

**FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS**

**U. N. A. M.**

**" CALCULO Y DISEÑO DEL EQUIPO EN LA ESTERIFICACION  
DE LA GOMA LACA CON ALCOHOL ETILICO. "**

**TESIS PROFESIONAL**  
que para obtener el título de  
**INGENIERO QUIMICO**  
p r e s e n t a :  
**JOSE HECTOR VEGA MARTINEZ**

**MEXICO, D. F.**

**1966**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

Con todo cariño a mis padres

Con respeto y agradecimiento a mis maestros.

## INDICE

### INTRODUCCION

	Página.
CAPITULO I.	
Generalidades sobre la goma laca.....	3
CAPITULO II.	
Química del proceso.....	11
CAPITULO III.	
Experimentación en el laboratorio.....	20
CAPITULO IV.	
Cálculo de la cinética de la reacción.....	25
CAPITULO V.	
Diseño y cálculo del equipo de esterificación.....	37
CAPITULO VI.	
Consideraciones económicas.....	54
CAPITULO VII.	
Bibliografía.....	57

## INTRODUCCION

La constante expansión que experimenta en nuestros días la industria de pinturas y barnices, ha introducido nuevos productos, sumamente especializados, que en muchas ocasiones han mejorado aún a productos bien establecidos dentro de ésta industria. Recientemente ha sido introducido al mercado un producto con amplio porvenir dentro del campo de los recubrimientos orgánicos. Se le denomina ETIL SHELLACATO, el cual es un éster alquílico, obtenido mediante la esterificación de la goma laca con el alcohol etílico, encontrándose así una nueva aplicación para la goma laca que había sido desplazada en buena parte de su consumo por la introducción de resinas sintéticas.

En este trabajo se pretende hacer un estudio del equipo necesario en la fabricación del etil shellacato, con algunas consideraciones económicas. Para este fin se efectuaron experiencias en el laboratorio, que proporcionaron algunos datos útiles para pasar a la escala comercial. Las generalidades sobre la goma laca ayudaron a conocer más la naturaleza de la reacción y del proceso.

El éster etílico de la goma laca se puede usar conjuntamente con las lacas de nitrato de celulosa ó de otras muchas resinas sintéticas, teniendo la ventaja sobre la goma laca de ser soluble en una gran variedad de solventes, mientras que ésta es soluble prácticamente solo en alcohol etílico ó en soluciones acuosas alcalinas. Este etil shellacato, actúa como plastificante, impartiendo adherencia, flexibilidad y brillo. Sus películas al ser horneadas se hacen insolubles, propiedad que lo hace especialmente útil co-

no ingrediente de primarios anti-sangrantes. Este pro-  
ducto de gran interés comercial, aún no se fabrica en  
México, en donde podría tener un mercado potencialmen-  
te amplio.

I

GENERALIDADES SOBRE LA GOMA LACA.

I-1.- Producción.

Se conoce como goma laca, la resina natural producida en un noventa por ciento en las Indias Orientales e islas adyacentes, resultado de una inoculación resinosa sobre ramas y tallos de diferentes hierbas y árboles resiníferos de la India, Burma, - Indochina y Siam, y que deposita el insecto Laccifer (Tachardia) Laca Kerr, del Orden de los hemípteros, - Familia Coccidae, como un medio de protección. El insecto produce un colorante rojo (ác. Laccaico), una resina semejante al ámbar y una cera dura. Se ha calculado que se necesitan de 40,000 a 200,000 insectos — para producir un kilogramo de goma laca.

La mayor producción de goma laca procede de las Provincias Unidas y Central de la India y en los Estados de Bihar y Orissa.

Los hemípteros, en estado larvario, ascienden en enjambres por las ramas tiernas. Con sus probóscidas atraviesan la delgada corteza pudiendo así, absorber la savia. A continuación pierden la piel y — sus patas, y finalmente crecen y exudan continuamente resina blanda, la que envuelve sus cuerpos con una cubierta de 0.5 a 1.5 cm. de espesor. Anualmente crecen dos generaciones, dejando las ramas materialmente ocultas de goma laca. La calidad de ésta variará según el árbol que sustente a los insectos. La goma laca más clara se obtiene del árbol Kusum (Schleichera Trijuga).



Por pulverización se recoge la resina de las ramas. A ésta resina conocida como goma laca en palillos, se le separa las porciones de madera y partes vegetales, así como los cuerpos de los insectos y el colorante soluble en agua denominado " rojo de laca "; obteniéndose la goma laca en grano. Se funde en hornos de leña ó de vapor, dándosele la forma de hojas delgadas, las que ya frías se fracturan para la obtención de la goma laca en escamas. Esta última de color naranja se blanquea normalmente por dos métodos:

El primero generalmente usado en los Estados Unidos de Norteamérica, disuelve la goma laca en solución acuosa de carbonato de sodio sedimentando las impurezas insolubles. A esta solución así purificada se le blanquea con hipoclorito de sodio en solución acuosa y a continuación se precipita la goma laca agregando ácido sulfúrico, precipitando en finos que se aglomeran calentando con vapor. Se separa la goma laca -- que flota, se seca y se muele dejándole un 6 % de contenido de humedad. Ya que no se elimina totalmente el cloro, esta goma laca con la humedad produce oxidaciones dentro de los envases metálicos que la contengan, ocasionando su corrosión, por ejem.: en aerosoles. El segundo método, más usado en Alemania, disuelve la goma laca en alcohol, decolorándola mediante reposo durante varios días con carbón de huesos ó negro animal. Posteriormente se filtra, recuperándose la goma laca blanqueada por evaporación del solvente. Finalmente se muele con un contenido de 6 % de humedad.

Si se elimina la cera filtrando la solución

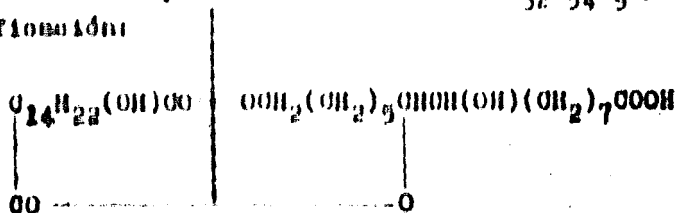
de goma laca antes de blanquearla, obtendremos lo que se conoce como goma laca blanqueada y refinada.

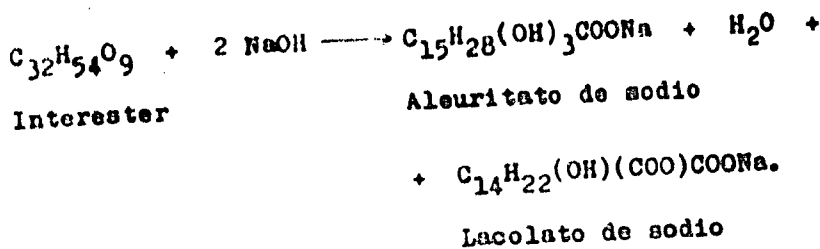
La goma laca regular y blanqueada generalmente es la más usada en barnices, la descerada se usa en lacas de nitrato de celulosa.

1-2.- Estructura química.

Evidencias tanto químicas como bioquímicas, demuestran que la goma laca es una resina termoplástica, compuesta principalmente de una mezcla de varios interésteres de ácidos grasos polihidroxilados que forman dos grandes tipos de sustancias: una laca dura que constituye el 70 % de la resina y una porción suave que actúa como plastificante. Extraídas ambas mediante un solvente adecuado (eter etílico), se encuentra que la porción suave contiene ácidos libres, principalmente ácido alerético y materiales neutros, incluyendo el colorante amarillo eritrolacina, lactona lacólica y un isómero del ácido alerético. La porción de laca dura se compone en un 50 % de un interéster monobásico  $C_{32}H_{54}O_9$ , del que se contienen cantidades equimoleculares de ácido alerético y una mezcla de constituyentes llamados lactona lacólica que para propósitos prácticos se representa con la siguiente fórmula:  $C_{14}H_{22}(OH)(COO)COOH$ .

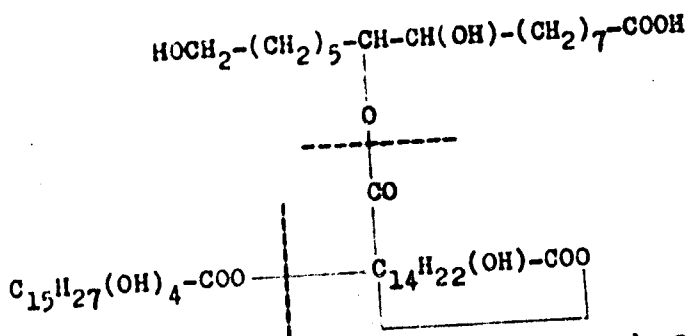
Fórmula empírica del interéster  $C_{32}H_{54}O_9$  y su saponificación:



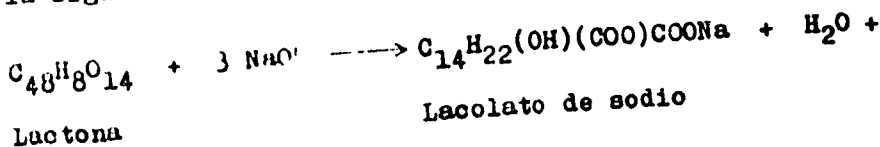


La otra porción de luca dura esta formada - por una lactona monobásica interestérica, compuesta - de tres ácidos en cantidades iguales: ácido alerúti- - co, lactona lacólica y ácido kerrólico.

Fórmula empírica de la lactona monobásica - interestérica:



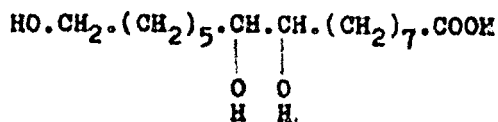
Su saponificación toma lugar de acuerdo a - la siguiente reacción:





Auleritato de sodio      Kerrolato de sodio

Se continúa estudiando la constitución de -  
la goma laca, ya que sólo la constitución del ácido -  
aleréutico se ha confirmado:



Ácido 9,10,16, trihidroxipalmitico.

Se estudia también el ácido lacáico  $C_{15}H_{20}O_6$   
que es un ácido dibásico con dos hidroxilos y se en-  
cuentra en la goma laca como tal, en un 4 a 8 %. Este  
ácido y sus posibles isómeros producen la pequeña in-  
saturación de esta resina.

Se han descrito dos ácidos más: el kerróli-  
co y el butólico, el primero es un ácido tetrahidroxi  
decanoico muy susceptible a la acción del calor y el  
otro es un compuesto cristalino.

### I.-J.- Clasificación y especificaciones.

La goma laca recibe varios nombres comercialmente, de acuerdo a su color, impurezas, materias insolubles, etc. siendo de mejor calidad la más clara y pura. Además, puede contener sustancias extrañas, agregadas como adulterantes para facilitar su proceso de obtención ó para darle ciertas propiedades. Estas sustancias pueden ser colofonia, copal y cropimento. Las especificaciones y los métodos analíticos para el control de éstas, se encuentran descritos en el " A.S.T.M. Standards 1958 ". De donde se han extraído las especificaciones más importantes para sus tres tipos más generales:

Tipo I.- Goma laca anaranjada.

Grado A.- Limón fina.

Grado B.- Anaranjada fina.

Grado C.- Superfina.

Grado D.- Nativa.

Tipo II.- Goma laca granular.

(En gránulos de 75 mm. de diametro)

Tipo III.- Goma laca en escamas.

(En escamas grandes de 3.2 mm de espesor).

Tabla 1. Especificaciones generales para goma laca.

Porcentajes máx. de:	Tipo I				Tipo II	Tipo III
	Grado A	Grado B	Grado C	Grado D		
Materia insoluble en álcali caliente.	1.00	1.25	1.50	3.00	1.00	0.50
Índice de iodo.	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	18.0
Humedad	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Cera	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	3.5
Arsénico ( $As_2O_3$ )	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03
Materia soluble en agua cal.	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Cenizas	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5
Brea	nada	nada	nada	nada	nada	nada

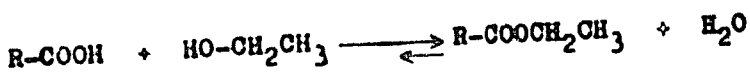
No deberá ser más obscuro que la muestra ofrecida por el proveedor.

