose los renglones de costos, como uno de los más importantes factores en el diseño de plantas, ya que en última instancia son éstos los que determinan la comercialización de un proceso.

Existen varios métodos para efectuar una evaluación económica, dependiendo éstos en la rapidez y datos disponibles de estimación, como base para justificar mayores gastos, dependiendo de la exactitud del pronóstico requerido.

Las estimaciones preliminares de un proyecto se hacen con un margen de error del 30%; las estimaciones para la requisición de dinero se efectúan con un margen de error del 10%, mientras que una estimación final del costo de construcción, incluyendo cotizaciones, debe tener una aproximación del 5%.



El procedimiento realizado es: En primer lugar, se estima la inversión fija para cada planta, posteriormente se estiman los costos de planta separándolos de la siguiente manera:

a) Materiales: {  
Materias primas.  
Servicios.  
Materiales para mantenimiento.  
Refacciones de operación.

b) Mano de obra: Directa de operación.

Y se repartirán equitativamente en ambas plantas lo que corresponde a:

b) Mano de obra: {  
Supervisor de operación, directa  
de mantenimiento.  
Supervisión de mantenimiento.  
Prestaciones, gratificaciones, IMSS,  
Infonavit, etc.

c) Gastos generales

Administración a nivel planta.  
Mano de obra indirecta.  
Compras y almacén.  
Personal y relaciones industriales.  
Inspección y seguridad.  
Choferes y movimientos de carga y  
descarga.  
Contabilidad a nivel planta.  
Comunicaciones.  
Vigilancia y veladores.  
Enfermería.  
Servicio de comedor.  
Actividades deportivas.  
Contribuciones locales y membrecias.  
Primas de seguros de la planta.  
Efluentes industriales.

Después se procederá a estimar la depreciación, amortización y costos de distribución de cada planta por separado. Los gastos de mercadeo serán para ambas plantas - mientras que los gastos administrativos, investigación,

planeación, desarrollo y financieros serán nuevamente por separado. Con éstos se obtendrá el costo total, la utilidad de operación y la utilidad neta de cada producto y por último se hará la estimación de la inversión total y la gráfica del punto de equilibrio para cada producto y en forma global (ambos productos).

A) ESTIMACION DE LA INVERSION FIJA.

Los costos del equipo se obtendrán por cotización directa a proveedores.

1.1 Inversión fija de la planta S. B. C.

<u>Clave del equipo.</u>	<u>No. necesario</u>	<u>Costo por unidad. (\$)</u>	<u>Costo total (\$) del equipo instalado (+)</u>
TA-101.	2	47,500.00	135,850
TA-102-A.	1	88,000.00	125,840
TA-103.	1	41,000.00	58,630
TR-201	2	26,800.00	76,648
TA-202.	2	26,800.00	76,648
TA-401-A.	1	49,000.00	70,070
ST-402	1	3,500,000.00	5,005,000
BA-101.	1	27,400.00	39,182
BA-102.	1	27,400.00	39,182
BA-103.	1	43,600.00	62,348

BA-201	2	27,400.00	78,364
BA-202.	1	38,165.00	<u>54,576</u>
Costo total del equipo instalado (Ci)			5,822,338

(+) Para obtener el costo del equipo instalado, se multiplica el costo del equipo entregado por 1.43. Este factor se obtuvo de la literatura citada.

El método desarrollado para determinar la inversión fija corresponde al más aproximado (de + 15 a - 30%).

### 1.2 Inversión fija de la planta S. N.

<u>Clave del equipo.</u>	<u>No. ne cesario</u>	<u>Costo de unidad (\$)</u>	<u>Costo total del equipo instalado. (\$)</u>
TA-102-B.	1	88,000.00	125,840
TA-104.	1	26,800.00	38,324
TA-105.	2	49,000.00	140,140
TA-106.	1	26,800.00	38,324
RA-301.	2	50,450.00	144,287
RA-302.	1	780,000.00	1,115,400
RA-303.	1	911,000.00	1,302,730

RA-304.	1	1,235,000.00	1,766,050
TA-305.	2	26,800.00	76,648
TA-401-B.	1	49,000.00	70,070
ST-404.	1	2,475,000.00	3,539,250
BA-102.	1	27,400.00	39,182
BA-104.	1	27,400.00	39,182
BA-105.	2	27,400.00	78,364
BA-106.	1	27,400.00	39,182
BA-301.	1	43,600.00	62,348
BA-302.	1	43,600.00	62,348
BA-303.	1	35,250.00	50,408
BA-304.	1	35,250.00	50,408
BA-305.	1	38,165.00	<u>54,576</u>
Costo total del equipo instalado (Ci)			8,833,061

2.- COSTO TOTAL DE LA TUBERIA DE PROCESO.

	S. B. C. (\$)	S. N. (\$)
0.3 Ci	1,746,701	2,649,918

(Incluye costos de tubos, aditamentos y soportes). Se obtiene en base al tipo de planta (sólido; sólido-fluido; fluido \*), correspondiendo al porcentaje sobre el costo del equipo instalado.

	S.B.C.	S.N.
	(\$)	(\$)
<b>3.- <u>INSTRUMENTACION.</u></b>		
0.075 Ci.	436,675	662,480
Se considera (ninguno; alguno*, mucho) regula ción automática.		
<b>4.- <u>DESARROLLO DEL TERRENO</u></b>		
<b><u>Y LAS CONSTRUCCIONES.</u></b>		
0.5 Ci.	2,911,169	4,416,513
(equipo a la intemperie parte a la intemperie *; todo a cubierto).		
<b>5.- <u>SERVICIOS AUXILIARES.</u></b>		
0.4 Ci.	2,328,935	3,533,224
(existentes, pequeñas adi ciones, nuevas instala ciones *).		
<b>6.- <u>LINEAS EXTERIORES.</u></b>		
0.05 Ci.	291,117	441,653
(longitud promedio: cor ta *, intermedia, larga).		

	S.B.C. (\\$)	S. N. (\\$)
7.- <u>COSTO TOTAL DE LA</u>		
<u>PLANTA FISICA.</u>		
(CT)	13,100,260	19,874,387
(Suma de Ci más los puntos 2 al 6).		
8.- <u>INGENIERIA Y CONST.</u>		
0.3 CT.	3,930,078	5,962,316
(complejidad: sencilla * difícil).		
9.- <u>CONTINGENCIAS.</u>		
0.10 CT.	1,310,026	1,987,439
(Proceso tipo: firme * sujeto a cambios, espe culativo).		
10.- <u>FACTOR DE TAMAÑO.</u>		
0.1 CT.	1,309,636	1,986,858
(Tamaño de la planta: <u>Uni</u> dad experimental; planta comercial pequeña (0.5 a 2.5 x 10 <sup>6</sup> Dlls) planta <u>co</u> mercial grande (>2.5x10 <sup>6</sup> Dlls)		

11.- COSTO TOTAL DE LA PLAN-

<u>TA O INVERSION FIJA.</u>	19,650,000	29,811,000
-----------------------------	------------	------------

B) COSTOS DE PLANTA PARA EL S. B.C.

a) Materiales.

