

M-23740



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO PARA LA FABRICACION DE ALCOHOL FURFURILICO EN MEXICO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
POR ESESENTA N
TEODORO ORTEGA DIAZ
FRANCISCO QUIROZ MORONES
MEXICO, D. F. 1980

[Illegible text]

A MI MADRE:

JOSEFINA MORONES HERNANDEZ

Y a todas las personas que dir
ta o indirectamente contribuyeron
a la realización de ésta meta.

ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO PARA LA
FABRICACION DE ALCOHOL FURFURILICO EN MEXICO

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE: Profr. Alejandro Anaya Durand
VOCAL: Profr. Carlos Dormann Montero
SECRETARIO: Profr. Claudio A. Aguilar Martínez
1er. SUPLENTE: Profr. José Fco. Guerra Recasens
2do. SUPLENTE: Profr. Jorge Muñoz Estrada

Lugar donde se desarrolló el tema:

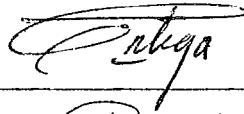
FACULTAD DE QUIMICA, CIUDAD UNIVERSITARIA
D. F.

ASESOR DEL TEMA:

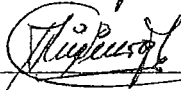
I. Q. CLAUDIO A. AGUILAR MARTINEZ

SUSTENTANTES:

TEODORO ORTEGA DIAZ



FRANCISCO QUIROZ MORONES



ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO PARA LA FABRICACION
DE ALCOHOL FURFURILICO EN MEXICO

- CONTENIDO -

	PAGINA
CAPITULO I	5
INTRODUCCION.	5
CAPITULO II	7
DESCRIPCION DEL PRODUCTO	7
A) Características físicas y químicas del alcohol furfurílico.	7
B) Propiedades biológicas.	8
C) Métodos de obtención de laboratorio.	8
D) Reacciones generales del alcohol furfurílico.	9
E) Usos del alcohol furfurílico.	12
CAPITULO III	18
ESTUDIO DE MERCADO	18
A) Consumo aparente en volumen y valor.	18
B) Principales industrias consumidoras.	21
C) Distribución geográfica del consumo.	21
D) Consumo potencial en función de los precios actuales y de los usos actuales. (Análisis de la técnica de pronóstico más adecuado).	23
E) Existencia de materias primas.	29

CAPITULO IV	33
SELECCION DEL PROCESO DE FABRICACION	33
A) Reacción y condiciones generales.	33
B) Descripción general del proceso.	34
C) Diagramas de bloques y de flujo.	37
D) Condiciones de seguridad.	39
CAPITULO V	42
ANTEPROYECTO DE LA PLANTA	42
A) Tamaño de la planta.	42
B) Localización de la planta.	44
C) Balance de materia y energía.	47
CAPITULO VI	77
ESTUDIO ECONOMICO Y FINANCIERO	77
A) Inversiones de activo fijo.	77
B) Estimación de costos y gastos.	82
C) Inversiones de activo circulante.	88
D) Estado de pérdidas y ganancias.	90
E) Balance general proforma.	92
F) Flujo de efectivo.	93
G) Rentabilidad.	93
H) Punto de equilibrio.	98

CAPITULO VII	100
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101
Conclusiones.	101
Recomendaciones.	104
BIBLIOGRAFIA	106

CAPITULO I

INTRODUCCION

El desarrollo industrial del país se encamina a conseguir una localización de la industria regionalmente equilibrada, a elevar la contribución de la planta industrial, a la satisfacción de la demanda nacional de bienes intermedios y de bienes de capital, a convertir a las manufacturas finales e intermedias en el principal elemento de enfoque y a iniciar el camino de un desarrollo tecnológico autónomo por medio de la absorción y adaptación de tecnologías extranjeras y de generación de tecnologías propias.

Con la finalidad de que el proceso de industrialización tenga una mayor influencia positiva sobre el ritmo de crecimiento de la economía y en general la orientación global de un proceso de desarrollo económico más equilibrado.

La tecnología juega un papel de primera importancia para el desarrollo económico, y en especial para la industria nacional a fin de aumentar la producción de bienes y servicios, pero al mismo tiempo reorientar su crecimiento, para elevar sustancialmente los niveles de vida de la población, promover la elevación de los índices de productividad industrial y fomentar el empleo abundante de mano de obra, o sea que la tecnología sea un instrumento de desarrollo económico, social y de independencia económica.

Por lo expuesto anteriormente y tomando en cuenta el incremento que ha habido en la demanda de productos químicos, demanda que se ha acumulado en los últimos años, habiéndose por ello tenido que recurrir a la importación de una gran cantidad de ellos, se realizará este estudio técnico-económico, cuyo objetivo principal es el de determinar la viabilidad de llevar a cabo un proceso para la fabricación de alcohol furfurílico en México, ya que en la actualidad el total de este alcohol que se consume en el país es de importación.

Las diversas aplicaciones que se le dan a este producto hacen atractiva su elaboración, con las consiguientes ventajas que acarrearía a nuestra actividad económica, el ir eliminando la importación de productos químicos y el aumentar los productos de fabricación nacional, ya que con esto se evitaría la salida de divisas, se fomentaría la integración de la industria química, y se generarían empleos por ser industria nueva en el país.

CAPITULO II
DESCRIPCION DEL PRODUCTO

A) Características físicas y químicas del alcohol furfurílico. (1).

El alcohol furfurílico (fural carbinol) $C_4H_3OCH_2OH$ es un líquido incoloro, de olor suave, que toma una coloración rojo obscuro al ponerse en contacto con el aire y la luz.

A continuación se enumeran las constantes físicas del alcohol furfurílico. Cuadro núm.1.

CUADRO NUM. 1
CONSTANTES FISICAS

Peso molecular	98.098	
Punto de fusión	14.63	°C
Punto de ebullición a 750 mmHg	171.0	°C
Viscosidad a 25 °C	4.62	cps
Punto de inflamación	75.0	°C
Tensión superficial a 25 °C	38.2	dinas/cm
Calor de fusión	31.8	cal/g
Calor específico a 0°C	0.472	cal/g °C
Calor de combustión	6209.6	cal/g
Densidad relativa 20 °C/4 °C	1.1296	$\times 1000 \frac{g}{cm^3}$
Densidad a 100 °C	1.3222	$\frac{g}{cm^3}$
Indice de refracción 25 °C/D	1.4850	

(1) The Merck Index, Merck and Co., Inc., Rahway, 8va. edición, N.J., USA.-pág.476.

Presión de vapor

<u>°C</u>	<u>mmHg</u>
31.8	1.00
68.0	10.00
95.7	40.00
115.9	100.00
151.8	400.00
171.0	760.00

PROPIEDADES QUIMICAS (2)

El alcohol furfurílico es soluble en alcohol, éter, cloroformo y benceno. Cuando está recientemente preparado es soluble en agua en todas proporciones y siendo más o menos insoluble en agua cuando se encuentra en condiciones ligeramente ácidas.

B) Propiedades biológicas.

El alcohol furfurílico es venenoso aún en soluciones muy diluídas, su acción fisiológica paraliza e inhibe los nervios sensores.

Expuestos a un contacto continuo puede presentar hemorragia y edema pulmonar.

C) Métodos de obtención de laboratorio.

El alcohol furfurílico fue obtenido por primera
(2) op.cit., The Merck Index. pág.476.

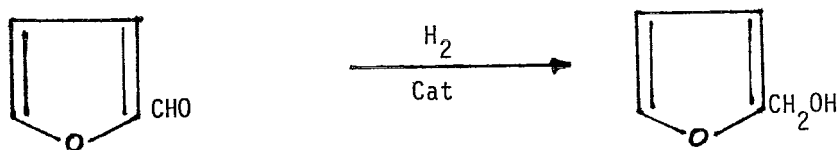
vez por Ulrich (3) en 1861 tratando el furfural con una solución concentrada de sosa.



El método de obtención de laboratorio es por medio de una reducción catalítica del furfural (4).

El método consiste en poner en contacto vapores de furfural e hidrógeno reaccionando a una temperatura de 160 °C en presencia de un catalizador manteniendo el sistema a una presión de más o menos una atmósfera (760 mmHg). El producto -alcohol furfurílico- se extrae del condensador sin necesidad de interrumpir la producción, procediendo a una extracción con éter para purificarlo del furfural que no reaccionó.

Los métodos varían dependiendo del catalizador que se use siendo estos los de níquel, platino y óxidos de cobre.



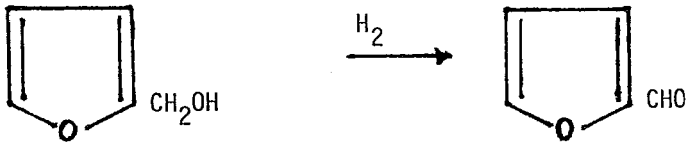
D) Reacciones generales del alcohol furfurílico.

1) Reacción de hidrogenación debido a la forma de la molécula.

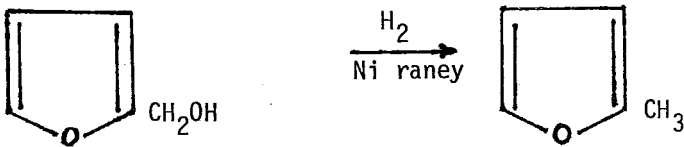
(3) Ulrich: Chemical News, U.S.A., 1861. pág. 116.

(4) Gilman: Journal. Ser. U.S.A., 1930. págs. 5 y 15.

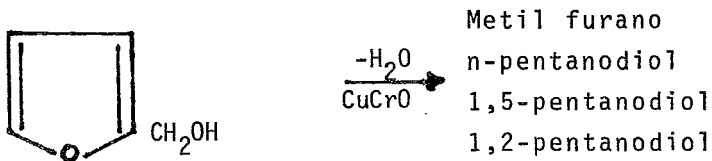
a) Rearreglo al grupo aldehído.



b) Hidrogenación del grupo $\text{CH}_2\text{-OH}$

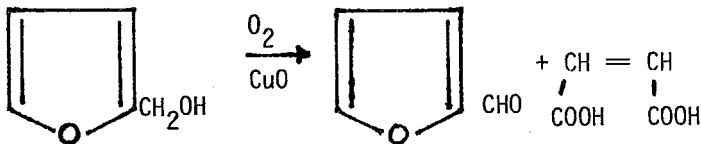


c) Hidrogenación del ciclo furano.



2) Oxidación.

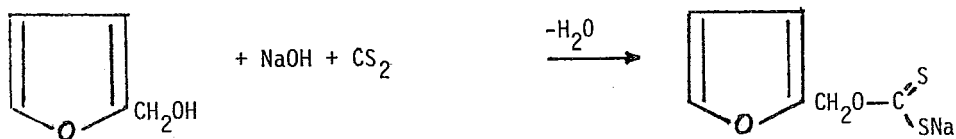
Con oxígeno en presencia de óxido de cobre para obtener furfural y ácido maléico.



3) Sulfonación

Con disulfuro de carbono en presencia de sosa

concentrada se obtiene el furfural-xantato de sodio.

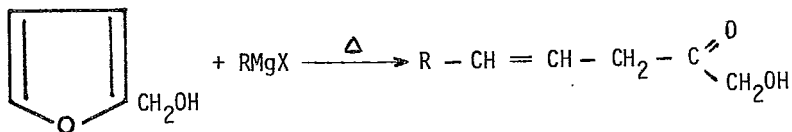


4) Reactivo de Grignard

En frío se reduce a alquil furano.



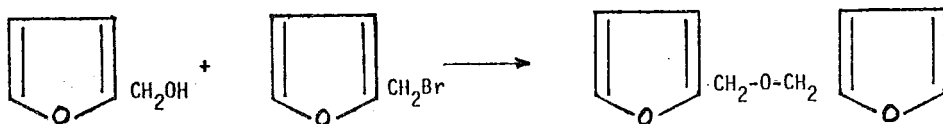
En caliente se obtiene la acetona correspondiente.



5) Con anhídrido acético se obtiene el acetato de furfural.



6) Con OC-Bromuro de furfuril, da el OC-Eter difurfuril.



E) Usos del alcohol furfurílico.

En la actualidad, la mayor demanda del alcohol furfurílico es como materia prima para la fabricación de resinas furánicas en la industria de la fundición principalmente y para productos resistentes a la corrosión.

Resina furánica es un término genérico, el cual abarca muchos productos resinosos, los cuales contienen la estructura básica del anillo furano. Comunmente el término incluye resinas hechas de:(5)

Alcohol furfurílico; alcohol furfurílico y formaldehído; alcohol furfurílico y furfural; alcohol furfurílico y fenol; furfural y fenol; furfural y cetonas y ocasionalmente algunos otros relacionados con la química del furano.

Las primeras tres resinas son las que más se utilizan como materiales protectores de la corrosión, son dos las etapas de una resina furánica, la primera etapa líquida y la segunda es un sólido duro, la cual es el producto terminado. La primera etapa líquida es la que

(5) Norman L. Allinger y otros: Química Orgánica, Editorial Reverte, S.A., Barcelona España, 1975. pág.352.

más se usa en muchos productos industriales (6).

De todas las resinas furánicas nombradas anteriormente, son muy pocas las que han sido de mucho uso comercial como productos resistentes a la corrosión, los tres tipos de resinas más usados en esta industria son:

RESINA	TIPO
I	Resina de alcohol furfurílico-furfural con bajo contenido de agua.
II	Resina de alcohol furfurílico-furfural con alto contenido de agua.
III	Resina de alcohol furfurílico.

El contenido de agua es incluido en la descripción de las tres resinas, esta puede ser removida o permitida según el deseo o destreza del fabricante, esta modifica las características de las resinas como se muestra en el cuadro 2, de propiedades para los cementos antiácidos hechos de las resinas correspondientes a los tres tipos descritos anteriormente.