II

QUIMICA DEL PROCESO

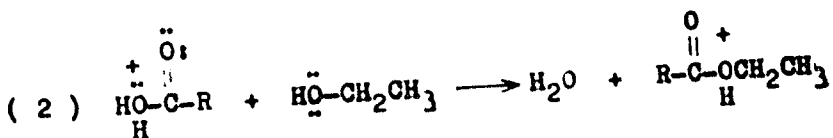
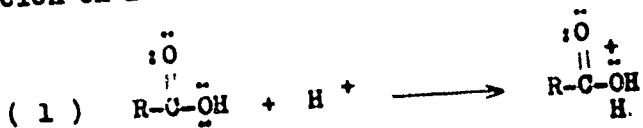
II-1.- Reacciones químicas.

La goma laca en solución de alcohol etílico, tiende a esterificarse lentamente a temperatura ambiente según la reacción general:



Esta reacción se efectúa más rápidamente en la goma laca blanqueada, con 3 % de ácido mineral como catalizador y a 60°C. de temperatura.

El mecanismo de reacción de esta esterificación en medio ácido es:



En estas reacciones R es un ácido graso que se encuentra como interéster en la goma laca (ver I-2.)



II-2.- Especificaciones y métodos de control de las -  
materias primas utilizadas.

Acido clorhídrico, reactivo A.C.S.

Concentración 37 a 38 %.

Peso específico 1.19

Esta materia prima se provee en porrón de vidrio de -  
29 Kg. de capacidad.

Alcohol etílico desnaturalizado, form. 1.

Consiste de una solución de 19 lt. de alcohol metílico en cada 378.5 lt. de alcohol etílico anhidro.

Densidad a 15°C. 0.810

Viscosidad, Poises 0.014

Calor específico, Cal/g.°C. 0.612

Punto de inflamación, °C. 14

Este material puede proveerse en tambores de fierro -  
de 200 lt. ó por carro pipa.

Goma laca blanqueada.

En este proceso se podrá utilizar el grado regular ó  
el grado refinado.

Punto de reblandecimiento, °C. 75

Densidad. 1.028 a 1.207

Peso molecular. 964 a 1,100

Calor específico, Cal/°C.g. 0.35 a 0.76

Conductividad térmica mw/cm.°C. 2.42

Tiempo de polimerización. 30 a 120 min.

Tabla 2. Especificaciones para goma laca regular y --  
refinada.

	REGULAR	REFINADA
Insolubles en alcohol cal. % máx.	1.0	0.2
Humedad, % máx.	6.0	6.0
Cera, % máx.	5.5	0.2
Materia soluble en agua, % máx.	1.0	0.5
Indice de iodo, máx.	10.0	10.0
Cenizas, % máx.	1.0	0.5
Indice de acidez, máx.	75.0	75.0
Plomo, máx. en p.p.m.	1.5	1.5
Brea.	nada	nada
Oropimento ( $As_2O_3$ ).	nada	nada
Color	según muestra	

Esta resina se adquiere en bultos de 22.6 ó 45.3 Kg. de capacidad.

Precaución: en el manejo de la goma laca se procura tener el mínimo de esta materia prima en el almacén, debido a que tiende a oxidarse, transformándose después de 4 a 6 meses en material insoluble. Debiéndose almacenar en lugares frescos, secos y nunca expuestos a la luz directa del sol. El barniz deberá ser manejado en recipientes de acero inoxidable, cobre, ó recubiertos de vidrio ó de plástico.

Métodos de control de las materias primas utilizadas.

El ácido clorhídrico y el alcohol etílico - desnaturalizado, deberán ser sujetos a métodos analíticos aprobados por la " American Chemical Society "

Para el control de calidad de la goma laca los métodos para su muestreo y análisis se encontrarán en el " A.S.T.M. Standards ".

### II-3.- Métodos de control del curso de la reacción.

El control de esta esterificación se efectuó, mediante la determinación periódica del índice de acidez, dándonos éste una medida de la velocidad de desaparición de los radicales ácidos, conforme avanza la esterificación dentro de la mezcla reaccionante y por lo tanto indirectamente la cantidad de etil acetato formado.

Índice de acidez: Se determina tomando una cantidad de resina conocida, de 1 a 10 g. en un matraz erlenmeyer, se disuelve en alcohol neutro y se titula con solución valorada de un álcali, usando como indicador la fenolftaleína, hasta coloración rosa. Esto será igual al número de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para neutralizar los ácidos libres de un gramo de muestra.

Cálculos: Se tomaron muestras de un mililitro de mezcla reaccionante, con una concentración de 0.549 g. de resina.

$$\text{Índice de acidez} = \frac{N \times V \times 56.1}{P}$$

P

Donde:

- N: normalidad de la solución del álcali.
- V: mililitros gastados en la determinación.
- P: peso de la resina en la muestra.

La reacción se detendrá al obtenerse un índice de acidez de 48 a 50.

II-4.- Especificaciones, control de calidad y aplicaciones del producto terminado.

Los requerimientos de este barniz que se usa para mezclar en soluciones de lacas serán:

Sólidos	_____	54 % mín.
Solvente	_____	alcohol, fórm.l.
Peso específico	_____	1.019
Color, Gardner-Hellige	_____	10 a 11 máx.
Indice de acidez	_____	48 a 50
Composición de sólidos	_____	goma laca esterificada.

El control de calidad de este barniz, deberá estar sujeto a los métodos de análisis descritos en el " A.S.T.M."

Este etil shellacato es soluble prácticamente en todos los solventes y diluyentes de las lacas, aún en tolueno que no es solvente de la goma laca. Esta solubilidad esta en función directa con el grado de esterificación. En las lacas de nitrato de celulosa ó de otras muchas resinas sintéticas, como las polivinil-butiral se puede mezclar aún en composiciones pigmentadas con un alto porcentaje de sólidos. Usándolo en exceso con el ester de celulosa imparte un efecto plastificante en el suavizado de fibras.

Las películas formadas de una solución que

contenga cuatro partes en peso de etil shellacato y una parte de nitrato de celulosa, poseen muchas propiedades de las lacas comerciales. En lacas de nitrato de celulosa forma películas que horneadas a  $-120^{\circ}\text{C}$ . se vuelven insolubles en metil etil cetona, propiedad que se emplea en primarios anti-sangrantes al evitar la emigración de pigmentos localizados bajo la película del primario.

Este éster es un líquido muy viscoso, ligeramente obscuro, que se usa satisfactoriamente -- aún en lacas ligeramente coloreadas. La baja viscosidad de sus soluciones le permite mezclarse con soluciones del éster de celulosa de viscosidad elevada. En cantidades pequeñas es útil como agente humectante para la molienda de pigmentos, donde favorece la dispersión.

Se recomienda en formulaciones pesadas de solventes no polares donde tiene grán compatibilidad. Curvas de compatibilidad de partes iguales de éster de la goma laca, nitrato de celulosa y otra resina se encuentran en las gráficas 1 y 2. Donde se enumeran las siguientes curvas:

- 1.- resina alquídica, modificada con ácido graso, relativamente dura, no oxidante.
- 2.- resina alquídica modificada con ácido maleico-resina.
- 3.- resina alquídica, tipo oxidante, modificada -- con ácidos grasos.
- 4.- resina éster gum.
- 5.- resina alquídica modificada con fenol.

- 6.- resina alquídica del tipo semi-oxidante.
- 7.- resina del tipo urea-formaldehído.
- 8.- resina alquídica modificada con resina natural.
- 9.- resina alquídica saturada, modificada solo con ácidos grasos.

GRAP.1. Compatibilidad del etil alcoholato,  
el nitrato de celulosa y otras  
resinas.

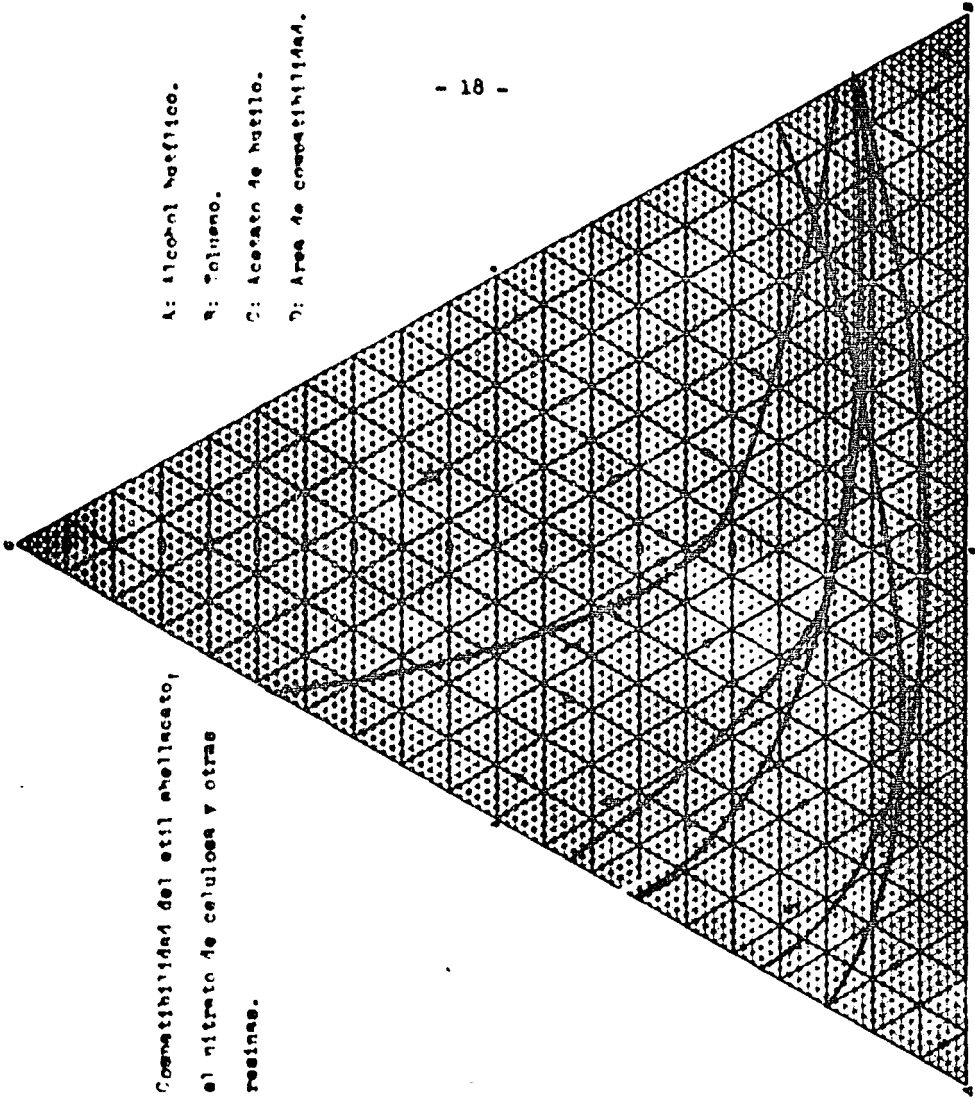
A: Alcohol metílico.

B: Tolueno.