	<u>Costo uni</u>		<u>Costo/</u>
1) <u>Materias Primas</u>	<u>tario \$ kg</u>	<u>Kg/año.</u>	<u>año \$</u>
Acido sulfúrico 98%	0.8131	1,513,710	1,230,797.60
Bicromato de sodio.	14.7700	1,512,720	22,342,874.00
Miel Incristalizable	1.7212	457,380	<u>787,242.40</u>
Costo neto de las materias primas:			24,360,914.00

	<u>Uni</u>	<u>Costo</u>	<u>Cant.</u>	
2) <u>Servicios</u>	<u>dad</u>	<u>unit.</u>	<u>año.</u>	<u>Costo/año \$</u>
Electricidad.	Kwh	1.07	432,955	463,262
Agua.	m <sup>3</sup>	0.47	2,504,375	1,177,056
Diesel.	lts.	0.65	356,400	<u>231,660</u>
Total de servicios:				1,871,978

3) Materiales para  
mantenimiento.

	0.15 Ci	873,351
--	---------	---------

4) Refacciones de  
operación.

	0.15 Ci	873,351
--	---------	---------



Costo total de materiales: 27,914,446

b) Mano de Obra.

1) Directa de operación.

<u>Empleados</u>	<u>No.</u>	<u>Función</u>	<u>Salario diario \$</u> <u>x empleado</u>	<u>Costo total /año</u> <u>( \$ )</u>
Operador.	4	Reducción	\$155.00	226,300
Obrero.	4	Secado	125.00	182,500
Obrero.	4	Auxiliar.	125.00	182,500
Prestaciones, gratificación, IMSS, tiempo extra, Infonavit, etc., se considera el -				
22.5% de lo anterior:				<u>133,043</u>
Sub-total:				<u>724,343</u>

Ahora bien, los costos de planta que a continuación se mencionan, son comunes para las plantas de SBC y SN, por lo que el total será dividido entre ambas plantas equitativamente.

Mano de obra.

2) Supervisión de operación.

<u>Empleados</u>	<u>No.</u>	<u>Función</u>	<u>Salario</u> <u>diario x</u> <u>empleado(\$)</u>	<u>Costo to</u> <u>tal/año.</u> <u>( \$ )</u>
Ingeniero				
Químico.	1	Supervisor	\$300.00	109,500

3) Directo de mantenimiento.

Obreros.	3	Mantenimiento	125.00	<u>136,875</u>
Sub-total:				246,375

4) Supervisión de mantenimiento.

Ing. mecánico	1	Supervisor	300.00	109,500
---------------	---	------------	--------	---------

5) Prestaciones, gratificaciones, tiempo extra, seguro social, Infonavit, seguros personales: Se considerará como el 22.5%

de los puntos anteriores de este inciso 80,072

6) Costo total de mano de obra

comun a las dos plantas.

435,947

7) Costo total de mano de obra

cargado a cada planta.

217,974

c) GASTOS GENERALES (OVERHEAD DE LA PLANTA).

1.- Administración a nivel de planta.

<u>Personal:</u>	<u>\$/Mes.</u>	<u>\$/año.</u>
Gerente de planta.	30,000	360,000
Secretaria.	6,000	<u>72,000</u>
		432,000

2.- Mano de obra indirecta.

Incluye sueldos de personal de laboratorio.

Químico.	7,000	84,000
Auxiliar.	4,000	<u>48,000</u>
		132,000

Además se considerará aquí el 150% sobre el inciso de mano de obra (B.b.3) para materiales de mantenimiento de los talleres de carpintería, mecánico

y embarque. 369,563

3.- Compras y almacén.

Gerente de compras.	12,000	144,000
Secretaria.	5,000	60,000
Almacenista.	7,000	84,000
3 obreros de almacén	3,802	<u>136,875</u>
Sub-total:		424,875

4.- Personal y relaciones Industriales a nivel planta.

<u>Personal:</u>	<u>\$/Mes.</u>	<u>\$/año.</u>
Gerente de personal.	12,000	144,000
Secretaria.	5,000	<u>60,000</u>
Sub-total:		204,000

5.- Inspección y seguridad.

4 supervisores.	170 diarios	248,200
-----------------	-------------	---------

6.- Choferes y movimiento de carga y descarga.

2 choferes.	5,000	120,000
-------------	-------	---------

7.- Contabilidad a nivel planta.

Contador público.	9,000	108,000
Contador privado.	6,000	<u>72,000</u>
Sub-total:		180,000

8.- Comunicaciones.

Estimación de la renta y operación

de aparatos telefónicos.		48,000
Telefonista.	5,000	<u>60,000</u>
Sub-total:		108,000

9.- Vigilancia y veladores.

6 policias.	4,000	288,000
-------------	-------	---------

		<u>\$/Año.</u>
10.- Enfermería.		
Médico.	12,000	144,000
Enfermera.	5,000	<u>60,000</u>
Sub-total:		204,000
11.- Servicio de comedor, cafetería (estimado para 80 personas a razón de - \$25/comida y dos empleados		756,000
12.- Actividades deportivas.		100,000
13.- Contribuciones locales y membrecias.		100,000
14.- Primas de seguros de las plantas 0.01 Ci (c/u)		146,554
15.- Total de gastos generales de las dos plantas:		3,813,192
16.- Total de gastos generales que se cargan a cada planta:		1,591,596

Una vez que se ha calculado los costos de planta comunes a los dos procesos, se procederá a calcular la depreciación y amortización.

d) DEPRECIACION Y AMORTIZACION PARA LA PLANTA DE SBC.

Depreciación.

Valor de adquisición del equipo (Ci + costo de tubería + instrumentación + servicios auxiliares + líneas exteriores). \$ 10,625,766

Valor de adquisición de edificios (desarrollo de terreno y construcciones + ingeniería y construcción + factor de tamaño). \$ 8,151,273

Valor de rescate. --

Vida útil de equipo y maquinaria 11 años.

Vida útil de edificios 20 años.

El método del porcentaje fijo para determinar la depreciación (ya que es uno de los cargos fijos mayores en los costos totales del producto) es el mejor, ya que - así las reservas para sustitución del equipo crecen rápidamente al principio, dando una rápida recuperación del capital de inversión fija, aunque los impuestos y las utilidades se mantienen a un nivel parejo a lo lar

go de toda la vida del proceso, debido a que los precios suelen disminuir en los años subsiguientes. Con este sistema, el costo de los productos será mayor durante los primeros tres a cinco años y en los subsiguientes, será menor que el resultante de considerar el precio por medio de un método de extrapolación rectilínea.

Este método (porcentaje fijo) solo se aplica con una autorización especial de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, por lo que lo normal en el medio mexicano sean las depreciaciones calculadas por el método de la línea directa que consiste en:

$$D = \frac{P - L}{n}$$

Donde:

D = Valor de la depreciación anual.

P = Valor de adquisición del equipo.

L = Valor de rescate del equipo.

n = Número de años de vida útil.

Actualmente en el caso de equipo de proceso, se permite depreciar al 9% anual durante 10 años y el resto en el último año.

Para equipo (% fijo)

Para edificios (línea directa)

$D_1 = 956,300$

$D_2 = 407,600$

En las gráficas adjuntas se muestran los valores acumulados para equipo y edificios.

Amortización:

Se amortizará lo correspondiente a gastos preoperativos y cargos diferidos, los cuales están formados por los siguientes conceptos:

Gastos de organización.

Gastos de instalación.

Gastos de Ingeniería, proyectos e investigación de mercados.

Costos directos e indirectos de arranque.

Gastos preoperativos.

Gastos financieros del período preoperativo.

Comisiones pagadas en colocación de acciones.

