

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Química

*ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA PARA LA OBTENCION
DE ACIDO TARTARICO POR METODO SINTETICO*

T E S I S
Que para obtener el título de:
INGENIERO QUIMICO
p r e s e n t a:
JOSE ANTONIO ROJAS

México, D. F.

1967



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.

A MI MADRE:

A QUIEN LE DEBO LO QUE SOY
Y EN HOMENAJE POSTUMO A LA CULMINACION
DE SUS SACRIFICIOS Y ANHELOS.

A MIS TIOS:

MARIA G.

TRINIDAD G.

SERAFIN G.

JOAQUIN A.

A MI ABUELITA:

CRISTINA O.

A MIS PRIMAS:

ANA MARIA

BLANCA

ELIA MARTHA

A MI NOVIA:

CECILIA

A MIS AMIGOS

AL SR. ING. JORGE ROBLES G.
POR SU ATINADA DIRECCION

A LA FACULTAD DE QUIMICA

A MIS MAESTROS POR SUS
ENSEÑANZAS



UNIVERSIDAD NACIONAL

AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FORMA C

FACULTAD DE QUÍMICA
DEPTO. DE PASANTES Y
EXAMENES PROFESIONALES.

(FORMA PARA ESCRIBIR DEFINITIVAMENTE EL TEMA REVISADO)

C. Director Gral. de Servicios Educativos
Universidad Nacional Autónoma de México.
P r e s e n t e .

Me permite comunicar a usted, que el tema de _____

T E S I S . Titulado: "ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA PARA LA OBTENCION
DE ACIDO TARTARICO POR METODO SINTETICO."

que presenta: EL SR. JOSE ROJAS GOMEZ.

Parante de la Carrera de: INGENIERO QUIMICO.

Fue aceptado por el Jurado nombrado para dicho examen, el cual quedó --
integrado en la siguiente forma:

Presidente Prof: RODOLFO CORONA DE LA V.
V o c a l " : MANUEL P. GUERRERO P.
Secretario " : JORGE ROBLES.G.
1er. Suplente : FERNANDO HEREDIA A.
2do. Suplente : JULIO CORDERO G.

A t e n t a m e n t e .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria U.P., a 6 de ABRIL

de 19 67

EL JEFE DEL DEPTO. DE PASANTES
Y EXAMENES PROFESIONALES.

QUIM. JULIO TERRAN Z.

I N D I C E

INTRODUCCION

CAPITULO I	Generalidades
CAPITULO II	Análisis de Mercado
CAPITULO III	Estudio Técnico
CAPITULO IV	Diseño de Equipo
CAPITULO V	Estudio Económico
CAPITULO VI	Conclusiones
BIBLIOGRAFIA.	

INTRODUCCION

Ya que en la actualidad México es un país con una alta-tasa de desarrollo industrial y debido al esfuerzo conjunto del - gobierno y la iniciativa privada, se está tratando de disminuir - en la mayor parte posible, la importación de productos que puedan fabricarse en el país.

Uno de estos productos es el ácido tartárico, que se ex-trae industrialmente de la uva y que en la actualidad se importa-totalmente. Es pues, el ácido tartárico, un producto que ha al--canzado una gran aplicación industrial en los último años, por -- ser base de ciertos medicamentos, bebidas efervescentes, así como en otras aplicaciones menores.

El objeto de ésta tesis es elaborar el anteproyecto de-una planta que opere para las necesidades actuales, teniendo pre-visto un aumento de capacidad; obteniéndose el ácido por un méto-do sintético, ya que el producido hasta la fecha procede en gran-escala como un subproducto de la industria vitivinícola.

En éste trabajo se hará una breve mención de la histo--ria, estado natural y propiedades del ácido tartárico, así como - un análisis de mercado y el estudio técnico de la planta que se - requeriría para su manufactura.

El estudio técnico de la planta es completo, aunque no profundo, ya que ésto no se justifica en el caso de un anteproyecto. Finalmente se hace un estudio económico de la planta propuesta, para determinar si la producción del ácido tartárico es costeable ó no en México.

GENERALIDADES

HISTORIA

Desde el tiempo de los griegos y romanos se conocía la existencia de la sal ácida de potasio del ácido tartárico, la - - cual quedaba en los depósitos formados por el jugo de la uva fermentada. Paracelso aplicó la palabra "tartarum" a dicho depósito, el cual fue considerado como un ácido, no obstante que en sus cenizas se encontraron trazas de álcali. En 1677, Kunkel anunció la producción de un álcali mediante la ebullición de un tártaro con cal. El ácido libre cristalizado fue obtenido por vez primera por Schalle en 1769, partiendo del tártaro crudo.

Berzelius en 1833 demostró que el ácido úvico, cuyas soluciones desviaban la luz polarizada, tenía igual composición que el ácido tartárico racémico, inactivo sobre ella.

ESTADO NATURAL

El ácido tartárico se presenta libre en la naturaleza, - o más frecuentemente al estado de la sal ácida de potasio y en menor cantidad como sal cálcica, junto con los ácidos oxálico, málico, cítrico y probablemente con el racémico en los tamarindos, moras, acederas, pepinos y varias plantas más.

Se presenta en gran cantidad en el jugo de la uva, no - así en el jugo de la caña. Metzger expone que el ácido tartárico se encuentra en las maderas del roble o encina. Genvrese ha dado una posible explicación de la existencia del ácido en la naturalg

za: "Por la acción del hidrógeno nasiente, el ácido glioxílico se convierte en ácido racémico".

El ácido dextro-tartárico se encuentra en numerosas - - plantas y frutas, aunque no está tan extensamente distribuido como el ácido cítrico o el L-málico. La única fuente comercial es el tártaro crudo de la industria vinícola. Se le obtiene en forma anhidra cuando se le cristaliza de soluciones acuosas a más de 5°C. A temperaturas inferiores se forma el monohidrato, que es inestable aún a temperatura ambiente.

El ácido levo-tartárico se ha encontrado en el fruto y en las hojas de la Bauhinia Reticulata, árbol nativo del Sudán -- Francés. Al igual que el ácido dextro, forma cristales monoclinicos anhidros.

El ácido racémico no es un producto primario de los procesos vegetales, pero se forma fácilmente calentando el ácido dextrógiro con un álcali fuerte.

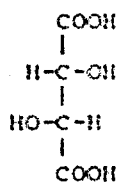
El ácido meso-tartárico no se encuentra en la naturaleza, obteniéndosele de los otros isómeros por ebullición prolongada con un álcali cáustico.

PROPIEDADES FISICAS

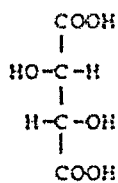
El ácido tartárico es un ácido orgánico dibásico y divalente, de fórmula $H_2C_4H_4O_6$. Es un cuerpo sólido de sabor agrio - que cristaliza en forma monoclinica incolora. El ácido libre - - cristaliza en forma de monohidrato, que al secarlo a 110°C se - - vuelve anhidro.

El ácido contiene dos átomos de carbono asimétricos, -- por lo que se conocen cuatro modificaciones de él, siendo dos de ellas ópticamente activas y las otras dos inactivas. Esto se explica debido a que la contribución de los centros de asimetría al poder rotatorio total, ha de ser la misma en cantidad ya que se trata de centros asimétricos iguales.

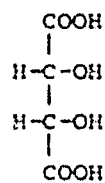
Las fórmulas estructurales de los ácidos tartáricos se representan como sigue:



(I)



(II)



(III)

Las fórmulas (I) y (II) representan los ácidos dextro y levo-tartárico respectivamente, refiriéndose los prefijos al sentido en que gira el plano de polarización de la luz. La fórmula (III) es el ácido meso-tartárico, el cual es inactivo por "compensación interna". Hay además la forma racémica, ácido racémico, que es una mezcla equimolecular de (I) y (II), siendo inactivo -- por "compensación externa".

Las principales propiedades físicas de los ácidos tartáricos se hallan expresadas en el siguiente cuadro:

	Dextro	Levo	Racémico	Meso
Punto de fusión, °C	170	170	206	160
Solubilidad, g/100g de agua a 20°C. ...	139	139	20.6	125
Poder rotatorio, α_D lución al 20% . . .	+12°	-12°	0	0
Densidad relativa ..	1.76	1.76	1.76	1.76.
Constante de diso- ciación: k_1	2.93	2.93	2.96	3.11
k_2	4.23	4.23	4.24	4.80

Cien gramos de alcohol etílico absoluto disuelven 20.4-gramos de ácido tartárico a 19°C.; 100 gramos de éter disuelven - 0.30 gramos de ácido tartárico a 18°C.

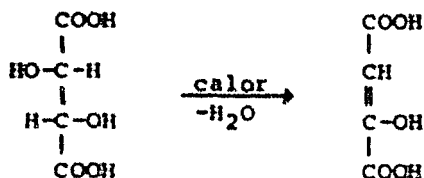
La rotación óptica de una solución acuosa varía con la concentración; para una concentración entre 20% y 50%, el ángulo de desviación va de 15.050° - 0.1535c. Los cristales sólidos son levógiros.

PROPIEDADES QUIMICAS

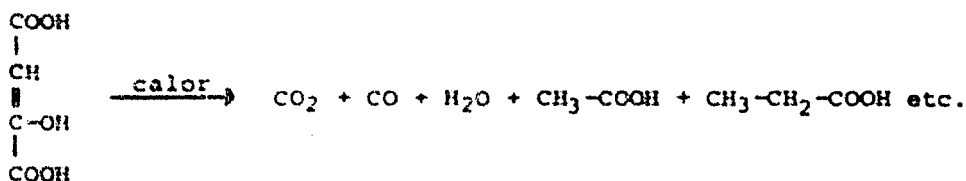
Siendo el ácido tartárico dibásico y divalente, la función del mismo es por consiguiente de carácter mixto.

Por acción prolongada del calor pasa a anhídrido tartárico, con pérdida de una molécula de agua entre los grupos carbo-

xilo:

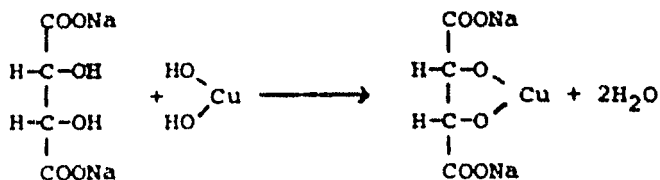


Cuando el anhídrido tartárico se calienta a mayor temperatura se descompone dando diversos ácidos orgánicos, monóxido y bióxido de carbono y agua:



Es un ácido muy reductor, sobre todo en caliente y en presencia de ácido sulfúrico. Reduce las sales de plata en solución alcalina. Produce la precipitación de plata metálica de una solución amoniacal de hidróxido de plata, reacción aprovechada en la fabricación de espejos.

Por los grupos alcohólicos que contiene impide que los álcalis precipiten algunos óxidos metálicos:



El cobre no es precipitable por los álcalis, debido a que no constituye un catión, sino que queda unido al anión y el efecto que produce en la electrólisis de la sal lo dirige al polo

negativo.

Los hidrógenos del grupo ácido pueden sustituirse por - cualquier catión, dando lugar a las sales derivadas del ácido tartárico, que son los tartratos.

El ácido tartárico por calentamiento con ácido yodhídrico se convierte en ácido málico y luego en succínico. El ácido - tartárico se oxida fácilmente, especialmente en solución alcalina convirtiéndose en ácido dihidroximaleico y luego en ácido dihidroxitartárico. Por fermentación bacteriológica produce ácido succínico.

PROPIEDADES FISIOLÓGICAS

El ácido tartárico a diferencia del ácido cítrico y - - otros ácidos de las frutas, no se metaboliza en el sistema humano. Administrado en forma oral se oxida una pequeña parte para dar anhidrido carbónico, encontrándose 20% en la orina y nada en las -- heces, debido a la destrucción por las bacterias en el intestino.

Cuando se administra por vía perenteral la excreción es cuantitativa en la orina después de diez horas. El ácido tartárico no se absorbe bien en el sistema gastrointestinal pero ejerce un efecto catártico. La inyección parentérica en cantidad inmoviliza el calcio de la sangre y perturba la acción del corazón.

Según Chabrié el orden de toxicidad de los ácidos tartáricos, determinado experimentalmente en conejillos de indias es - el siguiente: ácido levo-tartárico, dextrógiro, racémico y meso--tartárico. El ácido levo-tartárico es doblemente tóxico que el - dextro-tartárico.

ANALISIS DE MERCADO

El mercado es el área dentro de la cual los vendedores y compradores de un producto mantienen estrechas relaciones comerciales.

El objeto del análisis de mercado es determinar si hay o no un mercado para el producto que se pretende fabricar y en caso positivo, determinar el monto de dicho mercado, tanto en la actualidad como en un futuro previsible.

A continuación se describen los principales fundamentos para llevar a cabo una investigación del mercado:

I.- INVESTIGACION DE LOS USOS DEL PRODUCTO.

Los usos del producto sirven para determinar el tipo de consumidores. Es pues un paso importante para determinar el volumen del mercado, aunque existe la posibilidad de que algunos usos desaparezcan y se creen nuevos; estos cambios son difíciles de prever y por lo tanto sólo se tratarán los usos actuales.

El ácido tartárico se emplea principalmente en las industrias farmacéutica y alimenticia. Se emplea mucho en tabletas y polvos efervescentes, con frecuencia mezclado con el ácido cítrico. Se usa en la preparación de bebidas carbonatadas, especialmente las de sabor a uvas. Es un acidulante en la manufactura de postres de gelatina y en las jaleas de frutas, especialmente en las confituras de jalea pectinada cuando las características de

gelificación del producto dependen de un pH relativamente bajo. - En la fabricación de jaleas con almidón, el ácido tartárico y la crema de tártaro se emplean para modificar el almidón de manera - que el producto fluya libremente mientras se está moldeando.

Además de sus usos en la industria farmacéutica y en la alimenticia, el ácido tartárico tiene múltiples usos en la industria en general. Encuentra empleo en la limpieza y pulido de los metales. En la industria textil se emplea en el estampado del -- percal para efectuar la liberación de cloro del polvo blanqueador. Se le emplea en ciertos tipos de trabajo fotográfico para impre-- sión y revelado. La propiedad de formar complejos del ácido tar-- tárico y de sus sales alcalinas ha sido empleada con ventaja en -- procedimientos de electrodeposición.