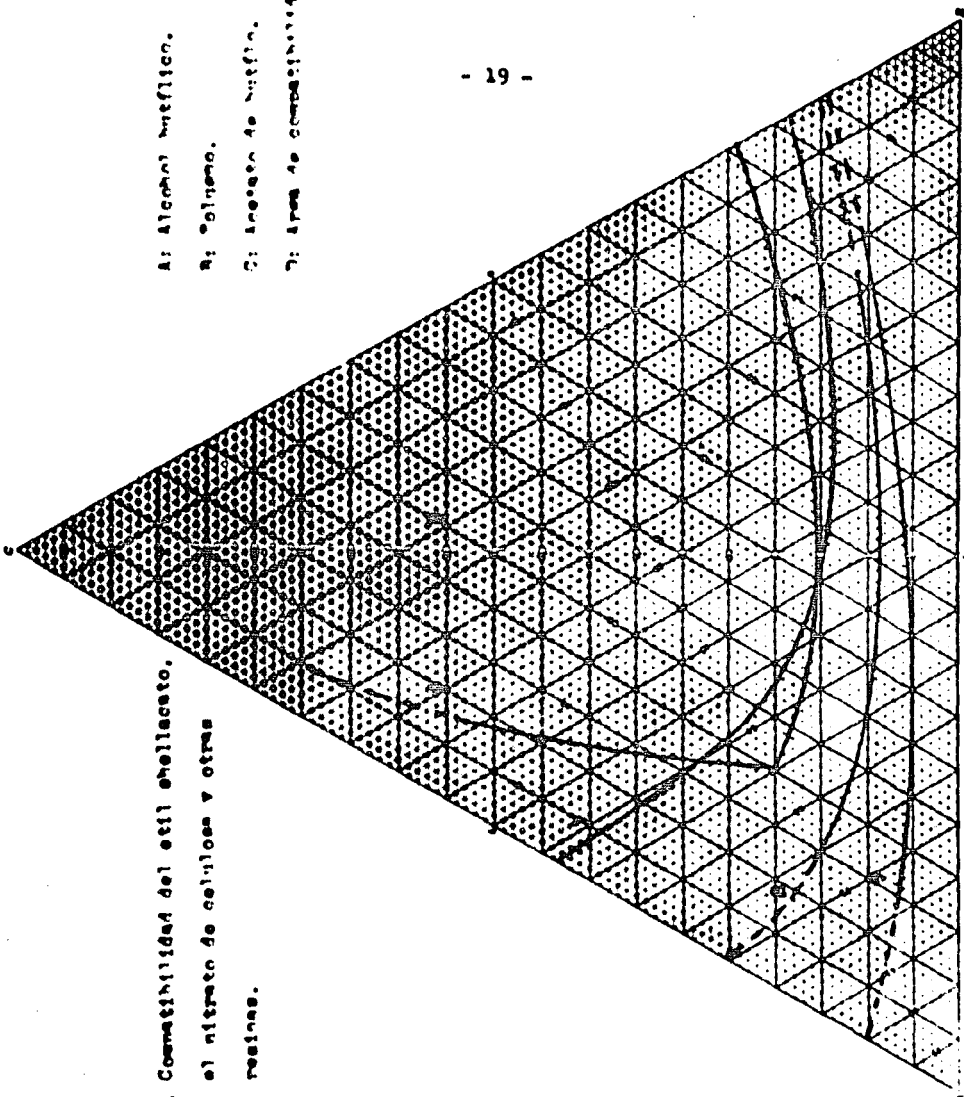
C: Acetato de nitrilo.

D: Area de compatibilidad.

- 18 -



GRAB.2. Comestibilidad del etil shalacato.  
al nitrato de celulosa y otras  
resinas.



- A: Alcohol metílico.
- B: Tolueno.
- C: Anilina de sulfón.
- D: Agua de condensación.



### III

#### Experimentación en el laboratorio.

##### III-1.- Descripción del aparato usado.

El producto obtenido en el laboratorio, es tuvo ; procesado con las normas de fabricación de la firma norteamericana Acme Shellacs Co.

##### MATERIAL.

Acido clorhídrico, Q.P..... 10 g.  
Etanol anhidro, form.l..... 2088 ml.  
Goma laca blanqueada..... 2000 g.

##### EQUIPO.

1).- Matraz de vidrio Pyrex, tipo reactor de 4,000 ml. de capacidad, con tapa biselada que se fija mediante presión ejercida por tres tornillos.

2).- Manta de calentamiento para matraz - tipo reactor, como el descrito en el párrafo anterior, con termostato para control de la temperatura, 125 Voltios 660 Waties.

3).- Agitador con motor de 1/80 de H.P. - con velocidad regulable mediante transformador. Varilla de 45 cm. de longitud con propela de 5 cm. de diametro.

4).- Refrigerante Allihn de 50 cm.

5).- Termómetros de -10 a 110 °C.

##### PROCEDIMIENTO.

En un matraz erlenmeyer de 4,000 ml., con tapón de hule colocaron 2,088 ml. (1702 g.) de etanol. Se adicionó agitando 10 g. de ácido clorhídri-

co equivalentes al 0.5 % en peso de la cantidad de goma laca usada, se tomó aproximadamente la mitad - de esta solución y se pasó al matraz de reacción, a gregando también los 2,000 g. de goma laca. Obtien dose una solución homogénea después de cuatro horas aproximadamente, debiéndose agitar mientras tanto - periódicamente. Enseguida agregar el resto del alco hol, con lo que se obtuvo un total de 3,890 ml. de mezcla reaccionante. Se tapó el matraz y se empezó a calentar. En la boca central del matraz se acopló el agitador y en las bocas laterales se colocaron - dos termómetros: uno que registró la temperatura de la mezcla y el otro la temperatura de los vapores. En la cuarta boca se colocó el refrigerante.

Se hizo funcionar el agitador, regulando su velocidad a 50 r.p.m. Al mismo tiempo se ajustó el termostato de la manta de calentamiento, hasta - obtener una temperatura en la mezcla reaccionante - de  $60 \pm 3$  °C. Enseguida se empezó a contar el tiem po de reacción, el que por tener el carácter de ex perimentación llegó a ser de 60 hrs. El etil shella cato obtenido se dejó sedimentar y se envasó.

Durante el transcurso de la esterificación se extrajeron muestras periódicamente, para determi nar además del índice de acidez, el color de este - barníz usando para esto, el comparador Gardner-Helli ge.

III-2.- Datos obtenidos.

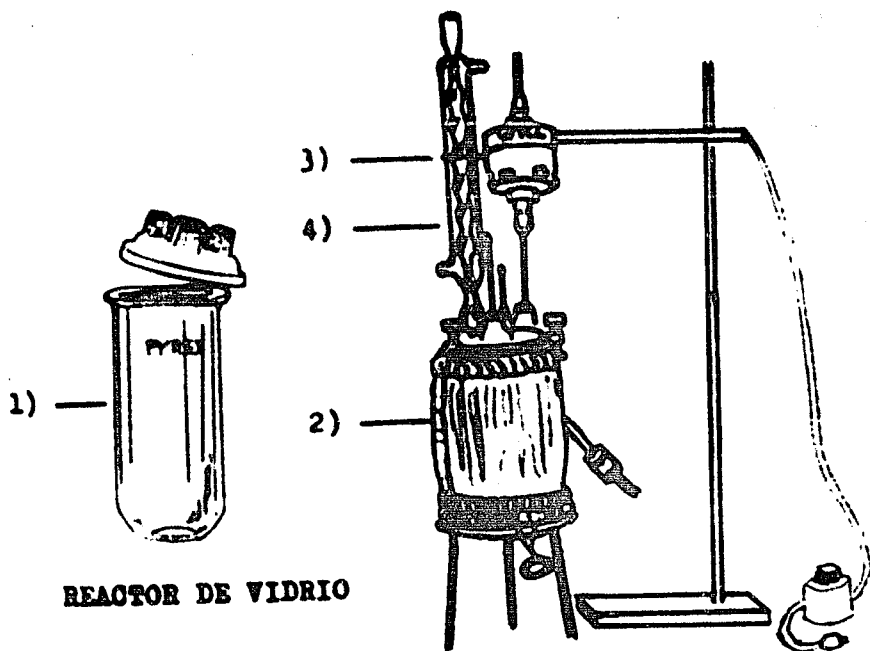
Durante la experimentación se observó lo.

siguiente:

- 1).- El índice de acidez requerido para este éster se obtuvo a las 32 hrs. de reacción.
- 2).- Los reactivos estuvieron en solución homogénea durante toda la esterificación.
- 3).- La concentración de goma laca (sólidos) en el etil anhellacato fué de 0.5144 g/ml.
- 4).- El etil anhellacato no es sensible al efecto de una agitación excesiva.
- 5).- Se obtuvo una agitación eficiente — aún a 50 r.p.m.
- 6).- No hubo formación de espuma, ni de — reflujo prácticamente en este proceso.
- 7).- Esta esterificación no requiere de — atmósfera de gas inerte.
- 8).- Se debe evitar dejar secar la pelí— cula remanente de etil anhellacato en las paredes — del reactor, después de vaciar este.

Los resultados de esta experiencia se encuentran en la tabla No.2.

APARATO USADO EN EL LABORATORIO



REACTOR DE VIDRIO

FIG. 1.

TABLA No. 2 .

Tiempo de reacc. en hrs.	Temperatura mezcla reacc.	Color	Temperatura de los vapores. °C.	Temperatura del agua del condensador	ml. de KOH (0.1 N)	Índice de ácidos.
0	60	9	49	18	7.40	75.6
1	62	9	51	18	6.95	71.0
2	59	9	49	19	6.55	66.9
3	58.5	9	49	19	6.15	63.6
4	58	10	48	19	5.05	60.8
6	60	10	50	19	5.05	59.2
8	59	10	49	19	5.60	57.2
10	59	10	49	19	5.42	55.3
15	59	10	48	19	5.20	53.1
20	59	10	49	19	5.07	51.8
25	61	10	52	19	5.05	51.6
30	59	10	49	18	4.80	49.0
35	59	10	49	18	4.70	48.0
40	59	10	49	18	4.57	46.7
45	60	11	50	18	4.52	46.1
50	60	11	49	18	4.40	44.9
55	59	11	48	18	4.27	43.6
60	59	11	48	18	4.15	42.4

IV

Cálculo de la cinética de la reacción.

IV-1.- Orden de reacción y cálculo de las constantes de velocidad de reacción.

La gráfica de logaritmo de la concentración de la acidez libre de la resina contra el tiempo, gráfica No. 3. durante el desarrollo de la esterificación de acuerdo a los datos obtenidos experimentalmente, demuestran la existencia de dos reacciones consecutivas de 1er. Orden, correspondientes a las rectas A y D.

Conforme a la siguiente reacción:



Donde:

A: Goma laca sin esterificar.

B: Producto intermedio.

D: Goma laca esterificada.

$k_1$ : Cte. de velocidad de reacción en el primer paso de la esterificación.

$k_2$ : Cte. de velocidad de reacción en el segundo y último paso de la esterificación.

De la observación de las pendientes de las rectas A y D, de la gráfica No. 3 se encuentra que la constante  $k_1$  es mayor que  $k_2$ , siendo éste un

proceso isotérmico, la temperatura no hará variar el valor de éstas. La determinación de ambas se efectuará a partir de los datos experimentales, los que deberán correlacionarse, usando para ello el método de mínimos cuadrados en el que:

La ecuación de la recta de mínimos cuadrados es:

$$Y_{\text{calculada}} = b \cdot X + a \dots\dots (1)$$

Con las constantes:

$$b = \frac{X \cdot Y - \frac{\sum X \cdot \sum Y}{n}}{X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}} \dots\dots (2)$$

$$a = \bar{Y} - b \cdot \bar{X} \dots\dots (3)$$

Siendo:

X : Tiempos observados en hrs.

Y : Log. de la concentración de los radicales ácidos en ml. KOH (0.1 N)  
ml. de resina

n : Número de observaciones.

$\bar{Y}$  : Promedio aritmético de Y.

$\bar{X}$  : Promedio aritmético de X.

De los datos experimentales, se tienen los siguientes valores de Y.

TABLA No.3

X	C	Y
Tiempo en hrs.	<u>ml. de KOH (0.1 N)</u>	
	ml. de resina	
	7.40	0.86923

TABLA No.3 (Continuación.)

X	C	Y
1	6.95	0.84198
2	6.55	0.81624
3	6.15	0.78888
4	5.95	0.77452
6	5.80	0.76343
8	5.60	0.74819
10	5.42	0.73400
15	5.20	0.71600
20	5.07	0.70501
25	5.05	0.70329
30	4.80	0.68124
35	4.70	0.67210
40	4.57	0.65992
45	4.52	0.65514
50	4.40	0.64345
55	4.27	0.63043
60	4.15	0.61805

Para la primera reacción, recta A de -  
la gráfica No.3 tenemos:

TABLA No.4

X	Y	X <sup>2</sup>	X.Y	Y <sup>2</sup>
0	0.86923	0	0	0.75556
1	0.84198	1	0.84198	0.70893
2	0.81624	4	1.63248	0.66624
3	0.78888	9	2.36664	0.62233



TABLA No.4 (Continuación.)

		$X^2$	$X \cdot Y$	$Y^2$
4	0.77452	16	3.09808	0.59988
6	0.76343	36	4.58058	0.58282
<hr/>				
$\Sigma$ 16	$\Sigma$ 4.85428	$\Sigma$ 66	$\Sigma$ 12.51976	$\Sigma$ 3.93576

$$n = 6$$

$$(\Sigma X)^2 = 256$$

$$(\Sigma Y)^2 = 23.56403$$

$$\Sigma X \cdot Y = 77.66848$$

$$\bar{X} = 2.66666$$

$$\bar{Y} = 0.80904$$

$$b = \frac{12.51976 - \frac{77.66848}{6}}{66 - \frac{256}{6}} = -1.82134 \times 10^{-2}$$

$$a = 0.80904 + 0.04857 = 0.85761$$

$$Y_{\text{calc}} = -0.01821 X + 0.85761$$

Siendo:

$$(2.303)(b) = k_1$$

$$k_1 = -4.19 \times 10^{-2} \text{ 1/año.}$$

Sabiendo que:

$$C_{\text{calc.}} = \text{antilog. de } Y_{\text{calc.}} \dots \dots (4)$$

TABLA No.4 (Continuación.)