Estos renglones se estiman como un 5% de la inversión total, por lo que ahora estimaremos la inversión total, para lo cual estableceremos que el precio de venta es de \$16.50 por kg. y el costo de producción (como más adelante se demostrará) será de \$12.98 por kg.



d') <u>Estimación de la inversión total.</u>	<u>\$/Año.</u>
Los puntos que constituyen el capital de trabajo (parte inherente de la inversión total).	
1) Inventario de materias primas: Tres meses de suministro al costo:	6,921,000
2) Inventario de materia en proceso: Dos semanas al costo del producto terminado:	1,641,818
3) Inventario de productos: Un mes al costo del producto terminado.	3,518,182
4) Cuentas por cobrar: Tres meses al precio de venta.	13,500,000
5) Efectivo disponible para cubrir los gastos normales de salarios, materias primas y suministros: Una semana al costo de venta.	<u>1,050,000</u>
CAPITAL DE TRABAJO:	26,631,000
INVERSION FIJA (CT):	19,650,000
INVERSION TOTAL:	46,281,000

Ahora bien, dijimos que los gastos preoperativos y cargos diferidos que son los que se amortizarán, se estiman como un 5% de la inversión total. Asimismo, la tasa de amortización de los gastos anteriores se determinó, de acuerdo con lo que marca la Ley Fiscal en vigor, correspondiendo un 5% anual, por lo que la amortización anual será de:

$$A = 115,700 \quad \$/\text{año.}$$

1.- Costo total de depreciación y

amortización ( $D_1 + D_2 + A$ ) 1,480,900

e) Costo de distribución del SBC.

1) Empaques: 60,000 sacos con un

costo de \$5.90 cada uno. 354,000

C) GASTOS DE MERCADEO PARA AMBAS PLANTAS.

Estos gastos serán para las dos plantas, por lo que se tendrá que dividir el total de estos gastos entre dos.

a) Directos.

1.- Salarios y comisiones de vendedores.

2 vendedores con salario de \$10,000

al mes: 240,000

2.- Publicidad y literatura promocional

(folletos): 10,000

\$/Año

- |   |         |
|---|---------|
| 3.- Servicio técnico de ventas (Un<br>Ingeniero con sueldo de \$15,000) | 180,000 |
| 4.- Gastos involucrados en muestra<br>rio de producto.                  | 10,000  |

→ b) Indirectos.

- |   |         |
|---|---------|
| 1.- Supervisor de ventas (1 Ingenie<br>ro químico).   | 180,000 |
| 2.- Gastos de representación, viáticos.   | 120,000 |
| 3.- Gastos de investigación de mercados.<br>Por ser el producto en estudio de gran<br>aceptación en el mercado, se consideran<br>innecesarios estos gastos. |         |

GASTOS TOTALES DE MERCADEO.	740,000
-----------------------------	---------

c) Gastos totales de mercadeo cargado a cada planta.	370,000
---	---------

D) GASTOS ADMINISTRATIVOS DE LA PLANTA DE S.B.C.

0.045 sobre ventas:	2,227,500
---------------------	-----------

a) Salarios y gastos de personal.

b) Contabilidad y auditoría interna y ex  
terna.

\$  
Costo/año

- c) Ingeniería central.
- d) Asesoría jurídica.
- e) Asociaciones, cuotas, etc.
- f) Relaciones públicas.
- g) Comunicaciones y tráfico.
- h) Central de compras.

E) INVESTIGACION, PLANEACION Y DESARROLLO PARA LA PLANTA

DE S. B. C. 0.01 s. ventas 495,000

- a) Operaciones propias.
- b) Consultores externos.

→ F) GASTOS FINANCIEROS EN LA PLANTA DE SBC.

Se piden \$23,140,500 que corresponden al 50% de la inversión total, por lo que se estiman intereses anuales del 15%. 3,508,200

G) VENTAS NETAS EN LA PLANTA DE SBC.

El precio por kg. del SBC fijado por el mercado oscila alrededor de \$17.00, por lo que se fijó el precio en \$16.50 como una forma de entrar en el mercado. 49,500,000

H) COSTO DE MANUFACTURA DEL SBC.

<u>Costos fijos:</u>	<u>Punto de</u> <u>referencia</u>	<u>\$/año.</u>
Materiales para mantenimiento.	B(a) 3	873,351
Mano de obra.	Bb1 y Bb7	942,318
Gastos generales.	1/2 B(c) 16	795,798
Depreciación y amortización.	B (d) 1	1,480,900
Gastos administrativos.	D	2,227,500
Investigación, planeación y desarrollo.	E	495,000
Gastos financieros.	F	<u>3,508,200</u>
Total de costos fijos.		10,323,067

Costos variables.

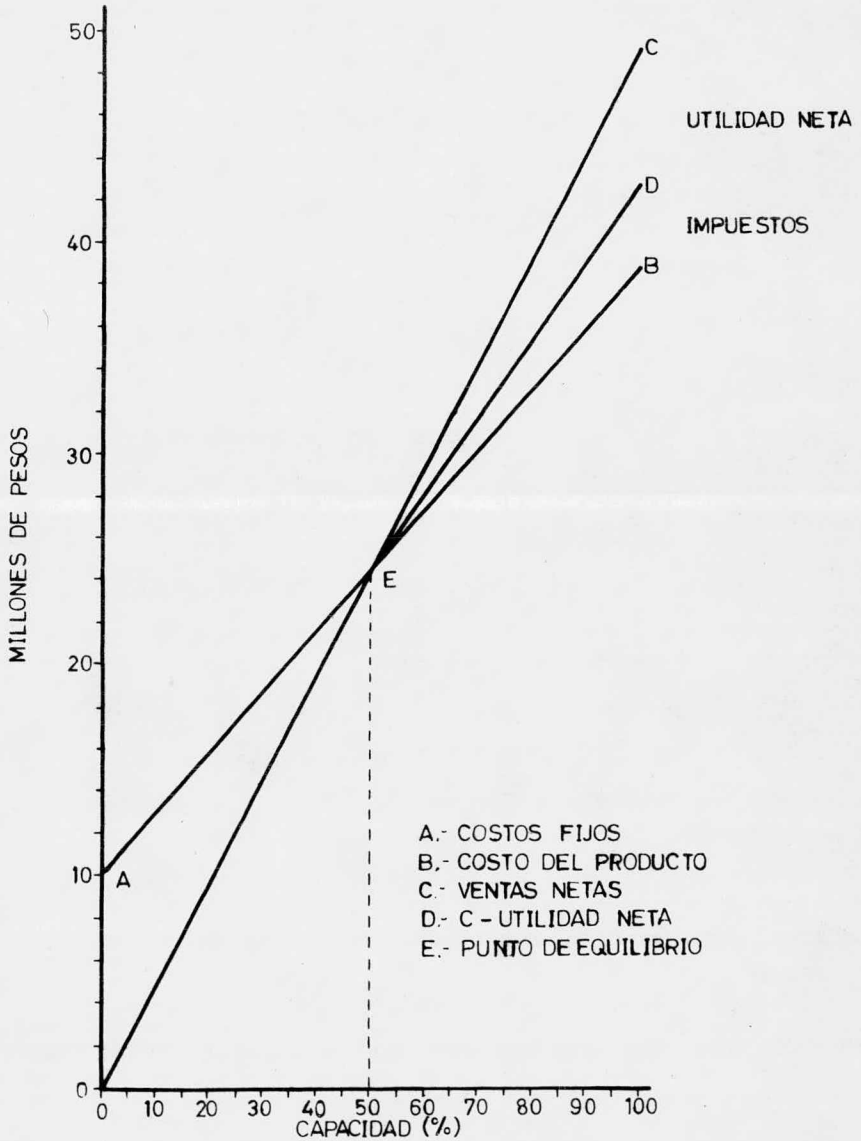
Materiales.	B (a) 1	24,360,914
Servicios.	B (a) 2	1,871,978
Refacciones de operación	B(a) 4	873,351
Gastos generales.	1/2B(c)16	795,798
Costos de distribución.	B.(e)1	354,000
Gastos de mercadeo directo e indirectos.	C (c)	370,000