(6) C.G. Munger & Ignatius Metil, Corrosion Control Reporter, Vol. 17, Núm.3, 1966. Amercoat, Co., U.S.A. pág. 2 a 5.

CUADRO NUM. 2
RESISTENCIA QUIMICA DE MORTEROS

Tipo de resina	I	II	III
Resistencia química			
(A) psi después de 7 días de curado a $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y un mes de inmersión en:			
Acetona	15.011	5414	6466
Benceno	14.841	7898	7643
Tricloroetileno	14.904	5885	7962
25% hidróxido de sodio	12.548	11210	6497
75% ácido sulfúrico	13.970	10701	8408
Agua	13.854	10191	8152

(B) En psi después de 7 días de curado a $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y dos meses de inmersión en:

Acetona	15.048	5010	5760
Benceno	15.091	8790	7766
25% hidróxido de sodio	15.478	8090	8280
Tricloroetileno	15.244	5573	7452
75% de ácido sulfúrico	15.022	11975	6369
Agua	15.181	8152	7580

A continuación se mencionan algunas de las propiedades específicas de estas resinas usadas como laminados anticorrosivos o como mortero.

PROPIEDADES ESPECIFICAS DE LAS RESINAS FURANICAS

- 1.- Resistencia al agua: Excelente, aún a temperaturas que oscilan entre 65 - 85 °C.
- 2.- Acidos inorgánicos: Resistencia excelente a muchos ácidos inorgánicos como el ácido clorhídrico, hipocloroso fluorhídrico, fosfórico y sulfúrico, este con una concentración menor del 60% como máximo, aún a temperaturas de más o menos 90 °C.
- 3.- Acidos orgánicos: Buena resistencia a temperaturas hasta de 100 °C, aquí se puede incluir al láctico, oxálico y a muchos de los ácidos grasos, con excepción del ácido fórmico concentrado.
- 4.- Alcalis: Excelente resistencia en general a todos los alcalis, se pueden construir los recipientes que vayan a contener hidróxido de sodio usando mortero de resina furánica.
- 5.- Sales en solución: Muy buena resistencia a exposición continua a temperaturas de 90 °C, las sales pueden ser sulfato de cobre, sales férricas, nitrato de plata y cloruro de sodio.
- 6.- Solventes: Generalmente son resistentes a la mayoría de los solventes, particularmente donde estas resinas son curadas a temperatura ambiente, los solventes pueden ser alcoholes, glicoles, glicerina, ace-

tona, tetracloruro de carbono, cloroformo, acetato de etilo y gasolina.

- 7.- Aceites minerales, vegetales y animales: Las resinas furánicas son inafectables por estos aceites.
- 8.- Resistencia a la temperatura: Esta es una de las propiedades más sobresalientes de estas resinas, experimentan una leve distorsión por el calor aún a temperaturas tan altas como 190 °C, esto demuestra en el cuadro núm.3, que la fuerza de compresión de estas resinas se compara con las resinas de poliéster y epóxica poliamida, expuestas a las mismas condiciones de temperatura y por el mismo período de tiempo.

CUADRO NUM. 3
FUERZA DE COMPRESION EN psi A VARIAS TEMPERATURAS

Temperatura °C	22	65	95	120	150	175
Furánica	10572	13863	14691	13331	12908	10466
Poliéster	16172	18577	16476	13588	9554	7366
Epóxica -poliamida	7706	10059	2059	1116	806	136

De lo anterior se desprende que los mejores resultados bajo estas condiciones se obtienen con el tipo I de resinas, o sea las de alcohol furfurílico-furfural con bajo contenido de agua, aunque con los tipos II y III también se obtienen excelentes resultados.

Otros usos importantes del alcohol furfurílico es como solvente de pinturas y barnices del tipo epóxico, en la industria textil como disolvente y dispersor de algunos colorantes poco solubles, también se usa como agente penetrante, fungicida, insecticida y como conservador de algunos tipos de jabones.

CAPITULO III

ESTUDIO DE MERCADO

Para todo proyecto el estudio de mercado es de primordial importancia, ya que de acuerdo a sus resultados se tomarán las decisiones más convenientes respecto a la viabilidad del proyecto.

Esta viabilidad deberá ser el resultado de una evaluación tal que se agote la mayor información posible, que nos servirá para obtener un panorama más completo de su posible proyección, ya que los datos obtenidos del estudio de mercado serán los que se utilicen en los pasos subsecuentes.

Este estudio nos permitirá conocer los antecedentes del alcohol furfurílico en el mercado nacional, así como la estimación de su situación actual y futura en dicho mercado. Por lo mismo la estimación del consumo potencial se hará en función de los antecedentes actuales.

A) Consumo aparente en volumen y valor.

Debido al hecho de que todo el alcohol furfurílico que se consume en México es de importación, el consumo aparente en volumen y valor serán los datos reportados en la literatura que indican las cantidades que de este producto ha consumido la industria y que se presentan en el cuadro núm.4.

CUADRO NUM. 4
CONSUMO APARENTE DE ALCOHOL FURFURILICO

AÑO	TONELADAS	VALOR \$ (Miles)
1966	203.336	1,297.018
1967	257.908	1,499.380
1968	335.121	1,939.851
1969	392.192	1,578.428
1970	435.825	2,495.413
1971	488.339	2,488.206
1972	501.862	3,091.616
1973	537.603	3,614.317
1974	552.425	4,024.968
1975*	1,121.525	8,478.918
1976	751.200	12,143.640
1977	471.725	12,802.616
1978	(1)	(1)

Fuente: Anuario Estadístico, Secretaría de Comercio.

* En este año se registró una desusual actividad en la obtención de permisos para importar este producto, en 1976 se normalizó esta tendencia.

(1) En este año se derogó la fracción por la cual se importaba el alcohol furfurílico, pasando este a una fracción genérica, por lo que no se puede saber que cantidad se importó, ya que por ella se canalizan diversos productos.

Anteriormente el alcohol furfurílico se importaba del Reino Unido, Alemania Occidental, Italia y Estados Unidos de Norteamérica, siendo este último país el que

en la actualidad satisface toda la demanda de este producto en nuestro mercado, en el cuadro núm. 5, se encuentran tabuladas las fluctuaciones en los precios por kilogramo que se han registrado anualmente hasta el presente año.

CUADRO NUM. 5
FLUCTUACIONES ANUALES EN LOS PRECIOS

AÑO	VALOR \$ / kg.
1966	6.378
1967	5.813
1968	5.788
1969	4.024
1970	5.725
1971	5.095
1972	6.160
1973	6.723
1974	7.286
1975	7.540
1976	16.165
1977	27.140
1978	39.96
1979	35.78
1980	42.90

De estos datos se puede deducir que en los últimos años ha habido un incremento muy elevado en el precio.

B) Principales industrias consumidoras.

Ya en el capítulo anterior se ha mencionado que el alcohol furfurílico es consumido por diversas industrias que producen resinas sintéticas, solventes, perfumería, fungicidas, germicidas, agentes penetrantes, etc.

Debido al volumen que se consume de alcohol furfurílico, las que se mencionan en los dos primeros lugares son aquellas industrias a las que puede llamarse como industrias de la demanda actual y futura de nuestro producto en el mercado y como consecuencia lógica, hacia las que deberán orientarse las ventas del mismo.

Como es un producto que se utiliza en su totalidad como materia prima o intermedio en la industria, el sistema de ventas deberá efectuarse por contacto directo con los clientes.

C) Distribución geográfica del consumo.

En la localización de las industrias que utilizan o procesan el alcohol furfurílico así como su capacidad instalada, está basada la distribución geográfica del consumo, como se muestra en el cuadro núm. 6.

Estos datos nos permitirán, aunque sea de una manera tentativa, una posible localización de la planta, ya que ésta debe estar situada en un lugar lo más accesible posible a las industrias consumidoras de nuestro producto.

Sin embargo, la ubicación de la planta no sólo es en función de la cercanía de las industrias a las que se abastecería el alcohol furfurílico, sino que deben tomarse en cuenta otros factores como es la localización de las fuentes que habrán de abastecernos de materias primas, así como también el ver aquéllos sitios que ofrezcan los mejores recursos y facilidades para establecer nuestra industria.

CUADRO NUM. 6
DISTRIBUCION GEOGRAFICA DEL CONSUMO DE ALCOHOL
FURFURILICO

PLANTA	CONSUMO Tons./año	UBICACION
Amercoat Mexicana, S.A.	40	Tlalnepantla, Edo. de México
Conductores Monterrey, S.A.	90	Monterrey, N.L.
Hooker Mexicana, S.A. de C.V.	75	Lechería, Edo. de México
Industrias Químicas Formex, S.A.	150	Xalostoc, Edo. de México
Industrias Resistol, S.A.	180	Lechería Edo. de México
Industrias Químicas Synres, S.A.	200	Toluca, Edo. de México
Petroquímica y Polímeros, S.A.	50	Monterrey, N.L.

Fuente: Anuario Estadístico, Secretaría de Comercio, 1978.

D) Consumo potencial en función de los precios actuales y de los usos actuales.

Uno de los aspectos importantes antes de establecer una capacidad de la planta es el de hacer una estimación del probable consumo de alcohol furfurílico en función de los precios actuales y de los usos actuales. Esto permitirá conocer el comportamiento teórico del mercado para éste producto.

Para ello se utilizan los datos existentes de consumo en años anteriores (Cuadro núm. 7). Estos datos, año y consumo en toneladas, se encuentran en las columnas 1 y 3 del cuadro núm. 8.

Para hacer la estimación del consumo probable se utilizará la recta de regresión, calculada por el Método de Mínimos Cuadrados, que se representa en la gráfica núm. 1.

La ecuación de la recta tiene la forma:

$$y = a_0 + b_0 x$$

Siendo representada también de la siguiente forma:

$$y = \frac{\sum xy}{\sum x^2} x'$$

en donde:

$$x' = x - \bar{x} \quad y; \quad y' = y - \bar{y}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad y; \quad \bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$$

Del cuadro núm. 7, se puede ver que:

$$\sum x'y' = 4,196.162$$

$$(\sum x')^2 = 82.50$$

$$\bar{x} = 4.5$$

$$\bar{y} = 445.581$$

Sustituyendo los valores se tiene:

$$y = \frac{4,196.162}{82.50} x' = 50.822 x'$$

Si:

$$x' = x - \bar{x};$$

tenemos que:

$$\hat{y} - 445.581 = 50.822 (x - 4.5)$$

La ecuación de la recta quedaría:

$$y = 50.822 x - 216.882$$

Si se quiere conocer el consumo probable para cualquier año, se sustituye el valor que le corresponda a x ,

como se muestra en la columna 2 del cuadro núm. 7.

El error se calcula con la siguiente ecuación:

$$S = \text{error} = \sqrt{\frac{(y - \hat{y})^2}{n}}$$

- Sustituyendo valores:

$$S = \sqrt{\frac{13,932.324}{10}} = 37.4$$

- Pruebas de significación de la recta de regresión:

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum (y - \hat{y})^2}{n - 1} = \frac{13,932.324}{9} = 1,548.036$$

$$V(\hat{a}_0) = \frac{\hat{\sigma}^2}{n} = \frac{1,548.036}{10} = 154.803$$

$$V(\hat{b}_0) = \frac{\hat{\sigma}^2}{\sum x^2} = \frac{1,548.036}{82.50} = 18.760$$

- Pruebas de hipótesis:

a) $H_0 : b_1 = 0$

$$t = \frac{b_1}{\sqrt{V(\hat{b}_1)}} = \frac{50.822}{\sqrt{18.764}} = 11.764$$

- En tablas: $t(9.5\%) = 2.262$

De donde t calculada es mayor que teórica, por lo tanto hay significación

$$b) H_0 : a_0 = 0$$

$$t = \frac{a_0}{\sqrt{V(\hat{a}_0)}} = \frac{216.882}{\sqrt{154.803}} = 17.455$$

Es igualmente significativa por el mismo motivo.