		X <sup>2</sup>	X.Y	Y <sup>2</sup>
4	0.77452	16	3.09808	0.59988
6	0.76343	36	4.58058	0.58282
<u>Σ</u> 16	<u>Σ</u> 4.85428	<u>Σ</u> 66	<u>Σ</u> 12.51976	<u>Σ</u> 3.93576

n = 6

(Σ.X)<sup>2</sup> = 256

(Σ.Y)<sup>2</sup> = 23.56403

Σ.X.Y = 77.66848

X̄ = 2.66666

Ȳ = 0.80904

$$b = \frac{12.51976 - \frac{77.66848^2}{6}}{66 - \frac{256}{6}} = - 1.82134 \times 10^{-2}$$

a = 0.80904 + 0.04857 = 0.85761

Y<sub>calo</sub> = - 0.01821 X + 0.85761

Siendo:

(2.303)(b) = k<sub>1</sub>                      k<sub>1</sub> = - 4.19 x 10<sup>-2</sup> 1/hr.

Sabiendo que:

C<sub>calo.</sub> = antilog. de Y<sub>calo.</sub> ..... (4)

TABLA No.5.

X	$Y_{\text{calc.}}$	$C_{\text{calc.}}$
0	0.85761	7.20
1	0.83940	6.91
2	0.82119	6.62
3	0.80298	6.35
4	0.78477	6.09
6	0.74835	5.60

Estos puntos correlacionados forman la -  
recta A, de la gráfica No.4.

Haciendo el mismo cálculo para determinar  
la constante de velocidad  $k_2$  tenemos:

TABLA No.6.

X	Y	$X^2$	X.Y	$Y^2$
15	0.71600	225	10.74000	0.51265
20	0.70501	400	14.10020	0.49704
25	0.70329	625	17.58225	0.49461
30	0.68124	900	20.43720	0.46408
35	0.67210	1225	23.52350	0.45171
40	0.65992	1600	26.39680	0.43549
45	0.65514	2025	29.48130	0.42920
50	0.64345	2500	32.17250	0.41402
55	0.63043	3025	34.67365	0.39744
60	0.61805	3600	37.08300	0.38198
$\Sigma: 375$	$\Sigma: 6.68463$	$\Sigma: 16125$	$\Sigma: 246.19040$	$\Sigma: 4.47822$

$$n = 10$$

$$(\sum X)^2 = 140625$$

$$(\sum Y)^2 = 44.68427$$

$$\sum X \cdot \sum Y = 2506.73625$$

$$\bar{X} = 37.5$$

$$\bar{Y} = 0.66846$$

Aplicando la ecuación (2) ; para determinar  $k_2$

$$(2.303)(b) = k$$

$$b = \frac{246.19040 - 250.67362}{16125 - 14062.5} = -2.17 \times 10^{-3}$$

$$k_2 = (-2.17 \times 10^{-3})(2.303) = 4.99 \times 10^{-3}$$

$$a = 0.66846 + 0.08137 = 0.74983$$

$$Y_{\text{calc}} = -0.00217 X + 0.74983$$

De acuerdo con las ecuaciones (1) y (4) -

tenemos:

TABLA No.7

X	$Y_{\text{calc.}}$	$C_{\text{calc.}}$
15	0.71728	5.13
20	0.70643	5.08
25	0.69558	4.96
30	0.68473	4.83
35	0.67388	4.73
40	0.66303	4.60
45	0.65218	4.49

TABLA No.7 (Continuación).

X	Y <sub>calc.</sub>	C <sub>calc.</sub>
50	0.64133	4.38
55	0.63048	4.27
60	0.61963	4.16

De estos puntos correlacionados se formó la recta D, de la gráfica No.4.

IV-2.- Cálculo de los porcentajes de C<sub>A</sub>, C<sub>B</sub> y C<sub>D</sub> en el curso de la esterificación.

La concentración inicial del producto intermedio C<sub>B<sub>0</sub></sub> se puede calcular sabiendo que para -- reacciones de 1er. Orden:

$$\log. C_t = k.t + \log. C_0 \dots\dots (5)$$

Donde:

C<sub>t</sub> = Concentración de una de las sustancias del sistema.

k = Cte. de velocidad de reacción

C<sub>0</sub> = Concentración inicial de la sustancia.

Para el caso del producto intermedio, la concentración inicial será:

$$C_{B_0} = \text{antilog.} [(\log. C_{B_t}) - (k_2.t)] \dots (6)$$

Sustituyendo para un tiempo de reacción cualquiera, en la ecuación (6), por ejemplo 15 hrs. Tomando los valores correlacionados se tiene:

$$C_{B_0} = \text{antilog.} [(\log.5.13) - (-2.17 \times 10^{-3} \times 15)]$$

$$C_{B_0} = \text{antilog. } 0.74983 = 5.62$$

Generalizando la ecuación (6) para determinar valores de concentraciones del producto intermedio B se tiene:

$$C_{B_t} = \text{antilog. } [(\log. C_{B_0}) + k_2 t] \dots (7)$$

Y para el caso del reactivo inicial A :

$$C_{A_t} = (\text{ácidos total en un tiempo } t) - C_{B_t} \dots (8)$$

Hasta aquí ya se tiene  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $C_{A_0}$ ,  $C_{B_0}$ ,  $C_{A_t}$  y  $C_{B_t}$ . Pudiendo calcular la concentración de la resina esterificada  $C_{D_t}$  con la siguiente expresión:

$$C_{D_t} = C_{B_0} - C_{B_t} \dots (9)$$

De acuerdo a la anterior se calculará — los siguientes porcentajes:

$$\% C_A = \frac{C_A}{C_A + C_B + C_D} \dots (10)$$

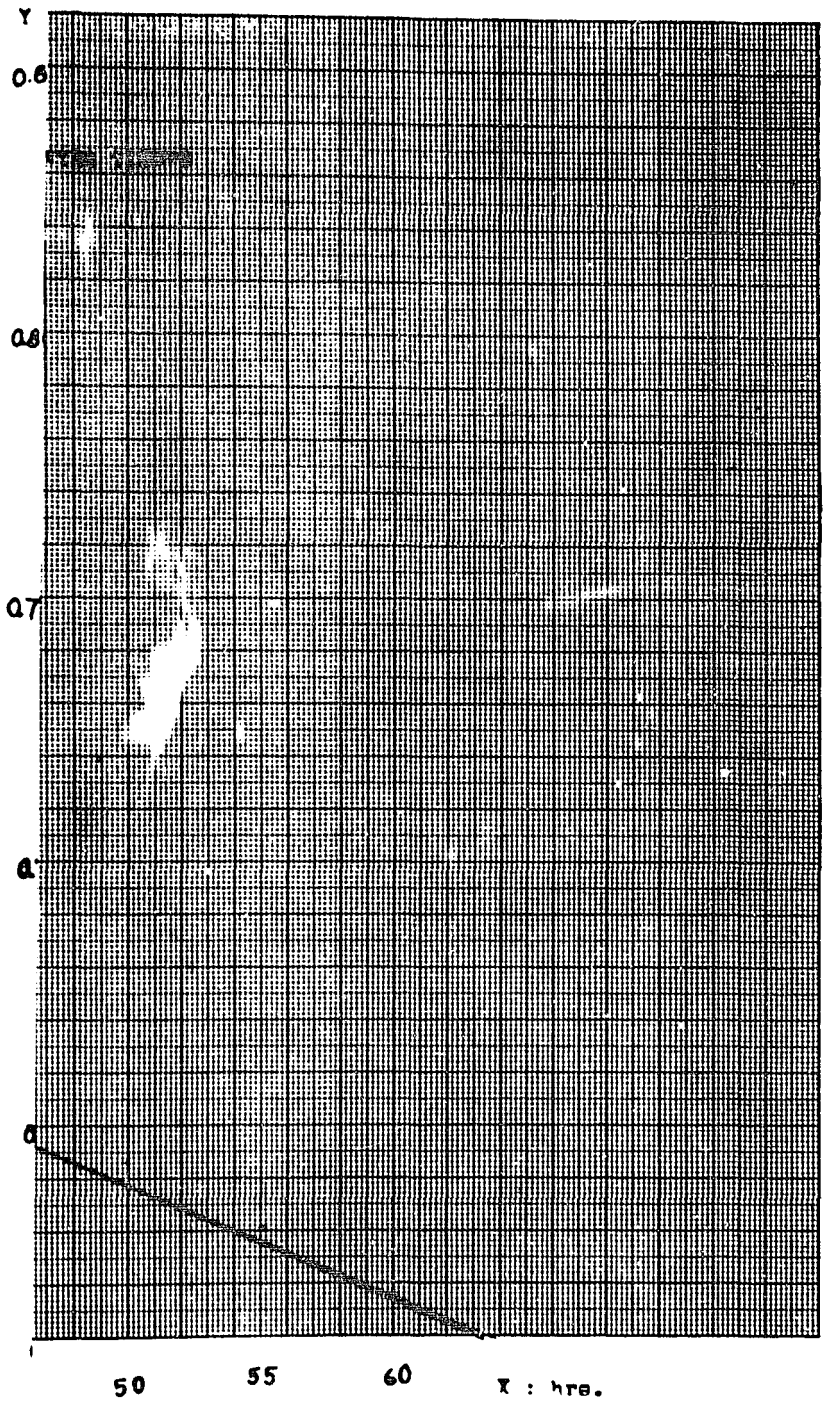
$$\% C_B = \frac{C_B}{C_A + C_B + C_D} \dots (11)$$

$$\% C_D = \frac{C_D}{C_A + C_B + C_D} \dots (12)$$

Aplicando valores a las expresiones anteriores se obtuvo la siguiente tabla:

TABLA No. 8.

X	2.17xt	log. $C_{B_t}$	$C_{B_t}$	$C_{A_t}$	$C_{D_t}$	C	$\% C_A$	$\% C_R$	$\% C_D$
0	0	0.74983	5.62	1.58	0	7.20	21.94	78	0
1	0.00217	0.74766	5.59	1.32	0.03	6.94	19.02	80.54	0.43
2	0.00434	0.74549	5.57	1.05	0.05	6.67	15.74	83.50	0.74
3	0.00651	0.74332	5.54	0.81	0.08	6.43	12.59	86.15	1.24
4	0.00868	0.74115	5.51	0.58	0.11	6.20	9.35	88.87	1.77
6	0.01302	0.73621	5.46	0.14	0.16	5.76	2.43	94.70	2.77
10	0.02170	0.72813	5.35	-	0.27	5.62	-	95.2	4.80
15	0.03255	0.71728	5.22	-	0.40	5.62	-	92.88	7.11
20	0.04340	0.70643	5.09	-	0.53	5.62	-	90.56	9.43
25	0.05425	0.69558	4.96	-	0.66	5.62	-	88.25	11.74
30	0.06510	0.68473	4.84	-	0.78	5.62	-	86.12	13.87
35	0.07595	0.67388	4.72	-	0.90	5.62	-	83.98	16.01
40	0.08680	0.66303	4.60	-	1.02	5.62	-	81.85	18.14
45	0.09765	0.65218	4.49	-	1.13	5.62	-	79.89	20.10
50	0.10850	0.64133	4.38	-	1.24	5.62	-	77.93	22.06
55	0.11935	0.63048	4.27	-	1.35	5.62	-	75.97	24.02
60	0.13020	0.61963	4.17	-	1.45	5.62	-	74.19	25.80



50

55

60

X : hrs.