	<u>\$/Año.</u>
Total de costos variables:	28,626,041
<u>Costo de manufactura del SBC.</u>	38,949,108
H') <u>COSTO NETO DE FABRICACION POR</u>	
<u>KG. DE S.B.C.</u>	12.983
I) <u>UTILIDAD DE OPERACION.</u>	
(G menos H) de la p.de SBC.	10,616,040
J) <u>IMPUESTOS Y PENSIONES.</u>	
(0.4 sobre I) de la p. de SBC.	4,246,416
K) <u>UTILIDAD NETA DE LA PLANTA DE SBC.</u>	6,369,624
L) <u>RENTABILIDAD</u> ( $\frac{\text{utilidad neta}}{\text{inversión total}}$ )	
<u>DE LA PLANTA DE SBC</u>	13.76 %

En la gráfica (fig. 4.1), que se presenta a continuación, se verá que el punto de equilibrio se presenta cuando la planta de S.B.C., funciona al 50% de su capacidad.

./.

FIG. 4.1.- REPRESENTACION GRAFICA DEL ESTADO DE RESULTADOS Y PUNTO DE EQUILIBRIO PARA LA PLANTA DE SULFATO BASICO DE CROMO



M) COSTOS DE PLANTA PARA LA FABRICACION DE S.N.

a) Materiales.

1.- <u>Mat. primas:</u>	<u>Costo</u>		
	<u>unit.</u>		<u>Costo/</u>
	<u>\$/kg.</u>	<u>Kg/año</u>	<u>año. \$</u>
Naftalina.	9.080	411,180	3,733,514.20
Acido sulfúrico	0.813	465,960	378,825.50
Formaldehido.	5.260	146,190	768,959.30
Hidróxido de sodio.	1.540	488,400	<u>752,136.00</u>
Costo neto de las materias primas:			5,633,435.00

2.- <u>Servicios.</u>		<u>Costo</u>	<u>Canti-</u>	<u>\$</u>
	<u>Unidad</u>	<u>unit.</u>	<u>dad/año</u>	<u>Costo/año</u>
Vapor.	kg.	0.09	63,100	5,679
Agua de enfr.	m <sup>3</sup> .	0.47	3,585.5	1,685
Agua de proceso	m <sup>3</sup> .	3.13	426	1,333
Electricidad.	Kwh.	1.07	450,165	481,677
Diesel.	Lts.	0.65	158,400	<u>102,960</u>
Total de servicios:				593,334



	<u>\$</u>
	<u>Costo/año.</u>
3.- <u>Materiales para mantenimiento.</u>	
0.15 Ci =	1,324,959.1
4.- <u>Refacciones de operación.</u>	
0.15 Ci =	1,324,959.1

b) Mano de obra.

1.- Directa de operación.

Se requiere el mismo número de operadores y obreros que en la planta de SBC, por lo que el sub-total será de \$724,343.00, la mano de obra común a las dos plantas, se presenta en el inciso B (b)6 y el que se carga a esta planta es el B (b)7, siendo su monto de: - \$217,974.00

c) Los gastos generales de esta planta se encuentran resumidos en el inciso B (c)16 y ascienden a \$1,591,596

d) Depreciación y amortización para la planta de S.N.

Depréciación:

Valor de adquisición del equipo (Ci + costo de tubería + instrumentación + servicios auxiliares + líneas exteriores).

16,120,336

	<u>\$</u> <u>Costo/año</u>
Valor de adquisición de edificios (desarrollo de terreno y construcciones + ingeniería y construcción + factor de tamaño).	12,365,705
Valor de rescate.	- . -
Vida util de equipo y maquinaria.	11 años.
Vida util de edificios.	20 años.

Utilizando los mismos criterios que en la planta de SBC  
obtenemos:

Para equipo ( % fijo)	Para edificios (línea directa)
$D_1 = 1,450,830$	$D_2 = 618,290$

#### Amortización.

Se amortizará lo correspondiente a gastos preoperativos  
y cargos diferidos, los cuales están formados por los -  
mismos conceptos que en la planta de S.B.C.

Estos se estiman como un 5% de la inversión total, por  
lo que para estimar la inversión total se establece que  
el precio de venta es de \$23.00 por kg. y el costo de pro  
ducción (como más adelante se demostrará) será de \$18.36 kg.

\$  
Costo/año

d") Estimación de la inversión total.

Los puntos que constituyen el capital de trabajo  
(parte inherente de la inversión total.

1.- Inventario de materias primas: Tres me ses de suministro al costo:	1,408,359
2.- Inventario de materia en proceso: Dos semanas al costo del prod. terminado:	778,908
3.- Inventario de productos: Un mes al - costo del producto terminado:	1,669,089
4.- Cuentas por cobrar: Tres meses al precio de venta:	6,272,721
5.- Efectivo disponible para cubrir los gastos normales de salarios, materias primas y suministros: Una semana al costo de venta:	<u>487,870</u>
Capital de trabajo:	10,616,947
Inversión fija:	29,811,000
Inversión total:	40,427,947

Siguiendo con los mismos criterios de la planta de SBC,  
tenemos que la amortización anual será de:

A = \$101,070

	<u>\$</u>
	<u>Costo/año</u>
d.1) Costo total de depreciación y amortización ( $D_1 + D_2 + A$ ).	2,170,190
e) Costo de distribución del S. N.	
1) Empaques: 20,000 sacos con un costo de \$5.90 cada uno.	118,000
N) <u>GASTOS DE MERCADEO DE LA PLANTA DE SN.</u>	
El gasto que le corresponde a la planta de S. N.: [C (c)]	370,000
Ñ) <u>GASTOS ADMINISTRATIVOS DE LA PLANTA DE SN</u>	
0.045 sobre ventas:	1,035,000
O) <u>INVEST. PLANEACION Y DESARROLLO DE LA PLANTA DE S. N.</u>	
0.01 sobre ventas:	230,000
P) <u>GASTOS FINANCIEROS DE LA PLANTA DE SN</u>	
Se piden \$20,407,000 que corresponden al 50% de la inversión total, por lo que se estiman intereses anuales del 15%.	3,032,096

./.

Q) VENTAS NETAS DE LA PLANTA DE S. N.

El precio por kg. del S. N. fijado por el mercado oscila alrededor de \$24.00, por lo que se fijó el precio en \$23.00 como una forma de entrar al mercado.

\$23,000,000

R) COSTO DE MANUFACTURA DEL S. N.

<u>Costos fijos.</u>	<u>Punto de referencia</u>	<u>\$/Año.</u>
Materiales para mantenimiento.	M (a) 3	1,324,960
Mano de obra.	M(b)1 y B(b) 7	942,317
Gastos generales.	1/2 B (c)16.	795,798
Depreciación y amort.	M (d) 1.	2,170,190
Gastos administrativos.	Ñ	1,035,000
Invest., planeación y desarrollo.	O	230,000
Gastos financieros.	P	<u>3,032,096</u>
<b>Total de costos fijos:</b>		<b>9,530,361</b>

Costos variables.