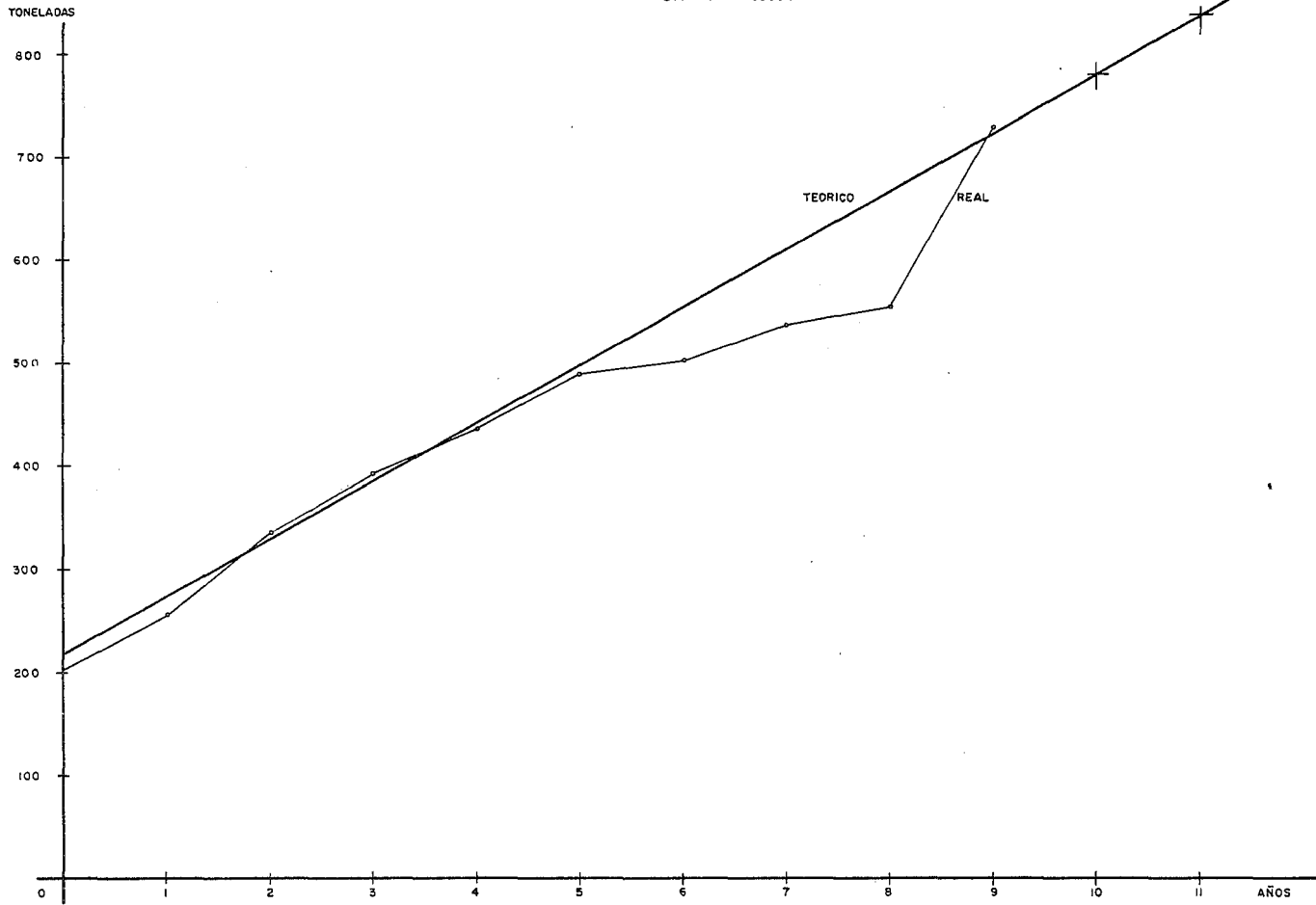
De acuerdo al modelo matemático empleado la estimación del consumo de alcohol furfurílico hasta 1985 será:

CUADRO NUM. 7
ESTIMACION DEL CONSUMO DEL ALCOHOL FURFURILICO
HASTA 1985

A Ñ O	TONELADAS
1980	928
1981	979
1982	1 030
1983	1 080
1984	1 132
1985	1 182

Estos datos obtenidos en la estimación, serán utilizados en los capítulos subsecuentes.

GRAFICA No.1



C U A D R O N U M. 8

AÑO (1)	X (2)	Y (3)	$X' = X - \bar{X}$ (4)	$Y' = Y - \bar{Y}$ (5)	$(X')^2$ (6)	$X'Y'$ (7)	\hat{Y} (8)	$Y - \hat{Y}$ (9)	$(Y - \hat{Y})^2$ (10)
1966	0	203.336	-4.5	-242.245	20.25	1 090.102	216.882	-13.546	183.494
1967	1	257.908	-3.5	-187.673	12.25	656.855	267.704	- 9.796	95.961
1968	2	335.121	-2.5	-110.460	6.25	276.150	318.526	16.591	275.394
1969	3	392.192	-1.5	- 53.389	2.25	80.083	369.348	22.844	521.848
1970	4	435.825	-0.5	- 9.756	0.25	4.878	420.170	15.655	245.079
1971	5	488.339	0.5	42.758	0.25	21.379	470.992	17.347	300.918
1972	6	501.862	1.5	56.281	2.25	84.421	512.814	-10.952	119.946
1973	7	537.603	2.5	92.022	6.25	230.055	572.636	-35.033	1 227.311
1974	8	552.425	3.5	106.844	12.25	376.954	623.458	-71.033	5 045.687
X 1975 *	-	1 124.525	-	-	-	-	-	-	-
1976	<u>9</u>	<u>751.200</u>	4.5	305.619	<u>20.25</u>	<u>1 375.285</u>	674.280	76.92	<u>5 916.686</u>
	45	4 455.811			82.50	4 196.162			13 932.324

* Este dato no se ha tomado en cuenta, ya que ello implicaría un error considerable en el ajuste de la curva.

E) Existencia de materias primas.

Otro de los aspectos que es de suma importancia para el éxito o fracaso de un proyecto, es el asegurarse de la disponibilidad en suficiente cantidad de los insumos que se utilizarán en la fabricación de un producto, de tal manera que los requerimientos de la planta y el precio al que se ofrecen sea costeable, tomando en cuenta su futura influencia en los costos de fabricación ya que el alcohol furfurílico se introducirá en el mercado a los mismos costos. Tomando en cuenta la situación económica por la cual atraviesa el país, se debe tener un precio atractivo para los consumidores, además de dejar margen de utilidad neta razonable, cabe hacer la aclaración de que el precio del alcohol furfurílico podría variar en un 10 por ciento más al precio de importación por las fluctuaciones de nuestra economía.

Las materias primas básicas para este proceso son el hidrógeno y furfural.

Todos y cada uno de estos productos tienen para el país y en concreto para la industria química, singular importancia tanto por la magnitud de su consumo, como por la diversidad de sus aplicaciones y consecuentemente, por su alta significación económica y social.

Con una idea de la magnitud de estos productos, en los cuadros números 9 y 10, aparecen sus propiedades físicas y químicas, así como algunos antecedentes del hi-

drógeno y furfural (7).

NO

CUADRO NUM. 9
PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL FURFURAL

Densidad relativa	1.1598	(20°C /4°C)
Punto de fusión	-36.5	°C
Punto de ebullición	161.7	°C /760 mmHg
Calor de vaporización	107.5	Cal.
Punto de flasheo	55-57	°C
Índice de refracción	1.526	(20°C /4°C)

Es un líquido incoloro, móvil cuando se encuentra en estado puro, cambia a color café rojizo si se expone a la luz y al aire, olor penetrante semejante al benzaldehído; forma productos por condensación con los siguientes compuestos: fenoles, aminas, urea; grado de pureza técnico, refinado (producto comercial).

CUADRO NUM. 10
PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL HIDROGENO

Peso molecular	1.008	
Densidad relativa	0.0709 a	-252.7 °C
Punto de fusión	-259.1	°C
Punto de ebullición	-252.7	°C

(7) op.cit. The Merck Index, pág. 476.

Capacidad calorífica de H	4.97 cal/°C mol.
Capacidad calorífica de H ₂	6.62 cal/°C mol.

Es un gas incoloro, casi soluble en agua fría o caliente.

Plantas productoras del furfural

El furfural es producido por FURFURAL Y DERIVADOS, S.A. tiene una capacidad instalada de producción de 1,620 tons/año, casi el total de su producción se exporta al Brasil, con esto hacemos notar que la producción de furfural es superior a su consumo interno, por lo cual se exporta su excedente. Esta empresa se encuentra localizada en Irapuato, Gto. También Petróleos Mexicanos producen este insumo, pero es para su autoconsumo, es recomendable efectuar un contrato por escrito con Petróleos Mexicanos para asegurarse el abastecimiento de esta materia prima, esta planta se encuentra localizada en Salamanca, Gto.

La presentación de este insumo es de tambores de 200 lts. a un precio de \$25.00 por kilogramo, L.A.B.

CUADRO NUM. 11
PLANTAS PRODUCTORAS DE HIDROGENO *

P L A N T A	U B I C A C I O N
Argón, S.A.	Naucalpan, Edo. de México Morelia, Mich. Celaya, Gto.
Electrodos Monterrey, S.A.	Monterrey, N.L.
Liquid Carbonic de México, S.A.	Guadalajara, Jal. Toluca, Edo. de México Veracruz, Ver.
Pennwalt, S.A. de C.V.	Sta. Clara, Edo. de México

* Fuente: Asociación Nacional de la Industria Química, A.C.

La empresa Argón, S.A. produce el hidrógeno por medio de dos procesos, la planta ubicada en Celaya, Gto., lo produce por pirólisis del gas natural, las plantas de Morelia, Mich. y Naucalpan, lo producen por electrólisis del agua, la capacidad instalada de producción de las tres plantas es de 330,000 m³/año. Liquid Carbonic de México, S.A. tiene una capacidad instalada de producción de 5 470 000 m³/año, lo producen por pirólisis del gas natural; Pennwalt, S.A. de C.V. y Electrodos Monterrey, S.A., lo producen por electrólisis del agua.

La presentación de este insumo es en cilindros de 6 m³ a una presión de 150 kg/cm² en pipas de 15 a 18 cilindros y tienen un costo de \$37.50 por kilogramo. (*)

(*) Fuente: Asociación Nacional de la Industria Química, A.C.

CAPITULO IV PROCESO DE FABRICACION

A) Selección del catalizador, reacción y condiciones generales

El proceso está basado en la hidrogenación en fase líquida bajo altas presiones de furfural, en presencia de cromito de cobre como catalizador (8).

La selección de este catalizador en lugar de los de platino y níquel, fue obtenido debido a que el catalizador de óxido de platino es usado principalmente en el laboratorio y su costo es alto comparado con el catalizador de cromito de cobre.

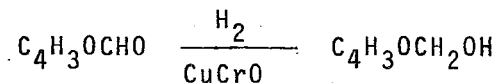
Otra ventaja es que el producto obtenido es de gran pureza siendo éste de color claro y remarcadamente libre de metilfurano, pentanodiolos y alcohol tetrahydrofurfurílico, los cuales están usualmente presentes cuando se usa un catalizador de níquel.

Además como la reacción de hidrogenación es exotérmica y el alcohol furfurílico es sensible a las temperaturas altas, tendiendo a polimerizarse, es necesario emplear un catalizador con actividad suficiente que induzca una alta velocidad de reacción a una temperatura moderada y que nos permita remover el calor de reacción lo suficientemente rápido para prevenir un aumento sus-

(8) Adkins and Connors: J. Am. Chem. Soc. U.S.A., 1931. pág. 1090-1091.

tancial de temperatura durante la hidrogenación, por lo antes mencionado se eligió el catalizador de cromito de cobre.

La reacción que se lleva a cabo en la hidrogenación es la siguiente:



Como se mencionó anteriormente, ambos, furfural y alcohol furfurílico son sensibles al calor, por lo tanto el tiempo es un factor importante en la determinación de la temperatura máxima permisible.

Usando cierta cantidad de catalizador, se encontró ventajoso elevar la temperatura en el orden que decrezca el tiempo de reacción. Así se obtendrá un buen producto si la hidrogenación se efectúa a una presión de 100-120 atmósferas y una temperatura de 175 °C.

En estas condiciones la terminación de la reacción, promedia usualmente alrededor de 18-22 minutos, dependiendo de la pureza del furfural y de la actividad del catalizador.

B) Descripción general del proceso

En un mezclador (M) se alimentan furfural de grado comercial, cal inactiva en una relación de 0.020 kg. por litro de furfural para reducir la actividad, ya que

en ausencia de algún agente neutralizante la velocidad de hidrogenación es menor y el producto es de color parduzco, probablemente debido a una polimerización del alcohol furfurílico.

Este mezclador está equipado de tal manera que además nos sirva como precalentador, así mientras una carga está siendo hidrogenada, la siguiente será precalentada a cerca de 100 °C, y será mezclada con el catalizador de cromito de cobre en una relación de 0.040 kg. por litro de furfural justo antes de cargarse el reactor (R).

Este reactor es del tipo cilíndrico vertical, enchaquetado y con agitación central acondicionado con dos mezcladores de tipo turbina, de tapas semiesféricas con cierre de brida y empaquetadura de asiento, el agitador tiene una potencia de 1 Hp.

La carga ya precalentada se introduce al reactor y el espacio libre es llenado dos o tres veces con hidrógeno hasta eliminar todo el aire del reactor, después se eleva la presión entre 100-120 atm. (103.3-123.9 kg/cm²) y suministrando vapor por la chaqueta a una presión de 10.33 kg/cm² (10 atm) hasta que la temperatura de la carga llega a 140-150 °C, donde se empieza a evidenciar la absorción del hidrógeno por una caída de presión, se suspende el suministro de vapor y se empieza a suministrar agua fría para mantener el reactor cerca de la temperatura de operación especificada que es de 175 °C, la cual se mantiene de 18-22 minutos, hasta que el hidrógeno

reaccionado corresponde a cerca del 95 por ciento del calculado para la reacción, obteniéndose así un mayor rendimiento de alcohol furfurílico.

Es muy importante mantener una temperatura de operación lo más constante posible, para proteger al catalizador y por las razones expuestas en el inciso a) de este capítulo.

Durante la corrida, la presión del hidrógeno es llevada de una presión inicial de 103.3 kg/cm^2 (100 atm.) a una presión final de 51.65 kg/cm^2 (50 atm) a la cual el hidrógeno es regresado a los cilindros para que posteriormente sea recirculado y utilizado en otra carga.

Después de completada la hidrogenación, la carga es enfriada a $100 \text{ }^\circ\text{C}$ y se va disminuyendo la presión hasta que llegue a presión atmosférica, entonces el alcohol furfurílico es descargado en un tanque de almacenamiento (TA) equipado con un agitador y un serpentín de enfriamiento, este alcohol es filtrado tan pronto como sea posible a través de un filtro prensa cerrado (FP), usando papel filtro y filtro ayuda, con el objeto de recuperar el catalizador y regenerarlo, ya que en presencia de la luz, el alcohol furfurílico con el catalizador, se oxida cambiando de color.

El alcohol furfurílico así obtenido tiene un tono de amarillo pálido hasta café pálido, y es de grado comercial refinado.