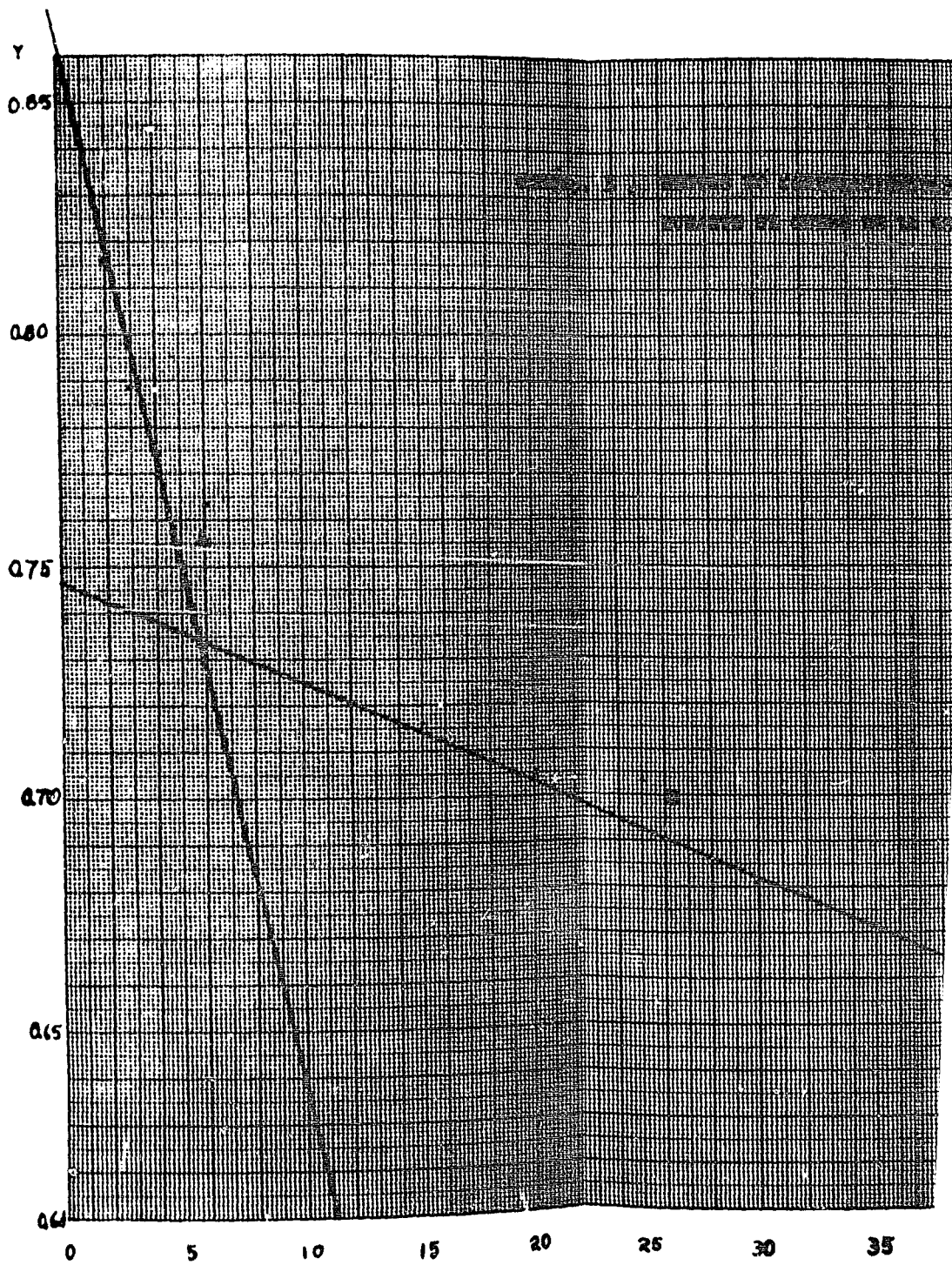
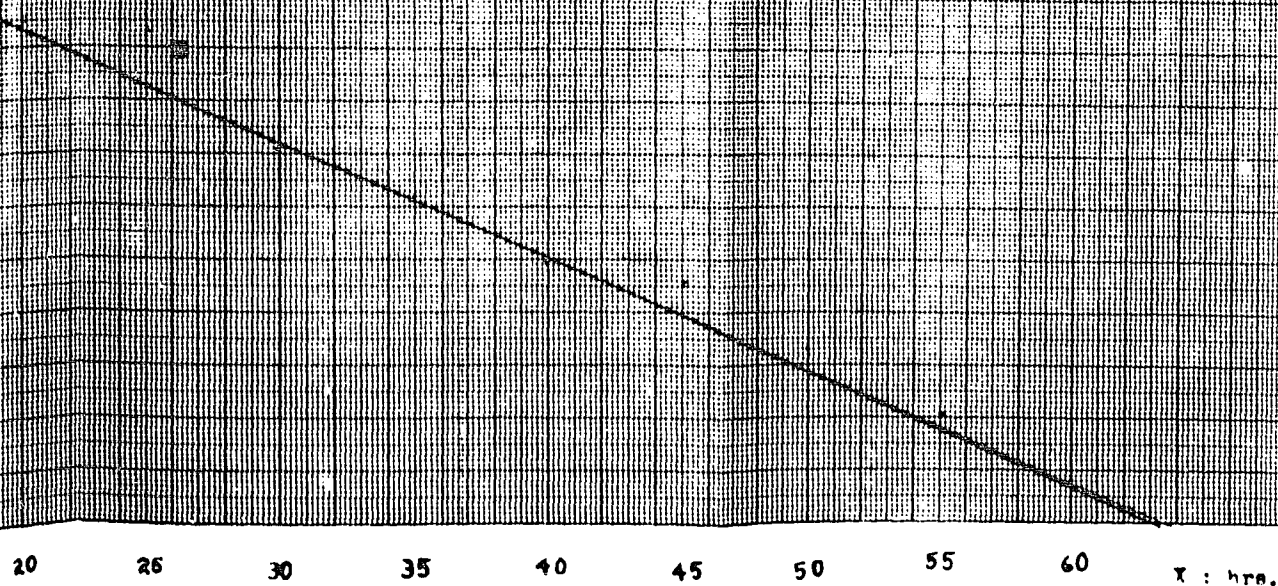


Fig. 5. Gráfico de correlación de la acción contra tiempo durante el proceso de la esterilización.



Y

CAIC.

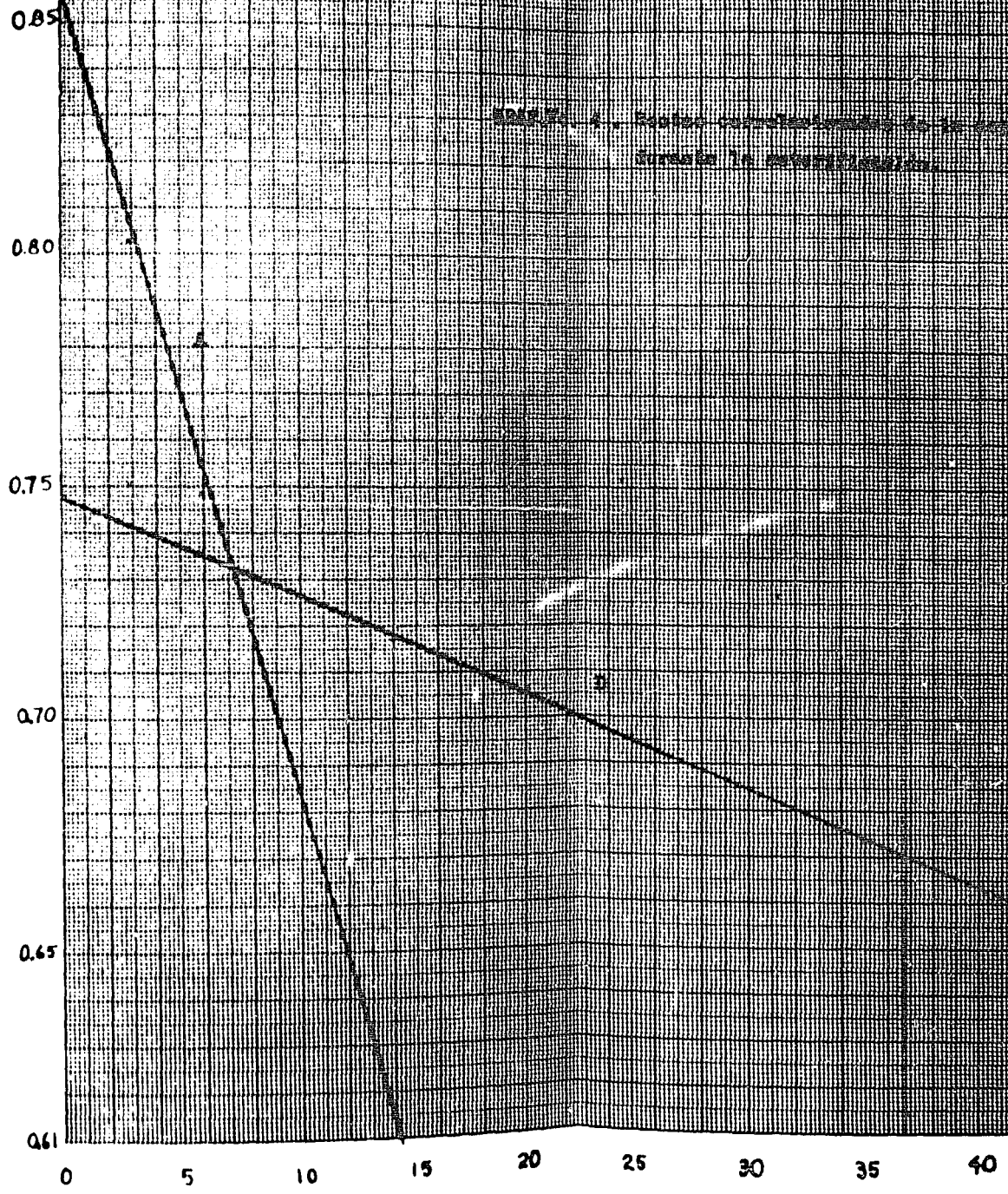
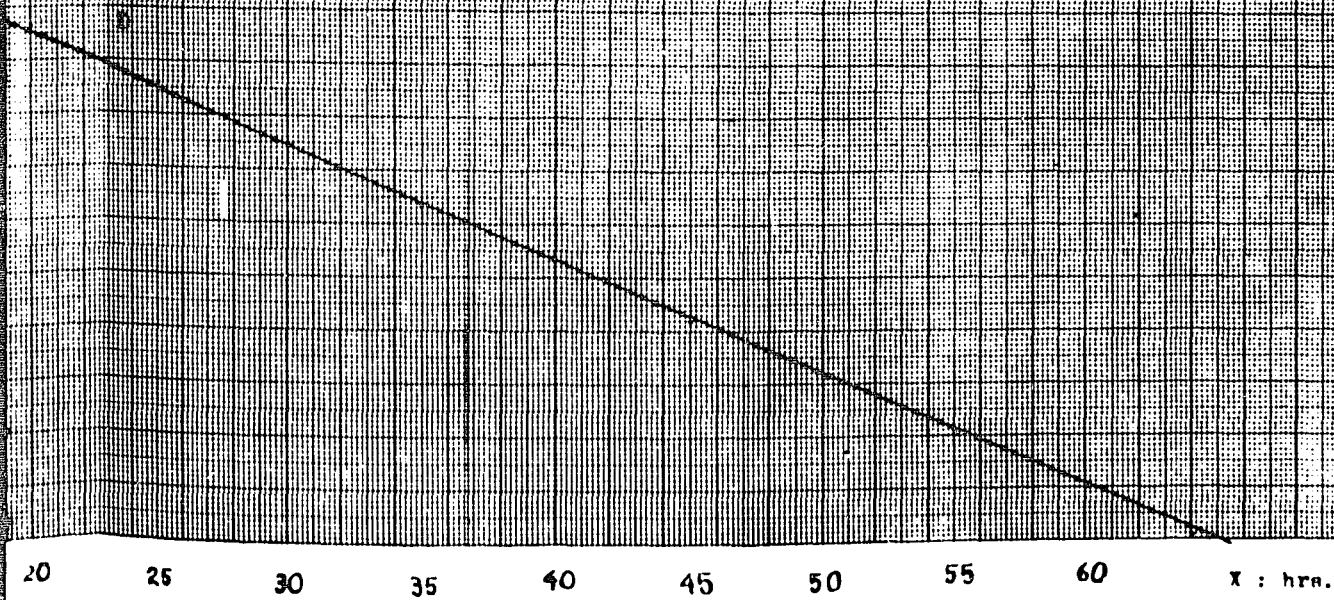
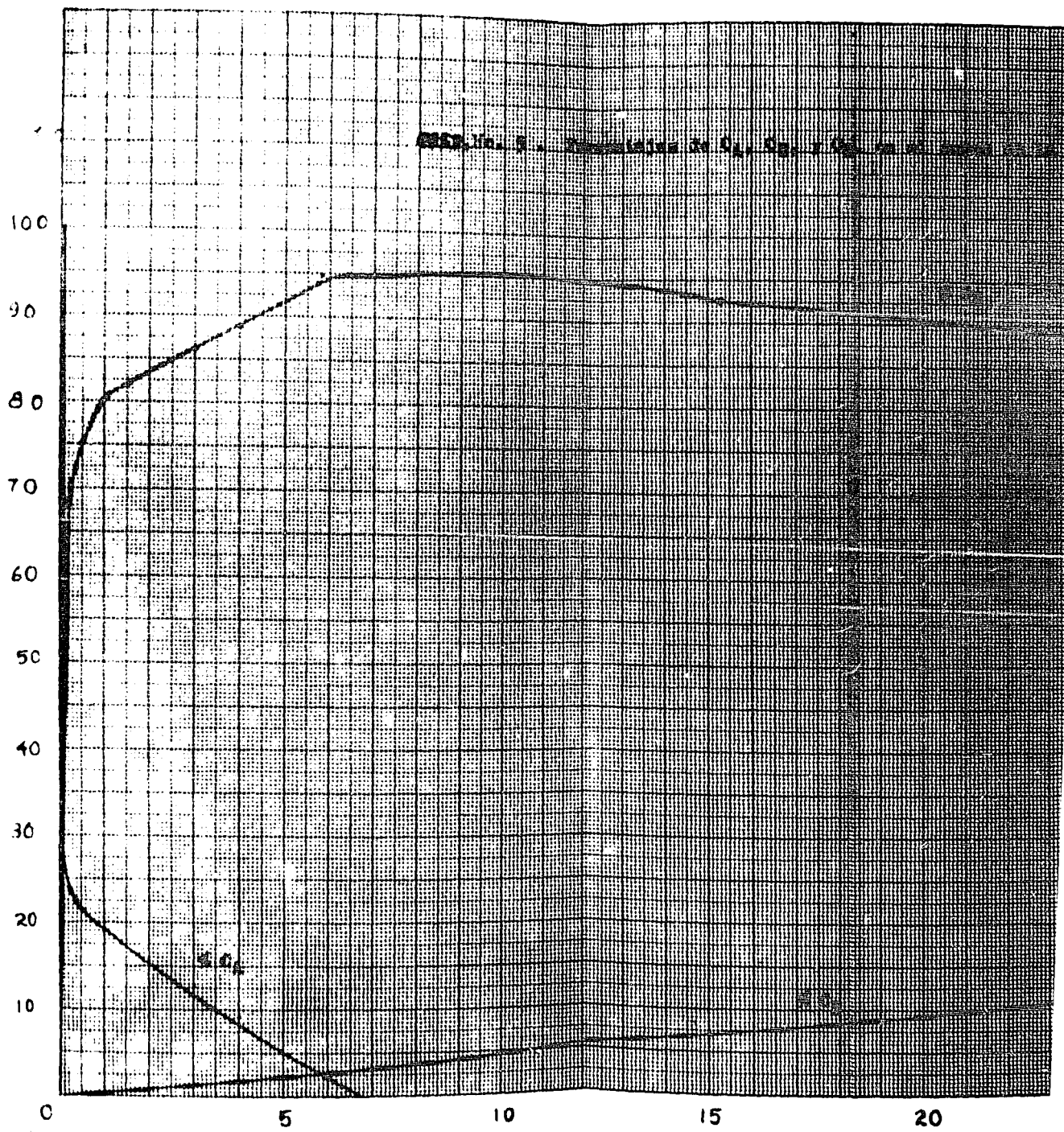