	<u>Punto de</u>	<u>\$/Año.</u>
	<u>referencia</u>	
Materiales.	M (a) 1	5,633,435
Servicios.	M (a) 2	593,334
Refacciones de operación.	M (a) 4	1,324,959
Gastos generales. <sup>1</sup>	1/2B(c)16	795,798
Costos de distribución.	M (e) 1	118,000
Gastos de mercadeo e indirectos.	N	<u>370,000</u>
Total de costos variables:		8,835,526
Total del costo de manufactura del S.N.		18,365,887
R') <u>COSTO NETO DE FABRICACION POR KG.DE SN</u>		\$18.36
S) <u>UTILIDAD DE OPERACION EN LA PLANTA</u>		
<u>DE S. N. (Q menos R).</u>		4,634,117
T) <u>IMPUESTOS Y PENSIONES DE LA PLANTA</u>		
<u>DE S. N. (0.4 sobre S).</u>		1,853,647
U) <u>UTILIDAD NETA DE LA PLANTA DE S. N.</u>		
<u>(S menos T).</u>		2,780,470
V) <u>RENTABILIDAD DE LA PLANTA DE S.N.</u>		
<u>Utilidad neta</u>		
Inversión total:		6.88 %

	<u>\$/Año.</u>
W) <u>INVERSION TOTAL DE LA FABRICA</u> <u>DE CURTIENTES.</u>	86,708,947
X) <u>UTILIDAD TOTAL DE LA FABRICA</u> <u>DE CURTIENTES.</u> (I + S).	15,250,157
Y) <u>IMPUESTOS Y PENSIONES TOTALES DE</u> <u>LA FABRICA DE CURTIENTES.</u>  (0.4 sobre X).	6,100,063
Z) <u>UTILIDAD NETA DE LA FABRICA DE</u> <u>CURTIENTES.</u> (X menos Y).	9,150,094
Z') <u>RENTABILIDAD DE LA FABRICA</u> <u>DE CURTIENTES.</u>	10.55 %

A continuación se presentan dos gráficas (fig. 4.2 y 4.3) en las cuales, se puede apreciar que el punto de equilibrio de la planta de S. N. se presenta cuando funciona al 66% de su capacidad. (fig. 4.2), mientras que para la fábrica de curtientes (planta de S. B.C. y planta de S.N.) se presenta el punto de equilibrio al 56% de su capacidad.

FIG.4.2.-REPRESENTACION GRAFICA DEL ESTADO DE RESULTADOS Y PUNTO DE EQUILIBRIO PARA LA PLANTA DE SINTANO DE NAFTALINA

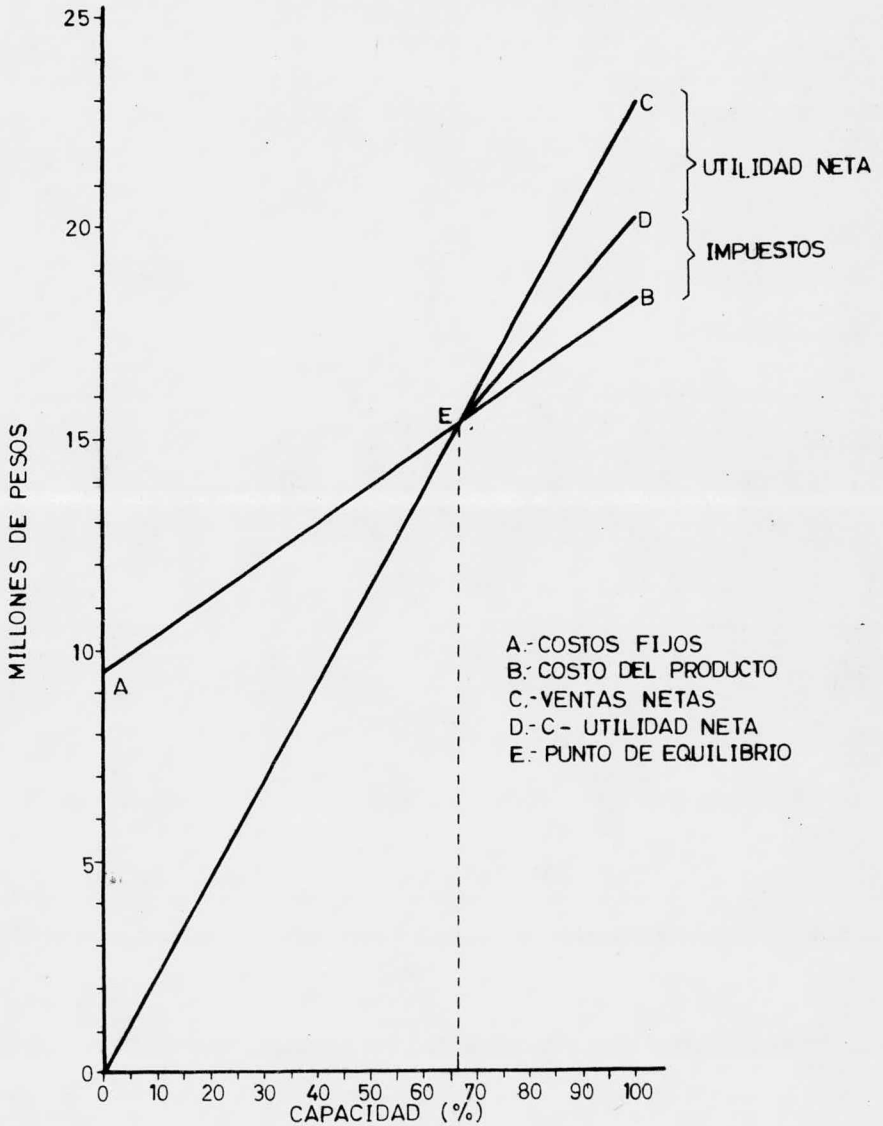
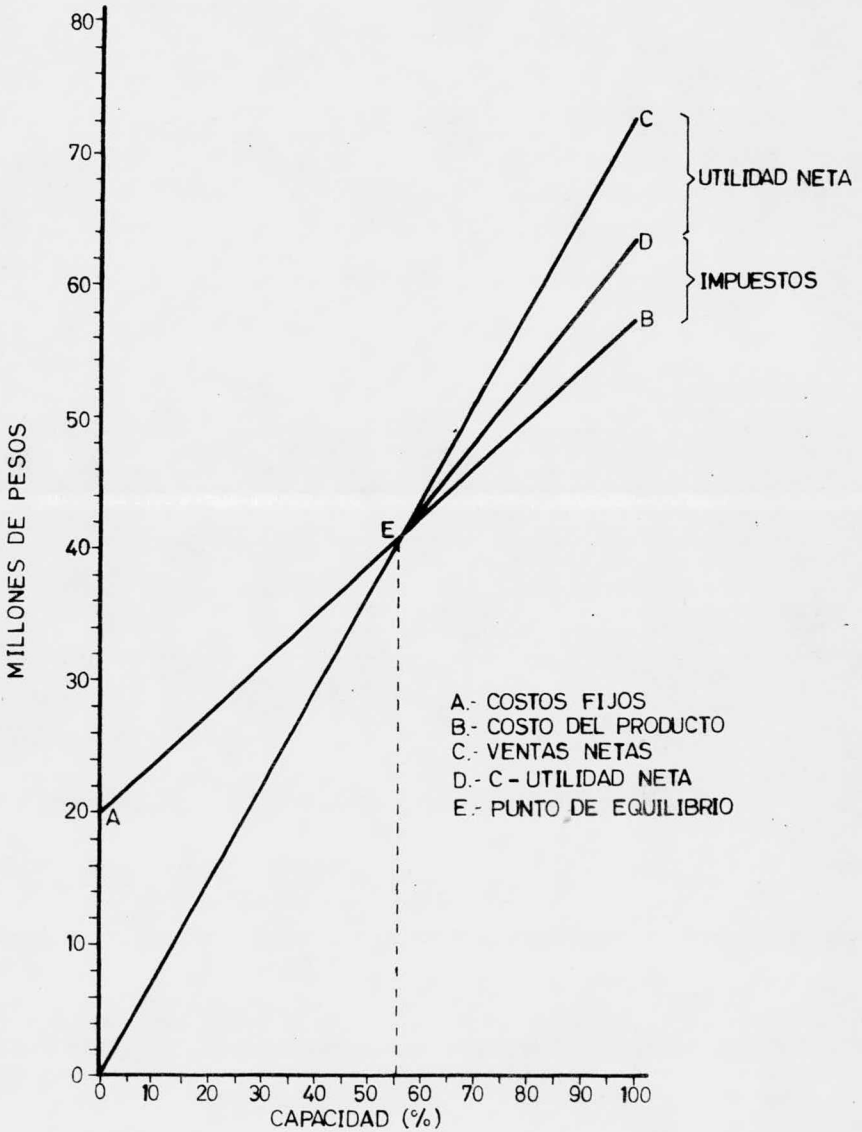




