

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

TEMA DE TESIS PROFESIONAL :
INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA
DE PRODUCCION DE ESTERES DE
ANHIDRIDO FTALICO

144

ALEJANDRO EZETA SANCHEZ

INGENIERIA QUIMICA

1976



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.

CLAS TESIS 1976
ADG M.T. 1
FECHA _____
PREC 143
S _____



QUIMICA

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA

Presidente:	Enrique García López
Vocal:	Carlos Doorman Montero
Secretario:	Ramón Arnaud Huerta
Primer Suplente:	Antonio Valiente Bardenas
Segundo Suplente:	Víctor Pérez Amador
Sitio donde se desarrolló el tema:	México, D. F.
Nombre completo y firma del sustentante:	<hr/> Alejandro Ezeta Sánchez
Nombre completo y firma del asesor del tema:	<hr/> Enrique García López
Nombre completo y firma del supervisor técnico:	<hr/> Ramón Arnaud Huerta

A mi Padre,

principalmente por la rectitud de sus principios
y su enérgica dirección.

A mi Madre,

admirando la calidad de sus sentimientos
y su hábil temple.

I N D I C E

	<u>Pag.</u>
I. INTRODUCCION	1
II. MERCADO Y CAPACIDAD DE PRODUCCION	16
III. OBTENCION DE ESTERES FTALICOS Y DESCRIPCION DEL PROCESO	21
IV. CALCULOS Y ESPECIFICACIONES DE EQUIPO	33
V. DIAGRAMA DE PROCESO E INSTRUMENTACION	95
VI. COSTO DE PRODUCCION	99
VII. INVERSION APROXIMADA Y DESGLOSE	107
VIII. BIBLIOGRAFIA	110

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

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

El presente estudio, pretende ser una carta de procesos que cubra los requerimientos de Ingeniería Básica, para una planta de producción de Esteres de Anhidrido Ftálico, teniendo como bases los siguientes puntos:

- I. Las Plastificantes son definidos como materiales que se incorporan a los plásticos para incrementar su flexibilidad o distensibilidad, así como su capacidad de trabajo.

El mayor consumo de plastificantes en México son del tipo ésteres ftálicos usados en la elaboración de compuestos flexibles de PVC. El Dioctil Ftalato (DOP) es con mucho el de mayor consumo en esta línea, por lo que este estudio se enfocó a la producción de dicho plastificante principalmente, pero teniéndose en cuenta la posibilidad ocasional de elaborar algunos otros ésteres de anhídrido ftálico, sin la necesidad de equipo adicional.

Las relaciones de producción que guardan estos plastificantes con algunos otros, pueden observarse en la Figura 1 y en la Tabla N^o 1.

- II. Se asume que el presente trabajo, corresponde a una parte de la evaluación de un proyecto, para construir y operar, una unidad de producción de ésteres ftálicos, enclavada dentro de una planta o complejo que opere regularmente con cualquier tipo de producción, de tal modo que se disponga de terreno para localizar una unidad de este tipo, así como facilidades administrativas y algunas de servicios para producir plastificantes.

Lógicamente entre mayor sea el número de facilidades que ofrezca la instalación existente, tales como: cercanía al mercado de consumo, proximidad a alguna de las materias primas, control del mercado vertical u horizontal

TABLA N° 1

PRODUCCION COMPARATIVA DE PLASTIFICANTES (%)

Tipo	%	CLASIFICACION	%	PLASTIFICANTE	%	
Cíclicos	74.16	Esteres de Acido Fosfórico de Radicales Cíclicos.	5.68	Tricresyl Fosfato	3.29	
				Trifenil Fosfato	0.72	
				Cresyl Difenil Fosfato	1.65	
		Esteres de Anh. Ftálico	62.32	Butil-Octil Ftalato	1.42	
				Dibutil Ftalato	1.67	
				Diciclohexyl Ftalato	0.55	
Dietil Ftalato	1.77					
Dihexyl Ftalato	0.08					
Diisodecil Ftalato	8.56					
Bis(2 Metoxietil)Ftalato	1.14					
Dimetil Ftalato	0.36					
Ditridecil Ftalato	1.60					
Bis(2-Etilhexyl)Ftalato	20.40					
Diioctyl Ftalato y Mezcla	10.61					
N-Octyl N-Decyl Ftalato	2.90					
Otros Esteres de Anh. Ftálico	10.79					
Esteres de Acido Trimelítico	0.20	Esteres de Acido Trimelítico	0.20			
Otros Plastificantes Cíclicos.	5.93	Otros Plastificantes Cíclicos.	5.93			
Acíclicos	25.84	Esteres de Acido Adípico	4.26	Diisodecyl Adipato	0.53	
				Bis(2 Etil-Hexyl)Adipato	1.84	
				Octyl Decyl Adipato	0.89	
				Bis(2(2 Butoxyetoxy)etil)Adipato	0.11	
				Otros Adipatos	0.89	
		Esteres de Acido Azelaico Poliésteres Lineales Complejos-Poliméricos	3.97	Esteres de Acido Azelaico	1.30	
				Poliésteres Lineales Complejos-Poliméricos	3.97	
		Esteres Epoxidados	7.17	Aceites de Soya Epoxidado	4.90	
				Talatos de Octyl Epoxy	0.95	
		Esteres de Acido Oleico	1.04	Otras Epóxidas	1.32	
				Butil Oleato	0.39	
				Gliceril Trioleato	0.23	
		Esteres de Acido Fosfórico	1.12	Metil Oleato	0.24	
				Propil Oleato	0.12	
Esteres de Acido Sebácico	1.04	Esteres de Acido Fosfórico	1.12			
		Dibutil Sebacato	0.44			
Esteres de Acido Esteárico	0.59	Bis(2-Etil Hexil)Sebacato	0.59			
		N-Butil Estearato	0.34			
Trietilen Glicol Di(Caprilate-Caprato)	0.14	Otros Estearatos	0.24			
		Trietilen Glicol Di(Caprilate-Caprato)	0.14			
Otros Plastif. Acíclicos	5.18	Otros Plastif. Acíclicos	5.18			
Total :			100.0	Total :		100.0

mente, etc., más atractivo resultará éste proyecto económicamente.

- III. Con objeto de establecer los límites de éste trabajo, haremos algunas consideraciones acerca del concepto de "Ingeniería Básica".

Desde el punto de vista de una firma de Ingeniería, un Proyecto Industrial es el conjunto de actividades que deben realizarse para diseñar, adquirir, instalar y poner en marcha los equipos, maquinaria, accesorios, e instrumentos que constituirán una planta, la cual tendrá como objetivo: Producir.

De lo anterior, se deduce que Proyecto Industrial es tanto la ampliación de una sección de fabricación de una planta ya existente, como el diseño, la instalación y puesta en marcha de un gran complejo integrado a su vez por varias plantas.

Obviamente, las actividades que se deben llevar a cabo para realizar un Proyecto Industrial dependen de las características, alcance y magnitud de éste; no obstante, dichas actividades pueden clasificarse en cuatro fases que en todos los casos aparecen, que guardan una estrecha relación entre sí y que deben ser ejecutadas con un orden y secuencia adecuados.

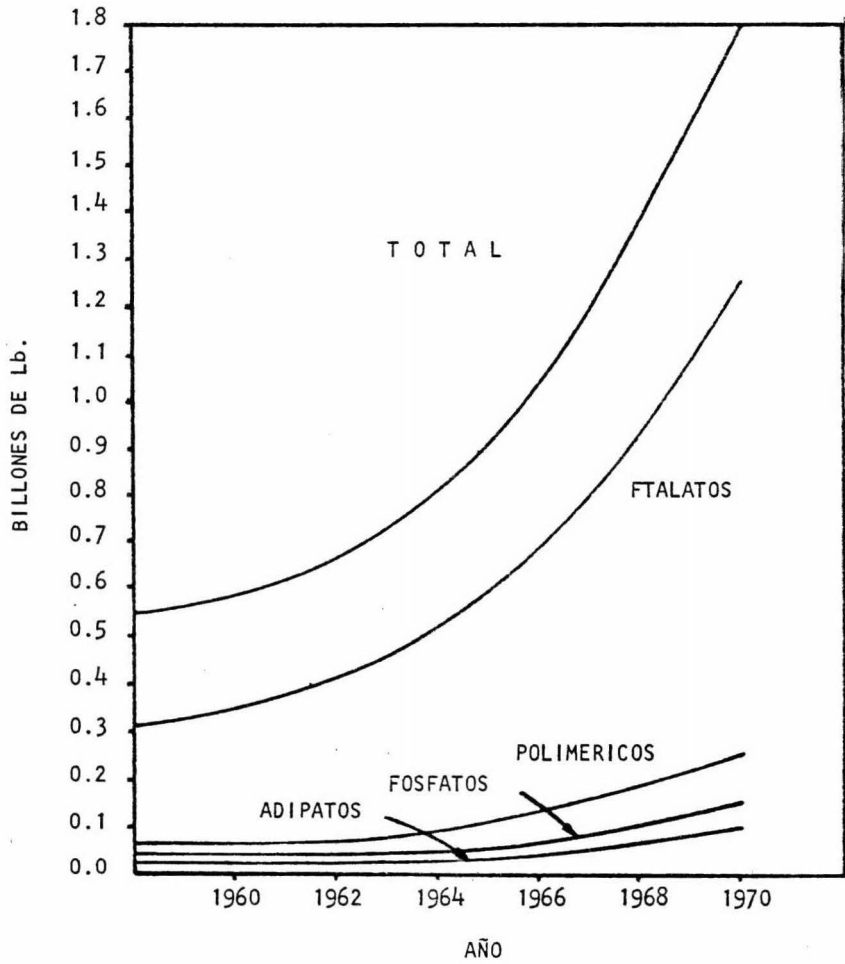
Tales Fases son:

Estudios de Viabilidad.- Como son estudios de mercado, técnico-económicos, de factibilidad, etc., así como el establecimiento de los criterios básicos para el desarrollo del proyecto.

Ingeniería.- Fase en la que se estudia, selecciona y obtiene el proceso que se utilizará, se desarrolla el diseño completo de la planta y se preparan planos detallados para construcción y montaje.

FIGURA 1

GRAFICA COMPARATIVA DE LA PRODUCCION DE PLASTIFICANTES
EN LOS ESTADOS UNIDOS



Procuramiento.- En esta tercera fase, se adquieren todos los equipos, maquinaria, accesorios e instrumentos que integrarán la planta, así como todos los materiales que físicamente la constituirán; estas actividades implican desde la localización de proveedores, hasta la recepción y almacenamiento en el lugar de la obra.

Construcción.- Esta etapa incluye, además de la construcción en sí, la puesta en marcha de la planta.

Ahora bien, dentro de la Fase de Ingeniería, aquella en la que se desarrolla y/o selecciona el proceso, se preparan especificaciones de equipos e instrumentos y se diseña con fines constructivos la planta, se distinguen cuatro partes, que son:

- A. Tecnología
- B. Ingeniería Básica
- C. Ingeniería de Procesos
- D. Ingeniería de Detalle.

A. TECNOLOGIA.

Con objeto de definir éste concepto, podemos mencionar las definiciones que de él han hecho diferentes personalidades, con motivo de Congresos y Mesas Redondas sobre Desarrollo y Transferencia de Tecnología.

Tecnología es:

"El conjunto de conocimientos que permiten generar un producto o un servicio". (a)

"El conjunto de trabajos que contribuyen a mejorar las técnicas de enseñanza e investigación, así como el invento o rediseño de equipos o innovaciones en los procesos de fabricación respectivos". (b)
"La aplicación integral de estudios científicos, técnicos y socioeconómicos, que permiten la elaboración y realización de un proyecto". (c)
"El conjunto de normas que proporcionan el conocimiento de como desarrollar un proceso para obtener un producto útil, de la mejor calidad, en el menor tiempo posible y al más bajo costo". (d)

La tecnología de un proceso se obtiene por investigación en un laboratorio, en donde se genera información suficiente para determinar la factibilidad de realizarlo. Hasta este punto de la investigación, existen todavía muchos aspectos desconocidos e intangibles que tienen un soporte puramente teórico y que consecuentemente necesitan ser experimentados a nivel de una planta piloto. Las plantas piloto simulan la operación de una planta comercial y de ella se obtienen datos para diseñar los equipos principales y considerar aspectos como corrosión, coeficientes de transferencia de calor, velocidad de reacción, etc.

Adicionalmente se evalúa económicamente el proceso y se estima la inversión fija esperada, los costos de producción, la recuperación de la inversión, utilidades, etc.

Cuando se ha obtenido esta información, se procede entonces a desarrollar la Ingeniería Básica del proceso.

B. INGENIERIA BASICA.

La Ingeniería Básica es aquella información tecnológica que se requiere

re para diseñar una planta.

No existe en realidad una línea de separación definida en lo que se considera Tecnología e Ingeniería Básica de un proceso, sino que más bien, la define el tipo de acuerdo de licenciamiento que se realiza y puede variar dependiendo del proceso específico de que se trate.

Sin embargo, para el fin que pretende esta tesis, se considerará como "Ingeniería Básica, la información que el Promotor (propietario del Proyecto) o la firma de Ingeniería necesita para poder desarrollar la Ingeniería de Detalle de la planta" (e). Básicamente, consiste de:

- "Diagrama de Flujo del Proceso ("Process Flow Diagram"). Este documento deberá mostrar: flujos de las corrientes del proceso, composiciones, balances de materiales, temperaturas, presiones y gravedades específicas, todos los cuales son parte de la tecnología del proceso". (e)
- "Diagrama de Flujo de Servicios ("Service Flow Diagram"). Este documento es preliminar ya que posteriormente se tendrá libertad en la selección de energéticos, sistema de enfriamiento, abastecimiento de vapor, tratamiento de agua, etc." (e).
- "Diagrama de Ingeniería ("Engineering Flow Sheet"). Este documento deberá contener la siguiente información de Ingeniería Básica". (e)
 - 1.- "Instrumentación.- Toda la instrumentación necesaria para el control del proceso de la planta".

- 2.- "Longitud de Tuberías.- Solamente en el caso de flujos de fases múltiples, donde las velocidades de flujo deben de establecerse para evitar separación de fases, o en cualquier otro caso en que no existan medidas estandarizadas de longitud, como por ejemplo: flujos no newtonianos".
- 3.- "Especificaciones de Tubería.- Se deben indicar temperaturas, presiones, especificaciones de tuberías y aislamientos, a excepción de longitud de tubería y cédula correspondiente. Todas las válvulas en líneas de proceso deberán estar indicadas en este diagrama. Los venteos, drenajes y trampas se podrán localizar al desarrollar la ingeniería de detalle, así como las líneas de proceso menores y conexiones que normalmente no se indican en el Diagrama de Flujo".
- 4.- "Gradientes de Presión.- El Gradiente estimado de presión a través de la planta será mostrado en el Diagrama; ésta información será necesaria para la posterior localización de las válvulas de seguridad, para confirmar presiones de diseño y caídas de presión entre equipo y tuberías". (e).
- "Especificaciones de Equipo y Materiales. Para una gran cantidad de casos, así como para materiales y equipos, existen normas y especificaciones estandar basadas en códigos estadounidenses y/o europeos, a los cuales deberán hacer referencia los equipos de proceso, cuyas especificaciones deban ser adecuadamente cubiertas, permitiendo de este modo definir la responsabilidad bajo el concepto de Ingeniería Básica".

Para aclarar el concepto, se expondrán los siguientes ejemplos:

- 1.- "Cambiadores de Calor.- Sus especificaciones deben incluir datos relativos a flujos, propiedades térmicas de mezclas, temperaturas, presiones, caídas de presión sugeridas y factor de ensuciamiento cuando éste se desvíe del Tema. Cuando existan problemas de corrosión o temperatura se deberá indicar el tipo de material, así como deberán incluirse aquellas limitaciones de diseño, prácticas de construcción y códigos designados para este equipo".
- 2.- "Bombas.- En estos equipos la hoja de operación incluirá flujos normales y máximos, condiciones de succión, presión de descarga estimada, propiedades físicas de los flúidos a manejar y tipo de bomba sugerido (centrífuga, recíprocamente, etc). Requerimientos de materiales de construcción y tipos especiales de bombas deberán ser indicados".
- 3.- "Reactores.- Deberán darse volúmenes del catalizador necesario y espesor del mismo; asimismo la caída de presión, materiales de construcción, cargas, deflectores o distribuidores y limitaciones de diseño".
- 4.- "Otros tipos de Equipos (Recipientes, Evaporadores, Transportadores, etc.).- La información de proceso como se ha definido hasta este punto más las especificaciones estandar serán suministradas para estos equipos".

- 5.- "Sistema Eléctrico.- En esta categoría se proporcionará el básico "Know How" para la parte eléctrica del proyecto. Un diagrama eléctrico (Electrical Data Sheet) se suministrará estableciendo los criterios de operación eléctrica con la planta."
- 6.- Construcciones, Estructuras y Edificios.- Se darán especificaciones generales del tipo de construcción, instalación, aislamiento y pintura".
- 7.- "Instrumentación.- En el diagrama se mostrarán, Válvulas de Control (cuyo dimensionamiento final será establecido después de la compra del equipo y dimensionamiento de la línea), Medidores de Flujo y Datos de Proceso, así como mecanismos de relevo".
- 8.- "Diagrama de Elevación (Plot Plan & Elevations).- Un diagrama preliminar con dimensiones aproximadas".
- 9.- "Instrucciones de Operación.- Se suministrará, o bien un borrador de las instrucciones de operación específicas para la planta en cuestión, o una copia de las instrucciones usadas en alguna planta similar". (e)

C. INGENIERIA DE PROCESO.

Esta fase se inicia una vez terminada la Ingeniería Básica. Normalmente es responsabilidad de ingenieros que tienen experiencia en diseño y evaluación de procesos, cálculo y diseño de equipos y principal-

mente en operación de plantas.

Es aquí donde se calculan y/o comprueban las dimensiones de tuberías y equipos para manejo de fluidos; las especificaciones de detalle de cada equipo en las áreas de procesos y servicios; la instrumentación y las sugerencias de los arreglos generales dados por la Ingeniería Básica, adaptándolos a cada proceso en particular.

La Ingeniería de Proceso, puede considerarse como el producto de la comunicación entre el licenciador de la Tecnología e Ingeniería Básica y la firma de Ingeniería, que prepara los planos de Detalle, ya que durante esta etapa se interpretan y se adaptan las condiciones del Licenciador a la disponibilidad de materias primas, equipo, materiales, productos y especificaciones de cada planta en particular.

Adicionalmente, la Ingeniería de Procesos sirve al Departamento de Procuramiento, para suministrarle especificaciones correctas, completas y precisas que permiten la adquisición de los equipos, maquinaria, accesorios e instrumentos que integran la planta.

Esta ingeniería consiste básicamente de:

- a. Revisiones y adaptaciones a la Tecnología e Ingeniería Básica
- b. Arreglos generales de áreas
- c. Elaboración de Diagramas de Flujo definitivos
- d. Elaboración de Diagramas de Tuberías e Instrumentos
- e. Especificaciones de equipos de instrumentos principales
- f. Listas de partes de repuesto
- g. Manuales de Operación y Mantenimiento.

D. INGENIERIA DE DETALLE.

Cuando se ha completado el diseño del proceso, se han preparado es-

pecificaciones de equipo e instrumentos principales y se han elaborado programas para la ejecución del proyecto, se inician una serie de actividades tendientes a diseñar con fines constructivos toda la planta.

Este diseño es el producto del trabajo de personal especializado en las disciplinas civil, mecánica, eléctrica, tuberías e instrumentos, y mediante el cual la Ingeniería Básica y la de Proceso es traducida en dibujos de detalle, con listas de materiales, especificaciones y cualquier otra información, que es indispensable para adquirir los equipos, materiales, accesorios e instrumentos y realizar el montaje e instalación de toda la planta.

Estos dibujos pueden ser de dos tipos:

1.- Preparados por la firma de Ingeniería.

- Para localización e instalación de equipo, ya sea fabricado en campo o en taller; también utilizados para obtener listas de materiales.
- Fabricaciones de equipos realizadas por otros, y que incluyen el diseño básico de éste.
- Construcción y fabricación de estructuras, instalación de tuberías, instalación eléctrica, etc.; también utilizados para obtener listas de materiales.

2.- Preparados por los Fabricantes de equipo.

- Para su propio uso en la fabricación de los equipos ("Planos de Taller").
- Montaje e instalación de dichos equipos en campo.

- Para ser utilizados por la firma de ingeniería durante el diseño de la planta, incluyen dimensiones, especificaciones, pesos, etc.

Puede resumirse que la Ingeniería de Detalle es el conjunto de estudios, cálculos, diseños, especificaciones y cualquier otra información que permite preparar los planos detallados para la construcción e instalación de una planta.

Generalmente, la Ingeniería de Detalle es realizada por grupos de trabajo que tienen experiencia en áreas específicas, y que normalmente realizan las actividades siguientes:

CIVIL - ESTRUCTURAL.

Planos de excavaciones, tierras, arquitectónicos, edificios, cimentaciones, pisos, drenajes, techado, canalones y bajadas, piloteado, soportes y cimentaciones de equipo, accesos y pavimentos, localización general de construcciones y "racks" de tuberías, uniones-despiece y herrajes estructurales, especificaciones, cubicaciones, etc., listas de materiales.

ELECTRICA.

Cálculo y diseño completo de la instalación de fuerza, control, tierras y alumbrado de acuerdo a códigos aplicables, Diagramas Unifilares, de control e interlocks, detalles de instalación de fuerza y tierras, arreglos generales, trayectorias, localización y detalles de alumbrado y contactos, registros, subestaciones, tableros en baja y alta tensión, especificaciones de centros de control de motores, de

transformadores, resumen de materiales principales de construcción, cuantificación y listas de materiales.

TUBERIAS.

Representa generalmente el 40 a 60% de toda la Ingeniería de Detalle; incluye:

Arreglos y diseños de acuerdo a códigos aplicables, orientaciones de boquillas, revisión de dibujos de otras disciplinas, verificando espacios para líneas, arreglos y cálculos de esfuerzos, plantas y elevaciones, isométricos, especificaciones de juntas de expansión y de instalación, listas de materiales.

MECANICA.

En coordinación con los ingenieros de proceso, éste grupo prepara el diseño mecánico de los equipos de proceso. Selecciona equipos de acuerdo a especificaciones señaladas. Entre sus integrantes existen especialistas en intercambiadores de calor, secadores, cristalizadores, hornos y equipos misceláneos, etc.

INSTRUMENTOS.

Estas actividades pueden realizarse antes de la etapa de dibujo y no necesariamente va asociada con la Ingeniería de Detalle, ya que en algunos casos son los ingenieros de proceso los responsables de estas actividades; incluye:

Arreglos generales, listas de instrumentos, dibujos de detalle de instalación, de fabricación de paneles e instalación del cuarto de control, verifica dibujos de proveedores de instrumentos, revisa dibujos de tubería para la localización adecuada de orificios, tomas de presión,

etc.

Ya que ha sido desglosado el contenido de cada una de las cuatro partes que se distinguen, dentro de la fase de Ingeniería de un proyecto industrial, y que se han podido enumerar los puntos integrantes de la Ingeniería Básica, es conveniente volver a mencionar que el concepto aquí mostrado de Ingeniería Básica es general y teórico y que sus límites reales están definidos por el proceso específico que se trate, razón por la cual existirá una diferencia entre lo establecido en esta introducción y lo que a lo largo de la tesis se desarrolle, pero sin dejar de tener presente que este estudio aportará "la información necesaria para desarrollar la Ingeniería de Detalle de la planta". (e)

BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS EN ESTE CAPITULO:

- a. Ing. José Giral B. en la Mesa Redonda sobre Tecnología organizada por ANIQ - IMIQ - ANFI. Febrero 1972.
- b. Ing. Oskar Hentschel C., Gerente de Planeación de Celanese Mexicana, S. A., en el primer congreso ANFI. Marzo 1971.
- c. Ing. Rafael Rojas, Director de los Laboratorios de Fomento Industrial, en el I Congreso de ANFI. Marzo 1971.
- d. Ing. Arturo Salinas Maynes, Gerente de Desarrollo de Ingeniería Panamericana, S. A., en el I Congreso de ANFI. Marzo 1971.
- e. Definition of "Basic Engineering", Engineering Standards of Chemical Construction Corporation.