Figure 1. Slope correlation of ...  
Slope in ...

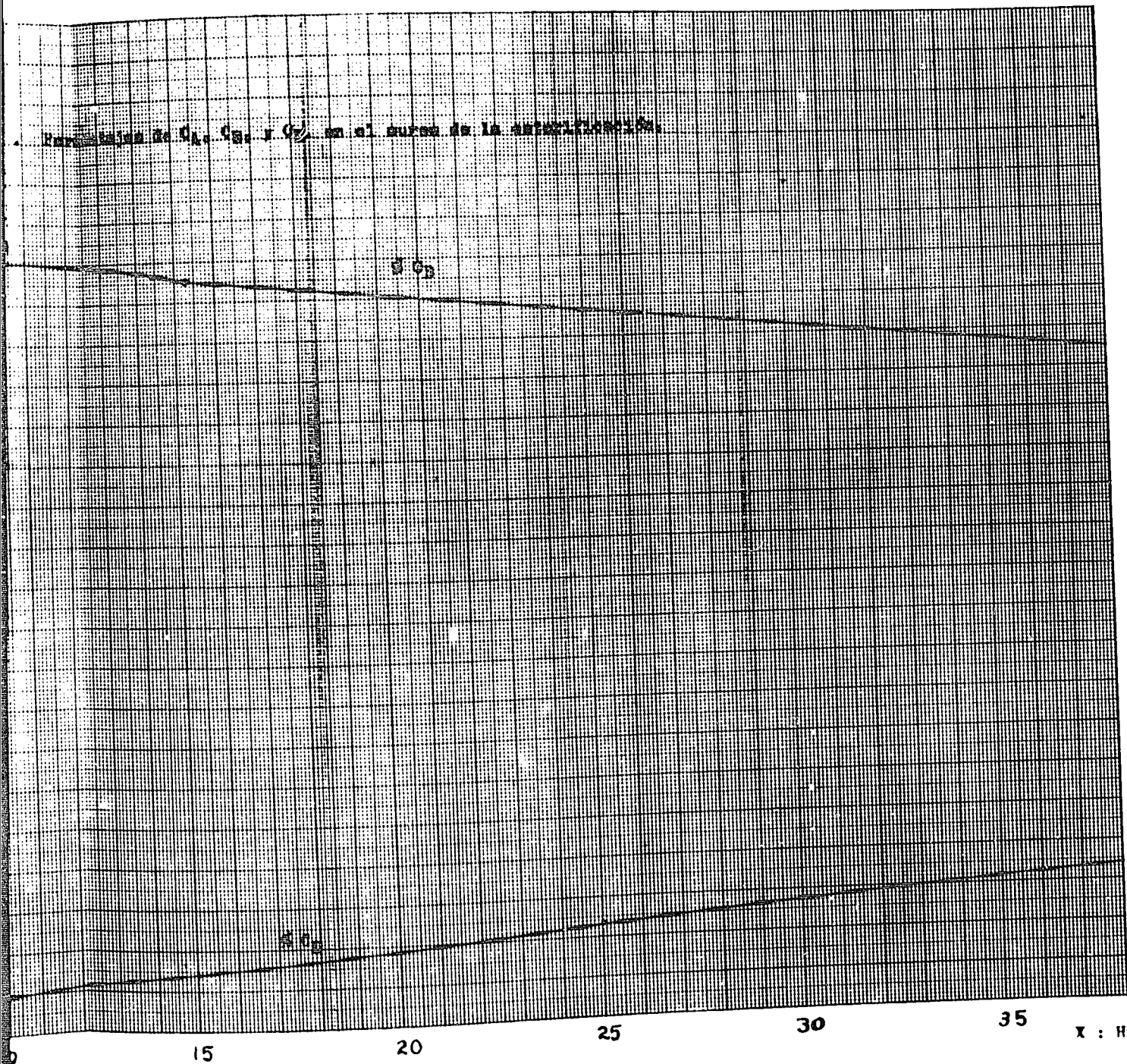


Fig. No. 4. Gráfico correlacionado de la acidez contra el tiempo durante la esterilización.





Variedades de  $C_A$ ,  $C_B$ , y  $C_C$  en el curso de la esterilización.



## DISEÑO Y CALCULO DEL EQUIPO

### V-1.- Discusión del proceso.

La industria de pinturas demanda en la actualidad productos de calidad uniforme. Debido a esto el el equipo y la fuente de calor será la más apropiada para que el éster de la goma laca a producir, se encuentre bajo las especificaciones requeridas.

En la fabricación de este etil shellacato deberá evitarse el uso de aluminio ó fierro, como material de construcción del equipo. El que deberá ser de acero inoxidable, cobre ó plástico. Esto evitará que el producto pierda algunas propiedades, principalmente su solubilidad, color, etc.

Se consideró un proceso de tipo intermitente, en un reactor isotérmico, enchaquetado y con agitación, de tipo atmosférico y con control automático de temperatura. Como medio de calentamiento se usó agua caliente debido a que la temperatura de reacción es inferior a 100 °C. y ofrece un control más exacto de la temperatura en la mezcla reaccionante.

El sistema de agitación escogido fué el de turbina ya que evita la estratificación y es superior que el de helice para este caso en que se maneja un líquido de baja viscosidad, en proceso intermitente y con poca carga. El material de construcción del reactor fué acero inoxidable tipo 316 ya que su contenido de 2 a 3 % de Molibdeno lo hace es

pecialmente resistente a los ácidos grasos.

El sistema de medición y control automático de temperatura constará de: el elemento que medirá la temperatura, basado en la dilatación del mercurio dentro de un capilar metálico que se colocará en el termoposo del reactor. Un registrador que será accionado por el elemento de medida, el que a su vez accionará una válvula magnética que controlará el flujo de agua caliente dentro de la chaqueta del reactor a fin de mantener constante la temperatura de la mezcla reaccionante.

Se debe entender que tanto el diseño como el cálculo del equipo que a continuación detallo, es una tentativa de sugerencia para cuando haya necesidad de montar una planta de esta naturaleza por lo que no se deberán tomar como definitivas las medidas del equipo resultante.



V-2.- Cálculo y diseño del equipo.

REACTOR

Capacidad:

Se diseñará un reactor para procesar ---  
1892 lt. por corrida, de acuerdo al consumo poten-  
cial en el país para el etil shellacato.

Conforme a la experimentación (ver Cap. -  
III) la mezcla reaccionante deberá componerse en ca-  
da corrida de:

$$\text{Goma laca} = \frac{2.000 \text{ Kg.}}{3.890 \text{ lt.}} \times 1892 \text{ lt.} = 972.7 \text{ kg.}$$

$$\text{Etanol anhidro} = \frac{2.088 \text{ lt.}}{3.890 \text{ lt.}} \times 1892 \text{ lt.} = 1015.5 \text{ lt.}$$

$$\text{Acido clorhídrico Q.P.} = \frac{0.010 \text{ kg.}}{3.890 \text{ lt.}} \times 1892 \text{ lt.} = 4.8 \text{ kg.}$$

Suponiendo una eficiencia para este tipo de proceso de  
90%; de acuerdo a datos prácticos encontrados para pro-  
cesos similares en la literatura técnica, tendremos:

$$1,892 \text{ lt} \times 0.90 = 1,702.8 \text{ lt.}$$

En los siguientes cálculos se usará el --  
sistema Inglés de Unidades.

CALCULO TERMICO

Calor sensible que demanda el barniz.

Se consideró que el barniz elevará su temperatura a 140°F. en tres horas.

$$Q_1 = m_1 \cdot C_{p1} \cdot \Delta t_1 / \Theta$$

Conociendo que :

$$\rho_v = \text{densidad del barniz} = 1.019$$

$$m_1 = 1892 \text{ lt} \times 1.019 = 1928 \text{ kg.}$$

$$= 1928 \text{ kg} \times 2.205 = 4251 \text{ lb.}$$

$$C_{p1} = 0.55 \text{ a } 140^\circ\text{F.}$$

$$\Delta t_1 = 80^\circ\text{F.}$$

$$\Theta = 3 \text{ hrs.}$$

$$Q_1 = 4251 \times 0.55 \times 80 / 3$$

$$Q_1 = 62348 \text{ Btu/hr.}$$

Calor necesario para calentar el reactor.

Se consideró que el reactor elevará su temperatura a 140 °F. en tres horas.

$$Q_2 = m_2 \cdot C_{p2} \cdot \Delta t_2 / \Theta$$

El peso aproximado de un reactor enchaquetado, tipo normal, de 500 gln. de capacidad es de 3225 lb, sin sistema de agitación. Conforme Código A.S.M.E, 1965.

$$m_2 = 3225 + 161 (5 \% \text{ fact. seguridad}) = 3386 \text{ lb.}$$

$$C_{p2} = 0.12 \text{ para acero inoxidable tipo 316.}$$

$$\Delta t_2 = (140 - 60) = 80 \text{ } ^\circ\text{F.}$$

$$Q_2 = 3386 \times 0.12 \times 80 / 3$$

$$Q_2 = 10835 \text{ Btu/hr.}$$

Calor de reacción.