FIG. 4.3 - REPRESENTACION GRAFICA DEL ESTADO DE RESULTADOS Y PUNTO DE EQUILIBRIO PARA LA FABRICA DE CURTIENTES



CONCLUSIONES .

CONCLUSIONES.

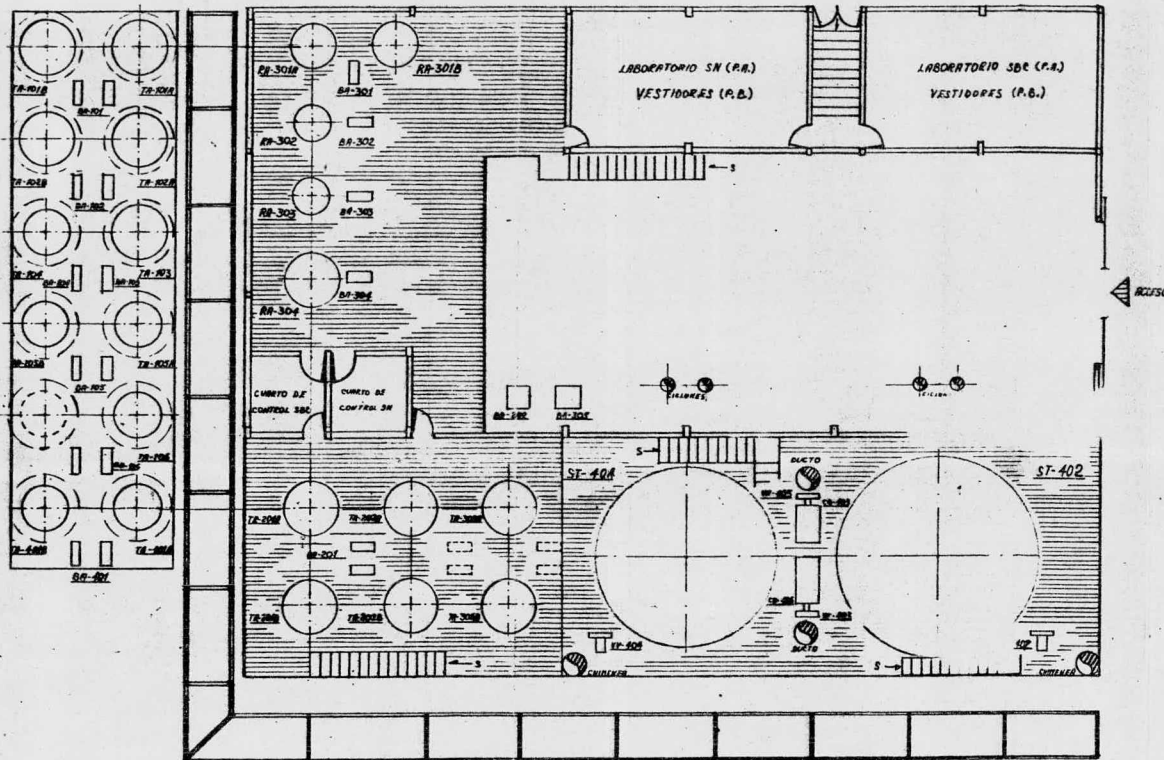
- 1.- Los procesos son sencillos, ya que no se presentan condiciones críticas en la fabricación de los curtientes, por lo que el proyecto es ideal para el medio mexicano y dada la característica del mismo y con la información que contiene este trabajo, es susceptible de diseñar estas plantas a otras escalas, en diferentes zonas de la República Mexicana pudiendose crear así más fuentes de trabajo.
- 2.- La fábrica de curtientes no produce desechos industriales que provoquen la contaminación ambiental.
- 3.- El equipo usado en ambas plantas, es factible de obtener dentro del medio mexicano, evitándose así las fugas de capital al extranjero, lo que repercute en forma positiva a la economía nacional.
- 4.- Como resultado de la evaluación económica del proyecto, se concluye que la fábrica de curtientes es rentable, y debido a la demanda que tienen el sulfato básico de cromo y los sintanos de naftalina, el

punto de equilibrio de la empresa se localiza a un 56% de la capacidad, lo que es aceptable ya que - crea un gran margen de seguridad para la operación, siendo la planta de S.B.C., la que presenta mayores atractivos económicos.

- 5.- Con el presente trabajo, se llenó en parte un vacío que existía en la literatura con respecto a la fabricación de estos productos.

A N E X O I .

CALLE



CALLE

CALLE

CUARTO DE CALDERAS

AGUA DE SERVICIOS Y DE PROCESO

SUBESTACION ELECTRICA

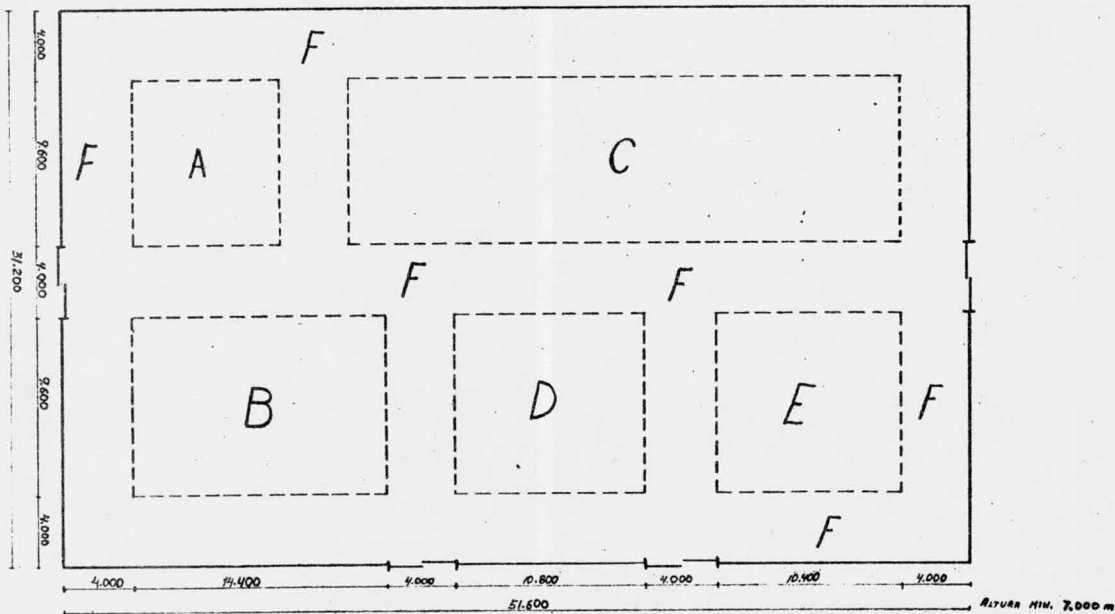
TESTS PROFESIONAL PLANO 3

ARROYO OSORIO RAU  
CARMONA MARTINEZ JUAN MANUEL  
ARREGLO GENERAL DE LA FABRICA DE CURTIENTES.