BIBLIOGRAFIA : Asignación (i)

Asignación (ii)

II . MERCADO Y CAPACIDAD DE PRODUCCION

M E R C A D O Y C A P A C I D A D D E P R O D U C C I O N

Para fijar la capacidad de producción de una planta, es necesario conocer el mercado del producto, y así definir la participación que se pretende tener dentro de él, sin descuidar, lógicamente, la disponibilidad de materia prima y la curva de inversión a diferentes capacidades de producción.

Los usos finales de los plastificantes DOP y DBP pueden apreciarse claramente en la Figura II, en la que también se han incluido los porcentos aproximados en los que estos plastificantes son consumidos en cada giro de producción.

En la Bibliografía, (a) se reportan los siguientes datos para el DOP, en toneladas:

<u>Año</u>	<u>Producción</u>	<u>Importación</u>	<u>Consumo</u>
1967	2,817	123	2,940
1968	9,805	3	9,808
1969	8,383	3	8,386
1970	8,450	2	8,452
1971	11,943	17	11,960
1972	17,446	40	17,486
1973	13,737	130	13,867

En base a la regresión (b) de los datos de Producción, podemos suponer las cifras siguientes para años sucesivos a los reportados, en toneladas:

<u>Año</u>	<u>Producción</u>
1974	17,740
1975	19,584
1976	21,426
1977	23,269
1978	25,112
1979	26,955
1980	28,798

Esta suposición no pasa de ser meramente analítica, y los crecimientos observables dentro de las industrias de fabricación de calzado, películas plásticas,

FIGURA - II

USOS FINALES DEL DIOCTIL FTALATO (DOP) Y DIBUTIL FTALATO (DBP)

DOP —	Compuestos de PVC 100%	Telas Plásticas 41%	Vestido	2%	
			Calzado	6%	
			Automotriz	8%	
			Muebles	7%	
			Tapiz y Decoración	16%	
		Varios	2%		
		Construcción 22%	Aislantes de Conductores Eléctricos	10%	
			Losetas Vinílicas	2%	
			Perfiles, Tubería Plástica	10%	
		Calzado		18%	
Varios 12%	Sellos de Envases	8%			
	Mangueras	2%			
	Cintas Aislantes, Recubrimientos y Varios	2%			
Plastisoles 7%	Juguetería	4%			
	Linoleums	2%			
	Acabados	1%			
DBP —	Emulsiones de PVA 100%	Pinturas Vinílicas	70%		
		Adhesivos de PVA	30%		

conductores eléctricos, tubería plástica, etc., hacen pensar que estos datos hayan sido fácilmente superados para los años de 1974 y 1975; del mismo modo y con base en un incremento esperado del 10% en el consumo del PVC, podemos suponer que los datos reales del consumo del DOP vayan a ser mayores que los manifestados en ésta proyección.

La situación de proveedores de plastificantes puede resumirse de acuerdo a - los permisos petroquímicos autorizados hasta el 30 de Abril de 1974:

<u>Empresa</u>	<u>Productos</u>	<u>Capacidad (T/A)</u>	<u>Inversión (MM)</u>	<u>Estado de Obras y Observaciones</u>
Admex, S. A. (Lerma, Méx.)	Plastificantes Mo- noméricos.	5,000	8.0	En operación
Egon Meyer, S.A. (Tlalnep., Méx.)	Plastificantes De- rivados de Anh. - Ftálico.	1,200	2.362	En operación
Esp. Ind. y Quí- micas, S. A. (Tlalnep., Méx.)	Ftalatos de Dioc- tilo, diisocilo, ditridecilo, dibu- tilo y diisodecilo.	2,500	5.0	En operación
Ind. Química Del gar, S. A. (San Luis Poto- sí, S.L.P.)	Plastificantes de- rivados del Anh. - Ftálico y Maleico y del Ac. Adípico.	2,400	2.031	En proyecto
Lugatón, S. A. (Cuautitlán, Méx.)	Plastificantes del Anh. Ftálico.	12,000	5.7	En operación
Nacional de Res- inas, S. A. (México, D. F.)	Plastificantes de- rivados del Anh. Ftálico, y de los ácidos adípico, se- bácico y acético.	4,800	3.8	En operación
Pyn, S. A. (Nauc., Méx.)	Plastificantes de- rivados del Anh. Ftálico.	2,400	1.154	En operación
Síntesis Orgá- nicas, S.A. (Puebla, Pue.)	Ftalato de Dialqui- lo.	3,600	1.6	En operación

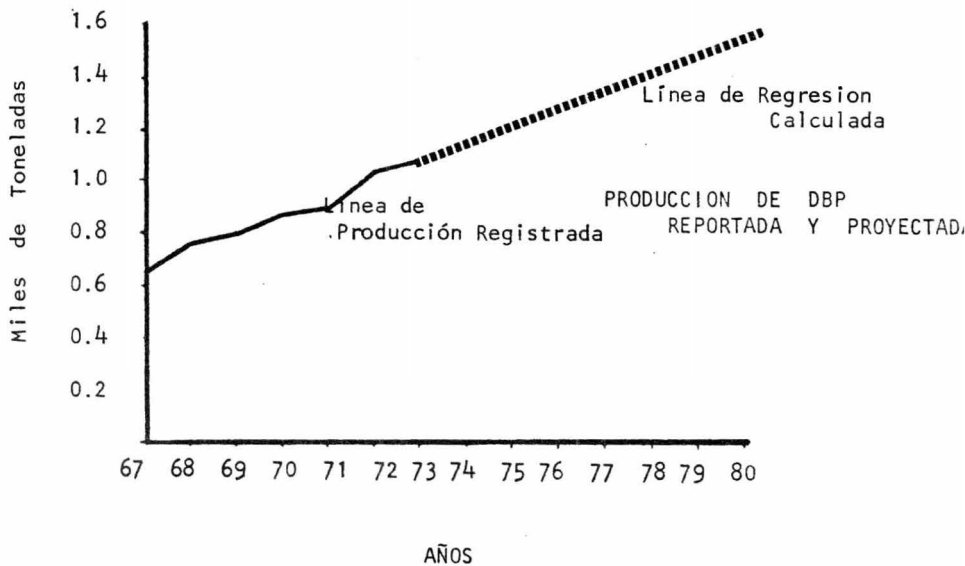
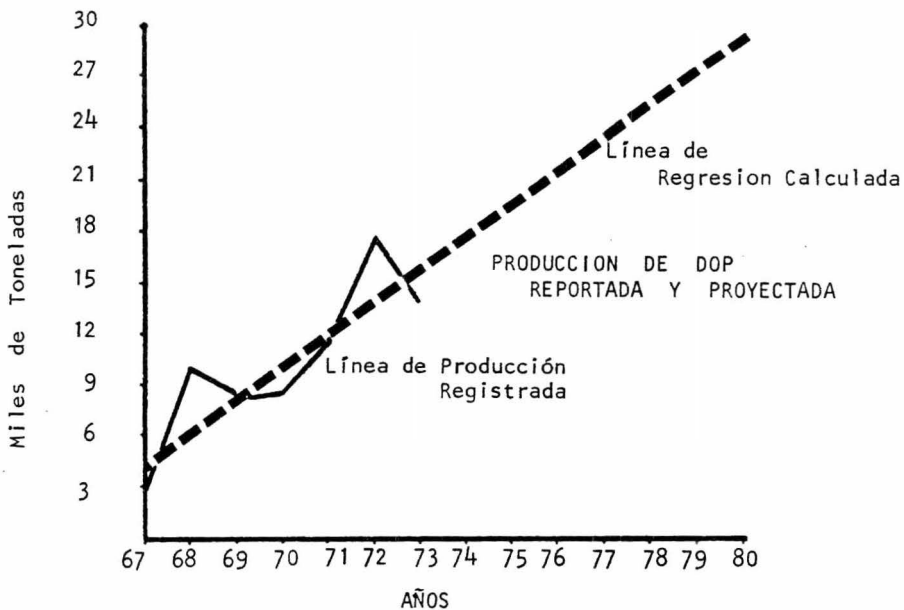


FIG. III - PRODUCCION REPORTADA Y PROYECTADA DE PLASTIFICANTES

Debido a la inexistencia de datos de producción y/o consumo de DBP en la bibliografía, se realizó la siguiente investigación directa en el mercado:

Como se anotó en la Figura II, los usos finales del DBP son: Pinturas Vinílicas (70%) y Adhesivos de Acetato de Polivinilo (30%), ahora bien, de la producción de Acetato de Polivinilo (a) el 70% va a pinturas y el 30% a adhesivos y el DBP entra en las formulaciones de ambos a un 10% base seca, es decir, a un 10% con respecto al PVA de la emulsión. En virtud de lo anterior, se ha construido la siguiente tabla en toneladas:

<u>Año</u>	<u>Producción de PVA</u>	<u>PVA a Pinturas</u>	<u>PVA a Adhesivos</u>	<u>DBP a Pinturas</u>	<u>DBP a Adhesivos</u>	<u>DBP Total Consumido</u>
1967	6,480	4,536	1,944	454	194	648
1968	7,430	5,201	2,229	520	223	743
1969	7,984	5,589	2,395	559	240	798
1970	8,622	6,035	2,587	604	259	862
1971	8,954	6,268	2,686	627	269	895
1972	10,255	7,179	3,076	718	306	1,026
1973	10,798	7,559	3,239	756	324	1,080

En base a la regresión de estas cifras, podemos proyectar los consumos de DBP a final de la década, en toneladas:

<u>Año</u>	<u>Consumo de DBP</u>
1974	1,144
1975	1,214
1976	1,284
1977	1,354
1978	1,424
1979	1,494
1980	1,564

De acuerdo a las proyecciones de consumo establecidas, se elige la capacidad de la "Planta" de 5,000 Tons./Año, con el siguiente programa de producción:

	<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>
Producción de DOP, Tons.	2,300	3,500	4,800
Participación en el Mercado DOP, %	10	13.9	17.8

	<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>
Producción de DBP, Tons.	200	200	200
Participación en el Mercado DBP, %	14.7	14.0	13.3
Producción Total "Planta", Tons.	2,500	3,700	5,000

Ahora bien, de acuerdo a las características del proceso de obtención de estos plastificantes, la producción será por lotes, con una capacidad de diseño de 8 Tons./Lote, procesándose 2 lotes por día, lo cual nos dá - - 312.5 días de operación por año para 5,000 Toneladas.

BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS EN ESTE CAPITULO:

a. Asignación (iii)

b. Asignación (iv)

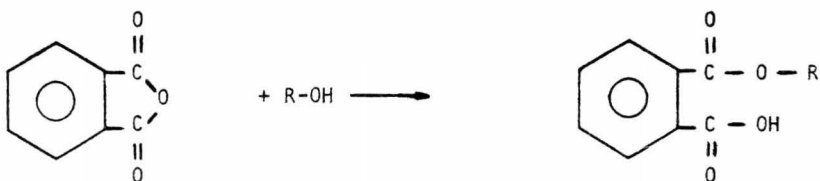
BIBLIOGRAFIA: Asignación (ii)

III. OBTENCION DE ESTERES FTALICOS
DESCRIPCION DEL PROCESO

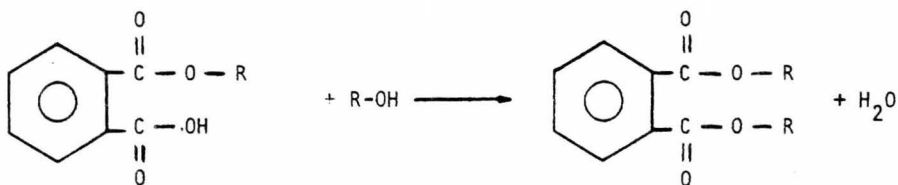
OBTENCIÓN DE ÉSTERES FTÁLICOS

La obtención de ésteres derivados del anhídrido ftálico se verifica por medio de una reacción dividida en dos etapas.

En la primera etapa, el anhídrido ftálico reacciona con una molécula de alcohol (por ejemplo: 2 Etil Hexanol), produciendo el monoéster correspondiente:



En la segunda etapa, el monoéster reacciona con otra molécula de alcohol, - formándose el éster saturado y desprendiéndose una molécula de agua:



FORMACIÓN DEL MONOALQUILFTALATO.-

La formación de un monoéster a partir de anhídrido ftálico y un alcohol, es rápida, aún en ausencia de catalizadores, y no causa ninguna demora en la preparación de diéster.

Se calienta el alcohol, hasta la temperatura de reacción (85-95°C), se añade el anhídrido ftálico, y se agita la mezcla para facilitar la disolución del sólido; en caso de añadir el anhídrido líquido, esta operación se simplifica.

Durante la operación se extraen a intervalos, varias muestras de la mezcla de

tomado parte en la reacción una considerable parte del anhídrido. Por consiguiente, el estudio cinético queda limitado al empleo de proporciones iniciales elevadas de nonanol (o de cualquier otro alcohol) respecto al anhídrido.

En todos los casos, los datos experimentales indican una reacción de primer orden respecto al anhídrido ftálico hasta una conversión del 80%, pero dado el gran exceso de alcohol, la reacción bien podrá ser de primer orden solo aparentemente. A continuación se reúnen los resultados obtenidos a varias temperaturas para diferentes proporciones molares iniciales, y en la Figura IV se da una representación tipo primer orden a partir de los datos de un ensayo típico.

TABLA N^o 4

CONSTANTE DE VELOCIDAD DE PRIMER ORDEN PARA LA FORMACION DE MONOESTER

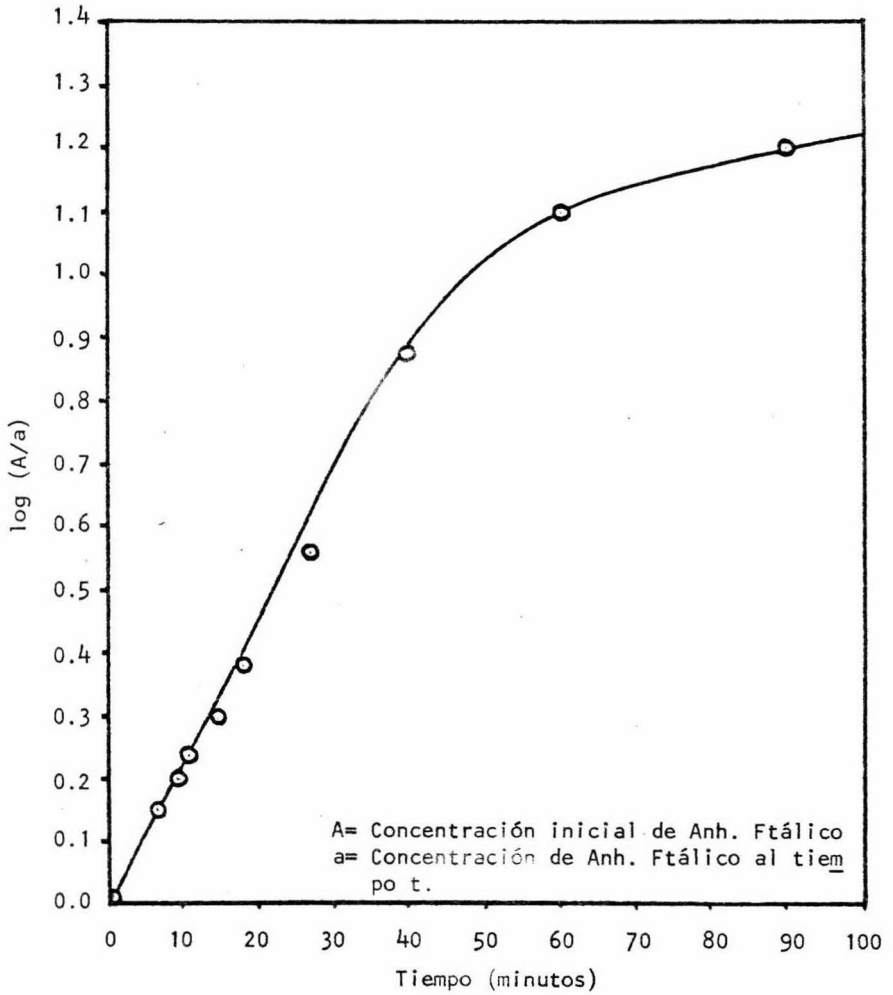
Temperatura de Reacción (°C)	Proporción Molar Inicial <u>Nonanol</u> / <u>Anhídrido</u>	Constante De Velocidad (k) (minutos) ⁻¹
81.3	20	0.051
80.3	40	0.051
91.3	8	0.075
90.5	20	0.056
90.0	40	0.057
94.5	40	0.094
94.5	20	0.082
95.3	8	0.081

FORMACION DEL DIALQUILFTALATO.-

La velocidad de formación del diéster a partir del monoéster es mucho más lenta que la de formación del monoéster a partir del anhídrido ftálico; en la práctica industrial la segunda etapa (formación del diéster) se cataliza normalmente con un ácido. Los catalizadores más comunes para este proceso son: Sulfato

FIGURA IV

REACCION DE NONANOL CON ANHIDRIDO FTALICO (En Solución)



de dietilo, ácido sulfúrico y sus derivados ácido toluén sulfónico o bencén sulfónico. Actualmente es de preferirse el sulfato de dietilo por tener menos problemas de corrosión y una actividad catalítica similar a los demás.

Los resultados experimentales indican que esta segunda fase es de primer orden con respecto al monoéster, siendo la velocidad de la reacción independiente de la concentración de alcohol. En consecuencia, durante la mayor parte de la reacción, no es necesaria la existencia de un exceso de alcohol. No obstante, en la práctica, cuando se requiere una alta conversión, resulta ventajoso el añadir un exceso de alcohol hacia el final de la reacción; de este modo se aprovecha el gran efecto sobre el tiempo de reacción que resulta de un desplazamiento menudo del equilibrio. Obviamente, la presencia de agua tiene un efecto contrario, y por éllo cuanto más eficaz sea la eliminación de agua, menor será el exceso de alcohol necesario.

Los datos experimentales (b) indican que el isooctanol y el 2 etil hexanol se esterifican a velocidades muy parecidas, reaccionando el isooctanol algo más lentamente que el 2 etil hexanol. El isodecanol se esterifica también a una velocidad no muy diferente de la del 2 etil hexanol.

TABLA N^o 5

ESTERIFICACION DE ISOOCETANOL, 2 ETIL HEXANOL E ISODECANOL
 CON EL RESPECTIVO FTALATO MONOALQUILICO
 (Constantes de Velocidad para Reacciones de Primer Orden)

<u>Alcohol</u>	<u>Constantes de Velocidad de Primer Orden (Minutos⁻¹) x 10⁻³</u>
Isooctanol	7.8, 7.7, 7.9, 7.2, 7.5, 7.8
2 Etil Hexanol	7.0, 7.6, 7.2, 6.7, 7.3, 7.3, 7.0, 6.7
Isodecanol	7.3, 7.7, 7.7, 7.7, 7.4, 7.4, 7.0

Esta segunda reacción no estequiométrica, por la que se acostumbra poner de

un 5 a 10% de exceso de alcohol, requiere subir la temperatura a 130-150°C y extraer el agua formada para esterificar totalmente el anhídrido ftálico. Usualmente se extraen del reactor los vapores de agua y alcohol, se condensan, se separa el alcohol y se regresa al reactor para desplazar el equilibrio de la reacción hacia la formación del éster. De esta forma, se tiene una conversión de anhídrido ftálico a éster prácticamente total. La reacción inversa de descomposición de diéster en monoéster, se puede reducir burbujeando algún inerte a través de la mezcla de reacción, ayudando a la eliminación de agua del sistema. El contenido de agua se checa periódicamente por Karl Fischer y el exceso de alcohol se separa una vez que se termina la esterificación.

Aunque la velocidad de la reacción directa depende solo de la concentración de monoéster, el tiempo total de la reacción no es independiente de los otros componentes. Esto se debe a que, en la práctica, la conversión tiende a aproximarse estrechamente hacia el punto de equilibrio, y por lo tanto, la reacción inversa puede ejercer un efecto considerable. En estas condiciones, desplazamientos menudos del equilibrio pueden ejercer un efecto relativamente grande sobre el tiempo de conversión; por ejemplo, para una cantidad de agua presente del 0.02% en peso, la diferencia en el equilibrio con un 2% y un 5% de exceso de alcohol es solo del 0.88%, pero la diferencia en el tiempo de reacción, sube hasta el 10%. A partir de datos cinéticos y de equilibrio, se han calculado (c) los efectos del exceso de alcohol y la concentración de agua sobre el tiempo de conversión para una transformación del 98%; estos efectos se ilustran en la Figura V.

Los resultados de una experiencia típica (d) se recogen en la Tabla N^o 6 y en la Figura VI, obteniéndose la mejor concordancia representando los datos de -

FIGURA V

RELACIONES TÍPICAS ENTRE EL TIEMPO DE CONVERSIÓN (HASTA UNA CONVERSIÓN DEL 98%) Y EL EXCESO DE ALCOHOL, PARA LA CONSTANTE DE CONCENTRACION DE AGUA

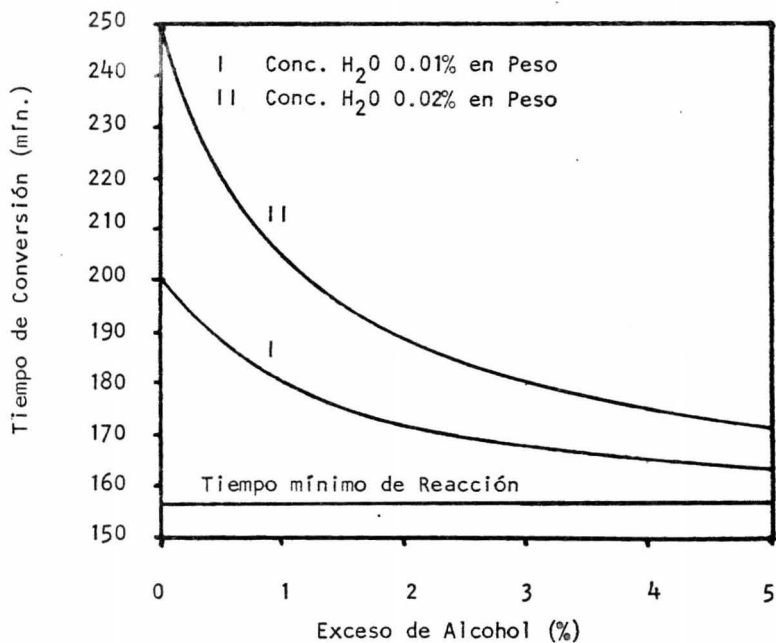
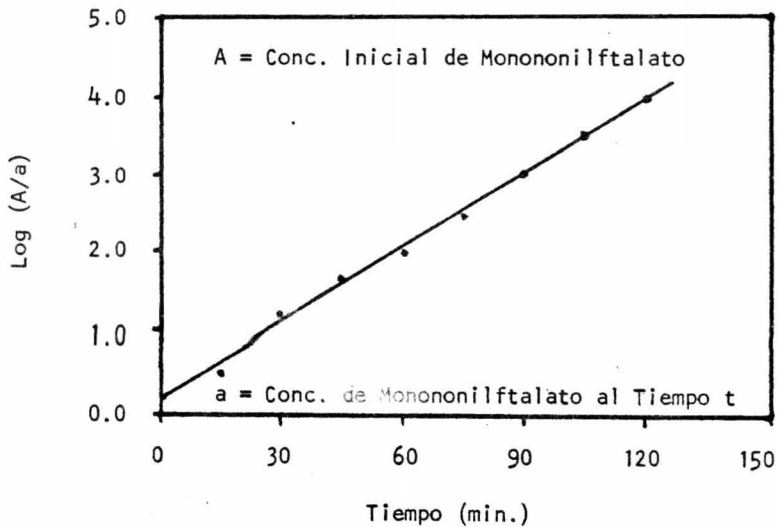


FIGURA VI

REACCION DE NONANOL CON MONONONILFTALATO (HASTA UN 40% DE CONSUMO DE MONONONILFTALATO)



acuerdo con la ecuación de una reacción tipo primer orden, respecto al monoéster, al dar una gráfica lineal de log (monoéster) frente al tiempo, al menos hasta un 60% de conversión; con eliminación de agua, la concentración del monoéster hacia el final de la reacción, dió un valor menor que el correspondiente a una ecuación tipo primer orden. Este efecto se aprecia en la Figura VII, la cual incluye también una curva que muestra la conversión del monoéster como función del tiempo. En el ensayo de esta curva, la reacción sigue una ecuación tipo primer orden, hasta un 80% de conversión.