En términos generales se puede decir que los principa-- les usos del ácido tartárico son los siguientes:

- | | |
|--------------------------------|--|
| <u>Industria de adhesivos:</u> | Ingrediente de mezclas adhesivas. |
| <u>Industria alimenticia:</u> | Agente acidulante. |
| | Agente blanqueador de harina. |
| | Ingrediente de polvos de hornear, en dulces, gelatinas, jaleas y cremas - batidas. |
| | Preservativo de frutas y gluten. |
| <u>Industria de bebidas:</u> | Agente acidulante. |
| | Ingrediente de bebidas efervescentes. |
| | Agente estabilizante del jugo de uva. |
| | Sustituto del ácido cítrico. |
| | Agente acidificante en vinos. |

<u>Industria farmacéutica:</u>	Ingrediente de laxantes efervescentes. Para fabricación de tartratos.
<u>Industria huleira:</u>	Agente coagulante del látex. Materia prima en la fabricación de sustitutos del hule.
<u>Industria metalúrgica:</u>	Pulido de metales. Ingrediente del electrolito empleado para obtener cobalto metálico puro.
<u>Industria química:</u>	Acido orgánico. Ingrediente de tabletas liberadoras de yodo. Materia prima en la obtención de adrenalina.
<u>Industria textil:</u>	Agente fijador de colorantes. Materia prima en el estampado del percal y en el teñido del algodón, seda y lana. Reactivo para la liberación del cloro en los agentes blanqueadores.
<u>Higiene oral:</u>	Materia prima en la fabricación de dentífricos.

II.- LISTA Y TIPO DE CONSUMIDORES.

Conocidos los usos del producto, se puede conocer el tipo de industrias o de clientes que consumen o pueden consumir el producto en un futuro previsible.

La lista completa de consumidores y la importancia de -

su consumo se investigan directamente, una vez conocidos los usos. Los principales consumidores actuales del ácido tartárico, en orden de importancia según su consumo son:

Richardson-Merrel, S.A. de C. V. (Picot).
The Sidney Ross Co., S. A.
Artículos Mundet para embotelladores, S. A.
Cía. Comercial Herdez, S. A.
Bristol Myers de México, S. A. de C. V.
Central de Drogas, S. A.
Delaware Punch y Gran Mister Q, S. A.
Cía. Importadora y Exportadora, S. A. de C. V.
Exclusivas Benet, S. A.
Compañía La Colonial, S. A.
Dromex, S. A.
Drogas Internacionales, S. A.
Laboratorios Ifusa, S. A.
Marcas Unidas, S. A.
Aceites y Esencias, S. A.
Elite, S. A. Fábrica de dulces y chocolates.
Cía. Vinícola de Saltillo, S. A.
Cía. Minera Nacional, S. A.
Hoffmann-Pinther & Bosworth, S. A.
Curtin de México, S. A.
Altos Hornos de México, S. A.

Siendo los anteriores los principales consumidores del ácido tartárico, no obstante que hay otros de menor consumo ellos fijarán el volumen del mercado.

La siguiente tabla nos da la importancia en el consumo de las diferentes industrias y se expresa en por ciento:

Industria farmacéutica	53.3 %
Industria alimenticia	27.6 %
Industria en general	<u>18.9 %</u>
T o t a l ...	100.0 %

La distribución de la importación del ácido tartárico, de acuerdo con la calidad del producto es:

U. S. P.	99.93 %
Q. P.	<u>0.07 %</u>
T o t a l ..	100.00 %

Los datos anteriores del consumo por industrias y de la calidad del producto corresponden al año fiscal de 1964.

III.- CONSUMO.

El número de clientes actuales y potenciales y el volumen que consume cada uno de ellos indica el volumen total del mercado del producto que se trata. El estudio del consumo del producto en el pasado, permite prever en forma estimada el consumo en un futuro próximo. Este es un factor determinante en la estimación de la capacidad de la planta.

Los datos del consumo del ácido tartárico en los últimos veinte años, permite prever en forma aproximada el consumo en un futuro cercano -cinco años-, de ésta forma se puede conocer el volumen del mercado, dato que es útil para determinar la capacidad de la planta.

Consumo de ácido tartárico de 1946 a 1964:

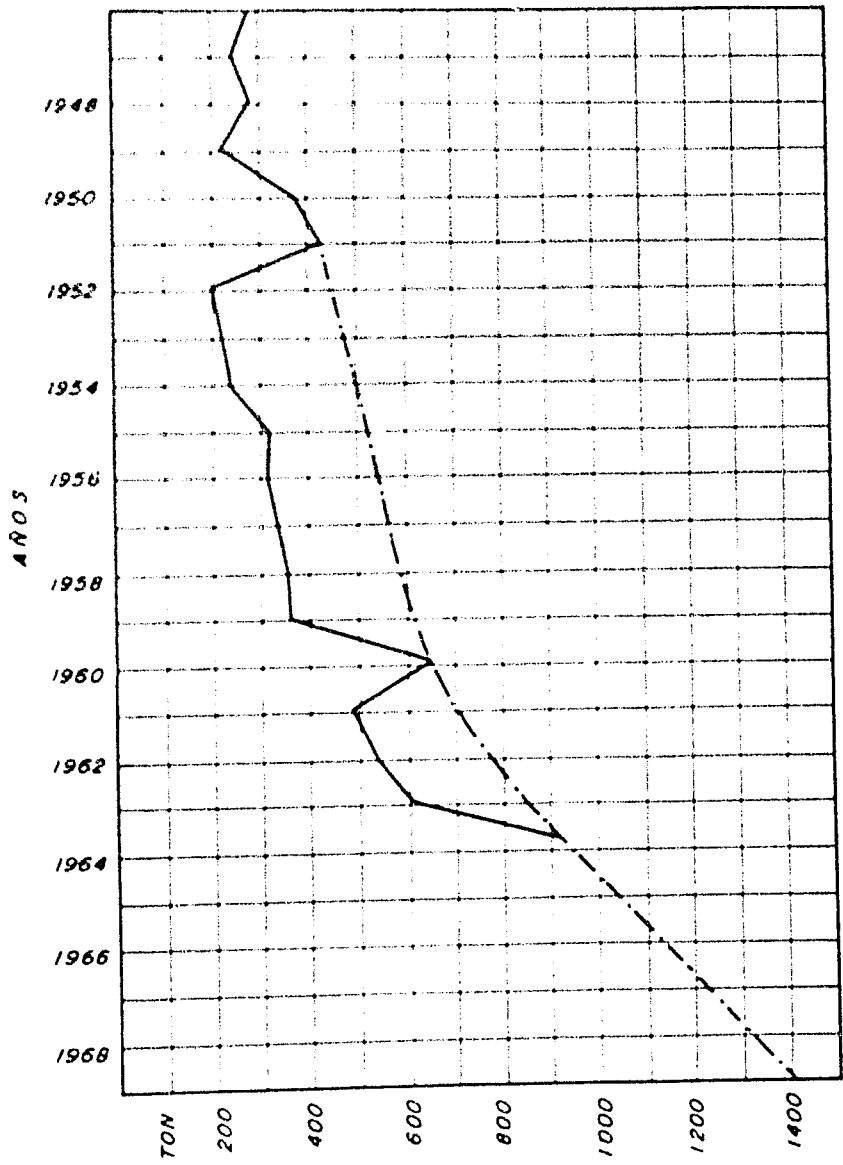
1946	369 808 Kg.
1947	252 026 "
1948	289 756 "
1949	223 140 "
1950	368 944 "
1951	424 266 "
1952	200 634 "
1953	215 236 "
1954	227 621 "
1955	307 264 "
1956	301 041 "
1957	316 973 "
1958	335 274 "
1959	340 074 "
1960	669 402 "
1961	461 605 "
1962	512 223 "
1963	628 471 "
1964	917 179 "

Los datos anteriores se encuentran graficados en la figura No. 1. Se puede notar que la importación del ácido tartárico no ha sido muy constante.

Estimación del consumo de ácido tartárico hasta 1969.

El futuro consumo del ácido tartárico puede estimarse - por varios métodos, pero debido a que es un fenómeno complejo en-

FIG 1 CONSUMO ANUAL DE ACIDO TARTARICO



el que intervienen una gran cantidad de factores imprevisibles en un momento dado, se considera que una estimación gráfica es suficiente para los propósitos del caso. La extrapolación se muestra en la figura No. 1, en la cual se tomó una línea pendiente, considerando las bajas habidas en años anteriores y sin considerar el aumento de los últimos años, que supone un aumento constante.

La extrapolación no es pues muy exacta, si se considera que los principales consumidores son las industrias farmacéutica y alimenticia y se espera que el consumo aumente, con el aumento de la población.

De la extrapolación gráfica se obtuvieron los siguientes valores:

Año:	1965	1966	1967	1968	1969
Ton:	1 020	1 130	1 250	1 300	1 400

IV.- COMPETENCIA NACIONAL E INTERNACIONAL.

La existencia de la competencia nacional e internacional reduce el volumen del mercado, teniendo además una gran influencia sobre el precio de venta del producto.

En el caso del ácido tartárico, la competencia nacional es nula, ya que actualmente no se fabrica en el país. De ahí la necesidad de importar en su totalidad la cantidad de ácido tartárico que se consume actualmente en nuestro país.

La competencia internacional es actualmente en el caso del ácido tartárico el principal escollo, ya que se importa en su

totalidad, por lo que representa la única competencia y es de los países productores. No obstante, el ácido tartárico producido en el país podría venderse a un precio menor que el de importación, - ya que se eliminarían los gastos de fletes y las tarifas de importación.

Tarifas de importación y aranceles. - No existen actualmente tarifas de protección para el ácido tartárico, por no existir producción nacional, pero en caso de existir ésta planta, el gobierno la protegería en varias formas, ya sea aumentando los impuestos de importación o en caso de que la producción satisfaga la demanda nacional, cerrando la importación del producto y sometiénola a permisos especiales.

Los cuadros siguientes contienen los datos de importaciones en kilogramos y el costo en pesos de los años de 1961 a 1964, así como el país al cual le fueron comprados.

Kilogramos importados				
Alemania	10 118	36 015	15 006	1 000
Argentina	- - -	- - -	232 698	793 882
España	292 875	331 527	344 759	111 200
Estados Unidos	2 595	5 679	5 001	10 850
Francia	86 005	50 002	31 007	11
Gran Bretaña	12	- - - -	- - - -	- - - -
Italia	70 000	89 000	- - - -	- - - -
Países Bajos	- - - -	- - - -	- - - -	236
T o t a l	461 605	512 223	628 471	917 179

En el cuadro siguiente están expresados los valores de cada importación y en el que se puede apreciar que el precio de venta de cada país es diferente. Para fijar el precio de venta se ha tomado un promedio de los diferentes precios y se ha fijado -- uno en el que se consideró el monto total en el costo de importación y la cantidad de kilogramos importados, considerándose como si fueran de un solo país todas las importaciones.

Valor en pesos

Alemania	78 058	261 448	109 925	7 350
Argentina	- - - - -	- - - - -	1 939 785	6 420 174
España	2 368 183	2 420 477	2 394 137	803 853
Estados Unidos	26 453	78 163	56 086	139 750
Francia	681 180	347 271	212 018	262
Gran Bretaña	201	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Italia	552 879	529 703	- - - - -	- - - - -
Países Bajos	- - - - -	- - - - -	- - - - -	4 213
T o t a l	3 706 954	3 637 062	4 711 951	7 375 601

Los datos anteriores se obtuvieron del anuario de Comercio Exterior en los años correspondientes, con la fracción arancelaria 501.00.21, que corresponde a la nueva fracción 29.16.A.006.

V.- PRECIO DE VENTA.

El precio de venta actual y el precio de venta de años anteriores permiten predecir en forma aproximada, el precio de venta en el futuro. Este dato es de gran importancia para determinar si el proyecto es costeable o nó, ya que si el costo de pro--

ducción de la planta propuesta es alto, en comparación con el precio de venta de la competencia, el producto no se podrá vender.

El precio de venta del ácido tartárico es mayor actualmente en México que en los otros países productores, ya que al importarse, el costo se ve aumentado por los impuestos de importación y los fletes.

Conociendo el valor promedio por kilogramo de la importación de cuatro años antes, se determina el precio entre los actuales países productores y futuros competidores, en el caso de que se fabrique ácido tartárico en el país.

A continuación se da el valor promedio de las importaciones de ácido tartárico:

Año	Cantidad	Valor total	\$/kg
1961	461 605 kgs.	\$3 706 954.00	\$8.03
1962	512 223 "	3 637 062.00	7.10
1963	628 471 "	4 711 951.00	7.51
1964	917 179 "	7 375 601.00	8.04

El precio de venta en México será igual al costo de importación, más impuestos y fletes, que da un precio promedio de \$ 9.00 por kilogramo, incluidos los gastos necesarios.

**ESTUDIO TECNICO
DE LA PLANTA**

MÉTODOS DE OBTENCIÓN DEL ÁCIDO TARTÁRICO

Ya que el ácido tartárico se presenta en la Naturaleza al estado libre o más frecuentemente como sal ácida de potasio y en menor cantidad como sal cálcica, en los jugos de plantas y frutas, especialmente en la uva, se le obtiene de los residuos de la uva provenientes de las industrias vitivinícolas.

El proceso de extracción del ácido tartárico consiste en separar los tartratos de las demás sustancias presentes, transformándolos en tartrato de calcio. Este tartrato se transforma posteriormente en ácido tartárico, el cual se somete a procesos de purificación hasta obtener la calidad deseada.

En sí, el proceso de obtención se puede dividir en tres partes: a) obtención del tartrato de calcio; b) transformación del tartrato en ácido y c) purificación del ácido hasta la calidad requerida.

Estas divisiones no son arbitrarias, ya que son independientes entre sí y el proceso puede interrumpirse al final de cualquiera de ellas, obteniendo en cada paso un producto que se puede vender. Por otra parte, el proceso podría llevarse a cabo partiendo del tartrato de calcio hasta obtener ácido tartárico crudo o de calidad U. S. P., o bien partiendo del ácido crudo y purificarlo a calidad U. S. P.