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE ALCOHOL FURFURILICO

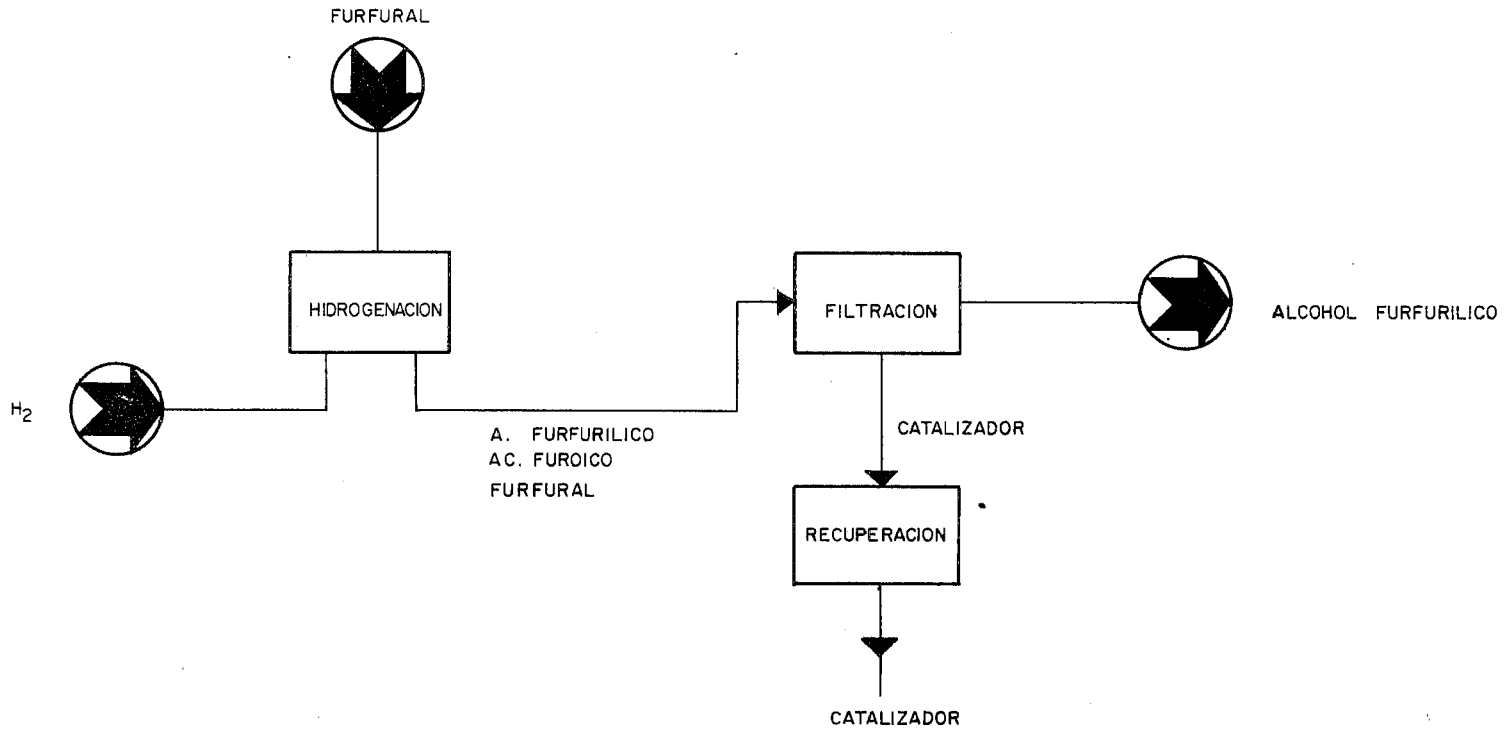
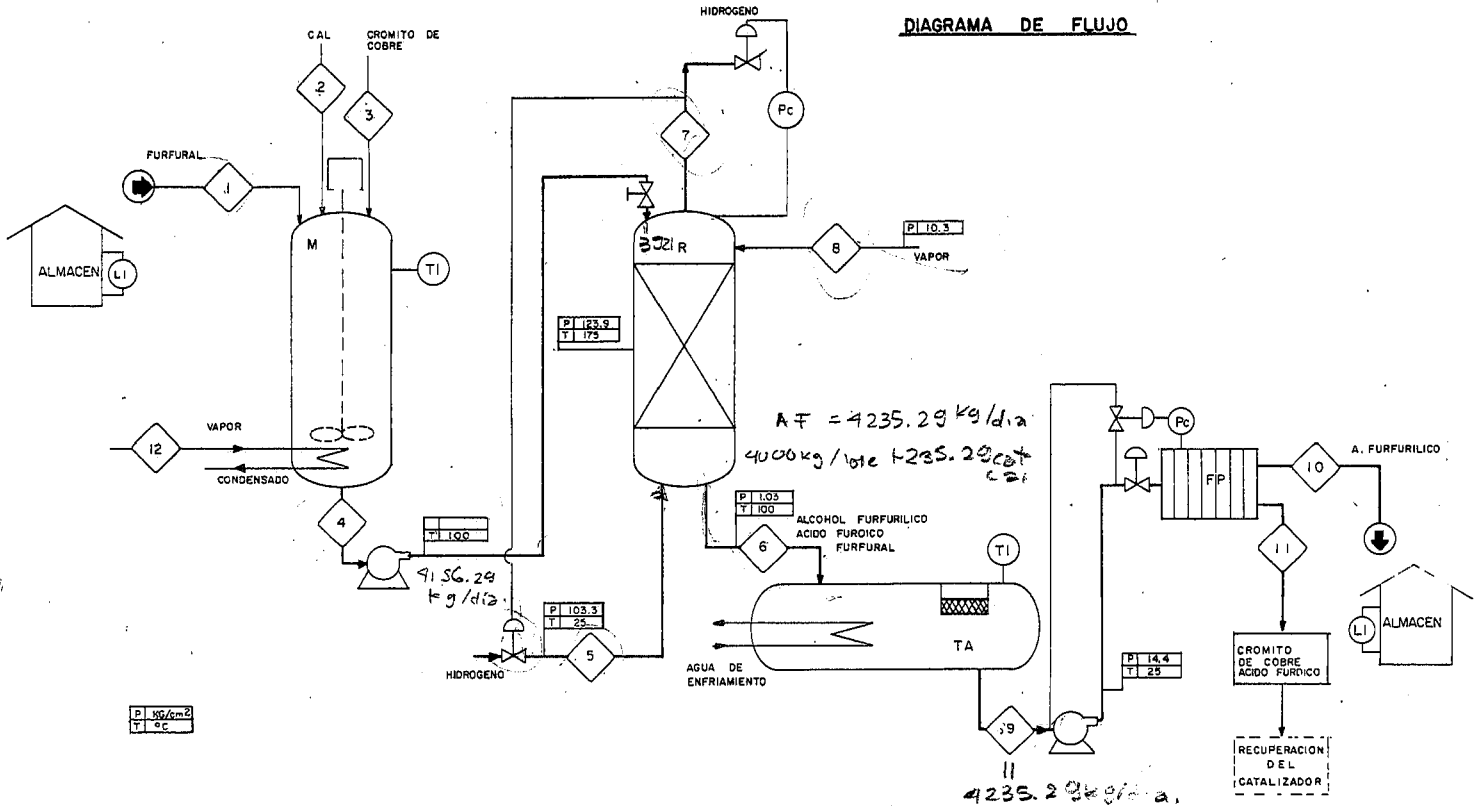


DIAGRAMA DE FLUJO



D) Condiciones de seguridad.

La seguridad contra accidentes y protección contra incendios, deben tenerse en cuenta al proyectarse la planta, el fin que se persigue es eliminar hasta donde sea posible los riesgos haciendo que la protección sea permanente y automática, apegándose a la legislación de normas de seguridad contra accidentes y de protección contra incendios, en éste inciso trataremos las medidas de seguridad para el manejo y almacenamiento de los materiales que se involucran en este proceso.

El alcohol furfurílico es muy reactivo, por lo que para su almacenamiento se requiere tomar ciertas precauciones, se debe tener tapado herméticamente bajo atmósfera inerte de nitrógeno para evitar su contaminación con aire, oxígeno y ácidos, ya que sufre una transformación debida a la formación de complejos moleculares, por una transformación por condensación, debe mantenerse a temperatura ambiente, como es venenoso debe evitarse la intoxicación producida por el contacto constante con el obrero, además es conveniente una buena ventilación. El alcohol no se debe aplicar en forma de rocío, en caso de que haya contacto con él, debe lavarse de inmediato con agua y jabón, para su manipulación las normas de seguridad exigen guantes y lentes protectores (9).

Respecto al furfural, se considera un líquido in-

(9) Coll Wilson, Organic Syntex, Vol. I, 2a.edición, 1941. pág.276.

flamable y volátil, ya que su punto de flasheo es de 55-57 °C, muy por abajo del límite de 80 °C, considerado para los materiales poco inflamables, esto hace que para su almacenamiento y manipulación se adopten ciertas precauciones para reducir al mínimo los riesgos (10), su almacenamiento se debe hacer en tanques completamente de acero y herméticos a los gases, equipado con un sistema extintor, con una cubierta flotante, su manipulación se hace por bombeo o por gravedad, se deben utilizar máscaras de antigases si se expone al obrero a sus vapores con frecuencia, es además muy conveniente que el área donde se encuentren los tanques estén ventilados adecuadamente.

Las normas de seguridad industrial (11) establecen reglamentos concretos para la manipulación del hidrógeno comprimido a altas presiones.

A continuación se indican algunas de las precauciones más importantes para el almacenamiento y manejo del hidrógeno.

- 1.- Debe tenerse mucho cuidado al manipular los cilindros para no dejarlos caer ni permitir que choquen unos contra otros.
- 2.- Deben protegerse los cilindros contra la elevación de temperatura y contra los climas extremos, tampo

(10) op.cit. Coll Wilson, pág.276.

(11) Manual de Normas de Seguridad Industrial de Argón,S.A.

co deben exponerse a una humedad prolongada.

- 3.- No deben almacenarse los cilindros cerca de materiales muy inflamables.
- 4.- Cuando no se está usando, hay que mantener herméticamente cerradas las válvulas de salida aunque se crea que los cilindros estén vacíos.
- 5.- Antes de usarse se debe unir al cilindro un regulador de presión, debe abrirse ligeramente la válvula y cerrarla luego para asegurarse de que está en buen funcionamiento, además de alimentarse mediante sistemas automáticos de autoregulación de presión.

CAPITULO V ANTEPROYECTO DE LA PLANTA

El anteproyecto de una planta engloba tanto la capacidad de producción como a la ubicación de la misma; un proyecto será óptimo cuando su resultado económico sea más favorable, es decir poder llegar a una rentabilidad máxima, o a los costos mínimos de ésta.

Su medición exige una estimación sobre todos los aspectos del proyecto, requiriéndose para ello utilizar un método de aproximaciones sucesivas que no pretende realizarse en este estudio.

A) Tamaño de la planta.

A la capacidad de producción durante un período de tiempo de funcionamiento es lo que se entiende por tamaño de planta.

Para el propósito de este estudio, el tiempo de operación será de un año, el cual va a consistir de 330 días efectivos de un turno.

La capacidad de una planta es función de tres aspectos fundamentales que son:

- 1.- El mercado o demanda que se piensa satisfacer.

En el capítulo III (Cuadro núm.8), se hicieron

proyecciones de alcohol furfurílico.

Siendo las intenciones de este estudio el captar todo el mercado, por lo que se considerará esta proyección como la capacidad de producción que satisfaga toda la demanda.

2.- Costo de producción.

Es lo que se conoce por economía de escala, en los costos de producción influyen los fletes, por lo tan to afecta también a la ubicación de la planta, esto será evaluado más adelante, ya que influye en los resultados económicos que se obtengan.

3.- Aspectos técnicos.

Debido a que hay procesos de fabricación que exigen una escala mínima para ser aplicables a nivel comercial, esto es para el caso de que se requiera equipo pequeño o demasiado grande, que no se consiga en medidas estándar y se tendría que mandar a hacer especial, esto haría al equipo tan costoso que quedaría fuera de consideración.

Aplicando esto al proyecto, al igual que en el ca so anterior, los resultados económicos que se evalúen se rán los que dictaminen si hay un problema semejante o no en el proceso del alcohol furfurílico.

De lo anterior se propone la instalación de una planta con capacidad de producción de 1,320 toneladas anuales de alcohol furfurílico, con una posible ampliación al doble de capacidad, trabajando un turno, que aún cuando está sobre la demanda actual estimada, se justifica por los menores costos que resultarán de la mayor escala de producción.

El programa propuesto de producción y el nivel de aprovechamiento de la capacidad instalada en cada año de operación se pone a consideración en el Cuadro núm. 12, con esta capacidad podrá lograrse satisfacer la demanda hasta donde se ha proyectado.

CUADRO NUM.12
PROGRAMA DE PRODUCCION Y APROVECHAMIENTO DE LA
CAPACIDAD INSTALADA

A Ñ O S	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Toneladas de alcohol furfurílico	928	979	1 030	1 080	1 132	1 182
% de aprovechamiento	70	74	78	81	85	89

B) Localización de la planta.

El fin perseguido en cualquier problema sobre si-

tuación o ubicación de fábricas es la elección del lugar que permitirá reunir los materiales necesarios, realizar los procesos de fabricación y entrega de productos a los clientes con el costo total más bajo posible.

Los principales aspectos a considerar para determinar la ubicación de la planta serán:

- 1.- La suma de fletes de materias primas y producto terminado.

En referencia a los fletes el problema se plantea para los dos siguientes aspectos.

- a) Cercanía de materias primas.

El único centro de producción de furfural se encuentra en Irapuato, Gto., por lo que en cualquier otro lugar de la República que se instale la planta, este insumo tendría cargado a su precio el costo del flete correspondiente; Pemex también produce furfural, esta planta está ubicada en Salamaca, Gto., pero su producción es sólo para consumo interno.

Más del 80 por ciento de las empresas productoras de hidrógeno en la República Mexicana, se localizan en el Estado de México, para el catalizador también se localiza el centro de producción en el Estado de México.