TABLA N° 6

VELOCIDAD DE ESTERIFICACION DE MONONONILFTALATO CON NONANOL
(Temperatura 115°C; 0.172% en Peso de H₂SO₄; Proporción Molar Inicial Nonanol: Monoéster = 2:1)

<u>Tiempo (Minutos)</u>	<u>Concentración de Monoéster (moles por 10⁴ gramos de solución)</u>	<u>Conversión (%)</u>	<u>Concentración de agua (% en Peso)</u>
0	16.5	4.0	0.13
15	15.3	10.1	0.38
30	13.2	23.3	0.51
44	12.0	30.2	0.46
61	10.7	37.8	0.52
75	9.7	43.6	0.40
90	8.6	50.0	0.39
105	7.65	53.5	0.38
120	6.9	59.9	0.35
185	3.9	77.4	0.21

Cuando se representa la constante de equilibrio frente a la fracción molar de alcohol en la mezcla de equilibrio, se encuentra una relación lineal, calculándose la línea recta de regresión dando la Figura VIII. Las constantes de equilibrio para esta reacción se pueden detectar verificando la esterificación en tubo cerrado, de manera que pueda determinarse la composición de equilibrio a partir de contenido en agua, la acidez y la estequiometría de la reacción.

La Bibliografía (e) reporta que no existe una diferencia estadística signific.

FIGURA VII

REACCION DE NONANOL CON MONONONILFTALATO
(Con Porcentaje de Conversión)

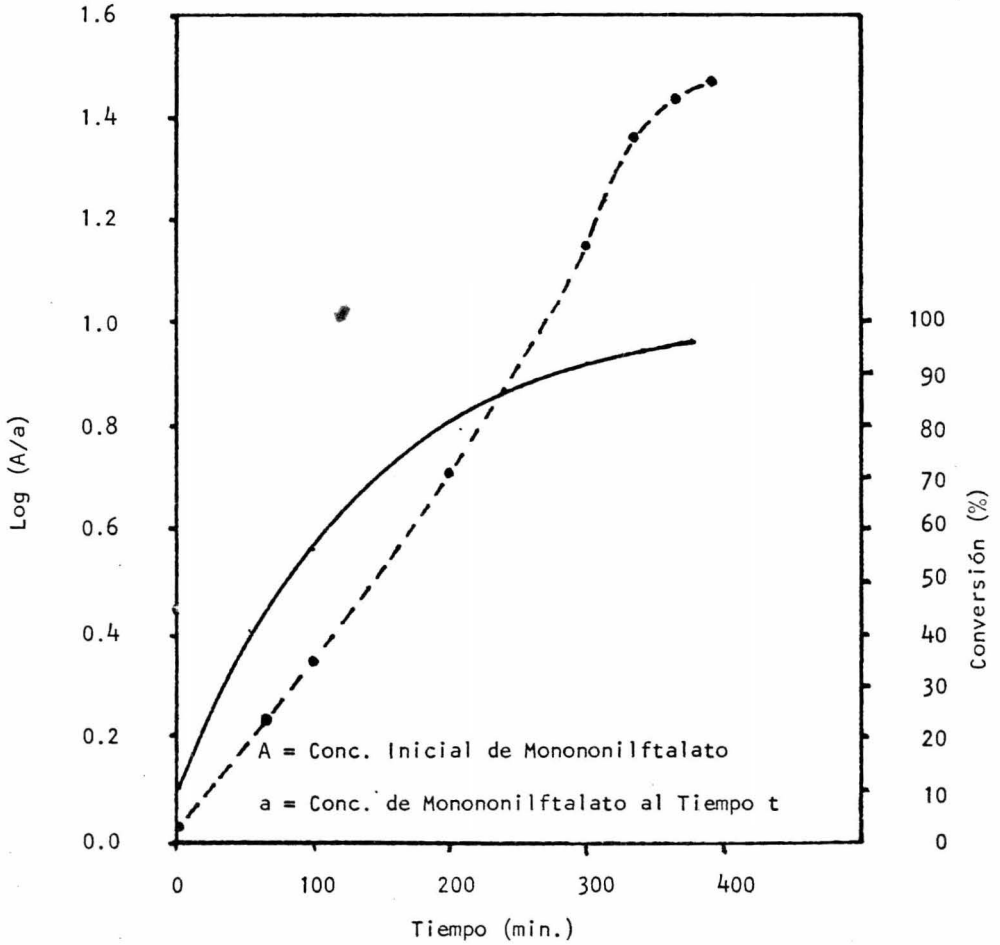
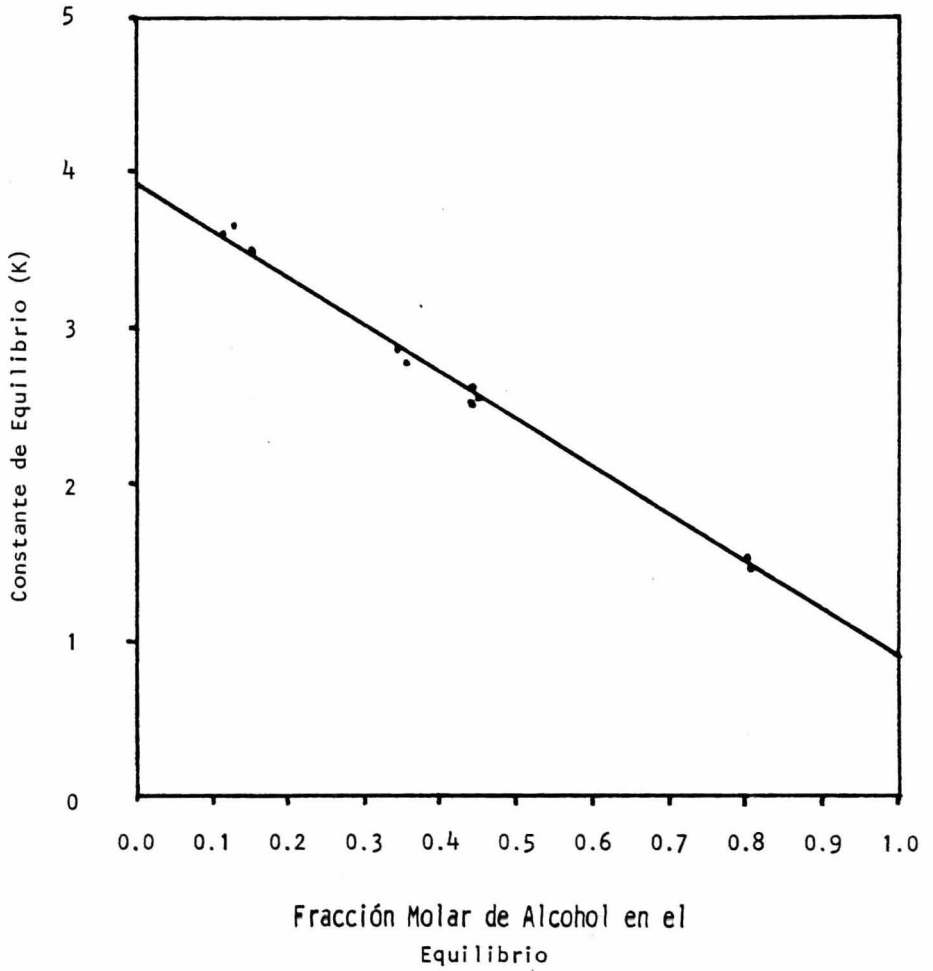


FIGURA VIII

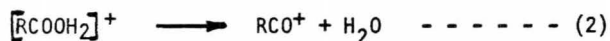
REACCION DE 2 ETIL HEXANOL, CON FTALATO DE MONO 2 ETIL HEXILO
(Efecto de la Concentración de Alcohol sobre la Constante de Equilibrio)



tiva en el efecto de la temperatura sobre la constante de equilibrio entre 120 y 140°C, así como que el valor calculado para el calor de reacción es poco menor de las 1,300 cal/mol. No obstante, se dispone de la Figura IX (f), donde los datos se han representado en forma de log K contra 1/T (°K). La energía de activación reportada a partir de estos datos es 16.0 ± 1.1 Kcal/mol que corresponde a un aumento de la velocidad de reacción de 1.66 veces por un incremento de 10°C en la temperatura entre 120° y 130°C.

El efecto de la concentración de catalizador sobre la velocidad de reacción se ilustra en la Figura X, donde se ha representado la constante de velocidad de primer orden contra la concentración de catalizador, teniendo como base una proporción molar de nonanol a monoéster de 2:1 y una temperatura de 110 a 120° pudiendo observarse que el incremento de la constante de velocidad es directamente proporcional a la concentración de ácido hasta que éste alcance un valor del 0.2% en peso sobre el total de los reactivos.

El mecanismo propuesto por C.K. Ingold (g), para las esterificaciones de primer orden con respecto al ácido, supone la siguiente serie de etapas:



donde (1), (3) y (4) son rápidas, y la (2) lenta y determinante de la velocidad apareciéndose así la reacción de primer orden respecto al RCOOH. Si suponemos que en un espacio de tiempo muy corto la reacción alcanza un estado estacionario, en el que la velocidad de formación de agua y diéster son ambas iguales a la de desaparición de monoéster, entonces la ecuación de velocidad total es:

FIGURA IX

ESTERIFICACION DE NONANOL CON MONONONILFTALATO
 (Efecto de la Temperatura Sobre la Velocidad de Reacción)
 K = Constante de Velocidad de Reacción

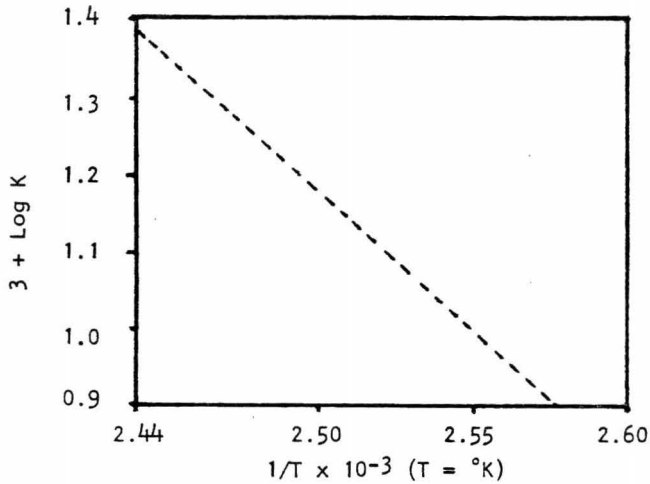
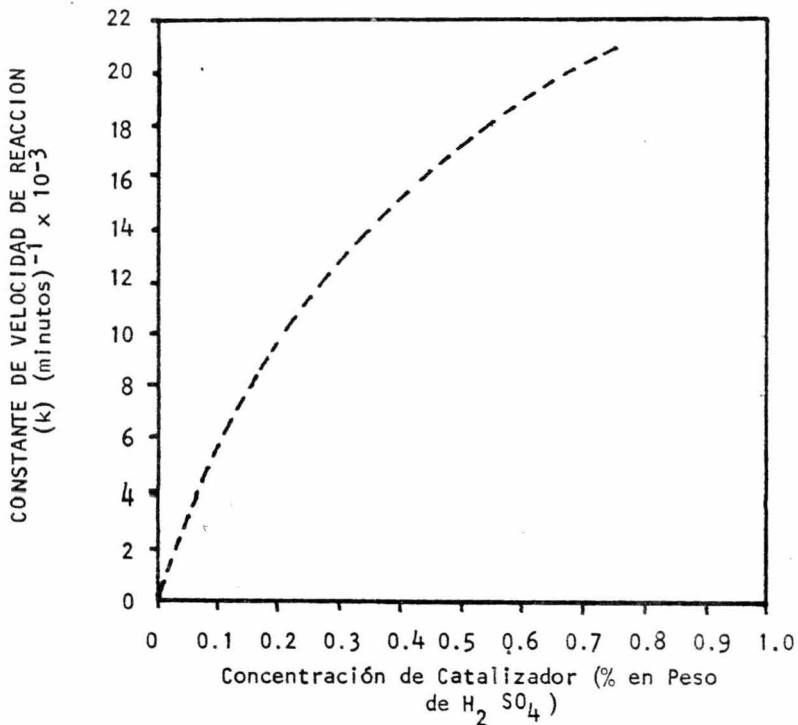


FIGURA X

(Efecto de la Concentración de Catalizador Sobre la Velocidad de Reacción)



$$\frac{da}{dt} + k_1 ah = k_2 e$$

a = Concentración de monoéster

h = Concentración de catalizador

e = Concentración de $[R\ COOH_2]^+$

en el estado estacionario h y e son constantes, e integrando la ecuación se obtiene:

$$\log (a_1 - a_e)/(a_2 - a_e) = k_1 h (t_2 - t_1)$$

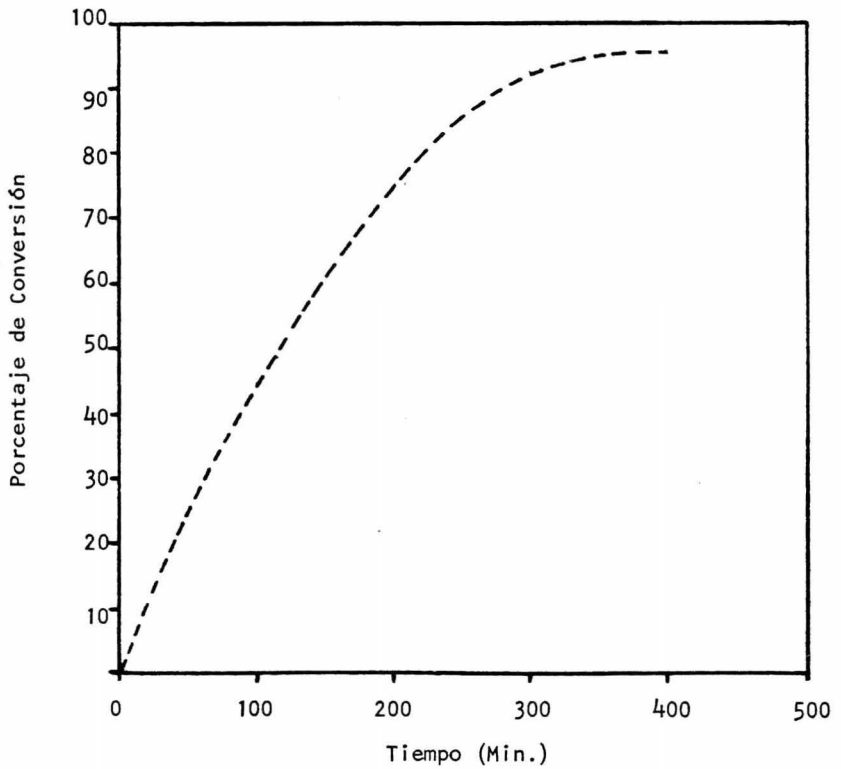
donde, a_1 y a_2 = Concentraciones de monoéster en los tiempos t_1 y t_2 respectivamente.

a_e = Concentración de monoéster en el equilibrio.

Aunque esta segunda ecuación no sea rigurosamente exacta, basta para indicar la importancia de los efectos ejercidos por el agua y el exceso de alcohol sobre la conversión en el equilibrio, y por consiguiente, sobre el tiempo de conversión. Dicha expresión se ha empleado para calcular el tiempo de conversión al 98% en una reacción a 135°C manteniéndose el contenido de agua en un determinado nivel bajo. En la Figura V, se ilustra el efecto del exceso de alcohol sobre tal reacción.

FIGURA XI

ESTERIFICACION DE 2 ETIL HEXANOL CON MONO 2 ETIL HEXIL FTALATO
(Porcentaje de Conversión)



BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS EN ESTE CAPITULO:

- a. Asignación (vii)
- b. Asignación (vii)
- c. Asignación (vii)
- d. Asignación (vii)
- e. Asignación (vii)
- f. Asignación (vii)
- g. Asignación (ix)

DESCRIPCION DEL PROCESO

En la actualidad, se sabe que para la obtención de ftalatos por esterificación del anhídrido ftálico, existen diversos posibles procesos cuyas diferencias radican básicamente en la presencia de alguna operación adicional, lo cual implica uno o más equipos extra, sin embargo, para los fines que este estudio pretende, el proceso será el representado en el Diagrama del Capítulo N^o V que consta de las siguientes etapas:

- 1.- Reacción
- 2.- Lavado y Neutralización
- 3.- Filtración.

1.- REACCION.

El equipo es "barrido" con algún inerte para evitar la presencia de aire. El alcohol proveniente del tanque de almacenamiento TT-1 y el anhídrido ftálico del tanque TT-2, son alimentados al reactor TT-4, al cual, asimismo, se le dosifica ácido sulfúrico o algún otro catalizador del TT-3. Se agita, calienta y burbujea gas inerte para iniciar la reacción. En caso de alcoholes no miscibles con el agua (2 Etil Hexanol, Butanol, Nonanol, etc.), los vapores extraídos del reactor se envían al condensador TC-1 de donde ya condensados pasan a un decantador TT-5 donde el agua y el alcohol se separan regresando el alcohol al reactor. Con objeto de ayudar a extraer el agua rápidamente, favoreciendo la reacción, se opera el sistema a vacío.

Esta etapa dura de 8 a 10 horas, en el momento de la reacción se mantienen aproximadamente 120-140°C y para el agotamiento se alcanzan hasta 160°C. Después de verificada la conversión se suspende la operación y se envía el producto al tanque TT-6 donde se realiza la siguiente etapa.

2.- LAVADO Y NEUTRALIZACION.

Esta fase comprende un lavado del éster crudo con agua desmineralizada y sosa rayón, alimentada del tanque dosificador TT-8, con la finalidad de eliminar el catalizador y las trazas de anhídrido no reaccionado. Esta operación se realiza aproximadamente a 80°C; asimismo ya en medio acuoso, se adiciona al tanque lavador carbón activado, para absorber y eliminar las impurezas que colorean el éster.

Después de cada lavado, el agua es decantada y enviada al drenaje. La interfase se hace llegar al tanque decantador de DOP, TT-7, con objeto de recuperar el éster que haya quedado atrapado en ella. Posteriormente se checa acidez y el material ya neutralizado y lavado se calienta al vacío para secarlo; los vapores de agua y alcohol son condensados en el cambiador TC-2 y recogidos en el tanque TT-9 para enviarlos al TT-5. La temperatura del secado se mantiene entre 130 y 150°C. A continuación se verifica humedad.

3.- FILTRACION.

Con esta operación se elimina del producto, el carbón activado y materiales insolubles; el procedimiento es el siguiente: del TT-6 se alimenta una parte de la carga de plastificante al TT-10 se añade a ese mismo recipiente el filtro-ayuda que habrá de formar la precapa en el filtro y se empieza a recircular del TT-10 al filtro TF-1, hasta que por la mirilla, se observe a la salida del filtro que el material ya está limpio; en este momento, se deja de recircular y se manda directamente al tanque de almacenamiento correspondiente, según el plastificante de que se trate, realizado lo anterior se alinea el TT-6 directamente al filtro, hasta que se concluya el lote. El tanque de almacenamiento para DOP se ha denominado TT-12.

Dos especificaciones comerciales para el DOP, se pudo investigar que establecen:

Especificación N° 1:

Pureza, % en Peso, Min.	99.00
Humedad, % en Peso, Max.	0.05
Acidez como Acido Acético, % en Peso, Max.	0.007
Color APHA, Max.	35
Gravedad Específica 20/20°C	0.983 a 0.986

Especificación N° 2:

Color APHA, Max.	25
Acidez como Acido Ftálico, % en Peso, Max.	0.005
Acidez como Acido Acético, % en Peso, Max.	0.0036
Contenido de Ester, Min. %	99
Gravedad Específica 20/20°C	0.9840 a 0.9865
Apariencia	Libre de materia insoluble y libre de turbidez
Prueba de Calentamiento Color APHA (220°C, 2 hrs.)	50
Olor	Inodoro

REACTOR TT-4

BALANCE DE MATERIA

Bases: 8 Ton/Lote Di-2-Etil Hexil Ftalato
K/K Comercial Reportado (a)
Llenado al 90% del Recipiente

<u>Materias Primas</u>	K K	<u>Rendimiento % del Teórico</u>	<u>Carga Ton</u>	<u>Exceso (8%) Ton</u>	<u>Total al Reactor</u>	
					<u>Kgs.</u>	<u>Lts.</u>
Anhidrido Ftálico	0.39	98	3.12	-	3,120	2,744
2 Etil Hexanol	0.70	95	5.60	0.448	6,048	8,064
Catalizador	0.004		0.032	-	32	32
T o t a l :					9,200	10,840

<u>Productos</u>	PM	<u>CARGAS FINALES</u>				<u>TT-4 + TT-5</u>	
		<u>Reactor (TT-4)</u>		<u>Decantador (TT-5)</u>		<u>Kgs</u>	<u>Lts</u>
		<u>Kgs</u>	<u>Lts</u>	<u>Kgs</u>	<u>Lts</u>		
DOP	390	8,000	8,130			8,000	8,130
H ₂ O	18	40*	40	330	330	370	370
2 ² Etil Hexanol	130	48*	64	400	530	448	594
Impurezas		382	406			382	406
T o t a l e s :		8,470	8,640	730	860	9,200	9,500

DENSIDADES EMPLEADAS EN g/cm³:

DOP = 0.984

Anhidrido Ftálico = 1,138

2 Etil Hexanol = 0.75

Agua = 1.0

Impurezas = (.75 + 1.138) / 2 = 0.944

Agua Producida en la Reacción = 8,000 $\frac{(18)}{390}$ = 370 Kg.

*Nota: Cantidades estimadas que quedan ocluidas en la carga.

CAPACIDAD DEL REACTOR = $\frac{10,840}{.90}$ = 12,044 lts = 3,180 Gal.

Por lo anterior, la capacidad será de 12,000 lts; las dimensiones se dejan a juicio del fabricante, el cual deberá ajustarse a la especificación correspondiente del Código ASME. El material será Acero Inoxidable 316.

El reactor requiere como accesorios de: agitador seleccionado por el proveedor, barboteador de gas inerte, válvula de seguridad, indicador de temperatura, de p

sión, baffles de ayuda al mezclado, mirilla, lámpara, válvula de muestreo y chaqueta de calentamiento conectada a un sistema de aceite (Mobiltherm-603).

BALANCE DE CALOR

Bases: PA alimentado líquido al reactor (130°C aprox.)
Concentración de agua en vapores de salida = 10%

FASE CALENTAMIENTO,

- 1.- $Q \text{ 2 Et-OH} = (6,048)(2.2)(.71)(160-20)(1.8) = 2,380,640 \text{ Btu}$
- 2.- $Q \text{ PA} = (3,120)(2.2)(.35)(160-130)(1.8) = 562,160 \text{ Btu}$
- 3.- $Q \text{ Cat} = (32)(2.2)(.5)(160-20)1.8 = 8,875 \text{ Btu}$
- 4.- $Q \text{ Reacción} = (8,000)(61.046) = 488,365 \text{ Btu}$
- $Q \text{ Calentamiento Total} = 3,440,040 \text{ Btu}$

,considerando 2 horas como tiempo de diseño para el calentamiento, se requerirán:

$$Q \text{ Calentamiento} = \frac{3,440,040 \text{ Btu}}{2 \text{ Hr.}} = 1,720,020 \frac{\text{Btu}}{\text{Hr.}}$$

FASE AGOTAMIENTO,

- 1.- $Q \text{ Vaporización H}_2\text{O} = (370)(2.2)(925) = 752,950 \text{ Btu}$
- 2.- $Q \text{ Vaporización 2 Et-OH} = (370 \times 9)(2.2)(185) = 1,355,310 \text{ Btu}$
- $Q \text{ Agotamiento Total} = 2,108,260 \text{ Btu}$

,considerando 4 horas como tiempo de diseño para realizar esta operación, se requieren:

$$Q \text{ Agotamiento} = \frac{2,108,260 \text{ Btu}}{4 \text{ Hr.}} = 527,065 \frac{\text{Btu}}{\text{Hr.}}$$

El gasto de vapores por condensar en esta etapa del proceso, es:

$$\text{Gasto} = \frac{(370)(2.2)}{(.1)(4)} = 2,035 \frac{\text{lb}}{\text{Hr.}}$$

De lo anterior, se observa que el mayor requerimiento de calor será en el calen-

tamiento, por lo que se toma como parámetro de diseño, con una sobrecapacidad del 20%:

$$Q \text{ Requerido} = (1,720,020)(1.2) = 2,100,000 \text{ Btu/Hr.}$$

esto representa un gasto de calentamiento, suponiendo 20°C de diferencia de temperatura, igual a:

$$\text{Gasto Aceite} = \frac{2,100,000}{(.582)(20 \times 1.8)} = 100,230 \frac{\text{lb}}{\text{Hr.}} = 240 \text{ GPM}$$

y un consumo de vapor de 200 # al calentador CX-3:

$$\text{Gasto Vapor} = \frac{2,100,000}{837.2} = 2,510 \frac{\text{lb}}{\text{Hr.}}$$

En el reactor, la mezcla tiene las siguientes propiedades a una temperatura promedio de 70°C.