FACULTAD DE QUIMICA UNAM 1978

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
METROS

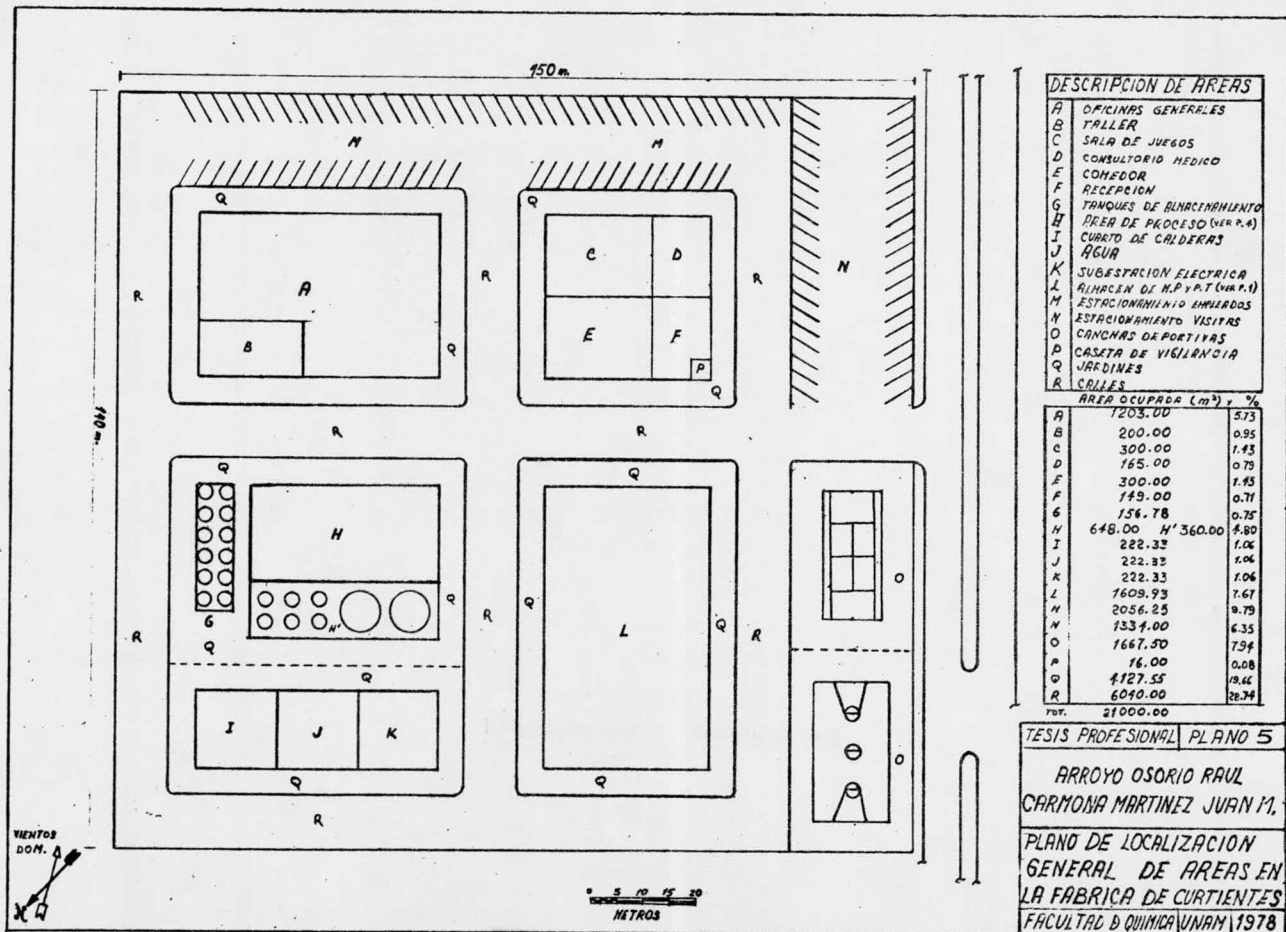




AREA	DESCRIPCION	SACOS POR TARRIA	No. TARRIAS	EXIST. MAIHA	AREA OCUPADA
A	NAFTALENO	25	$8 \times 7 \times 4 = 224$	112 000 Kg	80.64 m <sup>2</sup>
B	BICROMATO DE SODIO	25	$8 \times 7 \times 4 = 224$	384 000 Kg	138.24 m <sup>2</sup>
C	S B C	24	$8 \times 26 \times 4 = 832$	998 400 Kg	299.52 m <sup>2</sup>
D	S N	24	$8 \times 9 \times 4 = 288$	345 600 Kg	103.68 m <sup>2</sup>
E	OFICINAS	--	--	--	95.84 m <sup>2</sup>
F	PASILLOS	--	--	--	888.08 m <sup>2</sup>
TOTAL	--	--	1728	1840 000 Kg	1670.00 m <sup>2</sup>

TESIS PROFESIONAL PLANO 4  
 ARROYO OSORIO RAUL  
 CARMONA MARTINEZ JUAN MANUEL  
 BODEGA DE ALMACENAMIENTO DE  
 MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS.  
 FACULTAD DE QUIMICA UNAH 1977

= 230 =



DESCRIPCION DE AREAS

- A OFICINAS GENERALES
- B TALLER
- C SALA DE JUEGOS
- D CONSULTORIO MEDICO
- E COMEDOR
- F RECEPCION
- G TANQUES DE ALMACENAMIENTO
- H AREA DE PROCESO (ver p.4)
- I CUARTO DE CALDERAS
- J AGUA
- K SUBESTACION ELECTRICA
- L ALMACEN DE M.P.V.T (ver p.1)
- M ESTACIONAMIENTO EMPLEADOS
- N ESTACIONAMIENTO VISITAS
- O CANCHAS DE PORTIVAS
- P CASETA DE VIGILANCIA
- Q JARDINES
- R CALLES

	AREA OCUPADA (m <sup>2</sup> )	%
A	1203.00	5.73
B	200.00	0.95
C	300.00	1.43
D	165.00	0.75
E	300.00	1.43
F	149.00	0.71
G	156.78	0.75
H	648.00	4.80
I	222.33	1.06
J	222.33	1.06
K	222.33	1.06
L	1609.93	7.67
M	2056.25	9.79
N	1334.00	6.35
O	1667.50	7.94
P	16.00	0.08
Q	4127.55	19.44
R	6040.00	28.34
TOT.	21000.00	

TESIS PROFESIONAL PLANO 5

ARROYO OSORIO RAUL  
CARMONA MARTINEZ JUAN M.

PLANO DE LOCALIZACION  
GENERAL DE AREAS EN  
LA FABRICA DE CURTIENTES  
FACULTAD D QUIMICA UNAM 1978

= 231 =





INDICE DE FIGURAS Y TABLAS.

INDICE DE FIGURAS.