Las materias primas usadas para la manufactura del ácido tartárico son esencialmente residuos de la industria vitivinícola como son:

a) Argoles: depósitos formados en la superficie interna de los tanques de almacenamiento del vino. Tiene de 50-85% en peso de bitartrato potásico y 6-12% de tartrato de calcio.

b) Heces de refrigeración: depósitos formados cuando se enfría el vino a 8-9°C. Tienen de 12-36% de bitartrato potásico.

c) Heces de materiales de destilación: provienen de todos los productos desalcoholizados, con un 0.5% de bitartrato de potasio.

d) Heces propiamente dichas: depósitos formados en el fondo de los almacenes del vino. Tienen de 20-35% de bitartrato potásico y 18-20% de tartrato de calcio.

e) Orujo: constituido por el raspón, semillas y ollejo de la uva. Cada 100 kg de uva da 30-40 kg de orujo, con un contenido de ácido tartárico de 1-1.5%.

Entre los métodos utilizados en la extracción del ácido tartárico se tienen:

1.- PROCESO DE DECANTACION.

En éste proceso los argoles se tratan con suficiente ácido clorhídrico para disolver todos los tartratos. El magma acidificado se diluye con suficiente agua para obtener un 50% de solución sobrenadante. Se decanta el líquido y el sedimento se la-

va repetidamente por suspensión y decantación. La mezcla de los extractos se neutraliza con cal hidratada, dejando la reacción final ligeramente ácida con objeto de reducir la coprecipitación de los fosfatos de hierro y aluminio. Este método sólo requiere de tinajas de madera y filtros de gravedad sencillos, pero la simpleza del equipo no recompensa las pérdidas por solubilidad en grandes volúmenes.

2.- PROCESO NEUTRO A PRESION.

Los tártaros molidos se suspenden en tanques de madera y se calientan hasta abullición con vapor directo, neutralizándose después con lechada de cal. Se pasa el magma a una autoclave de hierro provista de agitador y calentada con vapor directo a una presión de 3.5 kg/cm^2 durante tres horas. Se suprime la presión y se vierte la masa en un tanque de hierro provisto de un agitador y una chaqueta de enfriamiento. Se enfría a 30°C y se trata la carga con cloruro de calcio hasta un exceso del 5% sobre la cantidad calculada para la acidez original. Se refrigera hasta la temperatura del agua de enfriamiento. La lechada se filtra y se lava en un filtro prensa. La torta prensada se acidifica fuertemente con ácido sulfúrico para evitar contaminación bacteriológica de los tartratos, lo que causaría grandes pérdidas. El equipo debe desinfectarse y esterilizarse con anhídrido sulfuroso o formaldehído.

3.- PROCESO DE TOSTACION.

Los argoles se tuestan en cilindros rotatorios mediante calentamiento directo con gases de combustión. Por no tenerse controlado el calentamiento hay pérdidas por destrucción del tar-

trato. Esto se puede evitar calentando en forma indirecta con vapor a presión o Detherm, mezcla eutéctica de difenilo y óxido de difenilo. El tostador es un cilindro horizontal dotado de un agitador en forma de paletas horizontales, rodeado de una chaqueta de calentamiento. La carga se muele y se pasa por mallas del 20-30. El tiempo de tostado es de dos a seis horas a 155-165°C. El producto tostado se pasa a un tanque de precipitación, de madera, provisto de un serpentín de enfriamiento. Se añade lechada de cal hasta neutralidad y luego sulfato de calcio hasta un 20% de exceso y se enfría a 30°C. La mezcla se filtra y lava con agua fría, enviándose el filtrado a tanques de almacenaje donde se evapora y forma cristales de sulfato de potasio. El tartrato de la torta se disuelve y filtra, luego se lava y seca, obteniéndose el tartrato de calcio. El tartrato se acidifica con ácido sulfúrico de 70%, precipitándose el sulfato de calcio y liberándose el ácido tartárico.

4.- PROCESO DE INTERCAMBIO IONICO.

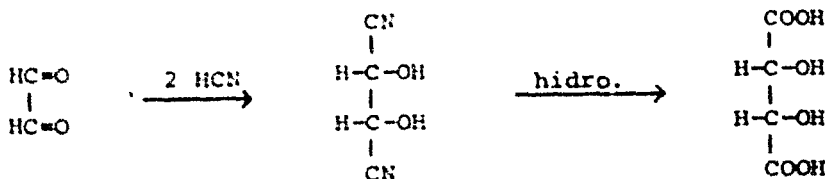
Por éste método se recuperan los tartratos de los líquidos residuales de destilería, mediante adsorción en una columna intercambiadora de iones en forma de cloruro. La solución de sal común sirve como regenerador. La concentración del tartrato en solución aumenta de 15-18 veces sobre la del líquido original. El producto final es tartrato de calcio de gran pureza. Es el más moderno y conveniente de los métodos.

SINTESIS

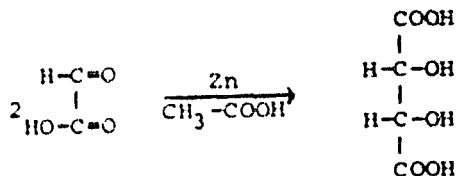
Todos los isómeros se han preparado sintéticamente. De la oxidación de carbohidratos se han obtenido los ácidos ópticamente activos, pero el rendimiento no es satisfactorio a causa de la formación de otras sustancias. El ácido dextro-tartárico de pureza química y óptica elevadas se forma por oxidación química o biológica del ácido 5 - cetoglucónico pero ni uno ni otro método son de uso industrial.

Los ácidos racémico y meso-tartárico también pueden obtenerse por los siguientes métodos:

1) Conversión del glioxal en cianhidrina e hidrólisis de ésta. Se forman los ácidos racémico y meso-tartárico:



2) Reducción del ácido glioxílico con zinc en polvo en solución acética. Da ácido racémico:



3) Hidroxilación del ácido fumárico o del ácido maleico, que puede ser dirigida para formar principalmente ácido meso-tartárico o racémico, según el agente de hidroxilación y el cataliza

dar empleados.

No obstante que se han sugerido muchas síntesis del ácido tartárico, ninguna se ha usado industrialmente a causa de los bajos rendimientos y el alto costo de las materias primas. Sin embargo se ha publicado recientemente un método eficaz para la manufactura del ácido, partiendo de ácido maleico y peróxido de hidrógeno y empleando un catalizador de óxido tungstíco; éste método se tomó como base para la presente tesis y se investigó si es costeable o no.

DESCRIPCION DEL PROCESO

El ácido tartárico sólo es aprovechable comercialmente como un subproducto de la industria vitivinícola, consumiéndose grandes cantidades del ácido y sus sales en la producción de alimentos y drogas. Esta investigación fue realizada con el objeto de encontrar un método adecuado para la síntesis del ácido tartárico, empleando principalmente sustancias baratas y operaciones relativamente simples y proporcionar un método comercial económico.

Se escogió el ácido maleico como materia prima en vista de su relación estructural con el ácido tartárico. Investigando los agentes oxidantes para una oxidación e hidrólisis combinadas, se encontró que el peróxido de hidrógeno es el mejor. La reacción más favorable ocurre cuando una solución acuosa de ácido maleico se calienta con una solución de peróxido de hidrógeno al 35% en presencia de 0.5% de ácido tungstíco como catalizador. Empleando una relación molar de reactivos de 1.5 a 1 y una tempera-

tura de 80-100°C se obtiene un alto rendimiento de ácido tartárico racémico, representando un 95% del maleico consumido.

Este método sintético ofrece buenas posibilidades para un proceso comercial, en vista de su aprovechabilidad y el bajo costo de las materias primas, simplicidad de las operaciones, utilización de equipo normal, rendimientos prácticamente cuantitativos, sin formación de subproductos y una alta calidad del producto. Basándose en éstos resultados se ha sugerido un proceso para la síntesis del ácido tartárico.

Estudio Previo. - Los materiales iniciales empleados en las investigaciones preliminares de la síntesis del ácido tartárico han sido carbohidratos de varios tipos, los ácidos maleico y fumárico y en pocos casos el furfuraldehído.

Los carbohidratos se han oxidado con ácido nítrico, generalmente con catalizador de vanadio, o por oxígeno gaseoso bajo diversas condiciones de presión y temperatura. Los mejores rendimientos para éste método no exceden del 40% y con subproductos. - Las oxidaciones de furfuraldehído reportan rendimientos del 45% de ácido tartárico y con subproductos.

La oxidación de los ácidos maleico y fumárico se ha investigado también, mediante diversos catalizadores tales como: -- permanganato alcalino, ácido hipocloroso y tetróxido de omio.

Investigaciones Preliminares. - Los agentes oxidantes investigados para la hidroxilación del ácido maleico fueron los siguientes: ácido nítrico, ácido hipocloroso, permanganato de potasio, peróxido de hidrógeno acuoso y oxígeno gaseoso en presen--

cia de un catalizador.

Esencialmente se empleó el mismo equipo para todas las reacciones de hidroxilación con los agentes anteriores. Una vez terminada la reacción, la mezcla se analizó y se determinó los rendimientos. En la tabla siguiente se muestran las condiciones empleadas y los rendimientos obtenidos bajo cada agente oxidante, así como el catalizador empleado en cada caso.

Hidroxilaciones de los ácidos maleico y fumárico.

	HNO ₃	HClO	KMnO ₄	O ₂ aq	H ₂ O ₂
Concn. de reactivo, %.	50	10	6.5	200 $\frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$	5.0
Concn. de ácidos:					
Maleico	30	5		25	5.6
Fumárico			8		
Temp., °C.	80	10-100	10-80	105	20-100
Catalizador	V ₂ O ₅	ninguno	ninguno	WO ₃	WO ₃
pH	1.0	3.5-7.0	9.6	2.5	6.0
Tiempo, hrs.	5	1	12	8	300
Rendimiento %,	Nada	19	23	Trazas	28
Subproductos %	56	indef.	14	90	63

Los subproductos formados son: fumárico con el ácido -- nítrico, oxálico con el permanganto y maleico con el oxígeno -- acuoso y el peróxido de hidrógeno.

DISCUSION DE RESULTADOS PRELIMINARES

1) Reacción con ácido nítrico. - La posibilidad de reacción del ácido nítrico y el maleico fue examinada empleando vanadio como catalizador. La reacción fue muy leve y el desprendimiento de vapores café del óxido cesó muy rápidamente. Se investigaron los efectos de la temperatura sobre un rango de 80-100°C y concentraciones de ácido nítrico de 30-50 %. Bajo óptimas condiciones sólo unas trazas de ácido tartárico se obtuvieron.

2) Reacción con ácido hipocloroso. - No obstante que se sabía que los ácidos tartáricos podían prepararse de las clorhidrinas de los ácidos maleico y fumárico, ninguna información se tenía acerca del rendimiento. El mejor rendimiento obtenido en esta investigación fue menor del 20%. Se demostró que la presencia del ión cloruro en la solución tiende a reducir la formación de clorhidrina y a menudo favorece la dicloración, razón por la cual se tiene un bajo rendimiento.

3) Reacción con permanganato alcalino. - Esta reacción se efectuó bajo el método de Tanatar, empleando permanganato de potasio y resultando una mezcla de ácidos. No obstante, el rendimiento del ácido tartárico obtenido fue más alto que en las oxidaciones anteriores. Se estudió el efecto del pH y se encontró que había rendimientos más altos con el aumento del pH.

4) Oxidación catalítica con oxígeno gaseoso en solución acuosa. - Dado que el peróxido de hidrógeno ha dado resultados favorables para la hidroxilación del ácido maleico se decidió intentar una reacción similar, usando oxígeno gaseoso en solución acuosa.

sa y en presencia de un catalizador, con objeto de preparar el peróxido de hidrógeno durante la reacción. Un primer intento se -- realizó en fase vapor, pero no se obtuvieron trazas del compuesto hidroxilado. Añadiendo el oxígeno bajo presión a una solución de ácido maleico con una variedad de catalizadores, tampoco se obtuvo reacción alguna. Un estudio sistemático de ésta reacción se -- llevó a cabo para obtener una información completa acerca de las -- óptimas condiciones y lograr los más altos rendimientos posibles, mediante la hidroxilación del ácido maleico con peróxido de hidrógeno.

5) Reacción con peróxido de hidrógeno. - Este agente hidroxilante tiene la ventaja sobre la mayoría de los agentes oxidantes debido a que no da productos de oxidación posterior. Usando ácido tartárico como catalizador, el peróxido de hidrógeno -- reacciona rápidamente con el ácido maleico. En solución neutra se produce un compuesto epóxico intermedio, que por hidrólisis ácida forma el hidroxiácido.

Estudio detallado de la reacción con peróxido de hidrógeno. - Se efectuó la reacción empleando una solución acuosa de -- ácido maleico y tugstato de potasio como catalizador. A la mezcla en agitación se añadió una cantidad determinada de peróxido -- de hidrógeno al 35% y se mantuvo la temperatura requerida durante cierto tiempo. Cuando no se detectaba peróxido de hidrógeno en -- la solución, mediante la prueba del yodo, la reacción era considerada completa. Al final de la reacción se detectó ácido tartárico y otros productos.

Variables de la reacción.- El efecto del catalizador - en la hidroxilación del ácido maleico con peróxido de hidrógeno, - se muestra en la siguiente tabla:

Cataliza dor.	Concn. Cat. %	Concn. H ₂ O ₂ %	Concn. Maleico %	Maleico H ₂ O ₂	Temp. °C	pH	Rend. %
Ninguno	...	15	50	1	51	1.0	5.0
	...	8	50	2	68	1.0	6.4
WO ₃	0.2	15	50	1	51	1.0	26
	0.4	15	50	1	51	1.0	66
	0.4	8	50	2	68	1.0	84
	0.5	15	50	1	51	1.0	64
	0.7	15	50	1	51	1.0	67
	1.2	15	50	1	51	1.0	67
	1.0	15	50	1	100	1.0	62
MO ₃	1.0	12	38	1	62	2.7	70
	1.0	8	20	1	65	1.0	79
WO ₃ recig cul..	1.0	10	30	1.5	65	1.0	83
	1.0	17	40	1	60	1.0	65

El porcentaje de catalizador empleado se basa en el peso del ácido maleico empleado y el rendimiento se basa en el ácido maleico teórico.

En la tabla anterior se observa que hay un marcado incremento en el rendimiento cuando se emplea óxido tungsticio y sin catalizador el rendimiento es muy bajo. El ácido molibdico da resultados similares al óxido tungsticio.