Viscosidad	=	12.24 lb/Hr. ft
Densidad	=	57.58 lb/ft ³
Conduct. Térmica	=	0.163 Btu/Hr. °F ft
Calor Específico	=	0.548 Btu/lb °F

A continuación se presenta un resumen de los datos empleados a lo largo del cálculo anterior:

$$C_p \left| \begin{array}{l} 95^\circ\text{C} \\ 2 \text{ Et-OH} \end{array} \right. = 0.71 \frac{\text{Btu}}{\text{lb } ^\circ\text{F}}$$

$$C_p \left| \begin{array}{l} \text{Liq.} \\ \text{P.A.} \end{array} \right. = 0.35 \frac{\text{Btu}}{\text{lb } ^\circ\text{F}}$$

$$C_p \left| \begin{array}{l} \text{CAT.} \end{array} \right. = 0.50 \frac{\text{Btu}}{\text{lb } ^\circ\text{F}}$$

$$\Delta H_v \left| \begin{array}{l} 130^\circ\text{C} \\ \text{H}_2\text{O} \end{array} \right. = 925 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}}$$

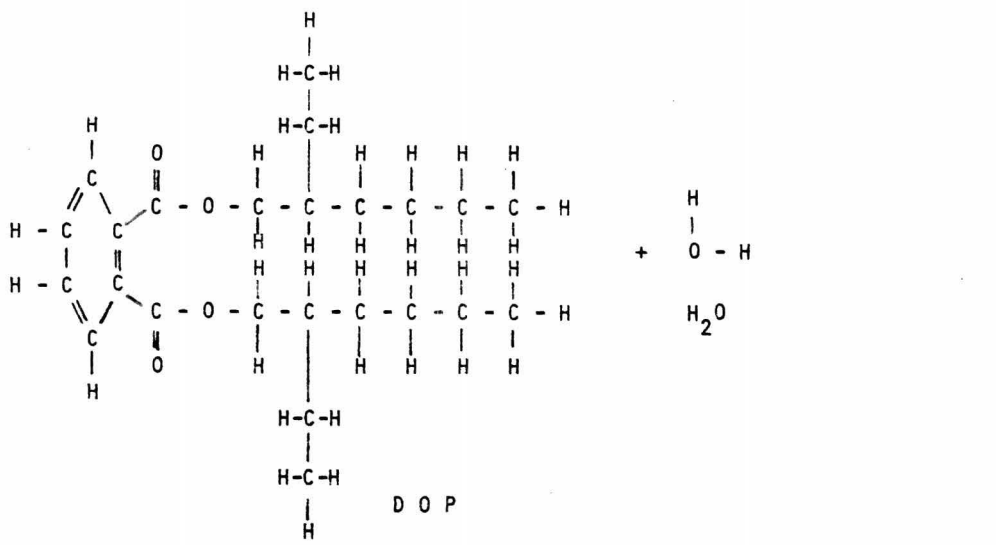
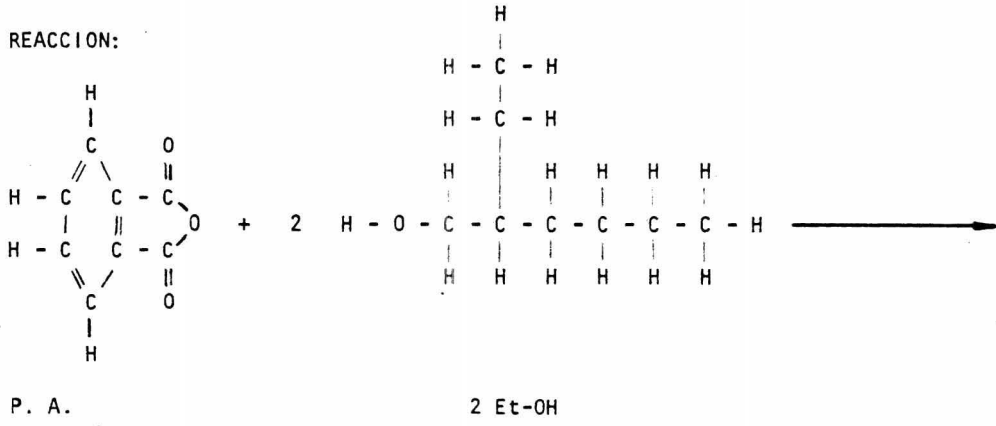
$$\Delta H_v \left| \begin{array}{l} 130^\circ\text{C} \\ 2 \text{ Et-OH} \end{array} \right. = 185 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}}$$

IV . CALCULOS Y ESPECIFICACIONES DE
EQUIPO

$$\text{Densidad} \left. \begin{array}{l} 200^{\circ}\text{C} \\ \text{Mobiltherm} \end{array} \right\} = 0.865 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Cp} \left. \begin{array}{l} 200^{\circ}\text{C} \\ \text{Mobiltherm} \end{array} \right\} = 0.582 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}^{\circ}\text{F}}$$

El calor de reacción (61.046 Btu/Kg.) fué obtenido del siguiente cálculo de energías de enlace:



<u>Compuesto</u>	<u>Unión</u>	<u>Cant.</u>	<u>Kcal/Mol p/Unión</u>	<u>Kcal/Mol Totales</u>
P. A.	C - C	5	69.3	346.5
	C = C	3	106.4	319.2
	C - H	4	88.5	354.0
	C = O	1	164.2	164.2
	- C - O - C H O	1	327.0	327.0
	Q T o t a l :			1,510.9
2 Et-OH	C - C	7	69.3	485.1
	C - H	17	88.5	1,504.5
	C - O	1	78.4	78.4
	O - H	1	110.6	110.6
	Q T o t a l :			2,178.6
DOP	C - C	19	69.3	1,316.7
	C = C	3	106.4	319.2
	C - H	38	88.5	3,363.0
	- C - O - C H O	2	327.0	654.0
		Q T o t a l :		
H ₂ O	O - H	2	110.6	221.2
	Q T o t a l :			221.2

$$Q \text{ Reacción} = \Sigma Q (\text{Productos}) - \Sigma Q (\text{Reactivos})$$

$$Q \text{ Reacción} = (5,652.9 + 221.2) - (1,510.9 + 2 (2,178.6))$$

$$Q \text{ Reacción} = (5,871.1 - 5,868.1) \text{ Kcal/g Mol}$$

$$= 6.0 \text{ Kcal/g Mol} = 23.808 \text{ Btu/g Mol}$$

$$= 61.046 \text{ Btu/Kg DOP}$$

SISTEMA DE MOBILTHERM PARA CALENTAMIENTO DEL REACTOR.

1. CALENTADOR DE MOBILTHERM TC-3

BALANCE DE CALOR:

$$\text{Gasto Aceite} = \frac{2,100,000 \text{ Btu/Hr.}}{(.582 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F})(20 \times 1.8) ^\circ\text{F}} = 100,230 \frac{\text{lb}}{\text{Hr.}} = 240 \text{ GPM}$$

$$\text{Gasto Vapor 200\#} = \frac{2,100,000 \text{ Btu/Hr.}}{837.2 \text{ Btu/Lb}} = 2,510 \frac{\text{lb}}{\text{Hr.}}$$

LMTD:	Caliente	Frío	
	383°F	323.6°F	$\Delta T_1 = 59.4 ^\circ\text{F}$
	383°F	365 °F	$\Delta T_2 = 18 ^\circ\text{F}$

$$\text{LMTD} = \frac{59.4 - 18}{\ln \frac{59.4}{18}} = \frac{41.4}{1.194} = 34.68 ^\circ\text{F}$$

, el aceite, con una densidad de $.865 \text{ g/cm}^3 = 53.9 \text{ lb/ft}^3 = 30^\circ\text{API}$ no requiere para el cálculo del uso de la temperatura calórica, pues es prácticamente la temperatura media, según:

$$\text{Vapor: } T_c = T_2 + F_c (T_1 - T_2) = 195 ^\circ\text{C}$$

$$\text{Aceite: } t_c = t_1 + F_c (t_2 - t_1) = 323.6 + .56 (365 - 323.6) = 347 ^\circ\text{F}$$

$$\text{Aceite: } t_m = \frac{323.6 + 363}{2} = 344.3 ^\circ\text{F}$$

KERN recomienda para vapor de agua/sustancias orgánicas medias (de viscosidades entre 0.5 y 1.0 Cp) una $U_D = 100 - 200$, por lo que se supone:

$$*U = 140 \text{ Btu/Hr. } ^\circ\text{F ft}^2$$

$$A = \frac{2,100,000}{(140)(34.7)} = 432 \text{ ft}^2$$

Se selecciona: Cambiador de 520 ft^2 , 4 pasos, 16" ID Shell, 100 tubos de

1" OD en Δ de 1.25", 14 BWG, 20 ft largo, $a = 0.546 \text{ in}^2$,

deflectores a 12", segmentados 25%.

$$a_t = \frac{(.546) (100)}{4 (144)} = 0.09479 \text{ ft}^2$$

$$V_t = \frac{(240 \text{ Gal/min}) (.1336 \text{ ft}^3/\text{Gal})}{(60 \text{ min/sec}) (.09479 \text{ ft}^2)} = \frac{.5166 \text{ ft}^3/\text{sec}}{.09479 \text{ ft}^2} = 5.45 \frac{\text{ft}}{\text{sec}}$$

- Lado de la Coraza, Fluído caliente, vapor 200#

$$h_o = 1,500 \text{ Btu/Hr. } ^\circ\text{F ft}^2$$

$$t_w = 381^\circ\text{F}$$

- Lado de Tubos, Fluído frío, aceite

$$G_t = \frac{100,230}{.09479} = 1,057,390 \frac{\text{lb}}{\text{Hr. ft}^2}$$

$$Re_t = \frac{(.834/12) (1,057,390)}{(1.47) (2.42)} = 20,658$$

$$J_H = 70$$

$$\frac{h_i}{\phi_t} = 70 \left[\frac{.0708}{.0695} \right] \left[\frac{.582 (3.5574)}{.0708} \right]^{.333} = 220$$

$$\frac{h_{io}}{\phi_t} = 220 (.834/1) = 183.22$$

$$\phi_t = \left[\frac{m_u}{m_{LW}} \right]^{.14} = 1.023$$

$$h_{io} = 183.22 (1.023) = 187.44$$

$$U_c = \frac{(187.44) (1,500)}{187.44 + 1,500} = 166.62 \frac{\text{Btu}}{\text{Hr. } ^\circ\text{F ft}^2}$$

$$a'' = 0.2618 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

$$A = (100) (20 \text{ ft}) (.2618 \text{ ft}^2/\text{ft}) = 523.6 \text{ ft}^2$$

$$U_D = \frac{2,100,000}{(523.6) (34.7)} = 115.6 \frac{\text{Btu}}{\text{Hr. } ^\circ\text{F ft}^2}$$

$$R_d = \frac{166.62 - 115.6}{(166.62) (115.6)} = 0.0027$$

El cambiador está un poco justo pero se considera aceptable para el servi-

cio; asimismo, las caídas de presión calculadas fueron:

$$\Delta P_s = 0.05 \text{ lb/in}^2$$

$$\Delta P_t = 6.85 \text{ lb/in}^2$$

2. TANQUE DE MOBILTHERM - 603 TT-16

Al operar este sistema se debe garantizar presencia del aceite en:

a) Chaqueta del Reactor

$$\varnothing \text{ in} = 7.8 \text{ ft} = 93.6 \text{ in}$$

$$\varnothing \text{ out} = \quad = 95.6 \text{ in}$$

$$\text{sección} = \frac{\pi}{4} (\varnothing \text{ out}^2 - \varnothing \text{ in}^2) = .7854 (9,139.36 - 8,760.96)$$

$$\text{sección} = 297.194 \text{ in}^2 = 2.06 \text{ ft}^2$$

altura parte recta de la chaqueta = 10.5 ft

$$\text{volumen parte recta de la chaqueta} = 21.67 \text{ ft}^3$$

$$\text{volumen aprox. de la tapa} = \frac{\pi}{4} (7.8 + 2/12)^2 (1/12) = 4.15 \text{ ft}^3$$

$$\text{VOLUMEN TOTAL, CHAQUETA} = 21.67 + 4.15 = 25.82 \text{ ft}^3$$

b) Líneas de 4" \varnothing

$$\text{volumen por metro de tubo} = (3.28 \text{ ft/m}) (0.0884 \text{ ft}^2) = 0.29 \text{ ft}^3/\text{m}$$

suponiendo una longitud de 50 m de tubería,

$$(0.29 \text{ ft}^3/\text{m}) (50 \text{ m}) = 14.5 \text{ ft}^3$$

c) Calentador TC-3

$$\frac{(100 \text{ Tubos}) (20 \text{ ft/tubo}) (.546 \text{ in}^2)}{144 \text{ in}^2/\text{ft}^2} = 7.583 \text{ ft}^3$$

Así pues, el requerimiento de aceite en cualquier momento será:

$$25.82 + 14.5 + 7.583 = 47.912 \text{ ft}^3$$

y a este valor le damos un 25% de exceso para garantizar que el tanque de almacenamiento, siempre le pueda dar cabeza a la bomba cuando esté operando; así pues, se requiere una existencia de:

$$47.912 (1.25) = 60. \text{ ft}^3 = 1,700 \text{ Lts.} = 1,470 \text{ Kgs.}$$

ahora, cuando el sistema esté fuera de servicio, el tanque de almacenamiento TT-16 deberá contener todo el mobiltherm y considerando que entonces se llene a un 85% de su capacidad, ésta deberá ser:

$$\text{Capacidad TT-16} = \frac{1,700}{.85} = 2,000 \text{ Lts.}$$

Los accesorios de este recipiente deberán ser: indicador de nivel de vidrio, indicadores de temperatura y presión, válvula de seguridad, control ciego de presión a 1 Kg./cm² de presión, conectado a la línea de alimentación de gas inerte y conexiones de alimentación y descarga en 4" y 6" respectivamente.

Las dimensiones se dejan a juicio del fabricante, el material será acero al carbón, operará a 200°C promedio y a 1 Kg./cm² de presión. Ajustar diseño al Código ASME.

LAVADOR TT-6

BALANCE DE MATERIA

Bases: Lavado con Agua desmineralizada y Sosa.

90% lleno el recipiente

	CARGA INICIAL AL TT-6		DENSIDAD <u>g/cm³</u>
	Kg.	Lts.	
DOP	8,000		
Agua	40	10,721	0.79
2 Etil Hexanol	48		
Impurezas	382		
Agua y Sosa (10%)	2,400	2,362	1.016
Carbón Activado (1%)	80	264	0.303
Totales:	10,950	13,347	

	LAVADOR TT-6		CARGAS FINALES DECANTADOR TT-7		DECANTADOR TT-9	
	Kg.	Lts.	Kg.	Lts.	Kg.	Lts.
DOP	7,950	8,079	50*	54.5		
Agua	3	3			277	277
2 Etil Hexanol			2	2.5	46	63
Impurezas			502	533		
Agua y Sosa (10%)			2,040	2,040		
Carbón Activado	80	264				
Totales:	8,033	8,346	2,594	2,630	323	340

*Nota: Cantidad estimada que queda ocluida en la masa de agua al decantarse.

Capacidad del Lavador = $\frac{13,347}{.9} = 14,830$ Lts. = 3,920 Gal.

Se elige pues, una capacidad de 15,000 lts. para este recipiente; las dimensiones se dejan a juicio del fabricante, y éste deberá ajustarse a la especificación correspondiente del Código ASME.

Este equipo deberá estar enchaquetado, para calentar la mezcla mediante vapor de 100 psig, o bien, para enfriarla (disminuyendo, la solubilidad) con agua a 25°C; el agotamiento se hará a vacío y a una temperatura de la carga de 110-120°C; contará con un barboteador de gas inerte que facilite las operaciones, calentamiento,

mezclado y barrido; requiere de línea de agua desmineralizada para lavados y - agua de limpieza, mirilla, lámpara, tomas de presión, temperatura y de muestra, así como válvula de seguridad.

El material será acero inoxidable 304; contará con agitador y baffles del mismo material, cuya selección toca a proveedores con tecnología propia.

BALANCE DE CALOR

En el agotamiento, Bases: 1 Hr. de Secado

$$C_p \text{ DOP} = 0.57 \text{ Btu/lb. } ^\circ\text{F.}$$

$$1.- Q_c \text{ DOP} = (8,000 \times 2.2) (.57) (120-40) (1.8) = 1,444,640 \text{ Btu}$$

$$2.- Q_c \text{ H}_2\text{O} = (2,440 \times 2.2) (1.00) (120-40) (1.8) = 778,400 \text{ Btu}$$

$$3.- Q_c \text{ imp. + c. act.} = (462 \times 2.2) (.4) (120-40) (1.8) = 58,540 \text{ Btu}$$

$$4.- Q_c \text{ 2 Et-OH} = (48 \times 2.2) (.695) (120-40) (1.8) = 10,570 \text{ Btu}$$

$$5.- Q_v \text{ H}_2\text{O} = (277 \times 2.2) (924) = 563,100 \text{ Btu}$$

$$6.- Q_v \text{ 2 Et-OH} = (46 \times 2.2) (184) = 18,620 \text{ Btu}$$

$$Q \text{ Tot.} = 1+2+3+4+5+6 = 2,873,870 \text{ Btu/Hr.}$$

En el Enfriamiento, Bases: 15 min. para enfriar o calentar en el rango de 40-60°C.

$$1.- Q \text{ DOP} = (8,000 \times 2.2) (.57) (60-40) (1.8) = 361,150 \text{ Btu}$$

$$2.- Q \text{ H}_2\text{O} = (2,440 \times 2.2) (1.0) (60-40) (1.8) = 193,250 \text{ Btu}$$

$$3.- Q \text{ imp. + c. act.} = (462 \times 2.2) (.4) (60-40) (1.8) = 14,640 \text{ Btu}$$

$$4.- Q \text{ 2 Et-OH} = (48 \times 2.2) (.695) (60-40) (1.8) = 2,640 \text{ Btu}$$

$$Q \text{ Tot.} = 1+2+3+4 = 571,680 \text{ Btu}$$

$$Q \text{ Tot.} = \frac{571,680}{.25} = 2,286,720 \frac{\text{Btu}}{\text{Hr.}}$$

Así pues, en el lavador TT-6, se necesita un suministro de vapor de 100 psig igual a =

$$\text{Vapor} = \frac{2,873,870}{880.4} = 3,260 \frac{\text{lb.}}{\text{Hr.}}$$

De igual modo, el agua de enfriamiento requerida será:

$$\text{H}_2\text{O enfto.} = \frac{2,286,720}{(1) (15 \times 1.8)} = 84,700 \frac{\text{lb.}}{\text{Hr.}}$$

La mezcla en este punto del proceso, tiene las propiedades siguientes, considerando una temperatura promedio de 70°C:

$$\text{Densidad} = 56 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Viscosidad} = 11.74 \text{ lb/Hr ft}$$

$$\text{Conductividad} = 0.17 \text{ Btu/Hr } ^\circ\text{F ft}$$

$$\text{Calor Específico} = 0.57 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F}$$

CAMBIADORES DE CALOR

CONDENSADOR DEL REACTOR TC-1

Bases: $P_t = 300 \text{ mm Hg}$

$T \text{ entrada vapores} = T \text{ ebullición de la mezcla}$

$T \text{ salida condensado} = 60^\circ\text{C}$

Tipo de Condensador = Horizontal (dá coeficientes limpios mayores)

TEMPERATURA DE EBULLICION DE LA MEZCLA

<u>% Peso Vapores</u>	<u>PM</u>	<u>N</u>	<u>Fracción Mol</u>
10 % H_2O	18	0.555	0.445
90% 2 ET-OH	130	0.692	0.555
T o t a l :		1.247	1.000

, de los valores anotados y la figura XII se obtiene una temperatura de ebullición - condensación para la mezcla de $138^\circ\text{C} = 280^\circ\text{F}$.

BALANCE DE CALOR

- Condensación (a 138°C)

$$\Delta H_v \text{ 2 ET-OH} = 184$$

$$\Delta H_v \text{ H}_2\text{O} = 928$$

$$\overline{\Delta H_v} = 259 \text{ Btu/lb}$$

$$Q_c = (2,035 \text{ lb/Hr}) (259 \text{ Btu/lb}) = 527,065 \text{ Btu/Hr}$$

- Subenfriamiento (de 138°C a 60°C)

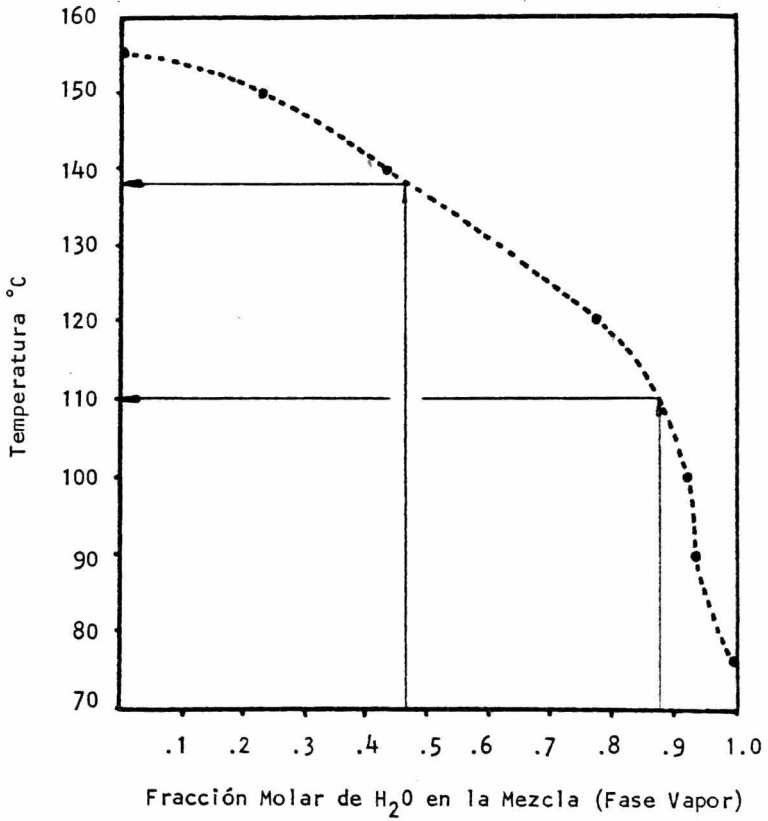
$$C_p \text{ 2 ET-OH} = 0.71$$

$$C_p \text{ H}_2\text{O} = 1.007$$

$$\overline{C_p} = 0.74 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F}$$

FIGURA XII

GRAFICA DEL PUNTO DE EBULLICION PARA EL SISTEMA AGUA-2 ET-OH
A 300 mm Hg. abs.



$$Q_s = (2,035 \text{ lb/Hr}) (.74) (280-140)^\circ\text{F} = 210,826 \text{ Btu/Hr.}$$

$$Q_T = Q_c + Q_s = 737,891 \text{ Btu/Hr}$$

- Agua de Enfriamiento (de 20 a 30°C)

$$W = \frac{Q_{\text{Tot}}}{C_p \Delta t} = \frac{737,891}{(1) (86-68)} = 40,994 \frac{\text{lb.}}{\text{Hr.}}$$

- ΔT Balanceada

$$\Delta T_c = \frac{Q_c}{W C_p} = \frac{527,065}{(40,994) (1)} = 12.86^\circ\text{F}$$

$$\Delta T_s = \frac{Q_s}{W C_p} = \frac{210,826}{(40,994) (1)} = 5.14^\circ\text{F}$$

$$\text{LMTD}_c = \frac{206.86 - 194}{\ln \frac{206.86}{194}} = 200.36^\circ\text{F}$$

$$\text{LMTD}_s = \frac{206.86 - 72}{\ln \frac{206.86}{72}} = 127.78^\circ\text{F}$$

$$\frac{Q_c}{\text{LMTD}_c} = \frac{527,065}{200.36} = 2,630.6$$

$$\frac{Q_s}{\text{LMTD}_s} = \frac{210,826}{127.78} = 1,650$$

$$\Delta T \text{ Balanceada} = \frac{Q_T}{\left(\frac{Q}{\text{LMTD}}\right)_{s+c}} = \frac{737,891}{4,280.6} = 172.38^\circ\text{F}$$

Kern (d) sugiere para soluciones orgánicas medias/agua una $U = 50-125$; se elige

$U = 70$ lo cual nos dá:

$$A = \frac{Q_T}{U \Delta T} = \frac{737,891}{(70) (172.38)} = 61.15 \text{ Ft}^2$$

según lo cual se selecciona:

Condensador de 92 Ft², 4 pasos, 10" ID Shell, 36 tubos 1" OD, pitch triangular 1.25", 14 BWG, 10' largo, 0.546 in² área flujo, deflectores con B = 12 in, segmentados un 25%.