<u>Pag.</u>	<u>Figura</u>	<u>Material ó planta</u>	<u>Descripción</u>
23	2.1	Bicromato de sodio.	Viscosidad, pH, Cp vs. % en peso.
24	2.2	Bicromato de sodio.	Densidad vs. % en peso (100% puro).
25	2.3	Bicromato de sodio.	Densidad vs. % en peso (hidratado).
26	2.4	Bicromato de sodio.	Densidad vs. % en volumen (hidratado).
27	2.5	Bicromato de sodio.	Densidad vs. % en mol. (hidratado).
28	2.6	Bicromato de sodio.	Densidad vs. % en mol (no hidratado).
28	2.7	Bicromato de sodio.	Densidad vs. kg/100 lts. solución.
32	2.8	Acido sulfúrico.	Densidad vs. % en peso
32	2.9	Acido sulfúrico.	Viscosidad vs. tempe- ratura.
36	2.10	Miel Incristalizable	°Brix vs. densidad.
39	2.11	Naftalina.	Viscosidad vs. temperatu- ra.

<u>Pag.</u>	<u>Figura</u>	<u>Material ó planta.</u>	<u>Descripción</u>
46	2.12	Sosa cáustica.	Densidad vs. % NaOH.
46	2.13	Sosa cáustica.	Densidad vs. g/lt. - NaOH.
47	2.14	Sosa cáustica.	Densidad vs. °Be.
47	2.15	Sosa cáustica.	Densidad vs. <u>tempera</u> tura.
48	2.16	Sosa cáustica.	Cp vs % NaOH'
48	2.17	Sosa cáustica.	Cp vs. % Mol
49	2.18	Sosa cáustica.	Viscosidad vs. <u>tempe</u> ratura.'
52	2.19	Amoniaco.	Densidad vs. % en peso
53	2.20	Amoniaco.	Densidad vs. °Be.
80	3.1	S. B. C.	Perfil de temperaturas en la reacción de SBC.
85	3.2	S. B. C.	Bal.de materia y ener- gía en el secador.
102-A	3.3	S. B. C.	Características de dife rentes secadores por - aspersión para el SBC.

<u>Pag.</u>	<u>Figura</u>	<u>Material ó planta</u>	<u>Descripción</u>
125	3.4	S. N.	Bal. global de materia y energía en el secador.
143	3.5	S. N.	Características de diferentes secadores por aspersion que manejen S. N.
215	4.1	S. B. C.	Gráfica del punto de equilibrio.
224	4.2	S. N.	Gráfica del punto de equilibrio.
225	4.3	Fábrica de <u>curtientes</u> .	Gráfica del punto de equilibrio.

INDICE DE TABLAS.

<u>Pág.</u>	<u>Tabla</u>	<u>Material ó planta.</u>	<u>Descripción</u>
22	I	Bicromato de sodio.	Diluciones en agua.
31	II	Acido sulfúrico.	Propiedades físicas
38	III	Naftaleno.	Propiedades físicas
41	IV	Formaldehido.	Propiedades físicas
42	V	Formaldehido.	Características a di ferentes concentra- ciones.
44	VI	Sosa Caústica.	Especificaciones.
44	VII	Sosa caústica.	Propiedades físicas
55	VIII	S. B. C.	Composición.
60	IX	S. N.	Especificaciones.
72	X	S. B. C.	Balance general de materia.
76	XI	S. B. C.	Requerimientos de ma teria prima para un lote de S. B. C.
81	XII	S. B. C.	Calores de formación.
83	XIII	S. B. C.	Calores específicos.
90	XIV	S. B. C.	Bal. de materia y ener gía en el secador.

<u>Pág.</u>	<u>Tabla</u>	<u>Material ó planta.</u>	<u>Descripción.</u>
110	XV	S. N.	Balance de materia en la sulfonación.
112	XVI	S. N.	Balance de materia en la condensación.
114	XVII	S. N.	Balance de materia en la neutralización.
117	XVIII	S. N.	Balance global de materia.
128	XIX	S. N.	Balance de materia y energía en el secador.

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

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

Libros"

- 1.- Chemical Engineering Plant Design.  
Vilbrandt F. C. & C.E. Dryden  
McGraw - Hill Book Co.,  
New York.
  
- 2.- Project Engineering of Process Plants.  
Haward F. Rase & M.H. Barrow  
John Wiley & Sons Inc.  
London. 4a. reimpression 1964.
  
- 3.- Chromium and Its Compounds.  
Udy Marvin J. Vol. I  
A.C.S. Monograph No. 132  
Reinhold Pub. 1956.
  
- 4.- Chemical Engineers' Handbook  
Fourth Edition by John H. Perry.  
McGraw-Hill Book Company: 1963.
  
- 5.- Fabricación de Azúcar de caña, Mieles y Siropes  
invertidos con su control técnico-químico.  
F. A. López Ferrer.  
Cultural, S.A.  
La Habana 1948.
  
- 6.- Química Orgánica Elemental.  
Alberto Lenz del Rio.  
Editorial Patria, S. A., México 1967.



- 7.- Chemical Process Principles.  
Hougen O. A.; Kenneth M.W.; Roland A.R. part. I  
Second Ed.  
John Wiley & Sons. Inc.  
New York London. 1962.
- 8.- Mass Transfer Operations.  
Robert E. Treybal.  
McGraw-Hill Book Company Inc.  
New York.
- 9.- Organic Chemistry.  
John D. Roberts; Ross Stewart; M. C. Caserio.  
Ed. Addison - Wesley  
1972, 1a. reimpression.
- 10.- Principios de Operaciones Unitarios.  
Foust, Wenzel, Clump, Maus, Anderson  
C.E.C.S.A.  
6a. impresión 1974,  
México.
- 11.- Termodinámica Química Elemental.  
Bruce H. Mahan  
Ed. Reverté, S.A.  
México, 1969.
- 12.- Chemical Engineering Cost. Estimation.  
Aries L. S. & R. D. Newton  
McGraw-Hill Book Co.  
New York.
- 13.- Producción de Aceites de Silicón por medio  
de Polimerización Alcalina.  
Goerrissen; Chávez; Manjarrez.  
Tesis profesional UNAM.  
1974.

Otros:

- A.- Folleto de medidas de Seguridad para Acido Sulfúrico al 98%.  
Distribuidora Química Sibra, S. A.  
Zoquipa No. 24,  
México 8, D. F.
- B.- Chemical Safety Data Sheet SD-58 (folleto).  
Manufacturing Chemists Association.  
Washington D. C. U.S.A. 1956
- C.- Información Técnica (folleto).  
Catálisis, S. A.  
Ecatepec, Edo. de México.
- D.- Chemical Safety Data Sheet SD-13 (folleto).  
Manufacturing Chemists Association.  
Washington D.C. U.S.A. 1947.
- E.- Información Bayer para Curtidos (libro).  
Bayer de México, S. A.  
México, D. F. 1976.
- F.- Folleto Cia. Pla - Fleischmann, S. A.  
Secadores Turbo-Spray - Pla.  
México 13, D.F.
- G.- Glasteel. (boletín).  
Pfaudler/Sybron, Co.  
Pfaudler Bulletin 1063/1097  
U. S. A.
- H.- Pfaudler RA Series Glasteel Reactors (boletín).  
Pfaudler/Sybron Co.  
Pfaudler Bulletin 1086.  
U. S. A.
- I.- Pfaudler Stainless Steel Reactors (boletín).  
Pfaudler/Sybron Co.  
Pfaudler Bulletin 1061.
- J.- Manual SELMEC (Manual de bolsillo).  
Sociedad Electromecánica, S. A.  
7a. edición,  
México, D. F. 1968.



**Impresiones Lupita**

MEDICINA No. 25

FRACC. COPILCO UNIVERSIDAD  
CIUDAD UNIVERSITARIA, D. F.

TEL. 548-49-79