Los efectos de la cantidad de óxido tungstico presente - en relación al peróxido de hidrógeno y ácido maleico, se muestran gráficamente en la figura No. 2. En ésta figura la relación de catalizador se expresa en partes de WO_3 por cada cien partes de ácido maleico, o en gramos de WO_3 por gramos mol de peróxido de hidrógeno. Las condiciones de la reacción fueron: Relación molar de reactivos 1.0: pH de la solución 1.0 y temperatura de $51^\circ C$.

El rendimiento del ácido tartárico aumenta rápidamente - con el aumento de catalizador hasta un 0.4%, con relación al peso del ácido maleico y después de éste porcentaje las adiciones de catalizador no muestran un efecto apreciable.

El óxido tungstico que permanece en la solución después de la cristalización del ácido tartárico, retiene su actividad catalítica tal como se muestra en la siguiente tabla:

Expt. No.	Concn. H_2O_2 %	Concn. ácido maleico g-mol/1000 ml soln	Tartrato rend %
1	26	6.25	68
2	21	5.00	69
3	15	4.10	75
4	10	2.80	73
5	7.5	2.10	72
6	3	0.80	68

Los cálculos del rendimiento se basan en el peróxido de hidrógeno teórico consumido. Las condiciones de la reacción fue-

FIG 2 EFECTO DEL CATALIZADOR

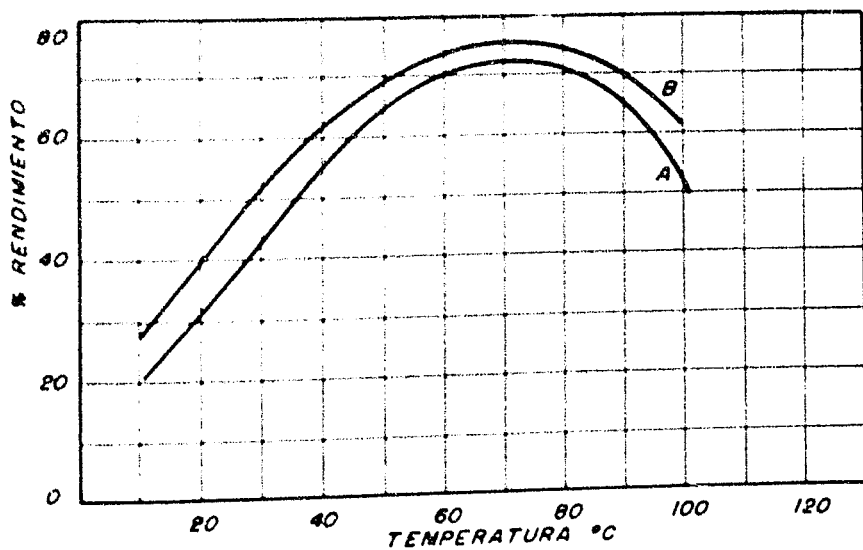
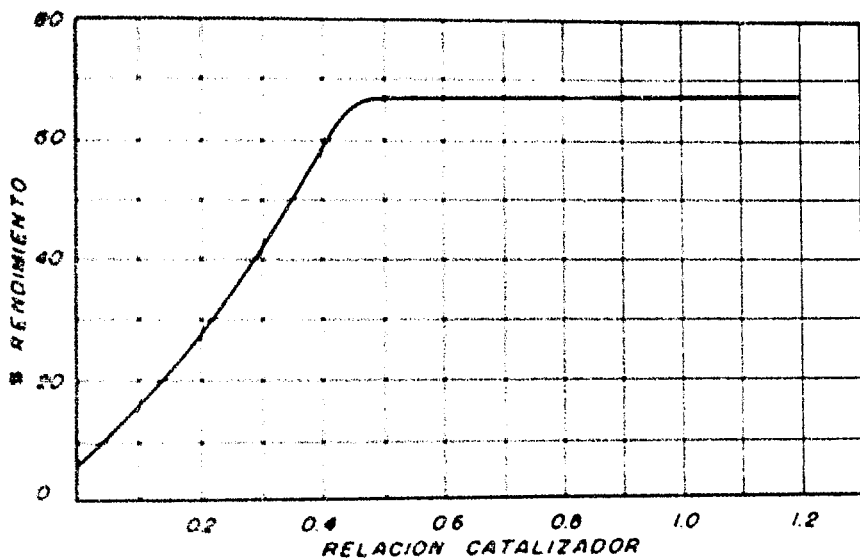


FIG 3 EFECTO DE LA TEMPERATURA

ron: Relación molar de reactivos 1; Relación de catalizador 1% -- H_2O_2 del peso del ácido maleico; temperatura de 57°C ; pH de la solución 1 y el tiempo de reacción fue de 10 horas.

La temperatura tiene un marcado efecto en el rendimiento del tartrato, como se muestra en los resultados graficados en la figura No. 1. Los resultados dados por la curva A se obtuvieron de soluciones de maleato de potasio neutro, mientras que los de la curva B se obtuvieron de soluciones de ácido maleico. Ambas curvas siguen el mismo curso, con un aumento constante en el rendimiento con el aumento de la temperatura. La óptima temperatura es de $60-80^\circ\text{C}$. El hecho de que los resultados de la curva B estén consistentemente arriba de los de la curva A, se debe al efecto del pH y de la concentración sobre el rendimiento, ya que B era de menor pH y mayor concentración que A.

Las condiciones para ésta reacción fueron: Relación molar de reactivos 1.0 en A y B; concentración del peróxido de 3% en A y 15% en B; concentración de ácido maleico 0.8 M en A y 4.2M en B; pH de la reacción 6.0 en A y 1.0 en B; relación de catalizador del 1% en ambos casos.

Empleando ácido maleico libre, maleato ácido de potasio, maleato de potasio neutro o un exceso de hidróxido de potasio con la sal neutra como material inicial para ser hidroxilado, el pH de la reacción se varió bajo temperatura constante. En la figura No. 4 se muestra el efecto del pH sobre los rendimientos del tartrato. Incrementando la acidez da por resultado un aumento constante del rendimiento del tartrato, mientras que una alta alcalinidad muestra un marcado decrecimiento.

FIG. 4 EFECTO DEL PH EN LA REACCION

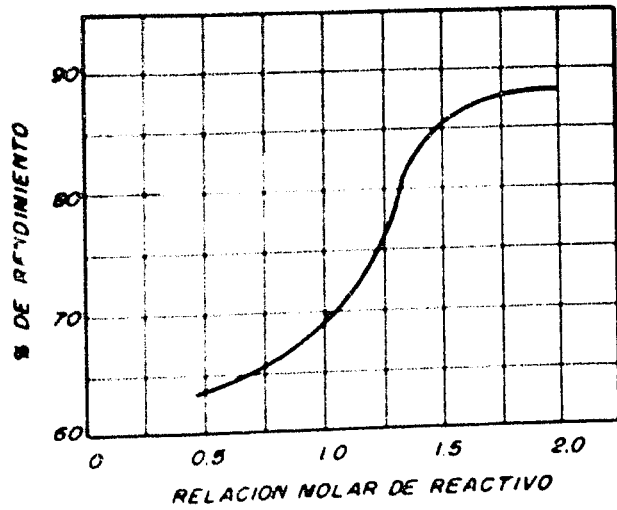
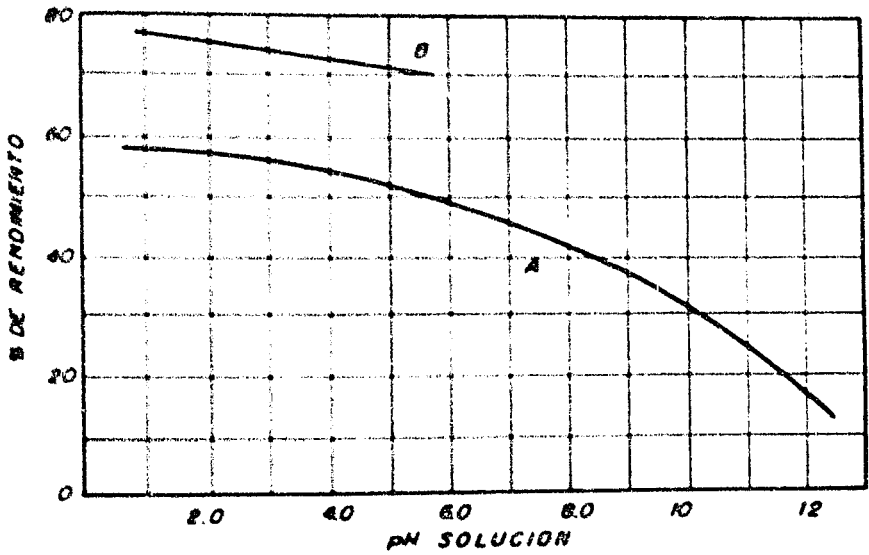


FIG. 5 EFECTO DE LA RELACION MOLAR

Las condiciones establecidas para la reacción fueron: Relación molar de reactivos de 1.0 en A y B; concentración del peróxido del 1% en A y 15% en B; concentración de ácido maleico de -- 1.0M en A y 4.2M en B; temperatura de 45°C en A y 70°C en B y relación de catalizador del 1% en ambos casos.

La figura No. 5 muestra la importancia de las relaciones molares de reactivos para un óptimo rendimiento del ácido tartárico. Un exceso del peróxido de hidrógeno sobre la cantidad estequiométrica requerida tiene poco efecto en el rendimiento, pero -- un exceso del ácido maleico aumenta el rendimiento del tartrato -- en forma considerable. El rendimiento, basado en la teoría del -- reactivo mínimo, aumenta en forma constante con el incremento de la relación molar del ácido de 1 a 1.5, pero cantidades posteriores de ácido tienen sólo un pequeño efecto. Para óptimas condiciones un exceso del 50% de ácido maleico es aconsejable.

Las condiciones para ésta reacción fueron: pH de la solución 2.7; temperatura de 68°C; concentración de peróxido 10% y -- concentración de ácido maleico 3.5M.

Siguiendo el curso de la reacción para la relación de -- consumo de peróxido de hidrógeno, es evidente según los resultados expresados en la tabla siguiente, que la mayor parte de la -- reacción tiene lugar rápidamente; más del 90% del peróxido se consume dentro de las 2 ó 3 primeras horas. Esto es de considerable importancia para la utilización de éste método comercial en la -- producción del ácido tartárico.

Velocidad de hidroxilación del ácido maleico.

Tiempo empleado horas	H ₂ O ₂ %	
	pH = 1.0	pH = 2.7
0	100	100
0.5	62.0	40.0
1.0	41.0	24.0
2.0	19.5	12.7
4.0	5.6	11.1
6.0	2.4	8.6
8.0	1.4	6.2
10.0	Completa	4.0
14.0		Completa

La tabla se basa en la velocidad de consumo del peróxido de hidrógeno, bajo las condiciones siguientes: Solución de ácido maleico al 10%, peróxido de hidrógeno al 35%, relación molar 1.5- a 1 y temperatura de 70°C.

Ventajas de la hidroxilación con peróxido. - Esta reacción ofrece buenas posibilidades para un método simple de producción de ácido tartárico racémico. La hidroxilación es esencialmente libre de reacciones adjuntas y se obtiene un producto de alta calidad, sin requerir purificación. Se produce ácido racémico que tiene la más baja solubilidad de todos los ácidos tartáricos y por consiguiente se puede separar fácilmente.

Otra ventaja importante que ofrece éste método es la recirculación del catalizador, ácido tungstico, el cual retiene su

actividad y permite ser usado varias veces. Se prefirió el ácido tartárico como catalizador en concentraciones de 0.5%, basadas en el peso del ácido maleico presente.

La temperatura de 70°C ofrece las más altas conversiones y rendimientos. La concentración de los reactivos tiene poco o ningún efecto sobre el rendimiento del ácido tartárico; no obstante, los mejores resultados se obtuvieron cuando se empleó ácido maleico en solución al 10% y el peróxido de hidrógeno al 35%. Un exceso del 50% de ácido maleico sobre la cantidad estequiométrica da un mejor rendimiento del ácido tartárico. La reacción es rápida y un 90% del peróxido de hidrógeno reaccionó en las 2 ó 3 primeras horas, sin embargo se requirió de un mínimo de 10 horas.

PROCESO COMERCIAL PROPUESTO

El proceso que se propone se basa en los resultados y experiencias desarrolladas durante la investigación de James M. Church y Ruth Blumberg. No obstante que se sugiere un proceso intermitente, también es factible un método continuo si el volumen de producción lo justifica. La reacción requiere de 10 horas, pero se tiene un 90% de conversión durante las 2 ó 3 primeras horas, por lo que se puede efectuar un método continuo.

Debido a la alta acidez de la mezcla reaccionante y la tendencia de las sales metálicas a descomponer el peróxido de hidrógeno catalíticamente, se recomienda el uso de reactores de aluminio o vidriados. Como el ácido tartárico se usa en alimentos y drogas, es esencial una pureza de alta calidad, por lo que se requiere equipo no corrosivo.

Como se muestra en el diagrama de flujo, figura No. 6, - el ácido maleico se disuelve primero para formar una solución al 10% de concentración y el peróxido de hidrógeno se agrega en su forma comercial al 15%. También se agrega la solución catalizada de tungstato de potasio diluido, en cantidad suficiente para proveer un 0.5% de óxido tungstácico con respecto al peso del maleico empleado. La cantidad de reactivos está en relación de 1.5 moles de maleico por mol de peróxido, teniéndose así un exceso del 50% en el maleico.

Se mantiene una temperatura de 70°C durante la reacción, suministrando vapor a la chaqueta del reactor. El reactor va provisto de un agitador del tipo convencional, un control-registrador de temperatura y un registro de muestras. Cuando se ha efectuado el consumo total del peróxido, se puede decir que la reacción está por finalizar. La mezcla reaccionante se lleva a la temperatura de reflujo para asegurar una completa hidrólisis del compuesto epoxi intermedio.

Continuando la reacción, la mezcla se enfría y se descarga a un cristalizador, donde se enfría a baja temperatura, 5°C, - hasta obtener una completa cristalización del ácido. El producto se envía a una centrifuga donde los cristales de ácido tartárico se eliminan del filtrado y se lavan con una pequeña cantidad de agua fría. Se pasa a un secador rotatorio continuo, para obtener una humedad del 3 %.