PRUEBA DEL EQUIPO

- Lado de Tubos, fluido frío, Agua enfriamiento.

$$A_t = \frac{(0.546) (36)}{(4) (144)} = 0.034 \frac{\text{Ft}^2}{\text{Paso}}$$

$$\text{Gasto de Agua} = 0.183 \text{ Ft}^3/\text{sec}$$

$$V_t = \frac{0.183}{0.034} = 5.4 \frac{\text{Ft}}{\text{sec}}$$

$$G_t = \frac{W}{A_t} = \frac{40,994}{.034} = 1,202,170 \frac{\text{lb}}{\text{Hr Ft}^2}$$

$$\bar{T} = 25^\circ\text{C}$$

$$h_i = 1,120 \times 0.95 = 1,064 \text{ Btu/Hr } ^\circ\text{F Ft}^2$$

$$h_{io} = (1,064) (.834) = 887 \text{ Btu/Hr } ^\circ\text{F Ft}^2$$

- Lado de la coraza, fluido caliente, 2 ET-OH/H₂O

Considerando 16 tubos sumergidos (44%) para subenfriamiento y 20 para condensación:

$$G'' = \frac{W}{L N_t .66} = \frac{2,035}{(10) (20) .66} = 27 \frac{\text{lb}}{\text{Hr Ft}}$$

$$*h_o = 300$$

$$t_w = \bar{t}_a + \frac{h_o}{h_{io} + h_o} (T_v - \bar{t}_a)$$

$$t_w = 77 + \frac{300}{887 + 300} (280 - 77) = 128 ^\circ\text{F}$$

$$t_f = t_w + T_v/2 = 204^\circ\text{F}$$

$$k_f = 0.089 \text{ Btu/Hr } ^\circ\text{F ft}$$

$$S_f = 0.681$$

$$\text{muf} = 0.213 \text{ Cp}$$

de gráfica se obtiene $h_c = 310$ y t_f no se modificará significativamente, quedando

$$h_c = h_o = 300 \text{ Btu/Hr } ^\circ\text{F Ft}^2$$

$$U_c = \frac{h_{i0} h_o}{h_{i0} + h_o} = \frac{(887) (300)}{887 + 300} = 224 \frac{\text{Btu}}{\text{Hr } ^\circ\text{F ft}^2}$$

$$a_s = \frac{ID \cdot C' \cdot B}{144 \text{ Pt}} = \frac{(10) (.25) (12)}{144 (1.25)} = 0.166 \text{ Ft}^2$$

$$G_s = \frac{W}{a_s} = \frac{2,035}{.166} = 12,210 \frac{\text{lb}}{\text{Hr Ft}^2}$$

$$a \ T_s = 99^\circ\text{C}$$

$$k = 0.1048 \text{ Btu/Hr } ^\circ\text{F ft}$$

$$\text{Mu} = 2.25 \text{ lb/Hr Ft.}$$

$$C_p = 0.74 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F}$$

$$d_e = \frac{4 (.5 \text{ Pt} \times .86 \text{ Pt} - .5 \pi \text{ do}^2/4)}{.5 \pi \text{ do}} = 0.71$$

$$D_e = 0.71/12 = 0.0592 \text{ Ft}$$

$$\text{Res} = \frac{D_e G_s}{\text{Mu}} = \frac{(0.0592) (12,210)}{2.25} = 322$$

$$J_H = 9.5$$

$$h_o = 9.5 \frac{.1048}{.0592} \left(\frac{.74 \times 2.25}{.1048} \right)^{.33} = 42.3 \frac{\text{Btu}}{\text{Hr } ^\circ\text{F ft}^2}$$

$$U_s = \frac{h_{i0} h_o}{h_{i0} + h_o} = \frac{(42.3) (887)}{42.3 + 887} = 40.4 \frac{\text{Btu}}{\text{Hr } ^\circ\text{F Ft}^2}$$

Areas Limpias:

$$A_c = \frac{Q_c}{U_c \Delta t_c} = \frac{527,065}{(224) (200.36)} = 11.74 \text{ ft}^2$$

$$A_s = \frac{Q_c}{U_s \Delta t_s} = \frac{210,826}{(40.4) (127.78)} = 40.83 \text{ ft}^2$$

Area Limpia Requerida : 52,57 ft²

$$U_{tc} = \frac{(224) (11.74) + (40.4) (40.83)}{52.57} = 81.4 \frac{\text{Btu}}{\text{Hr } ^\circ\text{F ft}^2}$$

$$a'' = 0.2618 \text{ Ft}^2/\text{Ft}$$

$$\text{Area de Diseño} = (36) (10) (.2618) = 94 \text{ Ft}^2$$

$$U_{td} = \frac{737,891}{(94) (172.38)} = 45.53 \frac{\text{Btu}}{\text{Hr } ^\circ\text{F Ft}^2}$$

$$R_d = \frac{U_{tc} - U_{td}}{U_{tc} U_{td}} = \frac{81.4 - 45.53}{(81.4) (45.53)} = 0.00968$$

Por lo tanto se acepta el condensador para el servicio.

Las caídas de presión calculadas fueron:

$$\Delta P_s = 1.21 \text{ lb/in}^2$$

$$\Delta P_t = 6.115 \text{ lb/in}^2$$

CONDENSADOR DEL LAVADOR TC-2

Bases: $P_t = 300 \text{ mm Hg}$

$T_{\text{entrada vapores}} = T_{\text{ebullición de la mezcla}}$

$T_{\text{salida condensado}} = 60^\circ\text{C}$

Tipo de condensador = horizontal

Tiempo máximo de secado = 1 hr.

TEMPERATURA DE EBULLICION DE LA MEZCLA

<u>% Peso Vapores</u>	<u>PM</u>	<u>N</u>	<u>Fracción Mol</u>
50% H_2O	18	2.777	0.878
50% 2 Et-OH	130	0.384	0.122
T o t a l :		3.161	1.000

, de la figura XII se obtiene una temperatura de ebullición-condensación para la mezcla de $110^\circ\text{C} = 230^\circ\text{F}$

BALANCE DE CALOR

- Condensación (a 110°C)

$$\Delta H_v \text{ 2 ET - OH} = 193 \text{ Btu/lb}$$

$$\Delta H_v \text{ H}_2\text{O} = 960 \text{ Btu/lb}$$

$$Q_c = (48) (2.2) (193) + (80) (2.2) (960) = 189,340 \text{ Btu/Hr}$$

- Subenfriamiento (de 110°C a 60°C)

$$C_p \text{ 2 ET - OH} = 0.68 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F}$$

$$Q_s = (48) (2.2) (.68) (230 - 140) + (80) (2.2) (1.0) (90) = 22,300 \text{ Btu/Hr}$$

$$Q_t = Q_c + Q_s = 211,642 \text{ Btu/Hr}$$

- Agua de Enfriamiento (de 20 a 30°C)

$$W = \frac{Q_{\text{Tot}}}{C_p \Delta t} = \frac{211,642}{(1)(86-68)} = 11,760 \frac{\text{lb}}{\text{Hr.}}$$

- ΔT Balanceada

$$\Delta T_c = \frac{Q_c}{W C_p} = \frac{189,340}{(11,760) (1)} = 16.1^\circ\text{F}$$

$$\Delta T_s = \frac{Q_s}{W c_p} = \frac{22,300}{(11,760) (1)} = 1.9^\circ\text{F}$$

$$\text{LMTD}_c = \frac{210.1 - 194}{\ln \frac{210.1}{194}} = 201.91^\circ\text{F}$$

$$\text{LMTD}_s = \frac{210.1 - 72}{\ln \frac{210.1}{72}} = 128.95^\circ\text{F}$$

$$\frac{Q_c}{\text{LMTD}_c} = \frac{189,340}{201.91} = 937.74$$

$$\frac{Q_s}{\text{LMTD}_s} = \frac{22,300}{128.95} = 172.93$$

$$\Delta T \text{ Balanceada} = \frac{Q_t}{(Q/\text{LMTD})_s + c} = \frac{211,642}{1,110.7} = 190.55^\circ\text{F}$$

Se propone:

Condensador de 15 ft², 4 pasos, 6" ID Shell, 12 tubos de 1" OD, en pitch triangular de 1.25 in, 14 BWG, 5' Largo, 0.546 in² area flujo, deflectores a B = 12", segmentados 25%.

PRUEBA DEL EQUIPO

- Lado de Tubos, fluido frfo, Agua enfriamiento

$$a_t = \frac{(0.546) (12)}{(144) (4)} = 0.011375 \text{ ft}^2$$

$$\text{Gasto de Agua} = 0.052 \text{ ft}^3/\text{sec}$$

$$v_t = \frac{0.052}{0.01137} = 4.571 \frac{\text{ft}}{\text{sec}}$$

$$G_t = \frac{W}{a_t} = \frac{11,760}{.01137} = 1,033,846 \frac{\text{lb}}{\text{Hr Ft}^2}$$

$$\bar{T} = 25^\circ\text{C}$$

$$h_i = 900 \times 0.95 = 855 \text{ Btu/Hr } ^\circ\text{F Ft}^2$$

$$h_{io} = 855 (.834) = 713 \text{ Btu/Hr } ^\circ\text{F Ft}^2$$

- LADO DE LA CORAZA, fluido caliente, 2 ET - OH/H₂O

Se consideran 5 tubos sumergidos (42% área) para subenfriamiento y 7 para condensación, dando:

$$G'' = \frac{W}{L N_t} = \frac{281.6}{(5)(7)} = 15.39$$

$$* h_o = h_c = 900$$

$$t_w = \bar{t}_a + \frac{h_o}{h_{io} + h_o} (T_v - \bar{t}_a)$$

$$t_w = 77 + \frac{900}{713 + 900} (230 - 77) = 162^\circ\text{F}$$

$$t_f = \frac{t_w + t_v}{2} = 196^\circ\text{F}$$

$$k_f = 0.231 \text{ Btu/Hr } ^\circ\text{F Ft}$$

$$s_f = 0.751$$

$$\text{muf} = 0.5 \text{ Cp}$$

, de gráfica se obtiene $h_c = 850$ y t_f no se modificará significativamente, quedando:

$$h_c = h_o = 850 \text{ Btu/Hr } ^\circ\text{F Ft}^2$$

$$U_c = \frac{h_{io} h_o}{h_{io} + h_o} + \frac{(850)(713)}{850 + 713} = 387.7 \frac{\text{Btu}}{\text{Hr } ^\circ\text{F Ft}^2}$$

$$a_s = \frac{ID C' B}{144 Pt} = \frac{(6)(.25)(12)}{144(1.25)} = 0.1 \text{ ft}^2$$

$$G_s = \frac{w}{a_s} = \frac{281.6}{.1} = 2,816 \frac{\text{lb}}{\text{Hr Ft}^2}$$

$$a_{T_s} = 85^\circ\text{C}$$

$$k = 0.21 \text{ Btu/Hr } ^\circ\text{F Ft}$$

$$C_p = 0.84 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F}$$

$$\mu = 0.42 \text{ Cp} = 1.016 \text{ lb/Hr Ft}$$

$$De = 0.0592 \text{ Ft}$$

$$Re_s = \frac{De G_s}{\mu} = \frac{(0.0592) (2,816)}{1.016} = 164$$

$$j_h = 6.9$$

$$h_o = 6.9 \frac{.21}{.0592} \left(\frac{.84 \times 1.016}{.21} \right)^{.33} = 39.06 \frac{\text{Btu}}{\text{Hr } ^\circ\text{F Ft}^2}$$

$$U_s = \frac{h_o h_o}{h_o + h_o} = \frac{(39.6) 713}{39.6 + 713} = 37.51 \frac{\text{Btu}}{\text{Hr } ^\circ\text{F Ft}^2}$$

- Areas Limpias:

$$A_c = \frac{Q_c}{U_c \Delta t_c} = \frac{189,340}{(387.7) (201.91)} = 2.42 \text{ Ft}^2$$

$$A_s = \frac{Q_s}{U_s \Delta t_s} = \frac{22,300}{(37.51) (128.95)} = 4.61 \text{ Ft}^2$$

$$\text{Area Limpia Requerida} = 7.03 \text{ Ft}^2$$

$$U_{tc} = \frac{(2.42) (387.7) + (4.61) (37.51)}{7.03} = 158.06 \frac{\text{Btu}}{\text{Hr } ^\circ\text{F Ft}^2}$$

$$a'' = 0.2618 \text{ Ft}^2/\text{Ft}$$

$$\text{Area de Diseño} = (12) (5) (.2618) = 15.7 \text{ Ft}^2$$

$$U_{td} = \frac{Q_t}{A \Delta t} = \frac{211,642}{(15.7) (190.55)} = 70.74 \frac{\text{Btu}}{\text{Hr } ^\circ\text{F Ft}^2}$$

$$R_d = \frac{U_{tc} - U_{td}}{U_{tc}} = 0.00781$$

Así pues, el condensador es apropiado para el servicio; las caídas de presión calculadas fueron:

$$\Delta P_s = 0.03 \text{ lb/in}^2$$

$$\Delta P_t = 3.05 \text{ lb/in}^2$$

TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Almacenamiento 2 Etil Hexañol TT-1.-

El consumo de 2 Et-OH por lote son 6,048 Kgs. y se harán 2 lotes por día, deseándose 15 días de materia prima almacenada; a una densidad a 25°C de 0.835 Kg./lt. se tiene:

	<u>Kgs.</u>	<u>Lts.</u>
Consumo Diario	12,096	14,486
Almacén por	181,440	217,293
Volúmen Requerido (al 85% de llenado)		255,639
Capacidad del Tanque		260,000

Contará con indicador tipo varec, dos entradas hombre, una superior y otra inferior lateral, escalera marina exterior, arrestador de flama, así como conexiones de llenado y descarga; el material será acero al carbón; se dejan las dimensiones a juicio del constructor, teniendo en cuenta que debe seguirse la especificación API; trabajará atmosférico y a temperatura ambiente.

Almacenamiento Anhídrido Ftálico TT-2.-

De PA se consumen por lote 3,120 Kgs. y considerando 2 lotes por día, 15 días de almacén de materia prima y una densidad a 135°C de 1.19 Kg./Lt., nos dá:

	<u>Kgs.</u>	<u>Lts.</u>
Consumo diario	6,240	5,244
Almacén por	93,600	78,655
Volúmen Requerido (al 85% de llenado)		92,535
Capacidad del Tanque		95,000

Deberá tener indicador tipo varec, dos entradas hombre, una superior y una inferior lateral, escalera marina exterior, venteo, conexiones de llenado y descarga, alimentación de gas inerte (incluyendo sistema de control) y trazado de vapor de 100# que mantenga al material fundido.

El material será acero inoxidable 304 dejando las dimensiones a juicio del fabricante.

cante que deberá apegarse al Código API; trabajará a 130-150°C y a presión prácticamente atmosférica. Deberá estar aislado.

Almacenamiento Catalizador TT-3 (I y II).-

Estos recipientes tienen por objeto almacenar y dosificar el catalizador al reactor; el hecho de que se tengan dos con el arreglo mostrado en el diagrama de procesos e instrumentación, es debido a la previsión de que se usará como catalizador el ácido toluén sulfónico (TSA) cuya presentación es una pasta sólida amarillenta y cristalina y sería necesario primero diluirlo con una pequeña cantidad de alcohol, ayudando al mezclado con la recirculación proporcionada por la bomba. Este ácido lo reportan sus proveedores como 100% soluble en alcohol y en agua, con punto de fusión 52-54°C. Puesto que el requerimiento de catalizador por lote es muy bajo, la capacidad de cada uno de los tanques fijada en 750 lts. resulta ser suficiente.

Ambos deberán tener indicador de nivel de vidrio, tapas desmontables y un filtro a la salida del TT-3-II a proceso. El material será Al-316 y operará a presión atmosférica y temperatura ambiente.

Almacenamiento de Di-Octil Ftalato TT-12.-

Se producirán 7,950 Kgs. por lote y considerando 2 lotes por día y 15 días de almacén de producto, a una densidad a 30°C de 0.98 Kgs./lt., se tendrá:

	<u>Kgs.</u>	<u>Lts.</u>
Producción Diaria	15,900	16,225
Almacén por	238,500	243,367
Volúmen Requerido (al 85% de llenado)		286,314
Capacidad del Tanque		290,000

Sus accesorios serán indicador tipo varec, dos entradas hombre, una superior y otra inferior lateral, escalera marina exterior, arrestaflamas, conexiones de llenado y descarga; se construirá en acero al carbón, dimensiones a juicio del

constructor apegándose al Código API; trabajará atmosférico y a temperatura poco mayor que la ambiente.

Almacenamiento de Sosa TT-13.-

Puesto que el consumo de este material en el proceso no es elevado, se considera óptimo diseñar este recipiente para un volumen poco mayor al que entregue una pipa; así pues, se supo que la carga de una pipa de sosa son aproximadamente 30 toneladas, que con una densidad a 20°C de 1.5253 Kgs./lt. nos da:

	<u>Kgs.</u>	<u>Lts.</u>
Almacén por (30 x 1.25)	37,500	24,590
Volúmen Requerido (al 85% de llenado)		28,925
Capacidad del Tanque		30,000

Será construído en acero al carbón con indicador de nivel, venteo, una entrada de hombre y conexiones de carga y descarga; las misiones se dejan al fabricante debiendo seguirse la especificación API; trabajará atmosférico y a temperatura ambiente.

Almacenamiento de Alcohol TT-14.-

Este recipiente está pensado para dar a la Planta capacidad de almacenamiento para la materia prima de algún éster diferente al dioctil ftalato; así pues, este tanque se destinaría para algún otro alcohol como por ejemplo: butanol, isobutanol, isodecanol, nonanol, etc. De acuerdo a lo limitado del mercado del resto de los plastificantes con respecto al DOP se considera apropiado diseñar este recipiente para un volumen poco mayor al que entregue una pipa; considerando butanol, se sabe que una pipa contiene aproximadamente 25 toneladas de éste, teniendo a una temperatura de 25°C una densidad de 0.81 Kgs./lt.

	<u>Kgs.</u>	<u>Lts.</u>
Almacén por (25 x 1.25)	31,250	38,580
Volúmen Requerido (al 85% de llenado)		45,390
Capacidad del Tanque		45,000

Este almacenamiento representa una producción de Di-butil ftalato igual a - - 46,640 Kgs., en base al factor de rendimiento ($k/k = 0.67$) comercial reportado (b), dato que se traduce en poco menos de 6 lotes de producción, es decir, 3 días de almacén.

Este recipiente deberá contar con indicador de nivel tipo varec, arrestador de flama, dos entradas hombre y conexiones para carga y descarga; debe seguirse la especificación API y las dimensiones las eligirá el fabricante; trabajará atmosférico y a temperatura ambiente.

Almacenamiento de Plastificante TT-15.-

Aquí se almacenará el éster que se produzca diferente al DOP, se considera apropiado que este recipiente contenga 4 días de producción; así pues, suponiendo Di-butil ftalato a 30°C, la densidad será 1.07 Kg./lt. (c).

	<u>Kgs.</u>	<u>Lts.</u>
Producción Diaria	15,900	14,860
Almacén por	63,600	59,440
Volúmen Requerido (al 85% de llenado)		69,928
Capacidad del Tanque		70,000

Sus accesorios serán, indicador de nivel tipo varec, dos entradas hombre, arresta flama y conexiones de carga y descarga; el material será acero al carbón fabricado bajo el Código API, las dimensiones las sugerirá el constructor; las condiciones de operación son atmosférico y a temperatura poco mayor que la ambiente.

TANQUES MENORES

DECANTADOR DEL REACTOR TT-5

Al finalizar un lote, éste recipiente deberá contener lo siguiente:

	CARGA		DENSIDAD Kg./Lt.
	Kg.	Lts.	
Condensado de CX-1:			
Agua	330	330	1.00
2 Etil Hexanol	400	530	0.75
Condensado de TT-9:			
Agua	277 280	277	1.00
2 Etil Hexanol	46	63	0.75
T o t a l :	1,053	1,200	

Se elige una capacidad para este tanque de 2,000 Lts., con dimensiones propuestas por el fabricante teniendo en cuenta que requiere como accesorios, transmisor de nivel, control de interfase, boquillas de descarga en el fondo y lateral dos boquillas de entrada de líquido superiores, otra para instalación de transmisor de presión y una última de conexión a sistema de vacío. El material será acero inoxidable 316. Operará sobre 55°C y a vacío total. Diseñar de acuerdo a Código ASME.

SEPARADOR DEL FONDO DEL LAVADOR TT-7

Este recipiente recibirá la descarga de los lavados del TT-6, la cual contiene:

	CARGA		DENSIDAD Kg./Lt.
	Kg.	Lts.	
DOP	50	54.5	.917
2 Etil Hexanol	2	2.5	.800
Impurezas	502	533	.941
Agua	2,040	2,040	1.00
T o t a l :	2,594	2,630	0.986

Tendrá una capacidad de 3,000 Lts. en acero al carbón con separadores interiores para decantar, indicador de nivel de vidrio, boquilla de entrada en la tapa superior, que será desmontable, boquillas de descarga: dos superiores en los compartimientos 1 y 2 y una inferior para agua. Presión de operación 0 psig y temperatura sobre 50 - 60°C. Diseñar de acuerdo a Código ASME.

DOSIFICADOR DE SOSA EN SOLUCION TT-8

En este tanque se preparará la siguiente solución.

	CARGA		DENSIDAD Kg./Lt.
	<u>Kg.</u>	<u>Lts.</u>	
Agua	2,280	2,280	1.00
Sosa	120	80	1.50
T o t a l :	2,400	2,360	1.016

Así pues este recipiente se diseñará para 3,000 lts. en acero al carbón con dos boquillas superiores de entrada para sosa rayón y agua, contará con indicador de nivel de vidrio, tapa removible y boquilla inferior de descarga, trabajará atmosférico y a temperatura ambiente. Diseñar de acuerdo a Código ASME.

DECANTADOR DEL LAVADOR TT-9

Debe recibir:

	CARGA		DENSIDAD Kg./Lts.
	<u>Kg.</u>	<u>Lts.</u>	
Agua	277	277	1.00
2 Etil Hexanol	46	63	0.73
T o t a l :	323	340	

Tendrá pues, capacidad para 1,000 lts. en acero inoxidable 304 con indicador de nivel, conexión al sistema de vacío, conexión para transmisor de presión y boquillas superior de carga e inferior de descarga. Trabaja sobre 55°C y a vacío total. Diseñar de Acuerdo a Código ASME.

TANQUE DE PRECAPA TT-10

La sugerión proporcionada directamente por un proveedor del sistema de filtrado consiste en un tanque de 60 cms. de \emptyset x 72 cms. de altura con tapa plana y fondo F & D, construido en lámina de acero inoxidable tipo 316 calibre 11; se considera apropiado ponerle indicador de nivel.

SEPARADOR DEL SISTEMA DE VACIO TT-11

Este recipiente operará a vacío total a una temperatura aproximada de 70°C; se requiere una capacidad de 300 lts. en acero inoxidable tipo 316, diseñado de acuerdo al Código ASME. Sus conexiones son a la bomba de vacío, drenaje y tanque decantadores TT-5 y TT-9.

ALMACENAMIENTO DE MOBILTHERM-603 TT-16

Especificado como parte del equipo del sistema de Mobiltherm para calentamiento del Reactor TT-4.

EQUIPO MISCELANEO.

Filtro de Platos Horizontales F-1.-

La eliminación del carbón activado empleado en la etapa de lavado, se logra mediante la utilización de filtro, cuya selección y sugerencia se solicitó a diversos proveedores del ramo los cuales en todos los casos, recomendaron un tipo de filtro de platos horizontales, dando entre otras las siguientes razones de esa preferencia: ahorro de mano de obra en operación y mantenimiento, menor peso, menor necesidad de supervisión, facilidad de reparación y eficiencia en el filtrado. Asimismo, se obtuvo la aclaración de usar filtro-ayuda necesariamente. De los modelos propuestos, se consideró idóneo el de las siguientes características:

Area de Filtración	2.14 m ²
Volumen de Torta	40.8 Lts.
Número de Platos	15
Tipo de Platos	Shallow
Diámetro de Platos	45.6 cms.
Presión de Diseño del Tanque	4 Kg./cm ²
Presión de Prueba del Tanque	6 Kg./cm ²
Caída Máxima de Presión	3.3 Kg./cm ²
Material de Construcción	Al - 316
Acabado	Industrial
Accesorios:	1 Manómetro con Diafragma de Teflón y 1 Venteo de 1/2" Ø.