- b) Cercanía de centros de consumo.

Los posibles centros de consumo del alcohol furfúrico como se muestra en el Cuadro núm. 6, el 80 por ciento de estos centros se localizan en el Estado de México, estas industrias consumen el 82 por ciento del alcohol furfurílico.

Estos centros incluyen las industrias productoras de resinas furánicas, cementos, recubrimientos, pinturas, barnices, etc.

2.- Disponibilidad y costos de los recursos necesarios para la planta (humanos y materiales).

Los recursos humanos y materiales más importantes en la República Mexicana, se hallan en el Distrito Federal y en zonas aledañas, en estas tenemos comunicaciones inmejorables, agua, combustibles, mano de obra calificada, etc. Los salarios mínimos en esta zona son aproximadamente iguales a los del estado de Guanajuato y un poco menores a los del estado de Veracruz.

3.- Disponibilidad y costos de terrenos industriales.

Respecto a la disponibilidad y costos de terrenos industriales, en esta tesis no se trata de escoger un terreno específico en el cual quedaría instalada la planta, por la razón de que éste no es un proyecto de inversión, si así lo fuera, sería necesario buscar dentro de los límites de localización seleccionados, el terreno más idóneo para los requerimientos preestablecidos, y buscando

la mayor cantidad de exención de impuestos por medio de parques industriales en la zona que lo requieran con las comodidades aunadas a estos.

Para esta tesis, será suficiente dar cifras aproximadas promedio para una zona general en términos de costos de terrenos y parques industriales.

Una vez aclarados estos puntos puede adelantarse por las cuestiones tratadas anteriormente, aunque no cuantificadas, deberá elegirse como ubicación de la planta un parque o terreno industrial que se encuentra en el estado de Guanajuato, debido a que gran parte de la materia prima y del consumo (mercado) de el alcohol furfurílico se halla cerca de dicho estado, más de la mitad de los insumos requeridos pueden ser abastecidos en el mismo, ya que los recursos materiales y humanos disponibles -con entrenamiento- en ese lugar, son suficientes para la planta de alcohol furfurílico.

C) Balance de materia y energía.

1.- Balance de materia.

Es de suma importancia para la evaluación del proceso, determinar los consumos de materias primas necesarias para obtener la cantidad de alcohol furfurílico que exige la demanda proyectada, en el Capítulo III. Para lo grar esto, es indispensable efectuar el balance de materia para la capacidad propuesta, este permitirá además,

determinar el costo de equipo necesario en el proceso que será tratado en el siguiente capítulo.

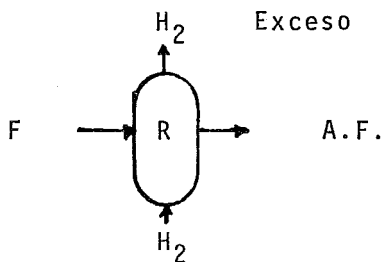
Para este balance de materia prima se ha considerado como base de cálculo, los siguientes puntos:

- a) La cantidad de alcohol furfurílico producido será de 1,320 toneladas anuales.
- b) El balance se realizará en kilogramos por lote, considerando que se operarán 330 días al año, tomando un lote por día.

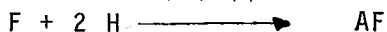
Se han numerado las corrientes del proceso en el diagrama de flujo (dos). Sin embargo, únicamente se calcularon aquéllas que son afectadas.

La reacción principal se lleva a cabo en el reactor (R), ya que en el mezclador y demás equipo no ocurre reacción alguna, por lo que se hará el balance de materia primero en el reactor.

Balance de materia en el reactor:



Ecuación general de balance de materia en el reactor:



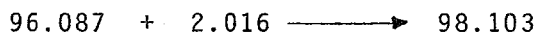
donde:

F = Furfural

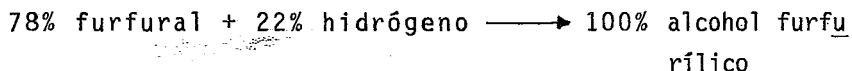
H = Hidrógeno

AF = Alcohol Furfurílico

Ecuación estequiométrica a una mol.



El rendimiento es 100 por ciento con un exceso de hidrógeno (12) -0.78 moles de furfural nos darán 100% de rendimiento-.



Hacemos una relación para sacar las moles de furfural:

$$\begin{array}{r} 96.087 \text{ ————— } 1 \\ 74.94 \text{ ————— } X \end{array} \quad X = 0.78$$

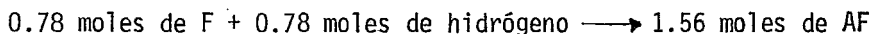
Sacamos el hidrógeno necesario, relacionando las moles de furfural.

(12) op.cit. Adkins & Connors, pág. 1091.

$$\begin{array}{l} 1 \text{ mol de F} \text{ ————— } 1 \text{ mol de Hidrógeno} \\ 0.78 \text{ moles de F} \text{ ————— } Y \end{array}$$

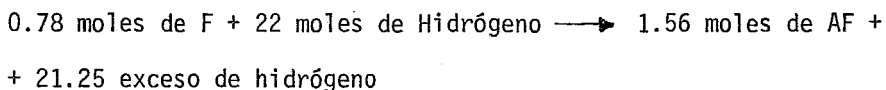
$$Y = 0.78 \text{ moles de hidrógeno necesario}$$

La ecuación estequiométrica referida a 0.78 moles de furfural sería:



Como se realiza con un exceso de hidrógeno, hacemos una ecuación de porcentajes, sabiendo que 0.78 moles de F es igual a 78%, para que el rendimiento con exceso de hidrógeno sea el 100 por ciento.

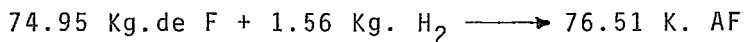
Nos queda que:



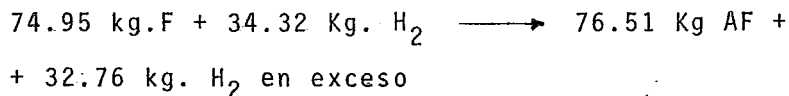
Sabemos que:

$$\begin{array}{l} 0.78 \times 96.087 = 74.95 \text{ kg. de furfural} \\ 0.78 \times 2.01 = 1.56 \text{ kg. de hidrógeno} \end{array}$$

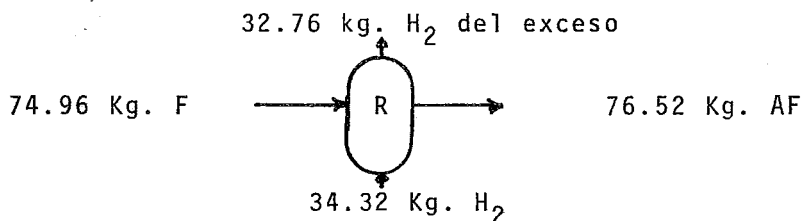
La ecuación en peso quedaría:



Con exceso de hidrógeno:



Lo que nos quedaría:



De acuerdo a los datos experimentales de Adkins & Connors (13) que se basan en cargas de 100 kg., el tiempo de reacción es de 30 minutos, por lo que en nuestro estudio se consideran los tiempos muertos como son el de limpieza de equipo, el tiempo que se necesita para cargar el mezclador y el reactor; en el mezclador consiste en agregar el furfural y el catalizador, también intervienen el tiempo de precalentamiento de la mezcla, así como el tiempo de la reacción más largo y por último el tiempo de descarga. Por lo que se toma como base un lote por día de operación con una producción de 4 toneladas de alcohol furfúrico.

Se requiere producir 1,320 tons./año de alcohol furfúrico, por lo que necesitaremos 4 tons./día de producto.

(13) op. cit. Adkins & Connors, pág. 1092.

Según los cálculos se necesitan:

75 kg. de furfural
34.32 kg. de hidrógeno

Y se obtiene 76.52 kg. de alcohol furfurílico + 32.76 kg. en exceso de hidrógeno.

Ahora, si se requieren obtener 4000 kg./ lote.

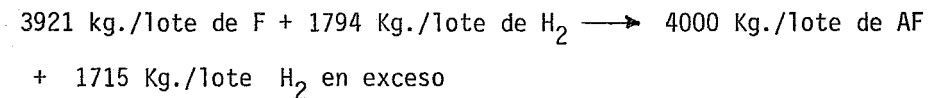
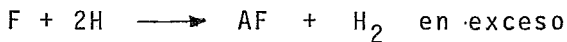
Con la ecuación estequiométrica calculamos la cantidad de furfural e hidrógeno que necesitaremos para producir 4000 kg./lote. Por lo que al hacer las relaciones nos queda que se requieren:

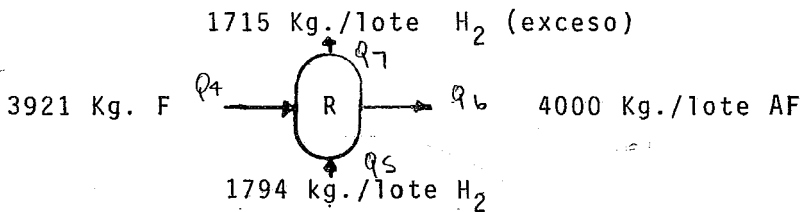
Para furfural 3,921 kg./lote a la entrada

Hidrógeno 1,794 kg./lote a la entrada

Exceso de hidrógeno 1,715 kg./lote a la salida

Por lo que la ecuación de balance de materia nos queda:





Balance de materia en el mezclador (M).

Como se ve en el balance de materia del reactor se necesitan entonces: 3,921 kg. por lote de furfural, el cual entra por la corriente ①.

En la corriente ② entra el 2% de cal/kg. de furfural, lo que nos da 78.43 kg. de cal. por lote.

En la corriente ③ entra el 4% de catalizador por kg. de furfural lo que nos da 156.86 kg. de catalizador por lote.

Balance de materia en el tanque de almacenamiento (TA).

En la corriente ⑥ pasa 4000 kg. por lote de alcohol furfúrico más 156.86 kg. por lote de catalizador que es el mismo que sale por la corriente ⑨.

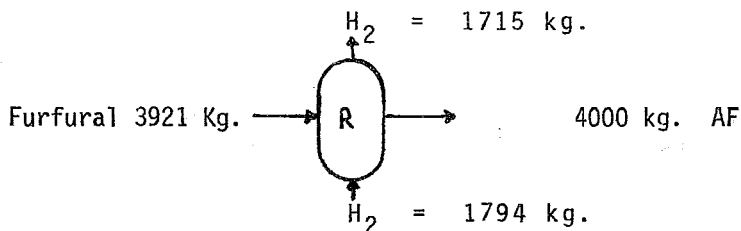
Balance en el filtro prensa (FP).

Por la corriente ⑨ entran 4000 kg. por lote de AF más 156.86 kg. por lote de catalizador, saliendo por

la corriente $\diamond 10$, 4000 kg. por lote de AF grado técnico y por la corriente $\diamond 11$, 156.86 kg. por lote de catalizador, más 78.43 kg. de cal.

Con los datos obtenidos del balance de materia, haremos el cálculo para obtener las dimensiones del reactor, las cuales necesitaremos para obtener su costo, mismo que será requerido en el capítulo siguiente.

CALCULO PARA SACAR EL VOLUMEN DEL TANQUE



Obtención de litros de H_2

$$\begin{aligned} \text{Presión} &= 123 \text{ atm.} \\ R &= 0.082 \frac{\text{lbs. atm.}}{\text{kg. mol. } ^\circ\text{K}} \end{aligned}$$

$$PM = 2.016$$

$$W = 1794 \text{ kg.}$$

$$t = 175 \text{ } ^\circ\text{C} + 273 + 448 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Fórmula:

$$PV = nRT$$

$$n = \frac{w}{PM}$$

$$PV = \frac{w}{PM} RT$$

$$V = \frac{1794 \text{ kg.} \times 0.082 \frac{\text{lbs.atm}}{\text{mol.}^\circ\text{K}} \times 448^\circ\text{K}}{248} = \frac{66\,418}{248} =$$

$$V = 268 \text{ lbs.}$$

Para el furfural:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \therefore \quad v = \frac{m}{\rho}$$

$$v = \frac{3921 \text{ kg}}{1.16} = 3377 \text{ lbs.}$$

Volumen total:

$$v = 3377 \text{ lbs.} + 268 \text{ lbs.} = 3645 \text{ lbs.}$$

Suponemos que:

$$\begin{array}{r} 3645 \text{ lbs.} \text{-----} 70\% \\ X \text{-----} 100\% \end{array} \quad X = 5207 \text{ lbs.}$$

Tenemos que:

$$5207 \text{ lbs.} = 1376 \text{ galones}$$

Volumen apropiado del tanque del reactor:

$$V = 1500 \text{ galones} = 5676 \text{ lts.}$$

Relación de altura diámetro

$$\text{si consideremos que: } \frac{L}{D} = 3$$

$$v = 0.785 D^2 h$$

$$h = 3 D$$

$$v = 0.785 \times D^2 \times 3D \quad D = \text{diámetro interior}$$

$$v = 0.785 \times 3D^3 \quad h = \text{altura}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{v}{3 \times 0.785}} = \sqrt[3]{\frac{5.676 \text{ mts.}}{3 \times 0.785}} = \sqrt[3]{\frac{5.676}{2.355}} =$$

$$= \sqrt[3]{2.410} = \quad D = 1.34 \text{ mts.}$$

$$\therefore h = 3D = 3 \times 1.34 = 4.02 \text{ mts.}$$

Cálculo del espesor del cuerpo (14)

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6 P}$$

Aplicable cuando t no exceda a la mitad del radio interior o cuando la presión de diseño no exceda a $0.385 SE$.