El producto obtenido es de una calidad suficientemente alta, no requiriendo purificaciones posteriores para su uso comercial en drogas y alimentos.

El filtrado se recircula al primer reactor, donde se agregan las cantidades correspondientes al maleico reaccionado y la respectiva cantidad de peróxido de hidrógeno. El catalizador retiene su actividad y puede recircularse varias veces antes de que se requiera una cantidad nueva. El catalizador se puede regenerar precipitándolo con ácido clorhídrico y redisolviéndolo en un álcali diluido.

DIAGRAMA DE FLUJO

- 1.- Tanque de ácido maleico al 30%.
- 2.- Tanque de peróxido de hidrógeno al 35%.
- 3.- Depósito de óxido tungstico.
- 4.- Tanque de hidróxido de potasio al 40%.
- 5.- Tanque de solución catalizadora.
- 6.- Batería de tres reactores.
- 7.- Hidrolizador con condensador de reflujo.
- 8.- Cristalizador.
- 9.- Centrífuga.
- 10.- Secador.
- 11.- Almacén de ácido tartárico puro.
- M.- Línea de ácido maleico.
- A.- Línea de agua.
- V.- Línea de vapor.
- E.- Enfriador.

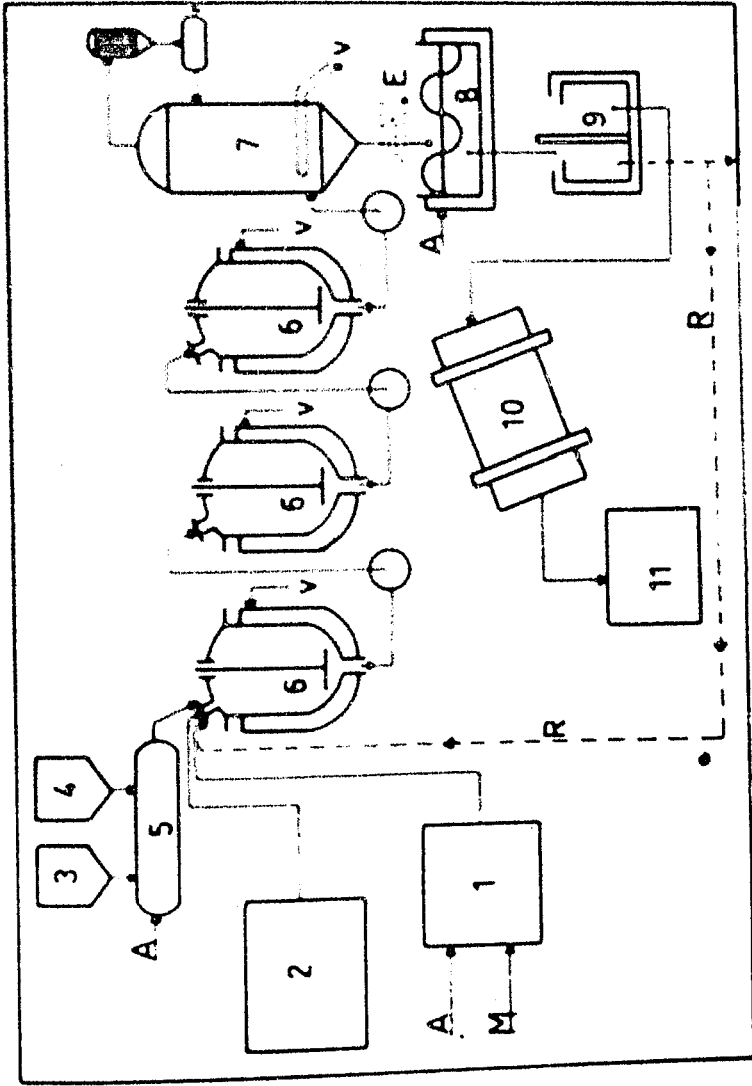


FIG. 6 DIAGRAMA DE FLUJO

DISEÑO DE EQUIPO

CAPACIDAD DE LA PLANTA

Antes de efectuar los balances de material y de energía-- así como la estimación del equipo propuesto, es necesario determinar la capacidad de la planta.

Entre los diversos factores que influyen en la determinación del tamaño de una planta, son de gran influencia el volumen del mercado disponible y la factibilidad de la materia prima.

Para el presente caso, ya que el ácido maleico es la materia prima principal y se importa en su totalidad y los demás productos se pueden conseguir con relativa facilidad, queda como punto principal el volumen del mercado, el cual fue analizado anteriormente. Las importaciones del ácido tartárico fijan claramente el mercado en México y por consiguiente la capacidad de la planta.

Si bien es cierto que por el momento, las importaciones del ácido tartárico exceden las mil toneladas anuales y que su consumo va en continuo aumento, no sería prudente diseñar una planta con una capacidad mayor a la de la estimación del consumo de ácido tartárico en los próximos años, la cual fue de 1 400 toneladas -- anuales; asegurando en esta forma un margen que permitirá la estabilidad económica de la empresa.

Sin embargo, el edificio deberá construirse con la suficiente amplitud, en previsión de futuras ampliaciones, dado que el consumo dentro de los próximos cinco años puede aumentar en forma considerable y rebasar el límite fijado. Por consiguiente, la capacidad de la planta queda establecida en 1 400 toneladas anuales de ácido tartárico.

Balanza Total:

Acido Maleico reaccionado:	127.6 Kg/hr
Peróxido de Hidrógeno reaccionado:	37.4 Kg/hr
Acido Tartárico obtenido:	165.0 Kg/hr
Acido Maleico recirculado:	239.4 Kg/hr
Peróxido de Hidrógeno no reaccionado:	4.1 Kg/hr

1.- TANQUE DE ACIDO MALEICO AL 30%

Este tanque es suministrado de Acido Maleico proveniente de un tanque báscula y del volumen de agua necesario para obtener una solución al 30%.

Al arrancar la planta se requerirán 367 Kg/hr de Acido-Maleico, pero una vez estabilizada sólo se necesitarán 127.6 Kg/hr por lo que el tanque de almacenamiento se calculará para ésta cantidad.

Cantidad de Acido Maleico	= 127.6 Kg/hr
Agua en la soln. al 30%	= 297.7 Kg/hr
Densidad de Acido Maleico	= 1.6 Kg/hr
Volumen del Acido Maleico	= 79.1 lt/hr
Volumen del Agua	= 297.7 lt/hr
Volumen de la soln al 30%	= <u>376.8 lt/hr</u>

Se va a almacenar en un tanque cilíndrico, con una capacidad para tres días de trabajo.

$$\text{Volumen de tres días: } 27\ 130 \text{ lt} = 27.13 \text{ mt}^3$$

$$\text{Dimensiones del recipiente: } L = 1.5D$$

$$V = 0.785D^2L = 1.18D^3$$

$$\text{de donde: } D = \sqrt[3]{\frac{27.13}{1.18}} = 2.84 \text{ mt}$$

$$L = 2.84 \times 1.5 = 4.26 \text{ mt}$$

Operando bajo un margen de seguridad de 25%:

$$\underline{D = 1.55 \text{ mt}}$$

$$\underline{L = 5.15 \text{ mt}}$$

2.- TANQUE DE PEROXIDO DE HIDROGENO AL 35%

Este tanque debe ser de aluminio y contiene peróxido de hidrógeno en su forma comercial al 35%. Se requerirá siempre de 41.5 Kg/hr. pues el peróxido no reaccionado se descompone al final de la reacción.

Cantidad de Peróxido de Hidrógeno = 41.5 Kg/hr

Cantidad de Agua en soln. al 35% = 77.1 Kg/hr

Densidad de la solución al 35% = 1.13 Kg/lt

Volumen de la solución al 35% = 105 lt/hr

Se va a almacenar en un tanque cilíndrico, con capacidad para tres días de trabajo.

Volumen de tres días: 7 560 lt = 7.56 mt³

Dimensiones del recipiente: L = 1.5D

$$V = 0.785 D^2 L = 1.18D^3$$

$$\text{de donde: } D = \sqrt[3]{\frac{7.56}{1.18}} = 1.86 \text{ mt}$$

$$L = 1.86 \times 1.5 = 2.79 \text{ mt}$$

Operando bajo un margen de seguridad de 25%

$$\underline{D = 2.35 \text{ mt}}$$

$$\underline{L = 3.50 \text{ mt}}$$

5.- TANQUE DE SOLUCION CATALIZADORA AL 1%

Siendo la cantidad de catalizador necesario del 0.5% -- del peso de Acido Maleico presente, éste tanque será diseñado para

la cantidad de catalizador que se requiere durante el proceso, -- que es inicialmente de 6 horas, pues después se recirculará, pudiéndose emplear durante un día de trabajo o sean cuatro veces -- aproximadamente.

Cantidad de NO_2 = 1.84 Kg/hr

Cantidad de KOH = 0.92 Kg/hr

El hidróxido de potasio empleado se encuentra en forma de solución al 40%. (preparada anteriormente), de manera que al disolverse con el NO_2 en agua, no produzca mucho calor.

Densidad del KOH al 40% = 1.4 Kg/lt

Densidad del NO_2 = 7.2 kg/lt

Cantidad de KOH al 40% = 2.35 Kg/hr

Volumen del KOH al 40% = 1.68 lt/hr

Volumen de NO_2 = 0.25 lt/hr

La solución catalizadora tendrá una concentración del 1% en peso y por lo tanto:

Cantidad total de catalizador = 2.76 Kg/hr

Cantidad de solución al 1% = 276 Kg/hr

Dado que la solución es muy diluída, se puede considerar como si fuera agua y el volumen será:

Volumen de solución catalizadora = 276 lt/hr

Volumen para un día de trabajo: $276 \times 6 = 1\ 656$ lt

Dimensiones del tanque: $L = 1.5D$

$V = 0.785D^2L = 1.18D^3$

de donde: $D = \sqrt[3]{\frac{1.656}{1.18}} = 1.12$ mt

$L = 1.12 \times 1.5 = 1.68$ mt

Operando bajo un margen de seguridad de 25%.

$D = 1.10 \text{ m}$

$L = 2.10 \text{ m}$

1.4.- ALMACEN DE CATALIZADORES

Debido a que las cantidades de catalizador empleadas en la reacción son muy pequeñas, los recipientes para contener el MnO_2 y el KOH al 40% serán muy pequeños. El recipiente para contener el Oxido Tétrapotásico será un tanque báscula pequeño, que irá dosificando la cantidad necesaria de éste, para un día de trabajo. El recipiente del KOH al 40% será un poco mayor, ya que se preparará esta solución y luego se dosificará al tanque de la solución catalizadora, que debe ser agitado.

6.- REACTORES

Los reactores son de acero inoxidable, forrados de vidrio (Glasteel), con el objeto de obtener un producto de alta pureza, sin contaminación metálica.

Para calcular el volumen del reactor, se requiere saber la cantidad alimentada y el tiempo de residencia.

Alimentación:

Cantidad de Acido Maleico alimentado:	367	Kg/hr
Cantidad de Agua en la soln. al 30% :	856	Kg/hr
Volumen del Acido Maleico al estado:	229.4	lt/hr
Volumen del agua en la soln. al 30% :	<u>856.0</u>	<u>lt/hr</u>
Volumen del Acido Maleico al 30% :	1085.4	lt/hr
Volumen de Peróxido de Hidrógeno :	105.0	lt/hr
Volumen de solución catalizadora :	<u>276.0</u>	<u>lt/hr</u>
Volumen total de alimentación :	<u><u>1466.4</u></u>	<u><u>lt/hr</u></u>

Tiempo de residencia:

De las experiencias de James M. Church, se tienen los - datos de la tabla siguiente, en que se muestra el consumo de peróxido de hidrógeno y el tiempo empleado para su consumo. Se operó a 70°C. con un pH de 1.0 y se parte de la base de 1 mol de peróxido de hidrógeno.

Tiempo, hrs.	% Conv. H_2O_2	Conc. g-mol
0	0	1.000
0.5	38	0.620
1.0	59	0.410
2.0	80.5	0.195
4.0	94.4	0.056
6.0	97.6	0.024
8.0	98.6	0.014
10.0	100	0.000

Se sabe que: $r = -dc/d\theta = kc^n$; donde r es la velocidad de reacción, k es la constante de velocidad de reacción, C es la concentración en un instante dado y n es el orden de la reacción.