BIBLIOGRAFIA

- (a) Stanford Research Inst. asig. (viii)
- (b) Stanford Research Inst. asig. (viii)
- (c) Asignación (x)
- (d) Asignación (xi)
- (e) Asignación (xii)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 "INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"
 HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA RECIPIENTES

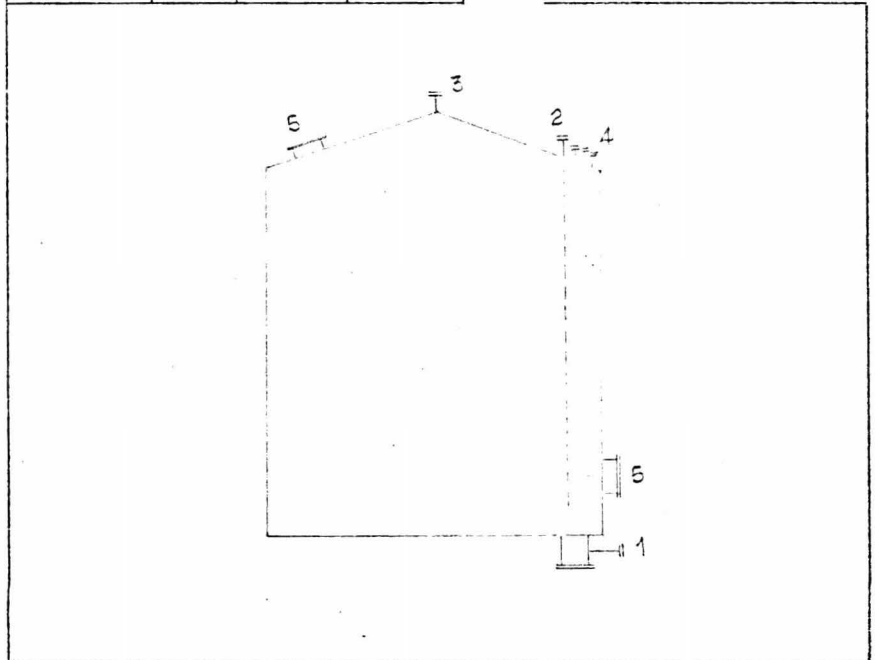
Recipiente N°: TT-1 Tipo: Cil - Vertical Fecha: Marzo 76
 Servicio: ALMACENAMIENTO 2E+OH Página: 1 de 16
 Material: A. C. Diámetro: _____ Ft. Alt. o Long.: _____ Ft.
 Capacidad: 260,000 Lts. Llenado al: 85 % Almacén: 15 días
 Cond. de Diseño: Temp.: 25 °C Presión: 14.7 psia's Densidad: 0.825 K/L
 Cond. de Operación: Temp.: 25 °C Presión: 14.7 psia's Densidad: 0.825 K/L

CUADRO DE BOQUILLAS				
N°	Flujo ft ³ /sec	Ø Nom. in	Velocidad ft/sec	Servicio
1		2"		A REACTOR
2		2"		LLENADO
3		4"		AGREGADOR
4		(3) 1"		VA REE
5		(2) 24"		ENT-HORREE
6				
7				
8				
9				
10				

Comentarios

Instalada a 85-86 API

 Especificación Preparada Por: AGG



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
"INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"

HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA RECIPIENTES

Recipiente N°: TT-2 Tipo: Cil-Vertical Fecha: Marzo '76
 Servicio: ALMACENAMIENTO ANH. FTALICO Página: 2 de 16
 Material: A1-304 Diámetro: _____ Ft. Alt. o Long.: _____ Ft.
 Capacidad: 95,000 Lts. Llenado al: 85 % Almacén: 15 días
 Cond. de Diseño: Temp.: 130 °C Presión: 25 psias Densidad: 1.15 K/L
 Cond. de Operación: Temp.: 135 °C Presión: 25 psias Densidad: 1.19 K/L

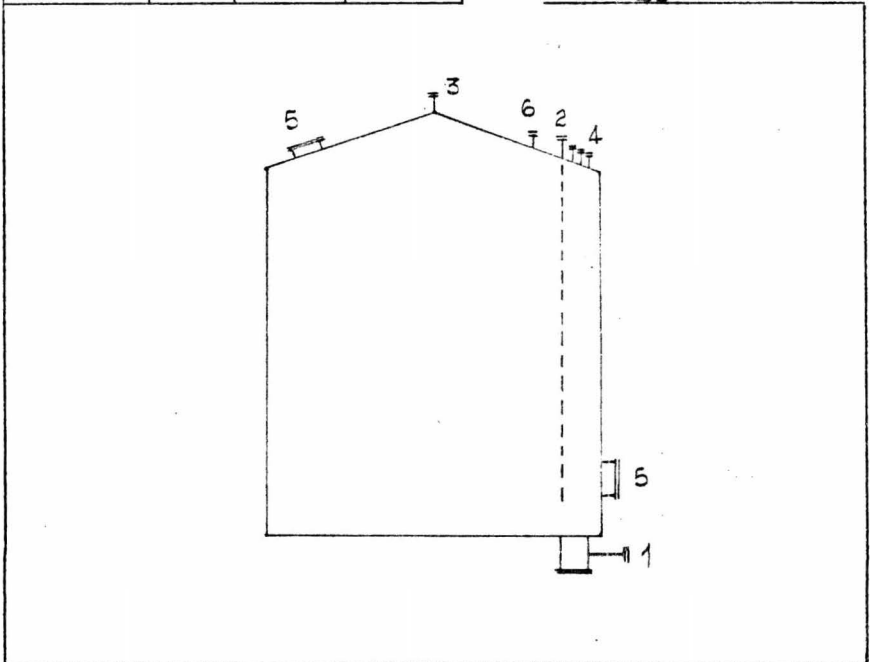
CUADRO DE BOQUILLAS				
N°	Flujo ft ³ /sec	Ø Nom. in	Velocidad ft/sec	Servicio
1		3"		A REACTOR
2		2"		LLENADO
3		2"		VENTEO
4		2) 1"		VAREC
5		(2) 24"		ENT-HOMBRE
6		1"		INERTE
7				
8				
9				
10				

Comentarios

Acordarse a ESPEC. API

Especificación Preparada Por: _____

ABS



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
"INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"

HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA RECIPIENTES

Recipiente N°: TT-3 (I y II) Tipo: Oil-Vertical Fecha: Mar 20 '76
 Servicio: ALMACENAMIENTO CATALIZADOR Página: 3 de 16
 Material: A1-316 Diámetro: _____ Ft. Alt. o Long.: _____ Ft.
 Capacidad: 1,500 Lts. Llenado al: _____ % Almacén: 20 Lotes
 Cond. de Diseño: Temp.: 20 °C Presión: 14.7 psias Densidad: 0.80 K/L
 Cond. de Operación: Temp.: 20 °C Presión: 14.7 psias Densidad: 0.80 K/L

CUADRO DE SOQUILLAS				
Nº	Flujo ft ³ /sec	Ø Nom. in	Velocidad ft/sec	Servicio
1		1"		▲ REACTOR
2		(2) 1"		LLENADO
3		(2) 1"		INDICADOR
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

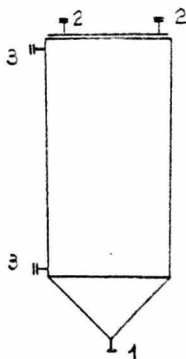
Comentarios

Ajustarse código ASME
Especificación para 2 unidades
c/u con capacidad = 750 Lts.

Tapa superior desmontable

Especificación Preparada Por: _____

AFS



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
"INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"

HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA RECIPIENTES

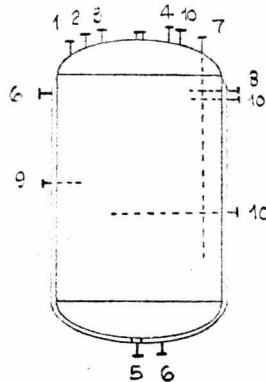
Recipiente N°: 11-4 Tipo: Cil-Vertical Fecha: Marzo 76
 Servicio: REACTOR Página: 4 de 16
 Material: Al-316 Diámetro: _____ Ft. Alt. o Long.: _____ Ft.
 Capacidad: 12,000 Lts. Llenado al: 90 % Almacén: 1 Lote
 Cond. de Diseño: Temp.: 200 °C Presión: 5 psias Densidad: 0.94 K/L
 Cond. de Operación: Temp.: 155 °C Presión: 3.5 psias Densidad: 0.98 K/L

CUADRO DE BOQUILLAS				
Nº	Flujo ft ³ /sec	Ø Nom. in	Velocidad ft/sec	Servicio
1		2"		P.A.
2		3"		ALCOHOL
3		4"		CATALISADOR
4		3"		VAPORES
5		2"		DESCARGA
6		(2) 2"		C-AGUETA
7		4"		INERTE
8		4"		RELUJO
9		4"		MUESTRA
10		(2) 4"		TI,PI,PSV

Comentarios

Ajustar código ASME
Deberá contar con 50 lbs in-
teriores, minia, lámpara,
tapas torresfericas, agita-
don

Especificación Preparada Por: _____
AE5



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
"INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"

HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA RECIPIENTES

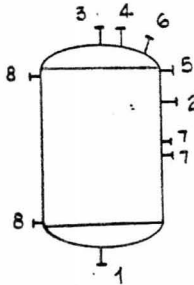
Recipiente N°: TT-5 Tipo: Cil-Vertical Fecha: Marzo '76
 Servicio: DECANTADOR DEL REACTOR Página: 5 de 16
 Material: Al-316 Diámetro: _____ Ft. Alt. o Long.: _____ Ft.
 Capacidad: 2,000 Lts. Llenado al: variable % Almacén: exceso R-OH
 Cond. de Diseño: Temp.: 100 °C Presión: 5.5 psias Densidad: _____ K/L
 Cond. de Operación: Temp.: 60 °C Presión: 5.5 psias Densidad: _____ K/L

CUADRO DE BOQUILLAS				
Nº	Flujo ft ³ /sec	Ø Nom. in	Velocidad ft/sec	Servicio
1		4"		DRENAJE
2		1½"		A. REACTOR
3		1½"		CONDENSADO
4		1"		VACIO
5		1"		DE TT-9
6		1"		TRANSMISOR
7		(2) 1"		C. INTERFASE
8		(2) 1"		INDICADOR
9				
10				

Comentarios

Ajustarse CODIGO ASME
Tapas torisfericas

 Especificación Preparada Por: _____
AES



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 "INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"

HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA RECIPIENTES

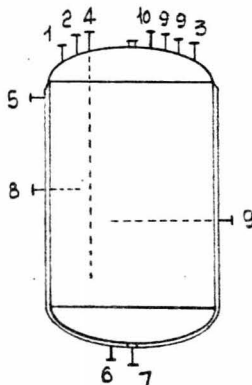
Recipiente N°: TT-6 Tipo: Cil-Vertical Fecha: Marzo '76
 Servicio: LAVADOR Página: 6 de 16
 Material: A1-304 Diámetro: _____ Ft. Alt. o Long.: _____ Ft.
 Capacidad: 15,000 Lts. Llenado al: 90 % Almacén: 1 Lote
 Cond. de Diseño: Temp.: 150 °C Presión: 5 psias Densidad: 0.98 K/L
 Cond. de Operación: Temp.: 130 °C Presión: 5.5 psias Densidad: 0.99 K/L

CUADRO DE BOQUILLAS				
N°	Flujo ft ³ /sec	Ø Nom. in	Velocidad ft/sec	Servicio
1		3"		DE REACTOR
2		1"		H ₂ O-NaOH
3		1"		RETORNO
4		1"		INERTE
5		2"		VAPOR
6		1"		CONDENSADO
7		3"		A FILTRO
8		1"		MUESTRA
9		1"		TI, PI, PSV
10		8"		VAPORES

Comentarios

Ajustarse CODIGO ASME
Deberá contar con baffles
interiores, minilla, lámpara,
tapas hemisféricas, agita-
dor.

Especificación Preparada Por: _____
AES



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 "INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"

HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA RECIPIENTES

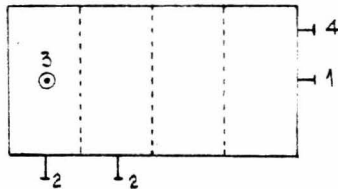
Recipiente N°: TT-7 Tipo: Decantador Fecha: Marzo '76
 Servicio: SEPARADOR FONDO LAVADOR Página: 7 de 16
 Material: A. C. Diámetro: _____ Ft. Alt. o Long.: _____ Ft.
 Capacidad: 3,000 Lts. Llenado al: variable % Almacén: _____
 Cond. de Diseño: Temp.: 90 °C Presión: 14.7 psias Densidad: _____ K/L
 Cond. de Operación: Temp.: 60 °C Presión: 14.7 psias Densidad: _____ K/L

CUADRO DE BOQUILLAS				
N°	Flujo ft ³ /sec	Ø Nom. in	Velocidad ft/sec	Servicio
1		1"		DRENAJE
2		(2) 1"		DOP
3		1"		LLENADO
4		(2) 1"		INDICADOR
5				
6				
7				
8				
9				
10				

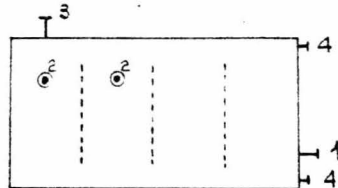
Comentarios

Ajustarse CODIGO ASME
Tapa superior desmontable

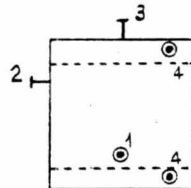
 Especificación Preparada Por: AES



VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 "INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"

HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA RECIPIENTES

Recipiente N°: TT-8 Tipo: Cil-vertical Fecha: Marzo '76
 Servicio: DOSIFICADOR DE SOSA EN SOLUCION Página: 8 de 16
 Material: A.C. Diámetro: _____ Ft. Alt. o Long.: _____ Ft.
 Capacidad: 3,000 Lts. Llenado al: 85 % Almacén: 1 Lavado
 Cond. de Diseño: Temp.: 20 °C Presión: 14.7 psias Densidad: 1.016 K/L
 Cond. de Operación: Temp.: 20 °C Presión: 14.7 psias Densidad: 1.016 K/L

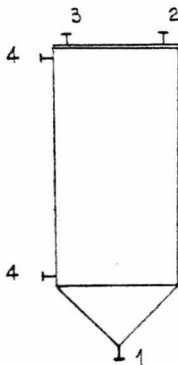
CUADRO DE BOQUILLAS				
N°	Flujo ft ³ /sec	Ø Nom. in	Velocidad ft/sec	Servicio
1		1"		A LAVADOR
2		1"		AGUA
3		1"		Na OH
4		(2) 1"		INDICADOR
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Comentarios

Ajustarse CODIGO ASME

Tapa superior desmontable

Especificación Preparada Por: AES.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 "INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"

HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA RECIPIENTES

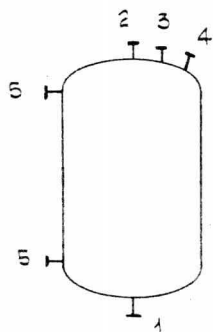
Recipiente N°: TT-9 Tipo: Cil- Vertical Fecha: Marzo '76
 Servicio: DECANTADOR DEL LAVADOR Página: 9 de 16
 Material: Al-304 Diámetro: _____ Ft. Alt. o Long.: _____ Ft.
 Capacidad: 1,000 Lts. Llenado al: variable % Almacén: _____
 Cond. de Diseño: Temp.: 100 °C Presión: 5-5 psias Densidad: _____ K/L
 Cond. de Operación: Temp.: 60 °C Presión: 5-5 psias Densidad: _____ K/L

CUADRO DE BOQUILLAS				
N°	Flujo ft ³ /sec	Ø Nom. in	Velocidad ft/sec	Servicio
1		1"		A TT-5
2		1 1/2"		CONDENSADO
3		1"		VACIO
4		1"		TRANSMISOR
5		(2) 1"		INDICADOR
6				
7				
8				
9				
10				

Comentarios

Ajustarse CODIGO ASME
Tapas hemisféricas

 Especificación Preparada Por: _____
AES



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 "INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"

HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA RECIPIENTES

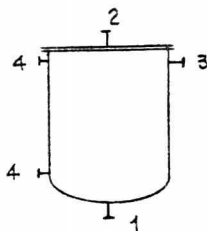
Recipiente N°: TT-10 Tipo: Cil-Vertical Fecha: Marzo '76
 Servicio: TANQUE DE PRECAPA Página: 10 de 16
 Material: Al-316 Diámetro: 2 Ft. Alt. o Long.: 2.4 Ft.
 Capacidad: _____ Lts. Llenado al: _____ % Almacén: _____
 Cond. de Diseño: Temp.: 100 °C Presión: 90 psias Densidad: 0.91 K/L
 Cond. de Operación: Temp.: 80 °C Presión: 90 psias Densidad: 0.91 K/L

CUADRO DE BOQUILLAS				
N°	Flujo ft ³ /sec	Ø Nom. in	Velocidad ft/sec	Servicio
1		2"		A BOMBA
2		2"		DE FILTRO
3		2"		DEL LAVADOR
4		(2) 1"		INDICADOR
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Comentarios

Recipiente propuesto por el
proveedor del filtro.
Tapa plana y fondo F&D
Usar lamina calibre 11

Especificación Preparada Por: _____
 AES



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
"INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"

HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA RECIPIENTES

Recipiente N°: TT-11 Tipo: Cil-Vertical Fecha: Marzo '76
Servicio: SEPARADOR DE SISTEMA DE VACIO Página: 11 de 16
Material: Al-316 Diámetro: _____ Ft. Alt. o Long.: _____ Ft.
Capacidad: 300 Lts. Llenado al: _____ % Almacén: _____
Cond. de Diseño: Temp.: 50 °C Presión: 5.5 psias Densidad: 0.0014 K/L
Cond. de Operación: Temp.: 50 °C Presión: 5.5 psias Densidad: 0.0014 K/L

CUADRO DE BOQUILLAS				
N°	Flujo ft ³ /sec	Ø Nom. in	Velocidad ft/sec	Servicio
1		1"		PROCESO BOMBA DRENAJE
2		1"		
3		1"		
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

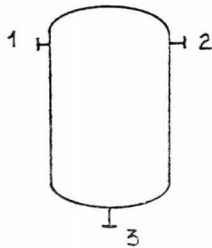
Comentarios

Ajustarse CODIGO ASME

Tapas torisféricas

Especificación Preparada Por: _____

AES



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 "INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"
 HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA RECIPIENTES

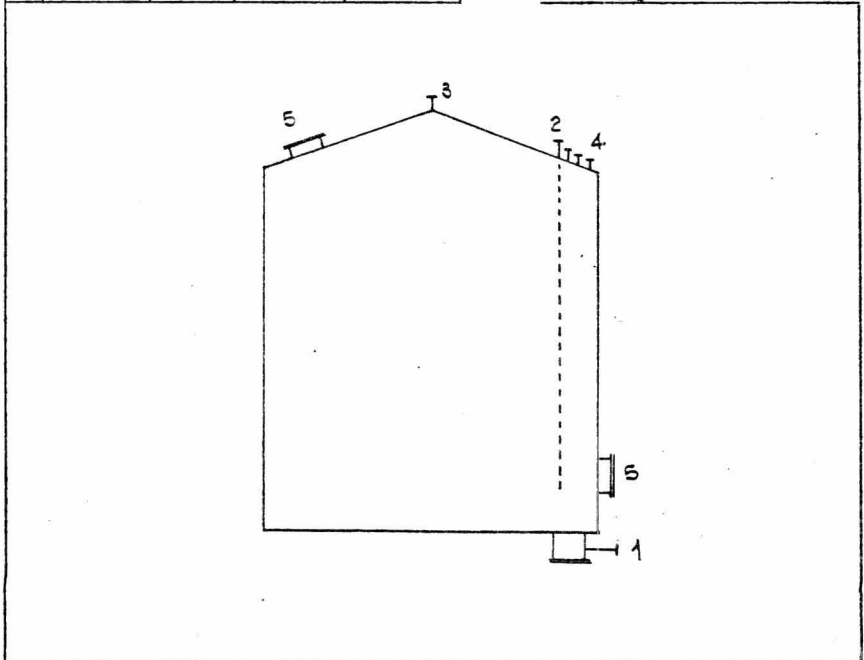
Recipiente N°: TT-12 Tipo: Cil-Vertical Fecha: Marzo '76
 Servicio: ALMACENAMIENTO DE DOP Página: 12 de 16
 Material: A.C. Diámetro: _____ Ft. Alt. o Long.: _____ Ft.
 Capacidad: 290,000 Lts. Llenado al: 85 % Almacén: 15 días
 Cond. de Diseño: Temp.: 30 °C Presión: 14.7 psias Densidad: 0.98 K/L
 Cond. de Operación: Temp.: 25 °C Presión: 14.7 psias Densidad: 0.98 K/L

CUADRO DE BOQUILLAS				
Nº	Flujo ft ³ /sec	Ø Nom. in	Velocidad ft/sec	Servicio
1		2"		A PIPAS
2		2"		LLENADO
3		6"		ARRESTADOR
4		(3) 1"		VAREC
5		(2) 24"		ENT-HOMBRE
6				
7				
8				
9				
10				

Comentarios

Ajustarse a CODIGO API

 Especificación Preparada Por: AES



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 "INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"

HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA RECIPIENTES

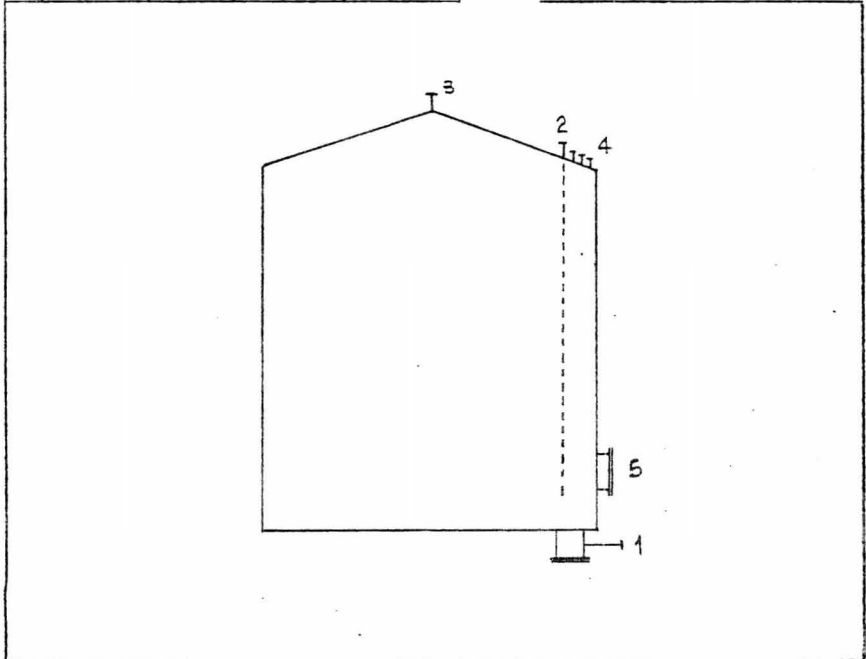
Recipiente N°: TT-13 Tipo: Cil-Vertical Fecha: Marzo '76
 Servicio: ALMACENAMIENTO DE SOSA Página: 13 de 16
 Material: A.C. Diámetro: _____ Ft. Alt. o Long.: _____ Ft.
 Capacidad: 30,000 Lts. Llenado al: 85 % Almacén: 1.25 pipas
 Cond. de Diseño: Temp.: 20 °C Presión: 14.7 psias Densidad: 1.525 K/L
 Cond. de Operación: Temp.: 20 °C Presión: 14.7 psias Densidad: 1.525 K/L

CUADRO DE BOQUILLAS				
N°	Flujo ft ³ /sec	Ø Nom. in	Velocidad ft/sec	Servicio
1		2"		A PROCESO
2		2"		LLENADO
3		2"		VENTEO
4		(3) 1"		VAREC
5		24"		ENT-HOMBRE
6				
7				
8				
9				
10				