Experimentalmente se estimó el calor de reacción como ligeramente endotérmico, no habiendo datos sobre éste en la literatura técnica se podrá tomar como 20 % de  $Q_1$ .

$$Q_3 = 62348 \times 0.20 = 12469 \text{ Btu/hr.}$$

Cantidad total de calor.

$$Q_1 = 62348 \text{ Btu/hr.}$$

$$Q_2 = 10835 \quad " \quad .$$

$$Q_3 = \underline{12469} \quad " \quad .$$

$$Q_T = 85652 \text{ Btu/hr.}$$

Volumen de agua de calentamiento requerido.

$$m_A = \frac{Q_T}{C_{P_A} \cdot \Delta t_A \cdot \Theta} = \text{masa de agua.}$$

$$C_{P_A} = 1.0 \text{ Btu/lb. } ^\circ\text{F.}$$

$$\Delta t_A = (194-158) = 36 \text{ } ^\circ\text{F.}$$

$$Q_T = 85652 \text{ Btu/hr.}$$

$$\Theta = 3 \text{ hrs.}$$

$$m_A = \frac{85652}{0.1 \times 36 \times 3}$$

$$m_A = 7930 \text{ lb/hr.}$$

Volumen de agua requerido  $V_A$ .

$$V_A = \frac{7930}{62.4} = 127 \text{ pies}^3/\text{hr.}$$

Area de transmisión necesaria.

De la ecuación para transmisión de calor de Fourier:

$$A = \frac{Q_T}{U \times \Delta_t}$$

Siendo :

$$Q_T = 85652$$

$$\Delta_t = \text{LMTD}$$

Temperatura inicial del barniz = 60 °F.

Temperatura final del barniz = 140 °F.

Temperatura del agua de calentamiento a la entrada  
= 194 °F.

Temperatura del agua de calentamiento a la salida =  
176 °F.

$$\text{LMTD} = \frac{(176-60) - (194-140)}{2.3 \times \log \frac{(176-60)}{(194-140)}} = \frac{62}{2.3 \times \log \frac{116}{54}}$$

$$\text{LMTD} = 81.2 \text{ °F.}$$

Cálculo del coeficiente total de transmisión de calor U.

$$U = \frac{h_j \cdot h_{oi}}{h_j + h_{oi}}$$

Tomando el número de Reynolds modificado para recipientes mecánicamente agitados, según Chilton, Drew y Jebens.

$$Re_j = \frac{L^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu}$$

Donde:

$$N = \text{r.p.h. del agitador} = 65 \text{ r.p.m.} \times 60 = 3900 \text{ r.p.h.}$$

$$L = \text{diámetro del impulsor} = 14 \text{ pulg.} / 12 = 1.1 \text{ pies.}$$

$$\rho = \text{densidad del barniz} = 1.019 \times 62.4 = 63.5 \text{ lb/pie}^3.$$

$$\mu = \text{viscosidad del barniz} = 77 \text{ cps} \times 2.42 = 186.3 \text{ lb/pie.hr.}$$

Aplicando tenemos :

$$Re_j = \frac{(1.1)^2 \times 3900 \times 63.5}{186.3}$$

$$Re_j = 1608.4$$

En la fig. 20.2 del Process Heat Transfer. para este  $Re_j$  se tiene un valor de  $J = 50$ .

De la ecuación 20.1 de la mencionada referencia:

$$h_j = J \cdot \frac{k}{D_j} \cdot \left(\frac{\rho \mu}{k}\right)^{1/3} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0.14}$$

Siendo :

$$k = \text{conductividad térmica} = 0.209 \text{ Btu/} \\ \text{/(hr)(pie}^2\text{)(}^\circ\text{F/pie)}$$

$D_j$  = diametro interior del reactor =  
= 58 pulg./12 = 4.83 pies.

$$\left(\frac{D_j}{D_j}\right)^{0.14} = (1.48)^{0.14} = 1.05$$

$c$  = calor específico = 0.875 Btu/lb.<sup>o</sup>F a una temperatura de 140 <sup>o</sup>F.

Sustituyendo se tiene :

$$h_j = 50 \times \frac{0.209}{4.83} \times \left(\frac{0.875 \times 186.3}{0.209}\right)^{1/3} \times 1.05$$

$$h_j = 19 \text{ Btu/hr}$$

El coeficiente de película del lado de la chaqueta, referido al interior para agua como medio de calentamiento de líquidos orgánicos ligeros en reactores enchaquetados se puede considerar como:

$$h_{o1} = 225$$

El coeficiente total de transmisión de calor será:

$$U = \frac{h_j \cdot h_{o1}}{h_j + h_{o1}} = \frac{225 \times 19}{225 + 19}$$

$$U = 17.5$$

Sustituyendo en la ecuación de Fourier; para conocer el area de transmisión de calor necesaria :

$$A = \frac{85652}{17.5 \times 81.2}$$

$$A = 60 \text{ pies}^2.$$

### CALCULO MECANICO

Cálculo de la altura del reactor.

Conforme al capítulo V-2, el volumen nominal del reactor será de 1892 lt. ó 500 galones, con un volumen real de 550 galones considerando un 10 % de espacio muerto ocupado por vapores.

El reactor será cilíndrico con tapa y base toriesféricas, el volumen de estas últimas para un diámetro interior del reactor de 58 pulg. es de -- 38.8 galones cada una, de acuerdo a Código A.S.M.E. 1965. con una altura de 1.2 pies cada una.

De la ecuación del volumen de un cilindro :

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

Podemos despejar la altura h :

$$h = \frac{V}{\pi \cdot r^2}$$

Donde :

h = altura del envoltente del reactor.

r = radio del reactor.

V = volumen del reactor - volumen de las tapas toriesféricas.

Aplicando tenemos :

$$r = 58/2 \times 12 = 2.4 \text{ pies.}$$

$$r^2 = 5.80 \text{ pies}^2.$$

$$V = 550 \text{ gal.} - 38.8 \times 2 \text{ gal.} = 472.4 \text{ gal.} = 472.4 \text{ gal.} \times 0.1337 = 63.1 \text{ pies}^3.$$

$$h = \frac{63.1}{3.1416 \times 5.80} = 3.46 \text{ pies.}$$

Altura del reactor  $h_T$  :

$h_T$  = altura del cilindro + altura de las tapas toriesféricas.

$$h_T = 3.46 + 1.2 \times 2 = 5.86 \text{ pies}$$

$$h_T = 5.86 \times 12 = 70.32 \text{ pulg.}$$

Altura de la chaqueta de calentamiento :  
De acuerdo al cálculo térmico, se requieren 60 pies<sup>2</sup> de área de calentamiento. Tomando un diámetro exterior de la envolvente del reactor de 58 pulg. se tiene lo siguiente:

Área de calentamiento en la tapa de la chaqueta :

$$A_1 = \pi \cdot r^2 = 3.1416 \times (2.41)^2 = 18.2 \text{ pies}^2.$$

Área necesaria en la chaqueta .

$$A_2 = 60 - 18.2 = 41.8 \text{ pies}^2.$$

Altura del envolvente de la chaqueta :

$$h_2 = \frac{A_2}{\pi \text{ Diam.}} = \frac{41.8}{3.1416 \times 58 \text{ pulg.} \times 12}$$

$$h_2 = 2.75 \text{ pies} = 2.75 \times 12 = 33 \text{ pulg.}$$

Altura de la chaqueta de calentamiento  $h_o$  :

$h_o$  = altura del envolvente + altura de la tapa.

$$h_o = 2.75 + 1.2 = 3.95 \text{ pies}$$

$$h_o = 3.95 \times 12 = 47.4 \text{ pulg.}$$

Se dejará una pulgada de espacio entre la envolvente del reactor y la de la chaqueta, colocándole un anillo helicoidal para darle giro al agua.



Espesor mínimo requerido en las paredes -  
del reactor.

Para las tapas, según código A.S.M.E. :

$$t_t = \frac{0.885 \times P \times L}{S \times E - 0.1 \times P}$$

Donde :

$t_t$  = espesor mínimo requerido de tapas.

P = presión máxima de trabajo. = 20 lb/pulg.<sup>2</sup>

L = diámetro del reactor = 58 pulg.

S = esfuerzo admisible de la lámina, según  
A.S.M.E. para 200 °F. = 18750

E = factor por eficiencia de la soldadura,  
según A.S.M.E. = 0.70

Sustituyendo :

$$t_t = \frac{0.885 \times 20 \times 58}{18750 \times 0.70 - 0.1 \times 20}$$

$$t_t = 0.0782 \text{ pulg./12} = 0.0065 \text{ pies.} \approx 3/32''$$

Este valor es muy pequeño, pero considerando la carga que soportará con el sistema de agitación la tapa, el espesor de la lámina deberá ser de :

$$t_t = 1/4 \text{ pulg.}$$

Para la envolvente del reactor.

$$t_r = \frac{P \times R}{S \times E - 0.6 P}$$

Siendo :

P = 20 lb/pulg.<sup>2</sup>

R = radio del reactor = 29 pulg.

S = 18750 según código A.S.M.E. para 200 °F.

E = 0.70 " " " " "

Sustituyendo en la ecuación:

$$t_r = \frac{20 \times 29}{18750 \times 0.70 - 0.6 \times 20}$$

$$t_r = 0.0441 \text{ pulg./12} = 0.00367 \text{ pies} \approx 1/16''$$

Este espesor es muy pequeño, el que por razones de seguridad podrá ser de :

$$t_r = 3/16 \text{ pulg.}$$

Para el envolvente de la chaqueta.

Se usará lámina de acero inoxidable tipo 304.

$$t_c = \frac{P \times R}{S \times E - 0.6 P}$$

Siendo :

$$P = 20 \text{ lb/pulg.}^2$$

$$R = 30 \text{ pulg.}$$

$$S = 17000 \text{ según código A.S.M.E. para } 200 \text{ }^\circ\text{F.}$$

$$E = 0.70 \text{ " " " " " "}$$

Sustituyendo en la ecuación :

$$t_c = \frac{20 \times 30}{17000 \times 0.70 - 0.6 \times 20}$$

$$t_c = 0.0504 \text{ pulg./12} = 0.0042 \text{ pies} \approx 1/16''$$

Conforme a este espesor teórico se podrá usar un es pesor de :

$$t_c = 3/16 \text{ pulg.}$$

Para la tapa de la chaqueta.

$$t_t = \frac{0.885 \times P \times L}{S \times E - 0.1 P}$$

Tomando a :

$$L = 60 \text{ pulg.}$$

$$P = 20 \text{ lb/pulg.}^2$$

$$S = 17000 \text{ según código A.S.M.E. para } 200^\circ \text{F.}$$

$$E = 0.70 \quad " \quad " \quad " \quad " \quad "$$

Por lo tanto :

$$t_t = \frac{0.885 \times 20 \times 60}{17000 \times 0.7 - 0.1 \times 20}$$

$$t_t = 0.0892 \text{ pulg./12} = 0.00743 \text{ pies} \approx 3/32"$$

En este caso se podrá usar :

$$t_t = 3/16 \text{ pulg.}$$

#### CALCULO DEL SISTEMA DE AGITACION.

Los requerimientos de potencia para una -  
transmisión marca Pfaudler, de un sistema de agita-  
ción tipo turbina de seis hojas, están dados por la  
siguiente expresión :

$$\text{H.P.} = 1.52 \times 10^{-1} \times N_p \times \text{S.G.} \times (Nr_0) \times \left(\frac{D}{12}\right)^5$$

Donde:

$$N_p = \text{factor de potencia} = 5.5$$

$$\text{S.G.} = \text{gravedad específica} = 1.019$$

$$\begin{aligned} Nr_0 &= \text{núm. de revoluciones por seg.} = \\ &= 65 \text{ r.p.m./60} = 1.08 \text{ r.p.s.} \end{aligned}$$

$$D = \text{diámetro del impulsor} = 14 \text{ pulg.}$$

Sustituyendo :

$$\text{H.P.} = 1.52 \times 10^{-1} \times 5.5 \times 1.019 \times (1.08)^3 \times$$

$$\left(\frac{14}{12}\right)^5 = 2.68$$

Por lo tanto se usará un motor de 3 H.P.