Para dos diferentes concentraciones:

$$- \frac{dc}{d\theta} = kc^n \quad - \frac{dc'}{d\theta} = kc'^n$$

tomando logaritmos:

$$n = \frac{\log(-dc/d\theta) - \log(-dc'/d\theta)}{\log C - \log C'}$$

Para determinar $dc/d\theta$ se considera la relación de cam--

de en la concentración sobre un intervalo apreciable de tiempo, -
 p. e. j. $\Delta C / \Delta t$, se mide y se asume que es dc/dt , correspondiendo
 al valor medio de C en el intervalo considerado. Para los datos
 anteriores se obtuvo:

$-dc/dt$	$\log (-dc/dt)$	C	$\log C$
0.7600	- 0.12	0.810	- 0.09
0.4200	- 0.38	0.510	- 0.30
0.2150	- 0.67	0.302	- 0.52
0.0695	- 1.16	0.125	- 0.90
0.0160	- 1.80	0.040	- 1.40
0.0050	- 2.31	0.019	- 1.72
0.0070	- 2.16	0.007	- 2.16

Sustituyendo en la ecuación para calcular el orden de -
 reacción:

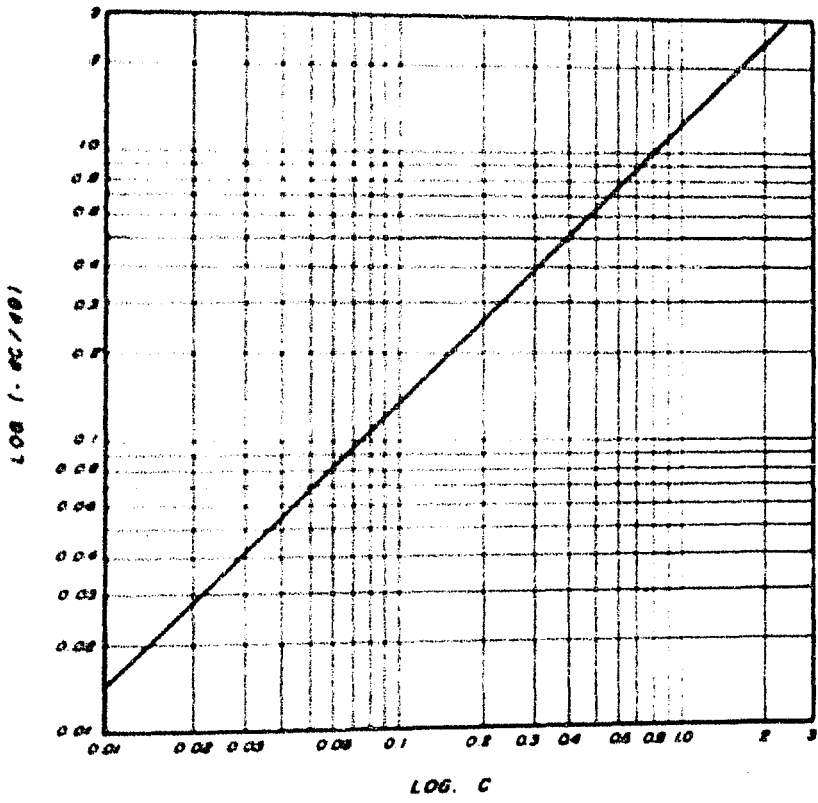
$$n = \frac{0.38 - 0.12}{0.30 - 0.09} \approx 1; \quad n = \frac{0.67 - 0.38}{0.52 - 0.30} \approx 1$$

El orden de la reacción será 1. También se puede obte-
 ner gráficamente: si se trazan los valores del $\log C$ contra el --
 $\log (-dc/dt)$, en papel logarítmico, se obtendrá una recta cuya --
 pendiente es el orden de la reacción y la intersección con el eje
 de las ordenadas representa el $\log k$. En la Fig. 7 se muestran -
 estos valores, obteniéndose:

$$\log k = 0.012$$

$$k = 0.76$$

FIG. 7 GRAFICA DE ORDEN DE REACCION



Para efectuar el método de obtención en forma continua se debe tener una conversión del 90%, por lo que el tiempo de residencia será:

Como la reacción es de primer orden:

$$\frac{dC}{dt} = kC; \text{ integrando: } \theta = \frac{2.1}{k} \log C$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$\theta = \frac{2.1}{0.76} \log (0.1) = \underline{\underline{1 \text{ horas}}}$$

Se dispondrá de una batería de tres reactores, por lo que el tiempo de residencia en cada reactor será de 1 hora.

Sabemos que $V_r = F\theta$: donde V_r es el volumen del reactor F es el volumen de la alimentación y θ es el tiempo de residencia por lo que:

$$V_r = 1.4664 \times 1 = 1.4664 \text{ mt}^3/\text{reactor}$$

Dimensiones del reactor: $L = 1.8D$

$$V = 0.785D^2L = 1.41D^3$$

$$\text{de donde: } D = \sqrt[3]{\frac{1.4664}{1.41}} = 1.01 \text{ mt}$$

$$L = 1.01 \times 1.8 = 1.82 \text{ mt}$$

Operando bajo un margen de seguridad de 30%.

$$\underline{\underline{D = 1.30 \text{ mt}}}$$

$$\underline{\underline{L = 2.35 \text{ mt}}}$$

El volumen del reactor para éstas condiciones será de -
500 galones apr. fundamento.

Balanza de calor en el reactor:

Calor de formación del Ac. Tartárico = - 306 Kcal/g mol

Calor requerido = 117 000 Kcal/hr

Volumen del reactor = 500 gal

La superficie de la chaqueta del reactor está tomada de folletos de diseño (11), siendo para éste caso de 68.5 ft² ó - - 6.37 m².

Sabemos que $Q = UA \Delta T$.

Cálculo de U:

L = long. de la paleta del agitador = 1.5 ft = 0.4575 mt

N = 150 rpm = 9000 rph

d = 69 lb-ft³ aprox.

$\mu = 0.46 \times 2.24 = 1.16$ lb/ft-hr aprox.

C = 0.75 BTU/lb-°F aprox.

k = 0.23 BTU/hr-ft²-°F aprox.

Calculando el Reynolds:

$$Re = \frac{L^2 Nd}{\mu} = 120\ 000$$

En gráficas de Re vs j, para chaquetas (20):

$$j = 1000 \frac{hD}{k} (C\mu/u)^{-1/3} (\mu/\mu)^{-0.14}$$

La relación de viscosidades se puede considerar como 1.

D es el diámetro del reactor, que para éste caso es de 1.3 mt.

Despejando h_j tenemos:

$$h_j = j \frac{k}{D} (C\mu/k)^{1/3} = 91 \text{ BTU/hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

Por el vapor que va en la chaqueta, podemos considerar -
que $h_{oi} = 1000 \text{ BTU/hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$.

$$U_c = \frac{h_2 h_{oi}}{h_2 + h_{oi}} = 81.5 \text{ BTU/hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

Para éste caso, tenemos un factor de suciedad de 0.005,
de donde:

$$hd = \frac{1}{R_d} = 200$$

$$U_d = \frac{U_c hd}{U_c + h_d} = 590 \text{ BTU/hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F} = 880 \text{ Kcal/hr-m}^2\text{-}^\circ\text{C}$$

Sustituyendo en la ecuación del calor:

$$T = \frac{117,000}{880 \times 6.37} = 60^\circ\text{C}$$

Ya que la reacción ocurre a 70°C , la temperatura del va-
por es de 130°C .

Cantidad de vapor necesario:

$$Q = m \lambda$$

$$\lambda = 934.5 \text{ BTU/lb a } 130^\circ\text{C}$$

$$m = 31,460 \text{ Kg/hr}$$

7.- HIDROLIZADOR

Este aparato es un calentador, donde el compuesto epóxi-
do intermedio se hidroliza con el agua que viene en la reacción -
y forma el ácido tartárico. Este calentador tiene un hato de tu-
bos horizontales en la parte inferior y es calentado por vapor de
agua hasta la temperatura de reflujo, que es de 195°C . Lleva ad-
emás un condensador de reflujo, donde se condensa la masa eva-
porada que se supone un 10%.

Cilind. requerido: $Q = MC\Delta T + m\lambda$

$M = 1620 \text{ Kg/hr} = 3564 \text{ lb/hr}$ alimentadas de solución

$C = 0.75 \text{ BTU/lb-}^\circ\text{F}$ aprox.

$\Delta T = 195^\circ - 70^\circ = 125^\circ\text{C} = 225^\circ\text{F}$

$m = 162 \text{ Kg/hr} = 356.4 \text{ lb/hr}$ evaporadas

$\lambda = 841.1 \text{ BTU/lb}$ a 195°C

$Q = \underline{901,195 \text{ BTU/hr}}$

Se dispone de vapor de agua a 240°C , para calentar la solución de 70°C a 195°C . El hidrolizador tendrá tubos de 1" de diámetro y 5' de largo, 14 BWG; con un espacio entre baffles de 7" y 2 pasos de tubos.

$G_s = M/a_s$, siendo G_s la masa velocidad de la solución, M la cantidad de solución y a_s el área disponible.

$a_s = ID \times C' B / 144 P_c$

$ID = 1"$ de diámetro del hidrolizador = 1.83 mt

$C' =$ claro entre tubos = 0.25

$B =$ espacio entre baffles = 7 pulg.

$P_c =$ arreglo triangular 1.25 pulg.

$a_s = 0.70 \text{ ft}^2$

$G_s = 3564/0.7 = 5091.4 \text{ lb/hr-ft}^2$

$\mu = 0.014 \times 2.42 = 0.034 \text{ lb/ft-hr}$ a 195°C (aprox.)

$D_o = 0.72/12 = 0.06'$ (de tablas)

Calculando el Reynolds:

$Re = \frac{DG_s}{\mu} = 8985$

En gráficas de Re vs J_D , para calentadores:

$J_D = 15 = \frac{k}{hD_o} (C\mu/k)^{-1/3} (\mu/\mu_o)^{-0.14}$

La relación de viscosidades se puede considerar como 1.
 $k = 0.120 \text{ BTU/hr-ft}^2$ a 195°C (aprox.)

Despejando h_0 tenemos:

$$h_0 = 2h \frac{k}{D_0} (C_p \mu / k)^{1/3} = 43 \text{ BTU/hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

Para éste caso se tienen que $h_{i0} = 1500$, con un factor-
de suciedad de 0.002.

$$U_c = \frac{h_0 h_{i0}}{h_0 + h_{i0}} = 42 \text{ BTU/hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

$$h_d = \frac{1}{8d} = 500$$

$$U_d = \frac{U_c h_d}{U_c + h_d} = 38.7 \text{ BTU/hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

Sabemos que: $Q = U_A \Delta T$

$$Q = 901,195 \text{ BTU/hr}$$

$$U = 38.7 \text{ BTU/hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

$\Delta T = 173^\circ\text{F}$ (media logarítmica)

$$A = 135 \text{ ft}^2$$

$$\text{Número de tubos} = \frac{135}{5 \times 0.2618} = 103$$

Cantidad de vapor: $Q = m \lambda$

$$\lambda = 950 \text{ BTU/lb a } 240^\circ\text{C}$$

$$m = 948.5 \text{ lb/hr} = 431.1 \text{ Kg/hr}$$

CONDENSADOR DE REFLUJO

Se supone que se evapora el 10% de la solución y que es
un componente puro (agua).

$$Q = m \lambda = 299,769 \text{ BTU/hr} = 75,542 \text{ Kcal/hr}$$

Se dispone de un condensador 1-2 horizontal. El agua --

entra a 20°C y sale a 60°C. Se emplean tubos de 3/4" de diámetro y 3' de largo, 16 BWG, con arreglo triangular 15/16 pulg.

$$\text{Se tiene que: } Q = UA\Delta T$$

$$\text{Asumiendo que } U = 100$$

$$\Delta T = 215^\circ\text{F (media logarítmica)}$$

$$A = 11.32 \text{ ft}^2$$

$$\text{Número de tubos} = \frac{11.32}{3 \times 0.1963} = 23 \text{ tubos}$$

De tablas se obtiene que se dispone de un condensador - de 4 pasos, con 26 tubos de 3/4" de diámetro, con un diámetro interior de la chaqueta de 8 pulg.

$$\text{Area de flujo} = a_c = 26 \times 0.302/144 \times 4 = 0.0136 \text{ ft}^2$$

$$\text{Masa velocidad} = G_c = 3564/0.0136 = 261\,900 \text{ lb/hr-ft}^2$$

$$\text{Velocidad} = V = 261\,900/3600 \times 62.5 = 1.15 \text{ ft/seg}$$

En gráficas con el diámetro interior del tubo y la velocidad, se tiene que: $h_1 = 330$, para una temperatura promedio de - 86°F en la condensación. Corrigiendo el coeficiente:

$$h_{10} = h_1 \times 10^{-0.05} = 273$$

$$\text{Asumiendo } h_o = 200$$

$$U_c = \frac{h_{10}h_o}{h_{10} + h_o} = 115 \text{ BTU/hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c U_d} = 0.0013$$

Ya que el factor de suciedad para éste caso es de 0.003 se corrige el coeficiente U_d y se tiene que:

$$\frac{1}{U_0} = \frac{1}{U_c} + R_d = 1/115 + 0.003 = 0.0111$$

$$U_0 = 90 \text{ BTU/hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

Con el nuevo coeficiente:

$$A = 14.6 \text{ ft}^2$$

$$\text{Número de tubos} = \frac{14.6}{\pi \times 0.1963} = 25 \text{ tubos}$$

El condensador será pues de 25 tubos y con un diámetro interior de 8 pulgadas.

Cantidad de agua necesaria: $Q = mc\Delta T$

$$Q = 299\,760 \text{ BTU/hr}$$

$$\Delta T = 140 - 60 = 72^\circ\text{F}$$

$$m = 4\,165 \text{ lb/hr} = 1\,895 \text{ Kg/hr}$$

ENFRIADOR

Aquí se va a eliminar el calor suministrado en el hidrolizador y se enfriará la solución desde 195°C a 70°C .

Calor eliminado: $Q = mc\Delta T$

$$m = 1620 \text{ Kg/hr} = 3564 \text{ lb/hr}$$

$$C = 0.75 \text{ BTU/lb-}^\circ\text{F}$$

$$\Delta T = 195 - 70 = 125^\circ\text{C} = 225^\circ\text{F}$$

$$Q = 601\,425 \text{ BTU/hr}$$

Se dispone de agua a 20°C y sale a 60°C

Cantidad de agua: $Q = Wc\Delta T$

$$\Delta T = 72^\circ\text{F}$$

$$W = 8\,355 \text{ lb/hr} = 3\,800 \text{ Kg/hr}$$

El enfriador tendrá tubos de 1 pulgada de diámetro y --

4 ft de largo, 14 IMB y arreglo cuadrado 1.25 pulgadas.

$$\text{Área de flujo} = a_t = N_t a_t' / 144m$$

Asumiendo $U_d = 100$: $\Delta T = 155^\circ\text{F}$ (media logarítmica)

$$A = 39 \text{ ft}^2$$

$$\text{Número de tubos} = \frac{39}{4 \times 0.2618} = 37 \text{ tubos}$$

De tablas se obtiene que se dispone de un condensador - de 40 tubos de 1" de diámetro, con 4 pasos y en una chaqueta de - 12 pulgadas de diámetro interior.

$$\text{Área de flujo} = 40 \times 0.546 / 144 \times 4 = 0.038 \text{ ft}^2$$

$$\text{Masa velocidad} = G_t = W/a_t = 220 \text{ 000 lb/hr-ft}^2$$

$$\text{Velocidad} = V = 220 \text{ 000} / 3600 \times 62.5 = 0.98 \text{ ft/seg}$$

En gráficas, con el diámetro interior del tubo y la velocidad, se tiene que $h_1 = 320$. Corrigiendo por el diámetro interior: $h_1 = 320 \times 0.94 = 300$, para una temperatura promedio de condensación de 96°F . $h_{10} = h_1 \times \text{ID/OD} = 250$.