Comentarios

Ajustarse a ESPEC. API

Especificación Preparada Por: AES



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO
 "INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"
 HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA RECIPIENTES

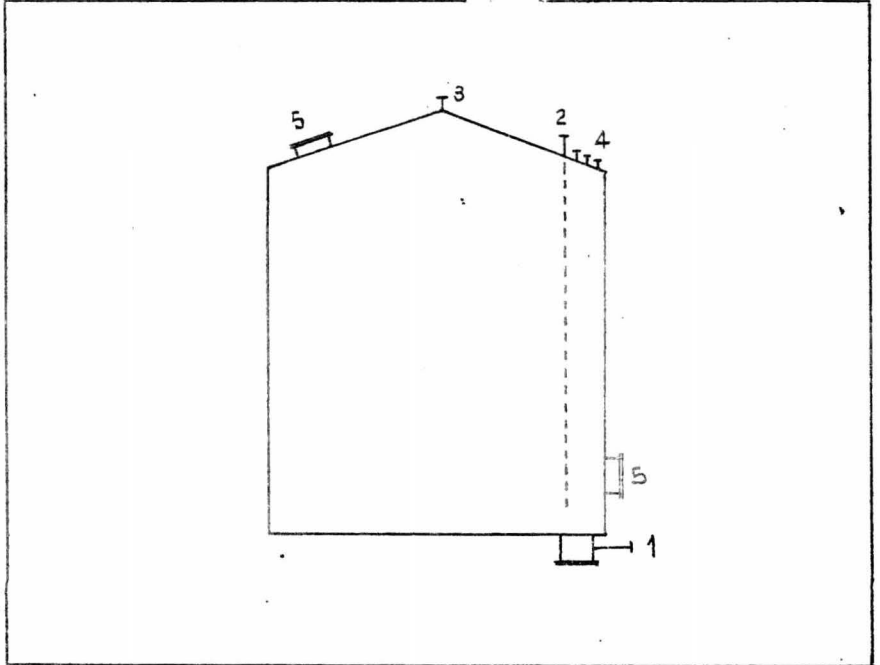
Recipiente N°: TT-14 Tipo: Cil-Vertical Fecha: Marzo '76
 Servicio: ALMACENAMIENTO DE ALCOHOL Página: 14 de 16
 Material: A.C. Diámetro: _____ Ft. Alt. o Long.: _____ Ft.
 Capacidad: 45,000 Lts. Llenado al: 85 % Almacén: 1.25 pipas
 Cond. de Diseño: Temp.: 20 °C Presión: 14.7 psias Densidad: 0.81 K/L
 Cond. de Operación: Temp.: 20 °C Presión: 14.7 psias Densidad: 0.81 K/L

CUADRO DE BOQUILLAS				
Nº	Flujo ft ³ /sec	Ø Nom. in	Velocidad ft/sec	Servicio
1		4"		A REACTOR
2		2"		LLENADO
3		4"		ARRESTADOR
4		(3) 1"		VAREC
5		(2) 24"		ENT-HOMAGE
6				
7				
8				
9				
10				

Comentarios

Ajustarse a ESPEC. API

 Especificación Preparada Por: AES



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 "INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"

HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA RECIPIENTES

Recipiente N°: TT-15 Tipo: Cil - Vertical Fecha: Marzo '76
 Servicio: ALMACENAMIENTO PLASTIFICANTE Página: 15 de 16
 Material: A.C. Diámetro: _____ Ft. Alt. o Long.: _____ Ft.
 Capacidad: 70,000 Lts. Llenado al: 85 % Almacén: 4 días
 Cond. de Diseño: Temp.: 60 °C Presión: 14.7 psias Densidad: 1.07 K/L
 Cond. de Operación: Temp.: 30 °C Presión: 14.7 psias Densidad: 1.07 K/L

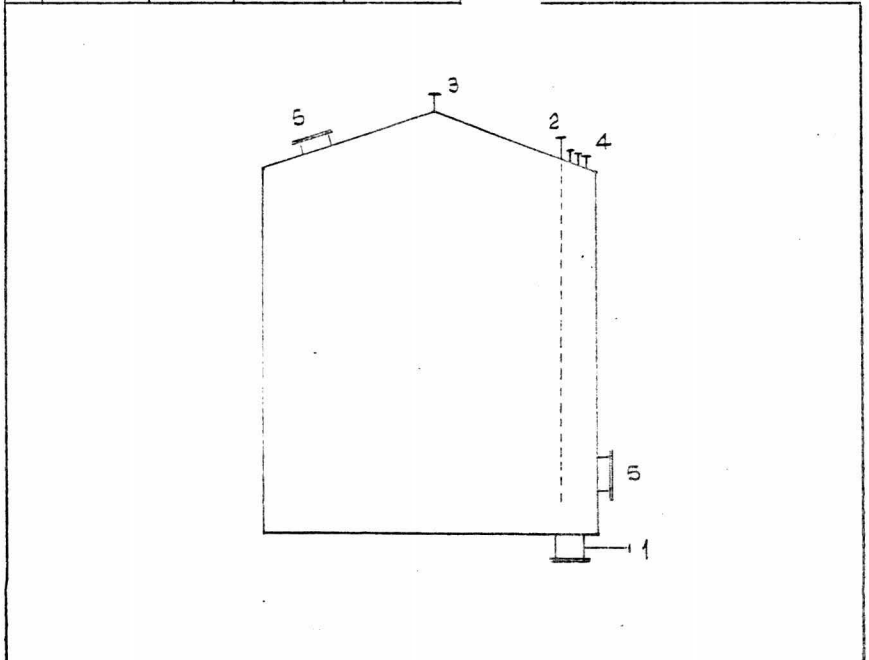
CUADRO DE BOQUILLAS				
Nº	Flujo ft ³ /sec	Ø Nom. in	Velocidad ft/sec	Servicio
1		2"		A PIPAS
2		2"		LLENADO
3		4"		ARRESTADOR
4		(2) 4"		VAREC
5		(2) 24"		ENT-HOMBRE
6				
7				
8				
9				
10				

Comentarios

Ajustarse a ESPEC. API

Especificación Preparada Por: _____

AES



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 "INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTEPES DE ANHIDRIDO FTALICO"

HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA RECIPIENTES

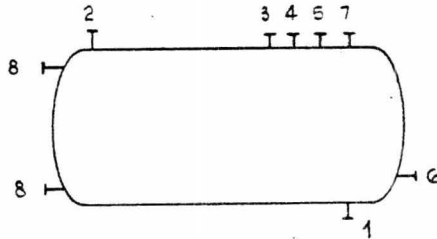
Recipiente N°: TT-16 Tipo: Cil. horizontal Fecha: Marzo 76
 Servicio: ALMACENAMIENTO DE MOBILTHERM Página: 16 de 16
 Material: A.C. Diámetro: _____ Ft. Alt. o Long.: _____ Ft.
 Capacidad: 2,000 Lts. Llenado al: 85 % Almacén: _____
 Cond. de Diseño: Temp.: 200 °C Presión: 30 psias Densidad: 0.865 K/L
 Cond. de Operación: Temp.: 175 °C Presión: 30 psias Densidad: 0.865 K/L

CUADRO DE BOQUILLAS				
Nº	Flujo ft ³ /sec	Ø Nom. in	Velocidad ft/sec	Servicio
1		6"		A TC-3
2		4"		DE TT-4
3		1"		INERTE
4		1"		TRANSMISOR
5		1"		PI
6		1"		TI
7		1"		PSV
8		2 (1")		INDICADOR
9				
10				

Comentarios

Ajustarse CODIGO ASME

Especificación Preparada Por: _____
AES



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

"INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"

HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA CAMBIADORES DE CALOR

Equipo N°: TC-1 Tipo: Horizontal Fecha: 11/10/76

Servicio: CONDENSADOR SUBENFRIADOR-REACTOR Página: 1 de 5

Tamaño: 02 ft² Especificación preparada por: 492

REPRESENTACION DE UNA UNIDAD

	ENVOLVENTE	TUBOS
Fluido Circulado	PROCESO (2EtOH/H ₂ O)	AGUA ENFRIADA
Total de Fluido Entrante	2,028 lb/Hr.	40,224 lb/Hr.
Vapores	2,028 lb/Hr.	lb/Hr.
Líquido	lb/Hr.	40,224 lb/Hr.
Vapor de Agua	lb/Hr.	lb/Hr.
No Condensables	lb/Hr.	lb/Hr.
Fluido Vaporizado o condensado	CONDENSADO	lb/Hr.
Total de Fluido Vaporizado o Cond.	2,028 lb/Hr.	lb/Hr.
Gravedad Específica-Líquido	0.8	1.0
Peso Molecular	118.3	18
Calor Específico	0.74 Btu/lb °F	1.0 Btu/lb °F
Temperatura Entrada	233 °F 123 °C	83 °F 28 °C
Temperatura Salida	140 °F 60 °C	86 °F 30 °C
Presión Operación	VACIO psig	75 psig
Número Pasos	1 PASO	4 PASOS
Velocidad	ft/sec	2.37 ft/sec
Caída de Presión	1.2 psi	2.1 psi
Máx. Presión de Trabajo Permitida	psi	psi
Calor Intercambiado:	737,231 Btu/Hr., LMTD:	70,224 °F
Coeficiente Limpio:	31.4 Btu/Hr. °F ft ² ; de servicio: 45.5 Btu/Hr. °F ft ² ; Rd: 1.00	

CONSTRUCCION

Material Tubos: A1-316; Número/Unidad: 36 de 1" Bwg 44
 Longitud: 10 ft; Arreglo en: Horizontal de 174
 Area de flujo/tubo: 0.344 m² Altura Aletas Altura p/pulg

Material envolvente: A1-316; DE/DI: 1/10"; Espaciamiento de bafles: 10
 Bafles segmentados al: 25 %, en forma:

Material espejos: A1-316 Material cabezales: A.C.
 Haz de tubos removible: Espejo fijo de tubos:
 Conexiones envolvente: 3" entrada 2" salida
 Conexiones cabezales: 3" entrada 3" salida

COMENTARIOS:

HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA CAMBIADORES DE CALOR

Equipo N°: TC-2 Tipo: Horizontal Fecha: Marzo 1976
 Servicio: CONDENSADOR SUBENFRIADOR - LAVADOR Página: 2 de 3
 Tamaño: 15 ft² Especificación preparada por: AES

REPRESENTACION DE UNA UNIDAD

	ENVOLVENTE	TUBOS
Fluido Circulado	PROCESO (22+04, H ₂ O)	AGUA ENFRIA
Total de Fluido Entrante	110 lb/Hr.	11,730 lb/Hr.
Vapores	110 lb/Hr.	
Líquido	lb/Hr.	11,730 lb/Hr.
Vapor de Agua	lb/Hr.	
No Condensables	lb/Hr.	
Fluido Vaporizado o condensado	CONDENSADO	
Total de Fluido Vaporizado o Cond.	110 lb/Hr.	
Gravedad Específica-Líquido	0.8	1.0
Peso Molecular	118.3	18.0
Calor Específico	0.74 Btu/lb °F	1.0 Btu/lb °F
Temperatura Entrada	230 °F 110 °C	58 °F 20 °C
Temperatura Salida	140 °F 60 °C	38 °F 30 °C
Presión Operación	VACIO psig	78 psig
Número de Pasos	1 paso	4 pasos
Velocidad	ft/sec	4.57 ft/sec
Caída de Presión	0.03 psi	3.08 psi
Máx. Presión de Trabajo Permitida	psia	psia
Calor Intercambiado:	211,642 Btu/Hr., LMTD:	190.55 °F
Coeficiente Limpio:	158.0 Btu/Hr. °F ft ² ; de servicio:	70.7 Btu/Hr. °F ft ² ; Rd: 007

CONSTRUCCION

Material Tubos: A1-316; Número/Unidad: 12 de 1" Bwg 14
 Longitud: 5 Ft; Arreglo en: transverso de 1/4"
 Area de flujo/tubo: 0.546 in² Altura Aletas: _____ Altura p/pulg: _____

Material envolvente: A1-316; DE/DI: 1/6"; Espaciamiento de baffles: 10"
 Baffles segmentados al: 25 %, en forma: artificial

Material espejos: A1-316 Material cabezales: A.C.
 Haz de tubos removible: NO Espejo fijo de tubos: SI
 Conexiones envolvente: 3" entrada 2" salida
 Conexiones cabezales: 2" entrada 3" salida

COMENTARIOS:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 "INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"
 HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA CAMBIADORES DE CALOR

Equipo N°: TC - 3 Tipo: Horizontal Fecha: Marzo 1976
 Servicio: CALENTADOR DE MOBILTHERM Página: 3 de 3
 Tamaño: 520 ft² Especificación preparada por: AES

REPRESENTACION DE UNA UNIDAD

	ENVOLVENTE	TUBOS
Fluido Circulado	VAPOR	MOBILTHERM-302
Total de Fluido Entrante	2,310 lb/Hr.	100,230 lb/Hr.
Vapores	1b/Hr.	1b/Hr.
Líquido	1b/Hr.	1b/Hr.
Vapor de Agua	2,310 lb/Hr.	100,230 lb/Hr.
No Condensables	1b/Hr.	1b/Hr.
Fluido Vaporizado o condensado	CONDENSADO	
Total de Fluido Vaporizado o Cond.	2,310 lb/Hr.	1b/Hr.
Gravedad Especifica-Líquido	1.0	0.868
Peso Molecular	18	
Calor Específico	1.0 Btu/lb °F	0.868 Btu/lb °F
Temperatura Entrada	353 °F 185 °C	323 °F 162 °C
Temperatura Salida	253 °F 125 °C	265 °F 132 °C
Presión Operación	200 psig	psig
Número de Pasos	1 paso	4 pasos
Velocidad	ft/sec	8.45 ft/sec
Caída de Presión	1 psi	6.86 psi
Máx. Presión de Trabajo Permitida	psia	psia
Calor Intercambiado:	2,100,000 Btu/Hr., LMTD:	34.69 °F
Coeficiente Limpio:	166.6 Btu/Hr. °F ft ² ; de servicio: 115.6 Btu/Hr. °F ft ² ; Rd: 1.003	

CONSTRUCCION

Material Tubos: A.C.; Número/Unidad: 100 de 1" Bwg 14
 Longitud: 20 Ft; Arreglo en: Triángulo de 1/4"
 Area de flujo/tubo: 0.546 in² Altura Aletas _____ Altura p/pulg _____
 Material envolvente: A.C.; DE/DI: 1/16"; Espaciamiento de bafles: 12"
 Bafles segmentados al: 25 %, en forma: vertical
 Material espejos: A.C. Material cabezales: A.C.
 Haz de tubos removible: No Espejo fijo de tubos: Si
 Conexiones envolvente: 2" entrada 2" salida
 Conexiones cabezales: 4" entrada 4" salida

COMENTARIOS:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
"INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"

HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA BOMBAS

Equipo N°: TP-1 Tipo: Centrifuga Fecha: Marzo '76
Servicio: CARGA 2 ET-04 AL REACTOR Página: 1 de 12

CONDICIONES DE SERVICIO

Capacidad: 140 GPM Presión succión/descarga: 10 / 10 psig
Temperatura de Bombeo: 25 °C Gravedad Específica: 0.83
Viscosidad: 7.07 Cp. Presión de vapor del líquido: _____

MATERIALES

Carcaza: A1-316 Impulsor: A1-316 Anillo-impulsor: _____
Flecha: _____ Camisa de la flecha: _____ Cople: _____
Cojinetes/lub.: _____ Base: _____ Sello Mecánico: _____

MOTOR

Modelo/Marca: _____ Tipo: _____
Potencia: 10 HP RPM: _____ Fases/Volts/Ciclos: _____

SELECCION BOMBA

Modelo/Marca: _____ Ø Impulsor: _____ Curva: _____
Velocidad: _____ Eficiencia: _____ Potencia: 6 HP Tipo _____
Rotación: _____ Tipo Impulsor: _____ N° pasos: _____
NPSH dis/req: _____ conexiones succ/desc.: _____

COMENTARIOS:

Especificación preparada por: AES

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

"INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"

HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA BOMBAS

Equipo N°: TB-2 Tipo: Centrifuga Fecha: Marzo '76
Servicio: CARGA DA AL REACTOR Página: 2 de 12

CONDICIONES DE SERVICIO

Capacidad: 50 GPM Presión succión/descarga: 45 psig
Temperatura de Bombeo: 140 °C Gravedad Especifica: 1.19
Viscosidad: 1.12 Cp. Presión de vapor del líquido: _____

MATERIALES

Carcaza: A1-316 Impulsor: A1-316 Anillo-Impulsor: _____
Flecha: _____ Camisa de la flecha: _____ Cople: _____
Cojinetes/lub.: _____ Base: _____ Sello Mecánico: _____

MOTOR

Modelo/Marca: _____ Tipo: _____
Potencia: 5 HP RPM: _____ Fases/Volts/Ciclos: _____

SELECCION BOMBA

Modelo/Marca: _____ Ø Impulsor: _____ Curva: _____
Velocidad: _____ Eficiencia: _____ Potencia: 2.3 SHP Tipo _____
Rotación: _____ Tipo Impulsor: _____ N° pasos: _____
NPSH dis/req: _____ conexiones succ/desc.: _____

COMENTARIOS:

Especificación preparada por: AES

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

"INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"

HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA BOMBAS

Equipo N°: TP-3 Tipo: Centrífuga Fecha: Marzo '76
Servicio: RECIRCULACION DE CATALIZADOR Página: 3 de 12

CONDICIONES DE SERVICIO

Capacidad: 15 GPM Presión succión/descarga: 120 psig
Temperatura de Bombeo: 25 °C Gravedad Específica: 1.5
Viscosidad: 15 Cp. Presión de vapor del líquido: _____

MATERIALES

Carcaza: A1-316 Impulsor: A1-316 Anillo-Impulsor: _____
Flecha: _____ Camisa de la flecha: _____ Cople: _____
Cojinetes/lub.: _____ Base: _____ Sello Mecánico: _____

MOTOR

Modelo/Marca: _____ Tipo: _____
Potencia: 2 HP RPM: _____ Fases/Volts/Ciclos: _____

SELECCION BOMBA

Modelo/Marca: _____ Ø Impulsor: _____ Curva: _____
Velocidad: _____ Eficiencia: _____ Potencia: 0.5 BHP Tipo _____
Rotación: _____ Tipo Impulsor: _____ N° pasos: _____
NPSH dis/req: _____ conexiones succ/desc.: _____

COMENTARIOS:

Especificación preparada por: AES

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
"INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"
HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA BOMBAS

Equipo N°: TB-4 Tipo: Centrifuga Fecha: Marzo '76
Servicio: DESCARGA DEL REACTOR Página: 4 de 12

CONDICIONES DE SERVICIO

Capacidad: 190 GPM Presión succión/descarga: 45 psig
Temperatura de Bombeo: 100 °C Gravedad Específica: 0.85
Viscosidad: 4 Cp. Presión de vapor del líquido: _____

MATERIALES

Carcaza: A1-316 Impulsor: A1-316 Anillo-impulsor: _____
Flecha: _____ Camisa de la flecha: _____ Cople: _____
Cojinetes/lub.: _____ Base: _____ Sello Mecánico: _____

MOTOR

Modelo/Marca: _____ Tipo: _____
Potencia: 10 HP RPM: _____ Fases/Volts/Ciclos: _____

SELECCION BOMBA

Modelo/Marca: _____ Ø Impulsor: _____ Curva: _____
Velocidad: _____ Eficiencia: _____ Potencia: 8 BHP Tipo _____
Rotación: _____ Tipo Impulsor: _____ N° pasos: _____
NPSH dis/req: _____ conexiones succ/desc.: _____

COMENTARIOS:

Especificación preparada por: AES

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

"INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"

HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA BOMBAS

Equipo N°: TB-5 Tipo: Centrifuga Fecha: Marzo '76
Servicio: RECIRCULACION AL REACTOR Página: 5 de 12

CONDICIONES DE SERVICIO

Capacidad: 30 GPM Presión succión/descarga: 15 psig
Temperatura de Bombeo: 55 °C Gravedad Especifica: 0.85
Viscosidad: 5 Cp. Presión de vapor del líquido: _____

MATERIALES

Carcaza: A1-316 Impulsor: A1-316 Anillo-impulsor: _____
Flecha: _____ Camisa de la flecha: _____ Cople: _____
Cojinetes/lub.: _____ Base: _____ Sello Mecánico: _____

MOTOR

Modelo/Marca: _____ Tipo: _____
Potencia: 2 HP RPM: _____ Fases/Volts/Ciclos: _____

SELECCION BOMBA

Modelo/Marca: _____ Ø Impulsor: _____ Curva: _____
Velocidad: _____ Eficiencia: _____ Potencia: 0.8 BHP Tipo _____
Rotación: _____ Tipo Impulsor: _____ N° pasos: _____
NPSH dis/req: _____ conexiones succ/desc.: _____

COMENTARIOS:

Especificación preparada por: AES

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

"INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"

HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA BOMBAS

Equipo N°: TB-6 Tipo: Centrífuga Fecha: Marzo '76
Servicio: DESCARGA DEL LAVADOR Página: 6 de 12

CONDICIONES DE SERVICIO

Capacidad: 190 GPM Presión succión/descarga: 175 psig
Temperatura de Bombeo: 40 °C Gravedad Especifica: 0.97
Viscosidad: 6 Cp. Presión de vapor del líquido: _____

MATERIALES

Carcaza: Fe Fund. Impulsor: Fe Fund. Anillo-impulsor: _____
Flecha: _____ Camisa de la flecha: _____ Cople: _____
Cojinetes/lub.: _____ Base: _____ Sello Mecánico: _____

MOTOR

Modelo/Marca: _____ Tipo: _____
Potencia: 10 HP RPM: _____ Fases/Volts/Ciclos: _____

SELECCION BOMBA

Modelo/Marca: _____ Ø Impulsor: _____ Curva: _____
Velocidad: _____ Eficiencia: _____ Potencia: 3 BHP Tipo _____
Rotación: _____ Tipo Impulsor: _____ N° pasos: _____
NPSH dis/req: _____ conexiones succ/desc.: _____

COMENTARIOS:

Especificación preparada por: AES

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

"INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"

HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA BOMBAS

Equipo N°: TB-7 Tipo: _____ Fecha: Marzo '76
Servicio: VACIO Página: 7 de 12

CONDICIONES DE SERVICIO

Capacidad: 20 Ft³/min (GPM) Presión succión/descarga: 30 mm Hg (psig)
Temperatura de Bombeo: 60 °C Gravedad Específica: _____
Viscosidad: _____ Cp. Presión de vapor del líquido: _____

MATERIALES

Carcaza: _____ Impulsor: _____ Anillo-Impulsor: _____
Flecha: _____ Camisa de la flecha: _____ Cople: _____
Cojinetes/lub.: _____ Base: _____ Sello Mecánico: _____

MOTOR

Modelo/Marca: _____ Tipo: _____
Potencia: 10 HP RPM: _____ Fases/Volts/Ciclos: _____

SELECCION BOMBA

Modelo/Marca: _____ Ø Impulsor: _____ Curva: _____
Velocidad: _____ Eficiencia: _____ Potencia: _____ Tipo _____
Rotación: _____ Tipo Impulsor: _____ N° pasos: _____
NPSH dis/req: _____ conexiones succ/desc.: _____

COMENTARIOS:

Esta bomba será especificada por el proveedor.