(14) Código ASME, Sección 8, división I y II, 1974.

Para acero inoxidable tipo 304

$$S = 16100 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2}$$

E = 85% junta a tope soldada por ambos lados relevado térmico.

$$\text{Presión de trabajo} = 123 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Presión de diseño} = 123 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \times 1.25 = 153.75 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$= 153.75 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \times 14.2 = 2183.25 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2}$$

$$0.385 SE = 0.385 \times 16100 \times 0.85 = 5269 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2}$$

$$2183.25 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2} < 5269 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2}$$

Si es recomendable usar la fórmula

Sustituyendo valores:

$$t = \frac{2183.25 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2} \times 26.57 \text{ in}}{16100 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2} \times 0.85 - 0.6 \times 2181.25} = \frac{58009}{12375.05}$$

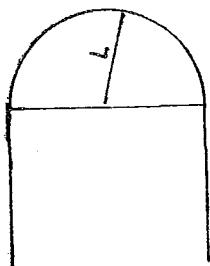
$$t = 4.68 \text{ in} \cong 5 \text{ pulgadas}$$

Como la presión de trabajo es muy alta $123 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$

se sugiere que el fondo y la tapa sean semiesféricas para una buena distribución de la misma.

CALCULO DE LA TAPA SUPERIOR

Fórmula:
$$t = \frac{P L}{2 SE - 0.2 p}$$



$$L = R$$

Sustituyendo valores:

$$t = \frac{\frac{Lb}{2} \times 26.57 \text{ in}}{2 \times 16100 \times 0.85 - 0.2 \times 2183.25} = \frac{58\ 009}{26\ 933.3} =$$

$$t = 2.15 \quad 2.25 \text{ pulgadas}$$

CALCULO DE LA TAPA INFERIOR

Presión hidrostática

$$p = h \times \rho$$

$$h = 4.02 \text{ mts.}$$

$$\text{densidad } (\rho) \text{ del alcohol furfurílico } 100 \text{ }^\circ\text{C} = 1.33$$

$$P = 0.402 \text{ mts.} \times 1.33 = 0.534 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$p \text{ total} = 123 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} + 0.534 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 123.534 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 1.25 =$$

$$= 154.42 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$p \text{ total} = 154.42 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 14.2 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2} = 2192.8 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2}$$

$$t = \frac{2192.8 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2} \times 26.57 \text{ in}}{2 \times 16100 \times 0.85 - 0.2 \times 2191.8} = \frac{58\,262.69}{26\,931.44} =$$

$$= 2.16 \text{ pulgadas}$$

$$t = 2.16 \text{ pulgadas} \quad 2.25 \text{ pulgadas}$$

Procedimiento para calcular si el espesor de 5 pulgadas del cuerpo soporta la presión de $10.33 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ del vapor.

$$t = 5 \text{ in} \quad L = 162 \text{ in}$$

$$Do = 53.14$$

$$\frac{L}{Do} = \frac{162}{53.14} = 3.04$$

$$\frac{Do}{L} = \frac{53.14}{162} = 0.328$$

Temperatura a $10.15 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ es igual a $t = 357 \text{ }^\circ\text{F}$

$$P = 10.33 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 14.2 = 146.6 + 14.7 = 161.3$$

$$P = 161.3 \times 1.25 = 201 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2}$$

de la tabla (*) $\beta = 12\ 000$

$$P_a = \frac{\beta}{D_o} = \frac{12\ 000}{10.62} = 1130 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2}$$

Para comprobar que el espesor soporta la presión del vapor:

$$P_a > P$$

$$P_a = 1130 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2} > P = 201 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2}$$

Por lo que el espesor de 5 pulgadas del cuerpo soporta la presión del vapor, lo que indica que está bien diseñado.

- Procedimiento para calcular si el espesor de 2.25 in de la tapa inferior soporta la presión de $10.33 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ del vapor.

$$t_h = 2.25 \text{ pulgadas} \quad L_1 = 26.57 \text{ pulgadas}$$

$$\text{temp. vapor} = 357 \text{ }^\circ\text{F} \quad \text{a } 10.5 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2}$$

$$\frac{L_1}{th} = \frac{26.57}{2.25} = 11.80 \text{ in}$$

$$\frac{L}{100 th} = \frac{26.57}{225} = 0.118$$

de tablas (15) $\beta = 12\ 000$

$$P_a = \frac{\beta L_1}{th} = \frac{12\ 000}{11.80} = 1016 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2}$$

$P_a > P$

$$P_a = 1016 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2} > P = 201 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2}$$

De este desarrollo, se puede observar que cae entre los rangos de seguridad y el espesor de 2.25 in, soporta la presión de vapor.

CALCULO DE LA CHAQUETA, DEL CILINDRO Y DE LA TAPA INFERIOR

Material: Acero al carbón Tipo SA-201 grado A.

(15) op. cit. Código ASME.

$$R = 26.57 \text{ in} + 10 \text{ in} + 3 \text{ in} = 39.57$$

Fórmula:

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6 p}$$

$$\text{Temperatura} = 357 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$S = 13\ 750 \text{ (16)}$$

$$P = 10.33 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \times 14.2 = 146.6 \times 1.25 = 183.3 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2}$$

Sustituyendo valores:

$$t = \frac{183.3 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2} \times 39.57 \text{ in}}{13\ 750 \times 0.85 - 0.6 \times 183.3} = \frac{7\ 253.18}{11\ 687.5 - 109.9} =$$

$$= \frac{7\ 253.18}{11\ 577.6}$$

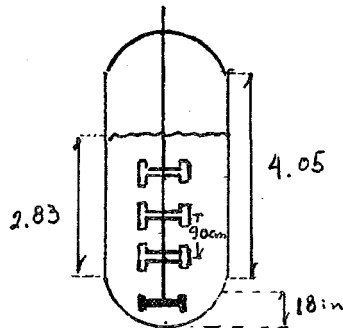
$$t = 0.6264 \text{ pulgadas} \quad 0.75 \text{ pulgadas} = 3/4 \text{ in}$$

(16) op. cit., Código ASME.

CALCULO DE LA AGITACION

Diámetro del tanque = 134 cm \div 2.5 pulgadas = 4.5 pies

Diámetro del impulsor = $\frac{D}{3}$ = 18 in = 48 cm = 1.5 pies



4.02 ————— 100%

x ————— 70%

x = 2.83 m.

Tipo de propelas: turbina de seis hojas

Espacio máximo entre paralelas: $2D = 90$ cm

Número de impulsores: 4

Número de bafles: 4

Ancho de bafles: $0.1 D = 13.71$ cm. = 5.4 pulgadas

CALCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR

Como el hidrógeno reacciona con el alcohol furfúrico, éste debe permanecer en el alcohol un tiempo aproximado de media hora para que se lleve a efecto la reacción, por tal razón se considera una agitación lenta

dentro del reactor de 130 RPM. (17).

- Diámetro del impulsor = 18 in = 1.5 ft = 48 cm
- Diámetro del tanque = 54 in = 4.5 ft = 135 cm
- Propelas = turbina 6 hojas
- Núm. impulsores = 4
- Núm. baffles = 4
- Ancho de baffles = 5.4 in
- RPM = 130
- Profundidad del líquido = 10.72 ft
- El impulsor se localiza a 1.5 ft del fondo
- t = 175 °C

Calculamos el número de Reynolds (18)

$$NRe = \frac{D^2 NP}{\mu}$$

$$\mu = 4.62 \text{ Cps}$$

$$\rho = 1.32 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 82.4 \frac{\text{Lb}}{\text{ft}^3}$$

$$NRe = \frac{(1.5)^2 \times (130/60) \times 82.4}{4.62 \times 6.72 \times 10^{-4}} = \frac{400.464}{3.1 \times 10^{-3}} =$$

$$= 1.3 \times 10^5$$

$$NRe = 1.3 \times 10^5$$

(17) op.cit. Adkins & Connors, pág. 1092.

(18) Alan S. Foust y otros; Principios de Operaciones Unitarias, Compañía Editorial Continental, S.A., 1970

$$\frac{N_{Po}}{(N_{Fr})^{0.26}} = 3.6 \text{ de la gráfica (19)}$$

$$N_{Fr} = \frac{N^2 D}{g} = \frac{(2.16)^2 (2)}{32.2} = 0.29$$

$$\frac{N_{Po}}{(N_{Fr})} = 3.6$$

Despejamos N_{Po} :

$$N_{Po} = \frac{3.6}{(0.29)^{0.26}} = \frac{3.6}{0.77} = 4.68$$

$$N_{Po} = \frac{P_{gc}}{N^3 D^5}$$

$$TP = \frac{N_{Po} N^3 D^5}{gc}$$

$$TP = \frac{4.68 \times (2.16)^3 (2)^5 (87.4)}{32.2} = \frac{4.68 \times 10.1 \times 32 \times 87.4}{32.2}$$

$$TP = 4105.5 \text{ ft Lb/seg}$$

$$TP = \frac{4105.5}{550} = 7.46 \text{ Hp} \approx 8 \text{ Hp para una propela}$$

Tenemos cuatro propelas:

$$HP \text{ tot} = 8 \times 2 \times 2 \times 2$$

$$HP \text{ tot} = 8 \times 1.4142 \times 1.4142 \times 1.4142$$

$$HP \text{ tot} = 22$$

$$\text{Motor comercial} = 25 \text{ Hp}$$

(19) op. cit., Alan S. Foust, fig. 20,26, pág. 526.

CALCULO DEL MOTOR

HP = 22

Motor a prueba de explosión trifásico

1750 RPM; 220/440 volts

Reductor Pedro Mesnier No. 7 vertical

Relación 10-1 1700-1750

El factor de servicio del motor para agitadores de líquidos es 1.1.

$22 \text{ HP} \times 1.1 = 24 \text{ HP}$ de diseño

Comercial 25 HP

Bandas tipo "B"

En la página 18 (20) la velocidad propulsada más próxima para un motor de 1750 RPM a 1471.

Diámetro de la polea propulsora 5.4 in, para el motor (20) propulsada 6.4 para el reductor.

(20) Pedro Meusnier: Catálogo de reductores, 1979.

Distancia entre centros 54.86 cm.

Tipo de banda B (21)

Factor 0.91

HP por banda 7.85

$7.85 \times 0.91 = 7.14$ HP corregido por banda

$$\frac{24}{7.14} = 3.05 \quad 3 \text{ bandas}$$

Se necesitan 3 bandas.

Con los cálculos obtenidos, necesitaremos un reactor con las siguientes características:

Acero inoxidable tipo 304

Capacidad 1500 galones

Diámetro 1.34 mts. (4.40 ft)

Altura 4 mts. (13.2 ft)

Espesor de la pared 5 pulgadas

Espesor de las tapas (superior y fondo) 2.25 pulgadas

Chaqueta de acero al carbón SA-201 grado A

Espesor de la chaqueta 3/4 pulgada

Número de impulsores 4, con diámetro de 18 pulgadas

Número de baffles 4, con ancho de 5.4 pulgadas

Tipo de propelas: Turbina de 6 hojas

(21) Dodge de México: Catálogo M-336, Transmisiones de bandas "V".
1979.

Con un motor de 25 HP trifásico a prueba de explosiones, con 3 bandas del tipo B.

Cálculos para obtener las dimensiones del mezclador y tanque de almacenamiento.

Volumen del tanque, 6,000 litros

Consideramos que:

$$\frac{L}{D} = 3$$

$$V = 0.785 D^2 h$$

$$h = 3D$$

$$V = 0.785 \times D^2 \times 3 D$$

$$V = 0.785 \times 3 D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{6.000 \text{ mts}}{3 \times 0.785}} = \sqrt[3]{\frac{6.000}{2.355}} = \sqrt[3]{2.55}$$

$$D = 1.36 \text{ mts.}$$

$$h = 3D = 3 \times 1.36 = 4.08 \text{ mts.}$$

Con los cálculos obtenidos, necesitaremos un mezclador y tanque de almacenamiento con las siguientes características comerciales:

- Un mezclador de acero al carbón, con cuerpo interior de acero inoxidable, acabado de vinilo, con agitación y serpentín de calentamiento, con un volumen de 6 000 lts., diámetro de 1.50 mts. y altura de 4 mts.

- Un tanque de almacenamiento de acero al carbón con cuerpo interior de acero inoxidable, con serpentín para enfriar, con un volumen de 6,000 lts., diámetro de 1.50 mts., y altura de 4 mts.
- Un filtro prensa de placas y marcos de acero al carbón con una capacidad de 4 toneladas por día.

2.- Balance de energía

El balance de energía que se realizará tiene como únicos objetivos el visualizar en forma general y aproximada las entradas y salidas de calor en el proceso, las temperaturas que serán manejadas y los consumos necesarios de agua de vapor y enfriamiento. Esto ayudará igualmente a estimar las inversiones de algunos equipos en los que haya involucrada alguna transferencia de calor.

La secuencia que se seguirá en los cálculos serán:

- 2.1 Fijar temperaturas y presiones de operación.
- 2.2 Cálculos de flujo de calor.
- 2.3 Estimar los consumos de vapor y agua de enfriamiento.

2.1 Temperaturas y presiones de operación

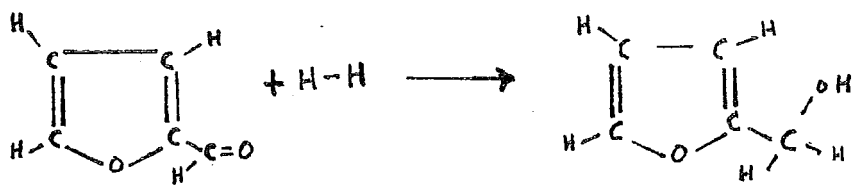
Como se ve en el diagrama de flujo (2) se fijarán

las temperaturas y presiones en las corrientes y equipos más significativos para el proceso.