Para la chaqueta se usaran baffles de 7 pulgadas por lo que el área de flujo será:

$$a_b = 12 \times 0.25 \times 7 / 144 \times 1.25 = 0.117 \text{ ft}^2$$

$$G_b = 3564 / 0.117 = 32 \text{ 700 lb/hr-ft}^2$$

$$W = 0.15 \times 2.42 = 0.363 \text{ lb/hr-ft a } 132^\circ\text{C (aprox)}$$

$$D_o = 0.72 / 12 = 0.06 \text{ ft (de tablas)}$$

Calculando el Reynolds:

$$\text{Re} = \frac{D_o G_b}{W} = 5 \text{ 500}$$

En gráficas de Re vs h_h , para enfriadores:

$$j = 20 = \frac{k}{h D_o} (C_p \mu)^{-1/3} (\mu / \mu_w)^{-0.14}$$

La relación de viscosidades se puede considerar como 1.
 $k = 0.129 \text{ BTU/hr-ft}^2$ a 195°C (aprox)

Despejando h_0 tenemos:

$$h_0 = 3h \frac{k}{D_e} (C/\mu/k)^{1/3} = 54.5$$

$$U_c = \frac{h_{i0} h_0}{h_{i0} + h_0} = 45 \text{ BTU/hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

Se considera un factor de suciedad para éste caso de --
 0.002, por lo que:

$$\frac{1}{U_d} = \frac{1}{U_c} + R_d = 1/45 + 0.002 = 0.0242$$

$$U_d = 41.5 \text{ BTU/hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

Con el nuevo coeficiente:

$$A = 94 \text{ ft}^2$$

$$\text{Número de tubos} = \frac{94}{4 \times 0.1963} = 120$$

El enfriador quedará construido con 128 tubos de 1" de diámetro y dentro de una chaqueta de 19.25 pulg. con 4 pasos.

B. - CRISTALIZADOR

Para ésta operación se va a emplear un cristalizador -- del tipo Swenson-Walker, donde se ha obtenido mediante gráficas -- logarítmicas (35) un valor para el coeficiente U de 35 BTU/hr-ft^2 -- $^\circ\text{F}$, por cada 5 ft^2 de superficie por pie lineal del cristaliza-- dor. La cristalización se va a efectuar a 5°C .

$$\text{Volumen del líquido} = 1.4664 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$\text{Peso del líquido} = 1620 \text{ Kg/hr} = 3564 \text{ lb/hr}$$

$$\text{Calor específico de la solución} = 0.75 \text{ BTU/lb-}^\circ\text{F}$$

Peso de los cristales = 165 Kg/hr

Calor de cristalización = 25.3 Kcal/Kg

$$Q = q' + q''$$

$$q' = 1564 (0.75) (70 - 5) 1.8 = 312\ 741\ \text{BTU/hr}$$

$$q'' = 165 (25.3) / 0.252 = \frac{16\ 565\ \text{BTU/hr}}{Q = 329\ 306\ \text{BTU/hr}}$$

Se va a emplear agua refrigerada a 3°C y va a salir a - 20°C. La caída de temperatura media es:

$$\Delta T = 12.6^\circ\text{C} = 22.7^\circ\text{F (media logarítmica)}$$

La longitud del cristalizador será:

$$L = \frac{Q}{5U (\Delta T)_m} = 82\ \text{ft}; L = 82 \times 1.25 = 104\ \text{ft}$$

Como el máximo de un cristalizador de éste tipo es de - 40 ft. se pueden tener 3 cristalizadores en paralelo.

9. - CENTRIFUGA

Se efectuará en la centrífuga un secado parcial del producto hasta un 20% de humedad (B.H.).

Balanza de material:

Acido Tartárico = 165 Kg/hr

Filtrado = 1455 Kg/hr

Agua de lavado = 41.25 Kg/hr

Acido Tartárico 20% humedad = 206.25 Kg/hr

Carga aproximada = 1620 Kg/hr

Ciclo de operación 1 hora

Para éstas condiciones se dispone de 3 centrífugas con 650 Kg de capacidad cada una, para proveer así de un margen de seguridad.

curidad. Estas centrifugas tendrán un diámetro interior de 65 - pulgadas ó 1.75 mt., obtenido en gráficas (30).

10. - SECADOR

Se efectúa el secado desde una humedad inicial de 20% - hasta una humedad final de 1%.

Balanza de Materiales:

Entrada al secador:

Acido Tartárico con 20% de humedad: 206.25 Kg/hr

Salida del secador:

Acido Tartárico con 1% de humedad: 170.10 Kg/hr

Agua evaporada en el secador: 36.15 Kg/hr

Balanza de Calor:

Calor suministrado: $Q = m \lambda$

$m = 36.15 \text{ Kg/hr de agua a } 10^\circ\text{C} = 10^\circ\text{F}$

$\lambda = 1065.6 \text{ BTU/lb a } 50^\circ\text{F}$

$Q = 84\ 750 \text{ BTU/hr}$

Ya que el calor requerido es calor de vaporización del agua, la diferencia de temperaturas media puede asumirse que es equivalente a la media logarítmica de las depresiones del bulbo húmedo de la entrada y salida del aire. Para éste caso se tiene que el número de transmisiones es:

$$N_t = \ln \frac{t_1 - t_w}{t_2 - t_w}$$

siendo N_t el número de transmisiones en el secador, t_1 la temperatura de entrada del aire caliente, t_2 la temperatura del aire de salida y t_w la temperatura del bulbo húmedo. Para éste caso se dispone de aire caliente a 220°F , con $H = 0.016$, por lo que --

$t_1 = 100^\circ\text{F}$. Suponiendo que se tienen dos unidades de transferencia en el secador, se tiene:

$$2 = \ln \frac{220 - 100}{t_2 - 100} : t_2 = 116.2^\circ\text{F}$$

Cálculo de la cantidad de aire requerido:

Humedad del aire = 0.016

Calor específico = $0.24 + 0.46H = 0.247$

Calor requerido = 84 750 BTU/hr

Temp. entrada aire = 220°F

Temp. salida aire = 116.2°F

$$\text{Masa de aire} = M = \frac{Q/\theta}{C(t_0 - t_1)} = 3\ 305 \text{ lb/hr de aire}$$

Esta cantidad de aire se incrementará en un 10%, para tener un margen de seguridad en las pérdidas de calor en el secador, por lo que se requerirá de 3 650 lb/hr.

El aire entrará con una masa velocidad de 300 lb-hr-ft² por lo que el diámetro del secador será:

$$D = \sqrt{\frac{3650}{0.785 \times 300}} = 3.94 \text{ ft}$$

La longitud del secador será:

$$L = 0.1N_t DCG^{0.84} = 24 \text{ ft}$$

siendo N_t el número de transmisiones, D el diámetro del secador, C el calor específico del aire y G la masa velocidad. La talla del secador podrá ser de 4 ft de diámetro por 25 ft de largo.

Número de aspas = $3D = 12$ aspas

$\text{rpm} = 30/D = 7.5$

Volumen total del secador: 314 ft^3

Temperatura de salida del material sólido:

$$Q = U_a V (\Delta T)_m$$

$$U_a = 100^{0.16}/D = 6.25 \text{ BTU/hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

$$Q = 84,750 \text{ BTU/hr}$$

$$V = 314 \text{ ft}^3$$

$$(\Delta T)_m = 43.2^\circ\text{F}$$

$$t_s = 195^\circ\text{F} = \text{temp. salida del material sólido}$$

Tiempo de secado = 1 hora = 60 min

$$\text{Pendiente del secador} = S = 0.19L/ND\theta = 0.003 \text{ ft/ft}$$

ESTUDIO ECONOMICO

EVALUACION ECONOMICA

La evaluación económica tiene por objeto determinar si un negocio tiene interés como tal o nó, teniendo como meta la Rentabilidad, siendo ésta la relación que existe entre las Ganancias Actuales y la Inversión Total.

Tomando como base los cuadros que presentan Aries y Newton, se determinarán la Inversión Fija y los Costos de Producción como sigue:

Capital Fijo	\$ _____
Capital Trabajo	\$ _____
Capital Total	\$ _____

El Capital Fijo se obtiene:

Equipo	\$ _____
Instalación	\$ _____
Tubería	\$ _____
Instrumentación	\$ _____
Aislante	\$ _____
Equipo Eléctrico	\$ _____
Edificio	\$ _____
Terreno	\$ _____
Costo físico de la planta	\$ _____
Ingeniería y Construcción	\$ _____
Costo directo de la planta	\$ _____

Constructora	\$ _____
Imprevistos	\$ _____
INVERSION FIJA	\$ _____

A continuación se explica como se obtuvieron los valores de cada uno de los gastos mencionados:

Equipo. El costo del equipo se obtuvo de cotizaciones reales en la industria, durante los meses de abril y mayo de 1966. Los costos se obtuvieron para equipo ya instalado.

Tubería. Se tomó el costo de tubería, válvulas y otros accesorios con un porcentaje de 15% sobre el costo del equipo.

Instrumentación. Comprende todos los instrumentos necesarios de la planta (rotámetros, termómetros, etc). Para éste caso se tomó un 10% sobre el costo del equipo.

Equipo Eléctrico y Aislante. Se refiere a las conexiones que se requieren de energía eléctrica, así como el aislamiento del equipo. Se tomó sobre un 15% del costo del equipo.

Edificio y Terreno. Queda comprendido el costo del terreno y las construcciones necesarias para la planta. Se basa en un 25% sobre el costo del equipo.

Inspección y Construcción. Toma en consideración el costo del acondicionamiento del terreno y las construcciones. Se basa en un 3% sobre el costo físico de la planta.

Ganancia Contratista. Se refiere a la ganancia de la compañía constructora por la construcción del edificio. Se tomó

en un 10% del costo directo de la planta.

Imprevisión. - Se toma en consideración los gastos que no se han previsto en la instalación. Se da un 7% del costo directo de la planta.

El Capital Trabajo se considera:

Materias Primas	\$ _____
Mano de obra	\$ _____
Supervisión	\$ _____
Mantenimiento	\$ _____
Servicios	\$ _____
Costo directo de manufactura	\$ _____
Empaque	\$ _____
Gastos de Administración	\$ _____
Costo indirecto de manufactura	\$ _____
Depreciación	\$ _____
Impuestos	\$ _____
Costo total de manufactura	\$ _____

Estos gastos se obtuvieron de las siguientes consideraciones:

MATERIA PRIMA. - Se obtuvieron cotizaciones reales en el mercado durante los meses de noviembre y diciembre de 1965, para cantidades equivalentes a tres meses de operación de la planta, ya que el ácido maleico se tendrá que importar.

Mano de Obra directa. - Se puede considerar que para ésta planta se emplean tres hombres turno, agregándose 1.5 horas -- extras por día. Se les estima un salario de \$ 30.00 diarios.

Para calcular los servicios generales al personal se siguió la práctica usual en diversas compañías y se les estima un 45% de mano de obra directa: estos servicios incluyen: seguro social, vacaciones, días festivos, pensiones, gratificaciones, etc.

Empleo y Laboratorio. - Se considera el trabajo desempeñado por un Químico, con un salario de \$ 60.00 diarios.

Mantenimiento. - Se incluyen tanto los salarios mecánicos y personal general de mantenimiento, como los materiales, herramientas, etc., que entran en él y se le estima alrededor del 4% sobre el costo del equipo.

SERVICIOS. - Aquí se consideran los costos de servicios ya distribuidos, estimándose para éste caso: vapor, agua de enfriamiento, energía eléctrica y aire. El valor de estos gastos se consideró en un 40% del costo del equipo.

ENERGÍA. - Se le considera un 2% de la Inversión Fija.

Gastos de Administración. - Aquí se incluyen los gastos de Gerencia, ejecutivos, departamento legal, investigación (técnica y de mercado) etc., y se le estima en un 5% de la Inversión Fija.

Depreciación. - Se considera el sistema lineal por ser el más simple y el recomendado para fines industriales. Dicho sistema reparte uniformemente entre el período de vida útil la parte amortizable del equipo instalado. A éste equipo se le considerarán 10 años de vida útil.

Impuestos. - Se les considera como el 1% sobre la Inversión Fija.

COSTO DEL EQUIPO

Tanque para Acido Maleico al 30%	\$	40 000.00
Tanque para Peróxido de Hidrógeno al 35%	\$	35 000.00
Tanque para solución catalizadora	\$	7 000.00
1 Reactores de Glasteel	\$	750 000.00
Hidrolizadores	\$	75 000.00
Condensador de reflujo para hidrolizador	\$	4 000.00
Enfriador	\$	56 000.00
1 Cristalizadores Searson-Walker	\$	360 000.00
Secador de tipo rotatorio	\$	240 000.00
1 Centrífugas	\$	43 000.00
1 Bomba a la salida de los reactores	\$	41 000.00
Caldera	\$	75 000.00
		<hr/>
TOTAL	\$	1 726.500.00

Estos precios fueron tomados de varias compañías constructoras como son: Bufete Industrial de Construcciones; Equipos y Servicios Industriales; Ijasco, Asociación Profesional, así como de -- compañías que venden equipo para industrias.

COSTO DE MATERIAS PRIMAS. BASE 1 DIA

Sustancia	\$/Kg	Kg	\$
Acido Maleico	3.00	3 100	9 300.00
H ₂ O ₂ al 35%	7.00	2 850	17 950.00
Oxido Níquelico	6.30	11	69.30
Hidróxido de Potasio	23.50	5.5	<u>129.35</u>
TOTAL			\$ 27 448.65

El precio del Acido Maleico fue obtenido del precio de - importación, más los impuestos y fletes necesarios. Los demás componentes fueron obtenidos de las compañías que los producen como -- son: Centro Químico, Dupont, Electro Química Mexicana, Almex, Casa Molina Font, Monsanto, Catalizadores Orgánicos, entre otras Compañías.

Los precios anteriores, de equipo y materia prima son valores promedio.