Especificación preparada por: AES

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
"INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"
HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA BOMBAS

Equipo N°: TB-8 Tipo: Centrifuga Fecha: Marzo '76
Servicio: CARGA DOP A PIPAS Página: 3 de 12

CONDICIONES DE SERVICIO

Capacidad: 70 GPM Presión succión/descarga: 1/25 psig
Temperatura de Bombeo: 25 °C Gravedad Específica: 1.0
Viscosidad: 70 Cp. Presión de vapor del líquido: _____

MATERIALES

Carcaza: Fe Fund. Impulsor: Fe Fund. Anillo-impulsor: _____
Flecha: _____ Camisa de la flecha: A1-316 Cople: _____
Cojinetes/lub.: _____ Base: _____ Sello Mecánico: _____

MOTOR

Modelo/Marca: _____ Tipo: _____
Potencia: 3 HP RPM: _____ Fases/Volts/Ciclos: _____

SELECCION BOMBA

Modelo/Marca: _____ Ø Impulsor: _____ Curva: _____
Velocidad: _____ Eficiencia: _____ Potencia: 2.2 BHP Tipo _____
Rotación: _____ Tipo Impulsor: _____ N° pasos: _____
NPSH dis/req: _____ conexiones succ/desc.: _____

COMENTARIOS:

Especificación preparada por: AES

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

"INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"

HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA BOMBAS

Equipo N°: TB-9 Tipo: Centrifuga Fecha: Marzo '76
Servicio: CARGA SOSA AL DOSIFICADOR Página: 9 de 12

CONDICIONES DE SERVICIO

Capacidad: 10 GPM Presión succión/descarga: 130 psig
Temperatura de Bombeo: 25 °C Gravedad Específica: 1.52
Viscosidad: _____ Cp. Presión de vapor del líquido: _____

MATERIALES

Carcasa: 11-13% Cr Impulsor: Fe Fund. Anillo-impulsor: _____
Flecha: A.C. Camisa de la flecha: _____ Cople: _____
Cojinetes/lub.: _____ Base: _____ Sello Mecánico: Si

MOTOR

Modelo/Marca: _____ Tipo: _____
Potencia: 3 HP RPM: _____ Fases/Volts/Ciclos: _____

SELECCION BOMBA

Modelo/Marca: _____ Ø Impulsor: _____ Curva: _____
Velocidad: _____ Eficiencia: _____ Potencia: 0.75 BHP Tipo _____
Rotación: _____ Tipo Impulsor: _____ N° pasos: _____
NPSH dis/req: _____ conexiones succ/desc.: _____

COMENTARIOS:

Especificación preparada por: AES

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

"INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"

HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA BOMBAS

Equipo N°: TB-10 Tipo: Centrifuga Fecha: Marzo '76
Servicio: CARGA ALCOHOL AL REACTOR Página: 10 de 12

CONDICIONES DE SERVICIO

Capacidad: 140 GPM Presión succión/descarga: 140 psig
Temperatura de Bombeo: 25 °C Gravedad Especifica: 0.81
Viscosidad: 2.7 Cp. Presión de vapor del líquido: _____

MATERIALES

Carcaza: Fe Fund. Impulsor: Fe Fund. Anillo-impulsor: _____
Flecha: _____ Camisa de la flecha: _____ Cople: _____
Cojinetes/lub.: _____ Base: _____ Sello Mecánico: _____

MOTOR

Modelo/Marca: _____ Tipo: _____
Potencia: 10 HP RPM: _____ Fases/Volts/Ciclos: _____

SELECCION BOMBA

Modelo/Marca: _____ Ø Impulsor: _____ Curva: _____
Velocidad: _____ Eficiencia: _____ Potencia: 6 BHP Tipo _____
Rotación: _____ Tipo Impulsor: _____ N° pasos: _____
NPSH dis/req: _____ conexiones succ/desc.: _____

COMENTARIOS:

Especificación preparada por: AES

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
"INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"
HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA BOMBAS

Equipo N°: TB-11 Tipo: Centrifuga Fecha: Marzo 1976
Servicio: CARGA PLASTIFICANTE A PIPAS Página: 11 de 12

CONDICIONES DE SERVICIO

Capacidad: 70 GPM Presión succión/descarga: 125 psig
Temperatura de Bombeo: 25 °C Gravedad Específica: 1.0
Viscosidad: 70 Cp. Presión de vapor del líquido: _____

MATERIALES

Carcasa: Fe Fund. Impulsor: Fe Fund. Anillo-Impulsor: _____
Flecha: _____ Camisa de la flecha: _____ Cople: _____
Cojinetes/lub.: _____ Base: _____ Sello Mecánico: _____

MOTOR

Modelo/Marca: _____ Tipo: _____
Potencia: 3 HP RPM: _____ Fases/Volts/Ciclos: _____

SELECCION BOMBA

Modelo/Marca: _____ Ø Impulsor: _____ Curva: _____
Velocidad: _____ Eficiencia: _____ Potencia: 3.3 HP Tipo _____
Rotación: _____ Tipo Impulsor: _____ N° pasos: _____
NPSH dis/req: _____ conexiones succ/desc.: _____

COMENTARIOS:

Especificación preparada por: AES

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

"INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ESTERES DE ANHIDRIDO FTALICO"

HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA BOMBAS

Equipo N°: TB-12 Tipo: Centrifuga Fecha: Marzo '76
Servicio: RECIRCULACION DE ACEITE Página: 12 de 12

CONDICIONES DE SERVICIO

Capacidad: 240 GPM Presión succión/descarga: 170 / 70 psig
Temperatura de Bombeo: 175 °C Gravedad Especifica: 0.888
Viscosidad: 1.5 Cp. Presión de vapor del líquido: _____

MATERIALES

Carcaza: A1-316 Impulsor: A1-316 Anillo-impulsor: _____
Flecha: _____ Camisa de la flecha: _____ Cople: _____
Cojinetes/lub.: _____ Base: _____ Sello Mecánico: _____

MOTOR

Modelo/Marca: _____ Tipo: _____
Potencia: 25 HP RPM: _____ Fases/Volts/Ciclos: _____

SELECCION BOMBA

Modelo/Marca: _____ Ø Impulsor: _____ Curva: _____
Velocidad: _____ Eficiencia: _____ Potencia: 12 BHP Tipo _____
Rotación: _____ Tipo Impulsor: _____ N° pasos: _____
NPSH dis/req: _____ conexiones succ/desc.: _____

COMENTARIOS:

Especificación preparada por: AES

V . D I A G R A M A D E P R O C E S O E I N S T R U M E N T A C I O N

V I . C O S T O D E P R O D U C C I O N

C O S T O D E P R O D U C C I O N

1. COSTOS DE MATERIAS PRIMAS Y QUIMICOS.-

Los costos de materias primas utilizadas en la fabricación de Dioctil Ftalato (DOP) y de Dibutil Ftalato (DBP), al mes de Mayo de 1975, son en promedio:

<u>Materia Prima</u>	<u>Productor</u>	<u>Precio \$/Kg.</u>	
		<u>Mercado</u>	<u>Promedio</u>
Anhídrido Ftálico	Síntesis Orgánicas, S.A.	9.55	9.366
	ADMEX, S.A.	9.183	
	Lugatón, S. A.	*	
2 Etil Hexanol	Celanese Mexicana, S.A.	13.0956	13.0956
Butanol	Celanese Mexicana, S.A.	11.1515	11.1515

*Nota: Aparece en la Bibliografía (a), (b) como productor; pero por investigación directa se supo que ya no ofrecen este producto a la venta sino que lo emplean en su propio consumo.

De igual modo, el costo de los Químicos a la misma fecha, es:

		<u>Precio de Mercado</u>	<u>Costo</u>
		<u>\$/Kg.</u>	<u>\$/Kg. de Plastificante</u>
Sulfato de Dietilo	.007	8.67	0.061
Carbón Activado	.010	6.20	0.062
Sosa Rayón	.080	2.75	0.220
Otros	.010	5.00	0.050
T o t a l :	.107		0.393

2. COSTOS VARIABLES.-

Para el desarrollo de este punto, es conveniente recordar una de las bases establecidas en la introducción del estudio: "Se asume que el presente trabajo, corresponde a una parte de la evaluación de un proyecto, para construir y operar, una unidad de producción de ésteres ftálicos, enclavada dentro de una planta o complejo que opere regularmente con cual-

quier tipo de producción, de tal modo que se disponga de terreno para localizar una unidad de este tipo, así como facilidades administrativas y algunas de servicios para producir plastificantes".

Así pues, para Agua de Enfriamiento, Corriente Eléctrica, Agua tratada para lavados y vapor, se utilizarán para su costeo valores unitarios obtenidos directamente en plantas de proceso similar, y no se considerarán unidades generadoras de dichos servicios, dado que éstas unidades, se ha asumido pertenecen a la fábrica que da lugar a la "Planta" de ésteres de anhídrido ftálico, y por consiguiente son poseedoras de la capacidad adecuada para lograrlo.

Sección 2003

a) Agua de Enfriamiento.-

Requerimientos:	en TC-1	40,994 lb/hr.	163,976 lb/lote
	en TC-2	11,760 lb/hr.	11,760 lb/lote
	en TT-5	101,714 lb/hr.	84,700 lb/lote

T o t a l : 260,436 lb/lote

$$260,436 \text{ lb H}_2\text{O/Lote} = 0.0148 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O/Kg. DOP}$$

Costo Promedio Investigado para H₂O de Enfriamiento: 0.042 \$/m³

Costo Agua de Enfriamiento: (0.0148) (0.042) = 0.000 622 \$/Kg. DOP

Nota: Se considerará en este renglón \$ 0.01 por Kg. de plastificante producido.

b) Agua Tratada para Lavados.-

Requerimientos: en ~~TT-5~~ 2,400 Lts H₂O/Lote = 0.0003 m³ H₂O/Kg. DOP

Costo Promedio Investigado para H₂O Tratada: 2.59 \$/m³ H₂O

Costo Agua Tratada: (0.0003) (2.59) = 0.00077 \$/Kg. DOP

Nota: Se considerará en este renglón \$ 0.01 por Kg. de plastificante producido.

c) Gas Inerte.-

*Requerimientos: en ~~TT-4~~ ^{R-1} 0.01875 Kg. CO₂/Kg. DOP
en ~~TT-5~~ 0.01875 Kg. CO₂/Kg. DOP

T o t a l : 0.0375 Kg.CO₂/Kg. DOP

Costo Investigado para CO₂ (al mes de Mayo 1975): 1.50 \$/Kg.

Costo Gas Inerte: (.0375) (1.50) = 0.0563 \$/Kg. DOP

*Relaciones promedio obtenidas por investigación directa.

d) Corriente Eléctrica.-

	<u>Operación</u> <u>Hr./Lote</u>	<u>H.P.</u>	<u>H.P. - Hr.</u> <u>Lote</u>
TB-1	.25	10	2.5
TB-2	.25	5	1.25
TB-3	.5	2	1.00
TB-4	.25	10	2.5
TB-5	4.00	2	8.0
TB-6	.25	10	2.5
TB-7	8.00	10	80.0
TB-8	2.00	3	6.0
TB-9	1.00	3	3.0
TB-10	.25	10	2.5
TB-11	2.00	3	6.0
TB-12	6.00	25	150.0
Agitadores (2)	6.00	15	90.0
Alumbrado	6.00	10	60.0
Otros Usos	8.00	10	80.0

T o t a l : 495.25 $\frac{\text{HP-Hr}}{\text{Lote}} = 0.0619 \frac{\text{HP-Hr}}{\text{Kg DOP}} = 0.04612 \frac{\text{Kw-Hr}}{\text{Kg-DOP}}$

Considerando una eficiencia del 0.85 y un costo del Kw-Hr igual a \$ 0.28, tenemos que:

Costo de Corriente Eléctrica: (.04612) (0.28) = 0.0129 \$/Kg. DOP

e) Vapor.-

Requerimientos: en IC-3 2,510 lb/hr. 200#
 en IT-2 660 lb/hr. 100#
 en IT-5 3,260 lb/hr. 100#

Vapor de 100#:

Entalpía proporcionada en el calentamiento: (3,920 lb/hr.) (880.4 Btu/lb)

= 3,451,170 $\frac{\text{Btu}}{\text{Hr.}}$

*Entalpía del agua del repuesto: (.3) (3,920 lb/hr.) (1,189.6 - 44.3 Btu/lb.)

= 1,346,870 $\frac{\text{Btu}}{\text{Hr.}}$

$$\text{Total: } 4,798,040 \frac{\text{Btu}}{\text{Hr.}}$$

Vapor de 200#:

$$\begin{aligned} \text{Entalpía proporcionada en el calentamiento: } & (2,510 \text{ lb/hr.})(837.2 \text{ BTU/lb}) \\ = & 2,100,000 \frac{\text{Btu}}{\text{Hr.}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Entalpía del agua de repuesto: } & (.3)(2,510 \text{ lb/hr.})(1,199.3 - 44.3 \text{ Btu/lb}) \\ = & 869,715 \frac{\text{Btu}}{\text{Hr.}} \end{aligned}$$

$$\text{Total: } 2,969,715 \frac{\text{Btu}}{\text{Hr.}}$$

*Considerando un 70% de recuperación de condensado.

$$\text{Entalpía Total Requerida: } 4,798,040 + 2,969,715 = 7,767,755 \text{ Btu/Hr.}$$

Ahora, considerando un poder calorífico del diesel (15°API), de aproximadamente 18,500 Btu/lb (c), nuestros requerimientos del diesel serán:

$$\frac{\text{Q. Tot.}}{\text{Cap. Cal.}} = \frac{7,767,755 \text{ Btu/Hr.}}{18,500 \text{ Btu/lb Diesel}} = \frac{420 \text{ lb Diesel}}{\text{Hr.}}$$

dato que protegamos con un 20% por ineficiencia en la transmisión de calor en el quemador de diesel,

$$(420)(1.2) = 504 \text{ lb Diesel/Hr.}$$

$$(504 \text{ lb Diesel/Hr.})(10 \text{ Hr./lote}) = 5,040 \text{ lb Diesel/lote}$$

$$\frac{5,040 \text{ lb Diesel/lote}}{8,000 \text{ Kg. DOP/lote}} = 0.63 \frac{\text{lb Diesel}}{\text{Kg. DOP}} = 0.287 \frac{\text{Kg. Diesel}}{\text{Kg. DOP}}$$

Costo Investigado para Diesel = 0.611 \$/Kg.

$$\text{Costo del Diesel: } (0.611 \text{ $/Kg. Diesel})(.287 \text{ Kg. Diesel/Kg. DOP})$$

$$= 0.1750 \text{ $/Kg. DOP}$$

$$\text{Costo del Agua de Repuesto: } \frac{(1,929 \text{ lb/Hr.})(10 \text{ Hr./lote})(2.59 \text{ $/m}^3)}{(62.3 \text{ lb/ft}^3)(35.31 \text{ ft}^3/\text{m}^3)}(8,000 \text{ Kg DOP/lote})$$

$$= 0.0028 \text{ $/Kg. DOP}$$

Costo del Vapor:

$$0.1750 + 0.0028 = 0.1778 \text{ \$/Kg. DOP}$$

Total de Costos Variables, \\$/Kg. DOP = 0.2670

3. COSTOS FIJOS.-

a. Mantenimiento.

En base a datos obtenidos en la investigación directa, se considerará para este concepto un 4% sobre la inversión capitalizable; así pues, del Capítulo N^o: VII tenemos que:

Inversión Capitalizable	8,535,000.00
4%	341,400.00
Producción Anual, Kg.	5,000,000.00
Costo Mantenimiento, \\$/Kg.	0.0683

b. Mano de Obra y Supervisión.

Se considera suficiente para operar esta unidad el empleo de 8 obreros y tres supervisores los cuales representan el siguiente costo fijo a la planta por año:

(8) (5,100) (12) =	489,600.00
(3) (7,300) (12) =	262,800.00
T o t a l :	= 752,400.00

Costo Mano de Obra y Supervisión, \\$/Kg. 0.1505

c. Materiales en General.

En este renglón se incluyen los materiales de limpieza, papelería, etc. es decir, los materiales con los que la gente trabaja; se tomará como valor representativo un 10% de lo relativo a Mano de Obra y Supervisión; así pues:

Materiales en General \\$/Kg. 0.0150

d. Gastos Generales.

Aquí se incluyen gastos como costo de seguros, y se le adjudica un va-

lor de 1% sobre la inversión capitalizable.

Inversión Capitalizable	8,535,000.00
1%	85,350.00
Costo Gastos Generales, \$/Kg.	0.0171

e. Depreciación.

Será el 9% de la Inversión Capitalizable.

Inversión Capitalizable	8,535,000.00
9%	768,150.00
Depreciación, \$/Kg.	0.1536

f. Otros Gastos.

En este renglón, se incluirán servicio de laboratorio, vigilancia, telex, telégrafo, teléfono, etc.; se considerará un 3% sobre la inversión capitalizable, lo cual nos da:

Inversión Capitalizable	8,535,000.00
3%	256,050.00
Otros Gastos, \$/Kg.	0.0512
Total de Costos Fijos, \$/Kg.	0.455

TABLA N^o: 7
COSTO DE PRODUCCION DOP

1. MATERIA PRIMA Y QUIMICOS

	<u>K/K</u>	<u>Mercado</u> <u>\$/Kg.</u>	<u>Costo Unitario</u> <u>\$/Kg. DOP</u>
Anhidrido Ftálico	0.390	9.366	3.6527
2 Etil Hexanol	0.700	13.095	9.1665
Químicos	0.107		0.3930

2. COSTOS VARIABLES

Agua Enfriamiento		0.0100
Agua de Lavados		0.0100
Gas Inerte		0.0563
Corriente Eléctrica		0.0129
Vapor		0.1778

3. COSTOS FIJOS

Mantenimiento		0.0683
Mano de Obra y Supervisión		0.1505
Materiales en General		0.0150
Gastos Generales		0.0171
Depreciación		0.1536
Otros Gastos		0.0512

C o s t o T o t a l : 13.9349

BIBLIOGRAFIA - COSTO DE PRODUCCION

- a. Bibliografía asignación (iii)
- b. Bibliografía asignación (v)
- c. Bibliografía asignación (vi)

V I I . I N V E R S I O N A P R O X I M A D A Y D E S G L O S E

INVERSION APROXIMADA Y DESGLOSE.

Por consulta directa a proveedores de equipo e instrumentación (citados en el capítulo de Bibliografía y Referencias), así como a contratistas, se pudo establecer el siguiente desglose de la inversión, tomando para cada concepto el valor medio de los que se pudieron recabar; así pues, la inversión aproximada a Diciembre de 1975, resultó ser en miles de pesos:

<u>Concepto</u>	<u>Compra</u>	<u>Costo</u>	<u>Montado</u>
I. EN LOS LIMITES DE BATERIA			
1. Reacción			
Reactor TT-4	300		
Condensador TC-1	80		
Tanque TT-5	48		
Tanque TT-3 (I y II)	49		
Bomba TB-3	20		
Bomba TB-4	32		
Bomba TB-5	24		
S u b T o t a l :	553		1,380
2. Lavado			
Lavador TT-6	280		
Condensador TC-2	39		
Tanque TT-7	13		
Tanque TT-8	18		
Tanque TT-9	26		
S u b T o t a l :	376		940
3. Filtrado			
Filtro TF-1	67		
Tanque TT-10	25		
Bomba TB-6	30		
S u b T o t a l :	122		300

<u>Concepto</u>	<u>Compra</u>	<u>Costo</u>	<u>Montado</u>
4. Instrumentación			
Lote descrito en el Capítulo N° V	320		800
5. Estructura y Cuarto de Control			
Descritos en el Capítulo N° IV	-		350
T o t a l :	1,371		3,770
II. SERVICIOS			
1. Transformador y CCM	-		1,500
2. Aceite de Calentamiento			
Calentador TC-3	70		
Tanque TT-16	18		
Bomba TB-12	66		
S u b T o t a l :	154		385
3. Líneas de Agua, Vapor, Aire, Gas Inerte y Vacío.			
Tanque TT-11	320		
Bomba TB-7	5		
S u b T o t a l :	45		700
T o t a l :	370		700
T o t a l :	524		2,585
III. TANQUERIA			
Tanque TT-1	185		
Tanque TT-2	600		
Tanque TT-12	196		
Tanque TT-13	35		
Tanque TT-14	47		
Tanque TT-15	60		
Bomba TB-1	45		
Bomba TB-2	26		
Bomba TB-8	20		
Bomba TB-9	17		

<u>Concepto</u>	<u>Compra</u>	<u>Costo</u>	<u>Montado</u>
Bomba TB-10		45	
Bomba TB-11		20	
T o t a l :	1,296		2,180
I n v e r s i ó n T o t a l :	3,191		8,535

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

B I B L I O G R A F I A Y R E F E R E N C I A S

Para la realización de este estudio, fué necesaria, además de la investigación directa en diferentes firmas, la consulta en libros y publicaciones que a continuación se detallan. Asignaciones llamadas en el trabajo:

- i) TESIS "Servicios que prestan las firmas de ingeniería nacionales para la ejecución de proyectos industriales y lineamientos generales de contratación". UNAM, Facultad de Química, 1975, Jaime Carreto Cordero.
- ii) ENCYCLOPEDIA OF POLYMER SCIENCE & TECHNOLOGY, Vol. 10
Editorial Board, 1969
Interscience, John Wiley

ENCYCLOPEDIA OF CHEMICAL TECHNOLOGY, Second Edition, Vol. 15
Kirk & Othmer, Editorial Board, 1971
Interscience, John Wiley.
- iii) ANUARIO DE LA INDUSTRIA QUIMICA MEXICANA, 1973
Asociación Nacional de la Industria Química, A. C.
- iv) ESTADISTICA MATEMATICA
Erwin Kreyszig
LIMUSA, Wiley, 1973
- v) GUIA DE LA INDUSTRIA QUIMICA
Colección 74, 17a Edición
Publicaciones Cosmos
- vi) CHEMICAL ENGINEERS' HANDBOOK
Robert H. Perry, Cecil H. Chilton; Fifth Edition
Mc Graw Hill Kogakusha, Ltd. 1973
- vii) ALGUNOS ASPECTOS CINETICOS DE LA FORMACION DE FTALATOS.
Alcoholes para plastificantes, ICI
Heavy Organic Chemicals Division.
- viii) CONVERSION FACTORS & YIELDS
Stanford Research Institute, 1969
Mimi G. Erskine
- ix) STRUCTURE AND MECHANISM IN ORGANIC CHEMISTRY
G. Bell & Sons, Ltd.
London, 1953
- x) PLASTICIZERS (reprint)
Eastman Industrial Chemicals, Chemicals Division
Representada por Egon Meyer, S. A.

- xi) PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR
Donald Q. Kern
Compañía Editorial Continental, S. A., 1974
- xii) MARKS' HANDBOOK
Mechanical Engineers' Handbook
Mc Graw Hill Book Company, Inc.

Además de las referencias arriba anotadas se consultó la siguiente lista de libros y publicaciones:

- FLOW OF FLUIDS, CRANE
Technical Paper N° 410
- CHEMICAL PROCESS PRINCIPLES
Hougen, Watson and Ragatz
John Wiley & Sons, Inc., New Yor, 1959
Part 1: Material and Energy Balances
Part 2: Thermodynamics.
- APPLIED NOMOGRAPHY (Vol. 1 y 2)
Javier F. Kuong
Gulf Publishing Company; Houston, Texas.
- OPERACIONES BASICAS DE INGENIERIA QUIMICA
Mc Cabe & Smith,
Editorial Reverté, S. A., 1973
- TRATADO DE QUIMICA FISICA
Samuel Glasstone
Editorial Aguilar, Madrid, 1960
- DEFINITION OF BASIC ENGINEERING (Reprint)
Engineering Standards of Chemical Construction Corporation
- MANUAL DE INFORMACION - ANHIDRIDO FTALICO
DE LURGI-GESELLSCHAFTEN
- INSTRUMENTATION FLOW PLAN SYMBOLS
Instrument Society of America

Firmas Consultadas:

1.- EQUIPO DE PROCESO

Pfautler, Permutit, S. A. de C. V.
Ecología, S. A. de C. V.
Valnamex, S. A.
Industrias Alarcón, S. A.
Constructora Química Industrial, S. A.
CSR de México, S. A.
Swecomex, S. A.
Equipos Industriales TEICI, S. A.
Rho Ingeniería Mecánica Industrial, S. A.
Yabry, S. A.

2.- BOMBAS

Maquinaria, Bombas y Equipos, S. A.
Manufacturera TOSA, S. A.

3.- BOMBAS DE VACIO

Bicor Diseño Científico, S. A. de C. V.
Enterprise, S. A.
Procesos Industriales

4.- AGITADORES

Lightnin de México, S. A. de C. V.
Philadelphia Gear Mexicana, S. A.

5.- FILTROS

Industrias Filvac, S. A.
Equipindus, S. A.
Industrias Delmex, S. A.

6.- ACEITES DE CALENTAMIENTO

ICI de México, S. A. de C. V.
Bayer de México, S. A.
Dow Química Mexicana, S. A. de C. V.
Mobil Oil de México, S. A.

7.- TANQUERIA

Construcciones Industriales TEK, S. A.
Empresa Manufacturera de Occidente, S. A.

8.- INSTRUMENTOS

Foxboro, S. A.
Taylor Instrument, S. A. de C. V.

9.- PROCESO

Industrias Químicas SYNRES, S. A.
Celanese Mexicana, S. A.