CORRIENTE	TEMPERATURA °C	PRESION $\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$
1, 2 y 3	25	1.033
4	100	1.033
5	25	103.3
6	100	1.033
7	25	51.65
8	175	10.33
9, 10 y 11	25	1.033
12	100	1.033
13	25	1.033
Mezclador	100	1.033
Reactor	175	123.9
T.A., F.P. y almacén	25	1.033

2.2 Cálculos de flujo de calor.

Calores de reacción en el reactor: Estos calores se han calculado en base a las energías de enlace de reactivos y productos para la reacción que se lleva a cabo en el reactor; tenemos la reacción:



Sacamos los valores de enlace de tablas de Maron & Pluton (22) y son:

$$C - C \quad \Delta H = 83 \frac{\text{Kcal}}{\text{mol}}$$

$$C = C \quad \Delta H = 147 \frac{\text{Kcal}}{\text{mol}}$$

$$C - O \quad \Delta H = 84 \frac{\text{Kcal}}{\text{mol}}$$

$$C = O \quad \Delta H = 170 \frac{\text{Kcal}}{\text{mol}}$$

$$C - H \quad \Delta H = 99 \frac{\text{Kcal}}{\text{mol}}$$

$$H - O \quad \Delta H = 111 \frac{\text{Kcal}}{\text{mol}}$$

$$H - H \quad \Delta H = 104 \frac{\text{Kcal}}{\text{mol}}$$

De la fórmula: $\Delta H_R = \Delta H_p - \Delta H_r$

nos queda:

$$H_R = (-\Delta H_{\text{C}_6\text{H}_6}) + (-\Delta H_{C-H}) + (-\Delta HC=O) + (-\Delta HO-H) -$$

$$- (-\Delta H_{\text{C}_6\text{H}_5}) + (\Delta HC=O) + (-\Delta H_{H-H})$$

(22) Maron & Pluton, Fundamentos de Fisicoquímica, Editorial Limusa Wiley, S.A., 1972, Tablas 4-5, pág. 161.

Sustituyendo valores:

$$\Delta H_R = (-1024 - 99 - 84 - 111) - (-1024 + 170 - 104)$$

$$\Delta H_R = (-1358) - (-958) = -360 \frac{\text{Kcal}}{\text{mol}}$$

$$\Delta H_R = -360 \frac{\text{Kcal}}{\text{mol}} \quad \text{calor de reacción en el reactor}$$

El signo negativo nos muestra que la reacción es exotérmica.

De acuerdo con el balance de materia, las cantidades molares netas del producto que se obtiene a la salida del reactor en un lote son:

$$n = 2.4354 \text{ moles de A.F.}$$

$$m = 4000 \frac{\text{Kg}}{\text{lote}} \text{ de A.F.}$$

$$n_t = 9741.600 \frac{\text{Kg mol}}{\text{lote}}$$

Multiplicando los kg.mol. por su energía de enlace por mol., se obtiene el calor de reacción total que se desprende durante la reacción, y es:

$$Q_t = -3.507 \times 10^6 \frac{\text{Kcal}}{\text{lote}}$$

2.3 Cálculos de la masa de vapor y agua necesarias

Cálculo de la masa de agua necesaria para mantener constante la temperatura (base del cálculo para este ba-

lance, un lote/día).

$$Q_2 = M C_p \Delta T$$

$$M = \frac{Q_2}{C_p \Delta T} = \frac{3.507 \times 10^6}{1 \times 15}$$

$$M = 233,800 \text{ kg. agua}$$

Cálculo de la cantidad de calor necesario para calentar de 100 °C a 175 °C

$$Q_1 \text{ tot.} = Q_{H_2} + Q_F$$

$$Q_{H_2} = W C_p \Delta T$$

$$Q_{H_2} = 2796 \times 6.63 \times (175 - 100) =$$

$$Q_{H_2} = 890791 \text{ Kcal}$$

$$Q_F = W C_p \Delta T$$

$$Q_F = 3922 \times 0.5 \times 75 =$$

$$Q_F = 147075 \text{ Kcal}$$

$$Q_1 \text{ tot.} = 1\,037\,796 \text{ Kcal}$$

Cálculo del vapor necesario para elevar la temperatura de 100 °C a 175 °C; el vapor será saturado a una presión

$$\text{de: } P = 0.402 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$Q_{1 \text{ tot}} = m \lambda$$

$$m = \frac{Q_{1 \text{ tot}}}{\lambda}$$

$$\lambda \text{ a } 167 \text{ } ^\circ\text{F} = 630 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg mol}}$$

Sustituimos:

$$m = \frac{1 \ 037 \ 796}{630} = 1 \ 647 \text{ Kg/Hr de vapor a } P = 0.402 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Cálculos del calor necesario para enfriar de 175 a 100°C del alcohol furfurílico.

$$Q_3 = W \text{ Cp } \Delta T$$

$$Q_3 = 4000 \times 0.472 \times 75 =$$

$$Q_3 = 141600 \text{ kcal}$$

Cálculos de la masa de agua para enfriar de 175 a 100 °C el alcohol furfurílico.

$$m = \frac{Q_2}{\text{Cp } \Delta T}$$

$$m = \frac{3.507 \times 10^6}{1 \times 75}$$

$$m = 46 \ 760 \text{ kg/Hr}$$

CUADRO NUM. 13
 CONSUMO REAL CON EXTRAPOLACION HASTA 1985
 RESUMEN

P R O D U C T O	1980	1981	1982	1983	1984	1985
	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a
Catalizador	37	39	41	43	45	47
Hidrógeno	19	20	21	22	23	24
Furfural	910	960	1 010	1 060	1 110	1 160
Agua de proceso	660	746	843	952	1 076	1 216
Vapor	528	596	674	761	860	972

Cálculo de vapor en el mezclador para precalentar la mezcla furfural, cal y catalizador (corriente 12).

$$Q = W C_p \Delta T$$

$$Q = 3\,921 (0.45) (100 - 25)$$

$$Q = 132\,350.6 \text{ kcal}$$

$$Q = m \lambda$$

$$m = \frac{Q}{\lambda}$$

$$m = \frac{132\,350.6}{630} = 211 \text{ kg/Hr vapor}$$

Cálculo de agua necesaria para enfriar el alcohol furfúrico en el tanque de almacenamiento (corriente 13).

$$Q = W C_p \Delta T$$

$$Q = 4000 \times 0.472 \times (100 - 75) =$$

$$Q = 47\,200 \text{ kcal}$$

$$m = \frac{Q}{C_p \Delta T}$$

$$m = \frac{47\,200}{1 \times 25}$$

$$m = 1\,888 \text{ kg/Hr agua}$$

CAPITULO VI

ESTUDIO ECONOMICO Y FINANCIERO

A.- INVERSIONES DE ACTIVO FIJO

Para llevar a cabo la materialización de un proyecto industrial se requiere asignarle una cantidad de recursos que son siempre considerados como básicos antes de tomar la decisión de aventurarse en un proyecto, son las inversiones involucradas. Estas inversiones de capital han sido clasificadas en dos grandes grupos que son la inversión fija y el capital de trabajo (23).

El primero de ellos comprende el conjunto de bienes que son motivo de transacciones corrientes, se adquieren durante la etapa de instalación de la planta y se utilizan a lo largo de su vida útil, y abarcan desde la planeación y evaluación del proceso, el diseño de los equipos, la planeación de las operaciones, adquisición del terreno, concesiones para la explotación de recursos naturales, implementación de servicios, obra civil y la compra e instalación de equipo y maquinaria necesarios.

El capital de trabajo es todo lo necesario para que la operación en sí sea llevada a cabo, es decir, los inventarios de materia prima, producto en proceso y pro-

(23) La Formulación y evaluación técnico-económica de proyectos industriales.- Soto Rodríguez H., Espejel Zavala E., Martínez Frías H.F.- pág. 185.

ducto terminado, cuentas por cobrar, caja y bancos y cu
entas por pagar. Este aspecto será tratado más adelante,
una vez que hayan sido terminados los costos y gastos.

En referencia a los activos fijos para este proyec
to, se han debido solicitar cotizaciones directas a los
fabricantes de equipo y maquinaria en base a los datos
que se han obtenido de los balances de materia y energía,
analizados en el Capítulo anterior. Es necesario aclarar
que todas las cotizaciones han sido dadas en forma aprox
imada, puesto que el hecho de darlos con exactitud, impli-
caría entrar en el ramo de ingeniería de detalle, que
obviamente no está dentro de los objetivos de esta Tesis.

Partiendo de lo hasta ahora realizado, la planta
de alcohol furfurílico comprende principalmente la adqui
sición de los siguientes equipos:

- Un reactor enchaquetado de acero inoxidable
con agitación interna, con una capacidad de 5,676 litros
(1,500 galones), diámetro de 1.34 mts., altura de 4.00
mts., espesor de la pared de 12.7 cm. (5 in), espesor de
las tapas de 5.72 cm. (2 1/4 in), chaqueta de acero al
carbón SA-201 grado A, con un espesor de 1.91 cm. (3/4 in),
provisto de 4 impulsores y 4 baffles, propelas tipo turbi
na de 6 hojas y un motor de 25 HP trifásico a prueba de
explosiones, con 3 bandas.

- Un mezclador de acero al carbón, con cuerpo in
terior de acero inoxidable, acabado de vinilo, sobre ba-

se anticorrosiva, provisto con un agitador horizontal de baja velocidad y serpentín para calentamiento con un volumen de 6,000 litros, diámetro de 1.50 mts., altura de 4.00 mts.

- Un tanque de almacenamiento de acero al carbón con cuerpo interior de acero inoxidable provisto de un serpentín para enfriar, con un volumen de 6,000 litros, diámetro de 1.50 mts. y altura de 4.00 mts.

- Un filtro prensa de placas y marcos de acero al carbón con una capacidad de 4 toneladas por día.

En adición a los equipos principales antes mencionados, esta planta comprende un lote de bombas para el manejo de los materiales en proceso, válvulas, tubería y conexiones de acero inoxidable e instrumentos de control.

El resultado de las cotizaciones del equipo fue el siguiente (incluye equipo nacional e importado a costos de primer trimestre de 1980).



1.- Costo del equipo puesto en planta.

CANTIDAD	CONCEPTO	COSTOS	\$ **
1	Mezclador de acero inoxidable de 1500 gal.con agitación y serpentín.	416,000.00	
1	Reactor de acero inoxidable con agitación y capacidad de 1 500 gal.- 5676 lts.-	1'500,000.00	

CANTIDAD	CONCEPTO	COSTOS \$ **
1	Tanque de almacenamiento de acero al carbón, con serpentín y capacidad de 1500 gal.	273,600.00
1	Filtro prensa de placas y marcos de acero al carbón con capacidad de 4 lts/día.	80,000.00
1	Caldera de 100 HP aproximado.	605,000.00
1	Subestación de 750 KVA para transformar corriente de 20 000 a 220 V.	225,000.00
	Equipo de bombeo.	50,000.00
Costo de equipo en planta:		\$ 3'149,600.00

** Los costos anteriores fueron obtenidos por cotización aproximada de fabricantes de equipo.

Como ya se mencionó anteriormente, la planta incluye además, equipo complementario, que por falta de especificaciones ha sido calculado en función del costo del equipo principal de proceso instalado, este método se llama Estimación de la inversión fija desglosada, mediante el uso de factores. En este método se utiliza como base el costo total del equipo de proceso, el cual se multiplica por una serie de factores para estimar cada uno de los principales rubros de la inversión fija. El valor de estos factores depende del estado físico de las materias primas y productos que se manejan en la planta (24). De acuerdo al método referido, C_e es el costo de equipo principal de proceso y C_i el costo del

(24) op. cit. Soto Rodríguez H., pág. 170.

equipo instalado. Cabe hacer notar que estas cifras han sido redondeadas.

2.-	Costo del equipo instalado			
		Ci = 1.30	Ce =	\$ 4'094,000.00 ✓
3.-	Tubería de proceso			
		= 0.16	Ci =	665,000.00 ✓
4.-	Instrumentación			
		= 0.03	Ci =	123,000.00 ✓
✓ 5.-	Pinturas y aislamiento			
		= 0.04	Ci =	168,000.00 ✓
6.-	Estructuras			
		= 0.08	Ci =	327,000.00 ✓
✓ 7.-	Ingeniería y construcción			
		= 0.15	Ci =	614,000.00 ✓
8.-	Edificios de procesos			
		= 0.50	Ci =	2'047,000.00 ✓
	Costo total planta =		Ctp =	8'039,000.00
				=====
9.-	Terreno *			1'000,000.00
10.-	Equipo laboratorio y oficinas			
		= 0.04	Ctp =	322,000.00
11.-	Edificios, laboratorio y oficinas**			
				= 330,000.00 ✓
✓ 12.-	Contingencias			
		= 0.10	Ctp =	804,000.00
	Inversiones activo fijo			= 10'405,000.00
				=====
	Más activo diferido = Gastos de preoperación y arranque			
		= 0.10	Ci =	409,000.00
	INVERSION TOTAL DE LA PLANTA			= \$ 10'814,000.00
				=====

* Terreno 2000 m² a \$500.00/m²

** Edificios, laboratorio y oficina 300 m² a \$1,100.00/m²

B.- ESTIMACION DE COSTOS Y GASTOS

En el cuadro núm. 14 aparece el presupuesto de costos y gastos para los años 1980 a 1985 que será usado en el estudio financiero del proyecto. Estos serán básicos para determinar el precio del alcohol furfurílico en el mercado.

Las bases que han sido tomadas para determinarlos fue la siguiente:

1) Materia prima

Hidrógeno	\$ 37.50 /kg.
Furfural	\$ 25.00 /kg.
Catalizador	\$116.00 /kg.

Se han considerado estos precios para 1980 e incrementos anuales del 5 por ciento para los siguientes años, y sus consumos reales de acuerdo con el balance de materia.