INVERSION FIJA

Costo del equipo	\$ 1 726 500.00
Tubería	\$ 604 275.00
Instrumentación	\$ 172 650.00
Equipo Eléctrico y Aislante	\$ 258 975.00
Edificios y Terreno	\$ <u>431 625.00</u>
	\$ 3 194 025.00
Ingeniería y Construcción	\$ <u>255 522.00</u>
	\$ 3 449 547.00

Ganancia Contratista	\$ 344 954.70
Imprevistos	<u>\$ 241 468.30</u>
	\$ 4 035 970.00

CAPITAL DE TRABAJO

Materia Prima (3 meses)	\$ 2 470 378.50
Mano de Obra (1 mes)	\$ 8 100.00
Servicios generales al personal	\$ 3 465.00
Supervisión y Laboratorio	\$ 1 800.00
Mantenimiento	69 060.00
Servicios	690 600.00
Empaque	80 719.40
Depreciación	172 650.00
Impuestos	40 359.70
Gastos de Administración	<u>207 695.50</u>
	\$ 3 745 008.10
INVERSION FIJA	\$ 4 035 970.00
CAPITAL DE TRABAJO	<u>3 745 008.10</u>
	\$ 7 780 978.10

INVERSION TOTAL PARA LA PLANTA

\$ 8 000 000.00

ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS

El estado de Pérdidas y Ganancias refleja en forma rápida la situación financiera de una empresa y por medio de él se estima si el precio de venta es adecuado, para obtener las mejores ganancias en relación al volumen de ventas.

Se determina de la siguiente manera:

Ventas Brutas	\$	
- Devoluciones y Descuentos (1% anual)	\$	
Ventas Netas	\$	
- Costos de Producción	\$	
Ganancias Brutas	\$	
- Costos Generales	\$	
Ganancias Antes Impuestos	\$	
- Impuestos	\$	
Ganancias Líquidas	\$	

Los costos de producción se obtienen en la misma forma que el Capital de Trabajo, pero con base en un año de trabajo.

Para los Costos Generales se tienen las siguientes consideraciones:

Ventas	5% precio de venta
Administración	5% precio de venta
Investigación	2% precio de venta
Financiamiento	1% precio de venta

El precio de venta para el Acido Tartárico se considera-

rá igual al precio de importación, más impuestos y fletes necesarios, tomándose como base el dato de importaciones de 1964, por lo que el precio será de \$ 9.00/Kg.

Los impuestos se tocarán en un 30% de las Ganancias Netas las cuales pueden ser disminuídas por exenciones de algunas de ellas, como se hace notar posteriormente.

ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS

Ventas Brutas Anuales	\$ 12 600 000.00
- Devoluciones y Descuentos	\$ <u>378 000.00</u>
Ventas Netas Anuales	\$ 12 222 000.00
- Costos de Produccion Anuales	<u>11 305 078.40</u>
Ganancias Brutas	\$ 916 921.60
- Costos Generales	<u>1 538 000.00</u>
Déficit	\$ 621 078.40

Como se puede observar en el anterior Estado de Pérdidas y Ganancias, el precio de venta no es el adecuado para el volumen de producción fijado, ya que se tiene un Déficit y por lo cual deberá aumentarse el precio de venta.

Para calcular un precio de venta adecuado y se obtenga una Ganancia Líquida aceptable, se puede partir de un Estado de Pérdidas y Ganancias, pero empezando por la Ganancia Líquida obtenida para una recuperación del Capital de Trabajo en un plazo de 5 años.

Ganancia Líquida: $\frac{11\ 000\ 000.00}{5}$	\$ 1 600 000.00
• Impuestos (20%)	<u>685 714.28</u>
Ganancias Antes Impuestos	\$ 2 285 714.28
• Costos Generales (1% Ventas)	<u>+ 0.13X</u>
Ganancias Brutas	\$ 2 285 714.28 + 0.13X
• Costos de Producción Anuales	<u>11 305 078.40</u>
Ventas Netas Anuales	\$ 13 590 792.68 + 0.13X
• Devoluciones y Descuentos (3% V)	<u>+ 0.03X</u>
VENTAS BRUTAS ANUALES	\$ 13 590 792.68 + 0.16X

Pero como las ventas Brutas se obtienen multiplicando el precio de venta por la producción anual, tenemos:

$$\text{Ventas Brutas Anuales} = 1\ 400\ 000\ Y = X$$

$$\text{V.B.A.} = \$ 13\ 590\ 792.68 + 0.16 (1\ 400\ 000Y) = 1\ 400\ 000Y$$

$$\text{Precio de Venta} = Y = \$ 11.55 \text{ por Kilogramo.}$$

Este precio de venta de \$ 11.55/Kg, es factible en pocos años y por lo tanto se puede aceptar para montar una planta de -- producción de ácido tartárico en México, D.F.

GRAFICA DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

La Gráfica del punto de equilibrio es uno de los instrumentos más útiles para la administración de un negocio, ya que representa en forma clara, las características de operación de dicho negocio, pero proporcionando a simple vista un panorama completo -- de su situación económica.

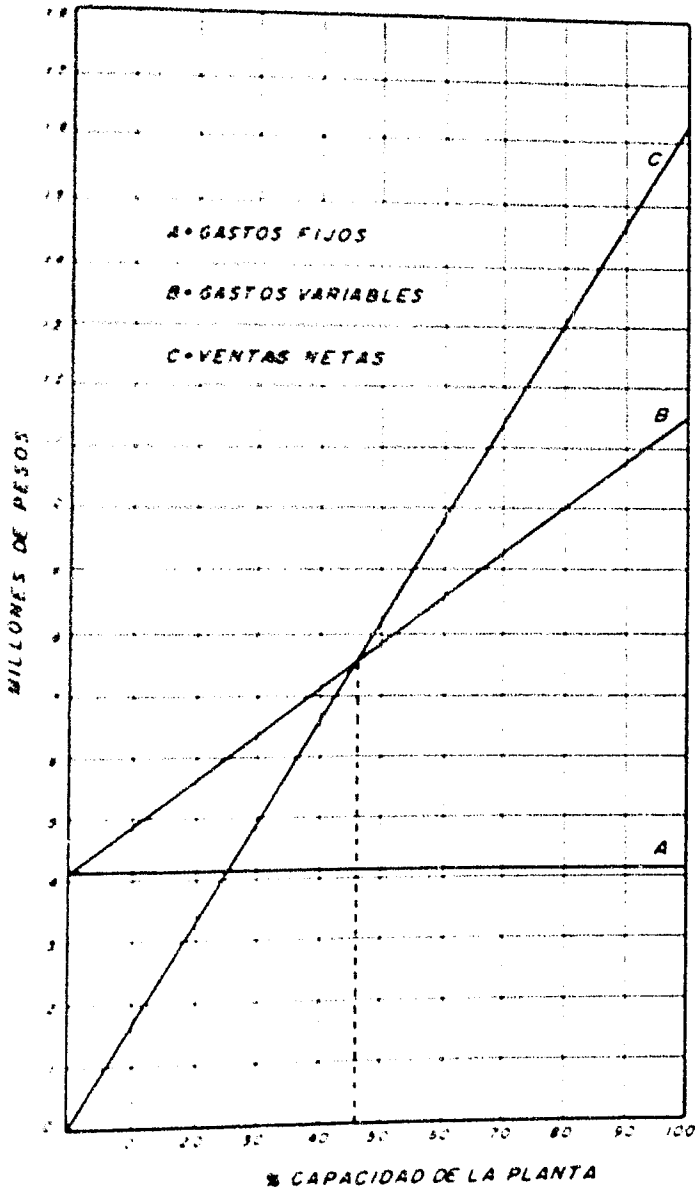
Una gráfica de éste tipo nos da idea de si el negocio -- propuesto es bueno o no, desde el punto de vista económico.

Las relaciones siguientes pueden presentarse graficamente (Schreyer), según se indica en la Fig.8, con los valores siguientes---

Tabla

GASTOS FIJOS	\$ 4 035 970.00
GASTOS VARIABLES	\$ 11 305 078.40
VENTAS NETAS	\$ 16 170.000.00
PRECIO DE VENTA	\$ 11.55

FIG 8 GRAFICA DE PUNTO DE EQUILIBRIO



CONCLUSIONES

LOCALIZACION DE LA PLANTA

Para la localización de la planta se toman en cuenta los siguientes factores:

Matéria Prima. - Se considera la facilidad de conseguirla, para este caso es que el Acido Maleico es de importación, los demás productos tienen relativa facilidad de conseguirse.

Transporte y Comunicaciones. - Se refiere a los problemas y vías de acceso para transportar tanto las materias primas como el producto terminado.

Possibilidad de desecher residuos. - Sólo se toma en cuenta cuando hay subproductos no aprovechables o vapores y gases de combustión, cosa que no sucede en ésta planta.

Mano de Obra. - Se considera un punto no muy importante, puesto que se puede conseguir obreros con relativa facilidad.

Servicios. - El lugar disponible para la planta, debe contar con agua y energía eléctrica fácilmente.

Impuestos. - Muchos estados de la República hacen grandes planes para la formación de industrias en una zona determinada y uno de los atractivos principales es la exención de impuestos -- por una determinada cantidad de tiempo; cosa de gran importancia en lo referente a ahorro. De acuerdo con la Ley de Fomento de Industrias Nuevas y Necesarias, la fabricación del Acido Tartárico-

se considerará como una industria semibásica y podrá gozar de --
exención de impuestos, parcialmente durante los primeros 7 años, --
con una prórroga de 5 años como máximo mediante solicitud.

De acuerdo con lo anterior, la planta quedará localizada
en la zona industrial de Naucalpan, Edo. de México, por estar --
cerca de los centros de consumo.

La región quedó determinada principalmente por la cerca-
nía de los centros de consumo, puesto que éstos se hallan en el --
D.F. y Edo. de México principalmente. Por otra parte, se conside-
ra conveniente transportar la materia prima, dado que los fletes--
resultan hasta cierto punto baratos y no correr el riesgo de trans-
portar producto terminado.

CONCLUSIONES

1.- Se encontró que el ácido tartárico es un producto -- que tiene un mercado amplio y asegurado, cuyos principales consumidores son las industrias farmacéutica y alimenticia. Los productos de estas industrias son productos finales que son utilizados directamente por el público y por lo cual puede decirse que -- el consumo aumentará con el incremento de población.

2.- La capacidad de la planta quedó fijada para 1 400 -- toneladas anuales de ácido tartárico.

3.- El costo de producción fue de \$8 075 por tonelada -- por ser el costo de conversión elevado, para plantas de éste tipo.

4.- El precio de venta actual (1965) no podrá ser el mismo que el de importación, por tener pérdidas en el balance económico. Se estableció un nuevo precio de venta, \$11.55 por Kg., -- que puede ser factible en años próximos, dado que se ha reflejado un aumento de precio, con el incremento de consumo. En 1966 el -- precio de venta fue de \$10.50 en promedio.

5.- El precio de venta de \$11.55 por Kg. da un punto de equilibrio del 47%, que es bastante bueno en México.

6.- La instalación de una planta de éste tipo en México -- es recomendable para la capacidad fijada y el precio de venta c -- venido, dado que ofrecen una recuperación de capital en un tiempo bastante aceptable.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- ALBAREDO, J. D. Conozca sus nuevas obligaciones fiscales. -- Ediciones Universales. México. 1960.
- 2.- APPIES & NEWTON. Chemical Engineering Cost. McGraw Hill Book-Co. Inc. New York. 1955.
- 3.- BAENZELAND, L.H. U.S. Paten 1,190,845 (1916).
- 4.- BRAUN, G. U. S. Patent 2,000,213 (1935).
- 5.- CALVET, E. Química General. Vol. 4. 3a. Edición. México. 1951
- 6.- CHURCH, J. M. Synthesis of Tartaric Acid. Ind. Eng. Chem. -- Vol. 43. p.1780. 1951.
- 7.- FIESER & FIESER. Organic Chemistry. Reinhold Publishing Co. New York. 1956.
- 8.- FOUST, A. S. Principles of Unit Operations. John Wiley and - Sons. Inc. New York. 1962.
- 9.- GLASSTONE, S. Textbook of Physical Chemistry. D Van Nostrand Co. 1946.
- 10.- GREGORY, L. Uses and Applications of Chemical and Related Ma-terials. Reinhold Publishing Co. New York. 1939.
- 11.- GUERRERO TORRES, A. Desarrollo de un Proyecto de una Indus--tria Química. Ing. Química. Vol. 4. No. 39 p. 34. Oct. 1959.
- 12.- HALES, R. A. U. S. Patent 2,419,019 (1947)



QUIMICA

- 13.- HENDERLING, H. L. U. S. Patent 1,834,057 (1931).
- 14.- HERBERT A. Centrifugals. Chapman and Hall. London. 1955.
- 15.- ROCKSLEY, J. W. Capital Cost Estimates for Process Industries. Chem. Eng. Vol. 67 No. 5 March 1960.
- 16.- ROUGHEN, G & MATSON, K. Chemical Process Principles Vol. I. - John Wiley and Sons. New York. 1959.
- 17.- JAEGER, O. U. S. Patent 1,995,614 (1935).
- 18.- JIMENES, A. México, Leyes, Decretos. Código Fiscal de la Federación.
- 19.- KERN, D. Process Heat Transfer. McGraw Hill Book Co. Inc. -- New York. 1950.
- 20.- KIRK-OTIMER. Encyclopedia of Chemical Technology. Vol. 24. - The Interscience Encyclopedia. New York 1954.
- 21.- MARSHAL & STEVENS. Equipment Cost Indexes. Chem. Eng. Vol.- 67. No. 17 p. 187. 1960.
- 22.- McCABE & SMITH. Unit of Operations of Chemical Engineering.- McGraw Hill Book Co. New York. 1956.
- 23.- MILLAS, N. A. U. S. Patents 2,402,566 (1946).
2,414,384 (1947).
2,437,648 (1948).
- 24.- MENDEZ PADILLA, J. Industrialización de la uva para la obtención de Acido Tartárico. Tesis 1942. UNAM.

25. - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. International Critical Tables of Numerical Data. Physics, Chemistry and Technology. McGraw - Hill Book Co. NY. 1929.
26. - NIELSEN, E. R. U. S. Patent 2,421,428 (1947).
27. - PERRY, J. H. Chemical Engineering Handbook. McGraw Hill - - Book Co. Inc. New York. 1955.
28. - PFAUDLER PERMUTIT IC. Boletin 1005.
29. - SCHWEYER, N. C. Process Engineering Economics. McGraw Hill- Book Co. Inc. New York. 1955.
30. - SELTZBERG, S. U. S. Patent 2,380,196 (1945).
31. - SHREVE, N. Chemical Process Industries. McGraw Hill Book Co. Inc. New York. 1956.
32. - SISTGETS BEQUENA, J. Cálculo de un Cristalizador Swenson- - Walker. Tesis 1948. UNAM.
33. - ZABEL & MARCHITE. What Price Can I Get For my Chemical, Chemical Engineering. Vol. 66 No. 21 1959.