**Reductor usado.**

Se necesitará un reductor con velocidad de salida de 65 r.p.m. que accionará una turbina de seis hojas - con flecha de acero inoxidable tipo 316 y con un motor de H.P. de 1750 r.p.m., 220/440 V, 3 fases, 50 ciclos.

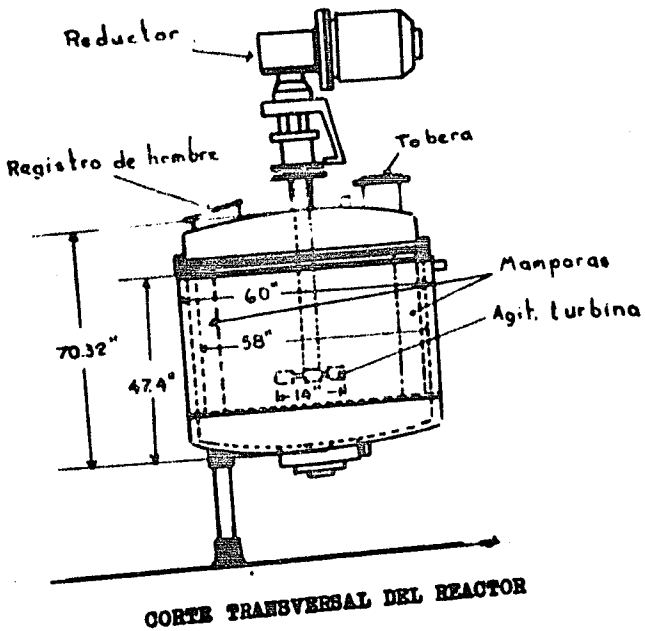
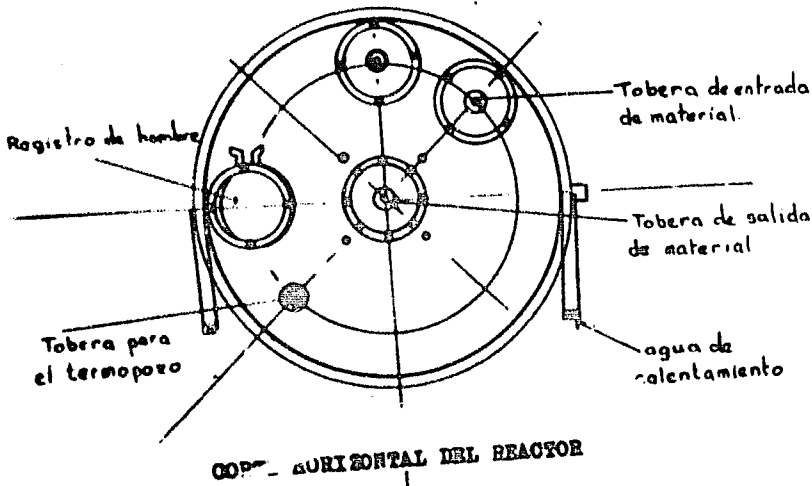


FIG. 2.

V-3.- Diagrama de flujo elemental.

Este proceso se puede resumir en tres pasos :

- 1).- Formación del barniz de la goma laca.
- 2).- Esterificación del barniz.
- 3).- Envasado y almacenamiento.

En el primer paso el barniz se formará en el tanque de acero inoxidable tipo 316 (1), y que tendrá una capacidad de 2,000 lt. y en el cual se agregará primeramente el alcohol proveniente del tanque de almacenamiento (2) y posteriormente la goma laca en polvo, usando de una agitación intensa mediante una turbina durante todo el tiempo de formación del barniz, a fin de evitar la formación de grumos. El barniz obtenido después de 10 hrs. aproximadamente, se bombeará al reactor 3 en el que ocurrirá la esterificación, el que será enchaquetado y calentado con agua caliente. La reacción se llevará a cabo en 32 hrs. aproximadamente. La temperatura dentro del reactor será registrada y controlada automáticamente. El etil shellacato se envasará por gravedad en tambores de fierro con forro de polietileno para su venta, pasando antes por un filtro.

Para el control y registro automático de temperatura recomiendo el uso de un aparato de medición y registro de temperatura marca Parlow en serie con una válvula magnética para agua caliente de una pulgada, marca General Control que distribuye la Cía. Enterprise, S.A.

DIAGRAMA DE FLUJO EXPERIMENTAL

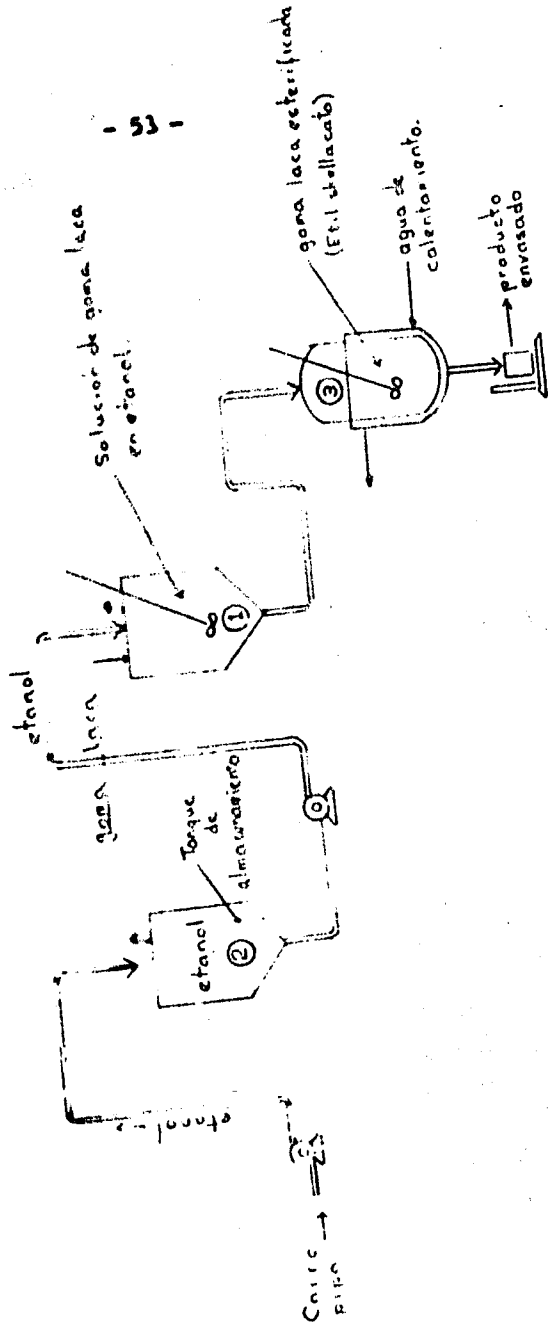


FIG. 3.

VI

CONSIDERACIONES ECONOMICAS

VI-1.- Costos.

Las consideraciones economicas al respecto, tendrán un caracter tentativo de estimación de ellos con las deficiencias de no ser un experto.

Costo del reactor :

1 Reductor 2.5 TWPG con velocidad de salida de 65 r.p.m. y relación de engranes 15:1, Marca Pfaudler.	\$ 10,650.00
1 Motor trifásico de 3 H.P., 220 /240 V, 1750 r.p.m. 50 ciclos.	\$ 3,450.00
1 Sello ó estopero	\$ 3,050.00
1 Turbina de 14 pulg. diametro del impulsor, 6 hojas, con flecha, todo en acero inoxidable tipo 316.	\$ 3,970.00
1 Reactor de 500 galones de capacidad nominal, en acero inoxidable tipo 316 con chaqueta en acero inoxidable tipo 304, incluyendo válvula de seguridad, mirilla, - toberas para entrada y salida de material, 4 mamparas y registro de hombre.	\$ 12,515.00
1 termopozo, con elemento térmico de mercurio, registrador y control automático de temperatura con válvula magnética marca General Countrol, tipo K15SH.	\$ 12,104.00
Conexiones, tuberias, instalac.	\$ 9,800.00
	<u>\$ 55,539.00</u>

Costo del tanque de almacenamiento :



1 Tanque sin chaqueta, de 10,000 lt. de capacidad, en acero al carbón (SA -- 283-C), con placas de 3/8" en las tapas y 1/4" en la envolvente, con registro de hombre, toberas de entrada y salida de materiales, y tobera de venteo, con nivel. \$ 38,500.00  
Costo del tanque para formación del barniz.

1 Tanque sin chaqueta, de 2,000 lt. de capacidad, en acero inoxidable tipo 304 (SA-240T-204), con válvula de seguridad, boquilla de registro de hombre, nivel, toberas de entrada y salida de material, con -- placas de 3/8" en las tapas y 1/4" en la envolvente \$ 7,250.00  
Costo del generador de agua caliente.

1 caldera tipo Escocés-Marino, para generar agua caliente hasta 115 °C. con boquilla, cambiador de calor, control automático de temperatura, con una capacidad -- hasta de 115,000 Btu/hr. \$ 9,790.00

Total \$ 111,079.00

Costo por carga :

Material	Cantidad	Costo unitario	valor
Goma laca refin.	972 kg.	24.00 kg.	\$ 23,328.00
Etanol desnat.	1015 lt.	4.45 lt.	\$ 4,518.97
Acido clorhídrico	4.8 kg.	13.25 kg.	\$ 63.60
			<hr/>
			\$ 27,910.57

Mano de obra por carga.	\$ 300.00
Combustible por carga.	\$ 85.00
Electricidad por carga.	\$ 110.00
Riesgos y deterioro del equipo.	\$ 125.00
	<hr/>
	\$ 620.00

- I.- Por lo que se ha estudiado, habrá un beneficio para la economía del país al fabricar el ETIL SHELLACATO en México, creando así una fuente de trabajo y evitando su importación.
- II.- Dado que las materias primas llenan las especificaciones requeridas, el Etil Shellacato ha -- obtenerse, será de la misma calidad que el importado.
- III.- El Etil Shellacato será un producto que vendrá a aumentar el consumo de la goma leca que en buena parte había disminuido, al ser reemplazada esta última por las resinas sintéticas.

VII

BIBLIOGRAFIA

George A. Soderberg.

FINISHING MATERIALS AND METHODS.

Mc. Knight & Mc. Knight, Inc. Bloomington, 1952.

Herbert R. Simonds.

HANDBOOK OF PLASTICS.

D. Van Nostrand Company, Inc. New York. 1949.

Raymond Riegel.

INDUSTRIAL CHEMISTRY.

Reinhold Publishing Corp. Inc. New York.

Von Fischer.

ORGANIC PROTECTIVE COATINGS.

Reinhold Publishing Corp. Inc. New York.

Joseph J. Mattiello.

PROTECTIVE AND DECORATIVE COATINGS.

Vol. I.- Raw materials for varnishes and vehicles.

Vol. III.- Manufacture and uses. Lacquers.

John Wiley & Sons, Inc, New York. 1954.

E. Kirk & F. Othmer.

ENCYCLOPEDIA OF CHEMICAL TECHNOLOGY.

Vol. 12.

The Interscience Encyclopedia, Inc. New York, 1954.

A.S.T.M. STANDARDS 1958.  
American Society for Testing Materials.  
Baltimore, U.S.A. 1959

Pleser & Pleser.  
ORGANIC CHEMISTRY.  
Reinhold Publishing Corp. 3a. Edición. New York.

Rosin Joseph.  
REAGENT CHEMICALS AND STANDARDS.  
D.V. Nostrand Co. Inc. 4a. Edición, New York.

Merck & Co, Inc.  
THE MERCK INDEX OF CHEMICALS AND DRUGS.  
Chemicals Monographs., 7a. Edición. N.J. 1960.

Hougen O.A., Watson K.M. y Ragatz R.A.  
CHEMICALS PROCESS PRINCIPLES.  
Vol.III.  
John Wiley and Sons, Inc., New York. 1959.

Perry J.H.  
CHEMICAL ENGINEERS' HANDBOOK.  
Mc. Graw-Hill Book Company Inc. 3a. Edición. 1950.

The American Society of Mechanical Engineers -  
United Engineering Center.  
A.S.M.E. BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE.  
UNFIRED PRESSURE VESSEL.  
Sección VIII. 1965.

Kern D.Q.

PROCESSES HEAT TRANSFER.

Mc. Graw-Hill Book Co. Inc. New York. 1950.

J.M.Smith.

CHEMICAL ENGINEERING KINETICS.

Mc. Graw-Hill Book Co. Inc. New York. 1956.

Murray R. Spiegel.

STATISTICS.

Schaum Publishing Co. New York. 1961.