2) Mano de obra

Se estima que serán requeridos:

9 obreros de producción	\$ 125.00 /día	<i>308.00 /año</i>
1 Ing. de producción	\$15,000.00 /mes	

A esto ha sido agregado el 25 por ciento de prestaciones y aumentos del 10 por ciento anual.

3) Servicios

Agua de proceso y enfriamiento:	\$0.40 /m ³
Vapor:	\$0.10 /kg.
Combustible y electricidad:	\$0.12 /kg.de
alcohol furfurílico (valor estimado)	

Para el primer año se obtiene que se pagarían por servicios alrededor de \$190.00 /ton. de alcohol furfurílico. Para los siguientes años se consideran aumentos del 5 por ciento anual en los precios de los servicios.

4) Material de Envase

Tambores de 208 litros, a \$350.00 por tambor, según consumos indicados en el cuadro núm. 12.

5) Mantenimiento

Se consideró un 3 por ciento del equipo instalado con incrementos anuales del 5 por ciento.

6) Laboratorio de control y desarrollo

Serán requeridas las siguientes personas:

1 Jefe de control de calidad \$15,000.00
1 Ayudante de laboratorio \$ 8,000.00

Prestaciones 25%
Aumentos 10% anual

7) Almacenes, Embarques y Control de Inventarios

2 Encargados \$6,500.00 /mes c/u
2 Obreros \$3,750.00 /mes c/u

Prestaciones 25%
Aumentos 10% anual

8) Depreciación Fiscal

Ha sido calculada de acuerdo a las leyes vigentes, es decir, 10 por ciento de equipo y maquinaria y 5 por ciento de edificios.

9) Amortización

Se calcula en cerca del 5 por ciento para gastos de preoperación y arranque.

10) Seguros

El 1 por ciento de la inversión fija total, excepto terreno, con incrementos anuales del 5 por ciento.

11) Administración

1 Gerente General	\$420,000.00 /año
1 Gerente de Planta	\$360,000.00 /año
1 Gerente Administra- tivo	\$300,000.00 /año
1 Contador	\$240,000.00 /año
1 Jefe de Personal	\$180,000.00 /año
3 Asistentes	\$ 10,000.00 /mes c/u
3 Secretarias	\$ 8,000.00 /mes c/u

Prestaciones 25%
Aumentos 10% anual

12) Ventas

1 Coordinador de Ventas	\$300,000.00 /año
3 Vendedores	\$ 18,000.00 /mes c/u
1 Secretaria	\$ 8,000.00 /mes

Prestaciones 25%
Aumentos 10% anual

13) Investigación y Desarrollo

Manejada por consultoría externa \$85,000.00 /año,
más 5 por ciento anual.

14) Vigilancia

3 Vigilantes (3 turnos) \$ 3,750.00 /mes c/u

Prestaciones	25%
Aumentos	10% anual

15) Otros

Han sido considerados:

Relaciones Públicas, Membrecía en Asociaciones, Asesoría Jurídica, Comunicaciones e imprevistos.

Para el primer año \$150,000.00, más 5 por ciento anual.

16) Gastos Financieros

Estos gastos consisten en los pagos de los intereses originados del financiamiento que se requeriría para llevar a cabo el proyecto, aspecto que se detallará más adelante, al tratar lo referente a la estructuración de capital. Por ahora sólo se menciona, que consistirá en el pago del 14.5 por ciento sobre saldos insolutos de un préstamo que ascenderá a \$15'000,000.00 como parte de los pasivos requeridos para el proyecto.

CUADRO NUM. 14
ESTIMACION DE COSTOS Y GASTOS
(Miles de pesos)

COSTOS DIRECTOS	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Materia prima:						
Hidrógeno	713	788	866	950	1 035	1 125
Furfural	22 750	25 000	27 775	30 475	33 300	36 250
Catalizador	4 292	4 524	4 756	4 988	5 220	5 452
Mano de obra	686	754	829	912	1 003	1 103
Servicios	428	499	554	616	685	762
Envase	1 750	1 925	2 118	2 329	2 562	2 818
Mantenimiento	123	129	136	142	150	157
Laboratorio	345	380	417	459	505	556
Almacenes y Embarques	308	338	372	409	450	495
Depreciación	673	673	673	673	673	673
Amortización	20	20	20	20	20	20
Seguros	546	573	602	632	664	697
TOTAL DIRECTOS:	32 634	35 603	39 118	42 605	46 267	50 108
COSTOS INDIRECTOS						
Administración	2 685	2 953	3 248	3 573	3 930	4 323
Ventas	1 305	1 436	1 579	1 737	1 911	2 102
Investigación y Desarrollo	85	89	94	98	103	108
Vigilancia	169	186	204	225	247	272
Intereses por préstamos	2 175	1 740	1 306	871	435	- o -
Otros	150	158	165	174	182	191
TOTAL INDIRECTOS:	6 569	6 562	6 596	6 678	6 808	6 996
TOTAL COSTOS Y GASTOS	39 203	42 165	45 714	49 283	53 075	57 104

C.R

C.- INVERSIONES DE ACTIVO CIRCULANTE

En el cuadro núm. 15 se ilustra el presupuesto de inversiones de activo circulante para el proyecto. Este será el que complete las inversiones totales que podrían ser requeridas para el mismo, que serán utilizados más adelante en los análisis financieros. Los criterios que se han seguido son los siguientes:

1.- Efectivo

Se han estimado como un mes del total de costos y gastos y que es lo generalmente recomendado en la industria química en el medio mexicano.

2.- Cuentas por cobrar

Se determinaron como 60 días de las ventas presupuestadas en los estados proforma de pérdidas y ganancias.

3.- Inventarios

El inventario de materia prima que se considera, fue tomado como 20 días del costo de la misma, ya que estas son de producción nacional y no se preveen dificultades en su abastecimiento. Respecto al inventario de producto terminado, han sido tomados 45 días del total de costos y gastos.

CUADRO NUM. 15
 PRESUPUESTO DE ACTIVO CIRCULANTE
 (Miles de Pesos)

CONCEPTO	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Efectivo	3 564	3 833	4 156	4 480	4 823	5 191
Inventario materias primas	1 682	1 837	2 024	2 207	2 397	2 596
Inventario producto terminado	5 346	5 750	6 233	6 720	7 238	7 787
Cuentas por cobrar	8 014	8 878	9 785	10 726	11 732	12 760
T O T A L	18 606	20 298	22 198	24 133	26 190	28 334

- BASES: - Efectivo: 1 mes de costos y gastos.
- Inventario materias primas: 20 días del costo de materia prima.
- Inventario producto terminado: 45 días de costos y gastos.
- Cuentas por cobrar: 60 días de las ventas.

D.- ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS

En el cuadro núm. 16 aparece el estado proforma de pérdidas y ganancias que pudiera resultar de las diferencias entre el total del producto de las operaciones practicadas en el tiempo que se considera y el importe de los bienes que se han dado a cambio de ellos. Para su realización han sido utilizados los siguientes criterios.

1.- Ventas netas

Estas son el producto de la producción que se programa vender por el precio al que pudieran efectuarse estas operaciones, considerando que deberán ser competitivas con las existentes en el mercado. Para ello se han considerado diferentes alternativas hasta que se encontró la que pudiera ser más viable y que es la de ingresar al mercado con un precio promedio de \$47.50 por kilogramo para el alcohol furfurílico y aumentar anualmente los precios en un 5 por ciento que es desde luego, menor que los aumentos que han sido programados en los costos y gastos.

2.- Impuestos y Participación de Utilidades

Se han tomado como el 45 por ciento de la utilidad bruta de las que el 42 por ciento son impuestos y el 3 por ciento la participación que se daría a empleados y trabajadores.

CUADRO NUM. 16
ESTADO PROFORMA DE PERDIDAS Y GANANCIAS
(Miles de Pesos)

C O N C E P T O	1980*	1981	1982	1983	1984	1985
Ventas netas	44 080	48 828	53 817	58 995	64 524	70 181
Costos directos	32 634	35 603	39 118	42 605	46 267	50 108
Utilidad a nivel de planta	11 446	13 225	14 699	16 390	18 257	20 073
Costos indirectos	6 569	6 562	6 596	6 678	6 808	6 996
Utilidad bruta	4 877	6 663	8 103	9 712	11 449	13 077
Impuestos y partici- pación de utilidades	2 195	2 998	3 646	4 370	5 152	5 885
Utilidad neta	2 682	3 665	4 457	5 342	6 297	7 192

* Se está haciendo la suposición que la construcción de la planta se inició en el segundo semestre de 1978 y que las operaciones han sido realizadas durante todo el año de 1980.

E.- BALANCE GENERAL PROFORMA

El Balance General Proforma, se encuentra representado en el cuadro núm. 17, y se ha efectuado bajo las siguientes bases.

1.- Activos

El activo circulante se tomó del cuadro núm. 14 agregando el excedente de efectivo que resulta de la diferencia entre pasivos y capital y el resto de los activos. El activo fijo fue desglosado en terreno, equipo y maquinaria y edificios, prorrateando los imprevistos entre cada uno de estos renglones y restándoles la depreciación acumulada. Al diferido se le restó la amortización acumulada.

2.- Pasivos

En pasivos se han tomado, el crédito de 15 millones a 5 años y las cuentas por pagar y otros pasivos a los que se han considerado aumentos de 2 millones de pesos por año. Es importante hacer notar, que los pasivos se mantienen en un nivel bajo, puesto que no se han considerado nuevos créditos que en el futuro serían necesarios para expansiones, integraciones verticales y horizontales, etc.

3.- Capital

Se ha propuesto un capital social de 25 millones de pesos, que es el 60 por ciento de la inversión total inicial, aún cuando este pudiera reducirse a un 50 por ciento sin mayor perjuicio de la economía del proyecto.

Se han considerado pagos de dividendos por un 50 por ciento de las utilidades netas del ejercicio.

F.- FLUJO DE EFECTIVO

El flujo de efectivo o estado de origen y aplicación de recursos, aparece en el cuadro núm. 18 e indica por un lado los aumentos de pasivos, capital y la disminución de activos; y por el otro, los aumentos de activos, la disminución de pasivos y capital entre un ejercicio y otro. Como puede observarse, los flujos de efectivo son variantes entre un puente de comparación y otro.

G.- RENTABILIDAD

Las rentabilidades que se esperan del proyecto para los años que han sido considerados, se encuentran en el cuadro núm. 19 cuyas relaciones se han tomado del estado de resultados.

CUADRO NUM. 18
ESTADO PROFORMA DE ORIGEN Y APLICACION DE RECURSOS
(Miles de Pesos)

C O N C E P T O	1980	1981	1982	1983	1984	1985
ORIGEN <i>fuertes</i>						
Disminución activo circulante	18 991	- 0 -	- 0 -	- 0 -	- 0 -	- 0 -
Depreciación	673	673	673	673	673	673
Amortización	20	20	20	20	20	20
Aumento cuentas por pagar y otros pasivos	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000
Utilidad ejercicio	2 682	3 665	4 457	5 342	6 297	7 192
TOTAL ORIGENES	24 366	6 358	7 150	8 035	8 990	9 885
APLICACION						
Aumento activo circulante	- 0 -	1 692	1 900	1 935	2 057	2 144
Pago financiamiento	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000
Pago dividendos	1 341	1 832	2 228	2 671	3 148	3 596
TOTAL APLICACIONES	4 341	6 524	7 128	7 606	8 205	8 740
FLUJO EFECTIVO	20 025	166	22	429	785	1 145
EFFECTIVO ACUMULADO	20 025	19 892	20 312	21 496	23 428	29 543

CUADRO NUM. 19
RENTABILIDADES ESPERADAS

115%

63%

68%

C O N C E P T O	1980	1981	1982	1983	1984	1985
<u>UTILIDAD NETA</u> CAPITAL SOCIAL	11%	14%	18%	22%	27%	31%
<u>UTILIDAD NETA</u> INVERSION TOTAL	6%	7%	9%	11%	12%	12%
<u>UTILIDAD NETA</u> VENTAS	7%	8%	9%	10%	11%	12%

El valor de retorno de la inversión total en efectivos fijos con las utilidades netas a valor presente $(U_n)P$ ha sido hecha suponiendo una tasa de corte de 10 por ciento mediante la ecuación:

$$ROI = \frac{\sum_{i=1}^n (U_n) P}{I_t} \times 100$$

Donde el valor de las utilidades que serán compridas a 1979 se obtienen por:

$$P = S \left(\frac{i}{(1-i)^n} \right)$$

En que:

S = Utilidad de cada ejercicio

i = Tasa de corte

Aplicando ambas ecuaciones:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n (U_n)P &= 2682 (0.909) + 3665 (0.826) + 4457 (0.751) \\ &+ 5342 (0.683) + 6297 (0.621) + 7192 \\ &(0.5645) = 20\ 422 \end{aligned}$$

$$(\bar{U}_n)P = \frac{20\ 422}{6} = 3\ 404$$

$$ROI = \frac{3404}{10916} \times 100 = 31.1\%$$

Por lo tanto, el tiempo de pago con utilidades comprimidas a 1979, de la inversión en activos fijos será de 5 años.

H.- PUNTO DE EQUILIBRIO

En el estudio de un proyecto industrial es importante determinar el volumen de producción al que debe trabajar la planta para que sus ingresos sean iguales a sus egresos, es decir, el volumen de producción mínimo a partir del cual se obtienen utilidades para una combinación dada de precios de adquisición de los insumos y precios de venta de los productos (25).

El punto de equilibrio, en el cual las ventas se igualan a los costos y gastos es de 440 toneladas por año, como se puede apreciar en la gráfica núm. 2, en donde también se observa que es al 33 por ciento de la capacidad instalada donde se llega al punto de equilibrio mencionado.

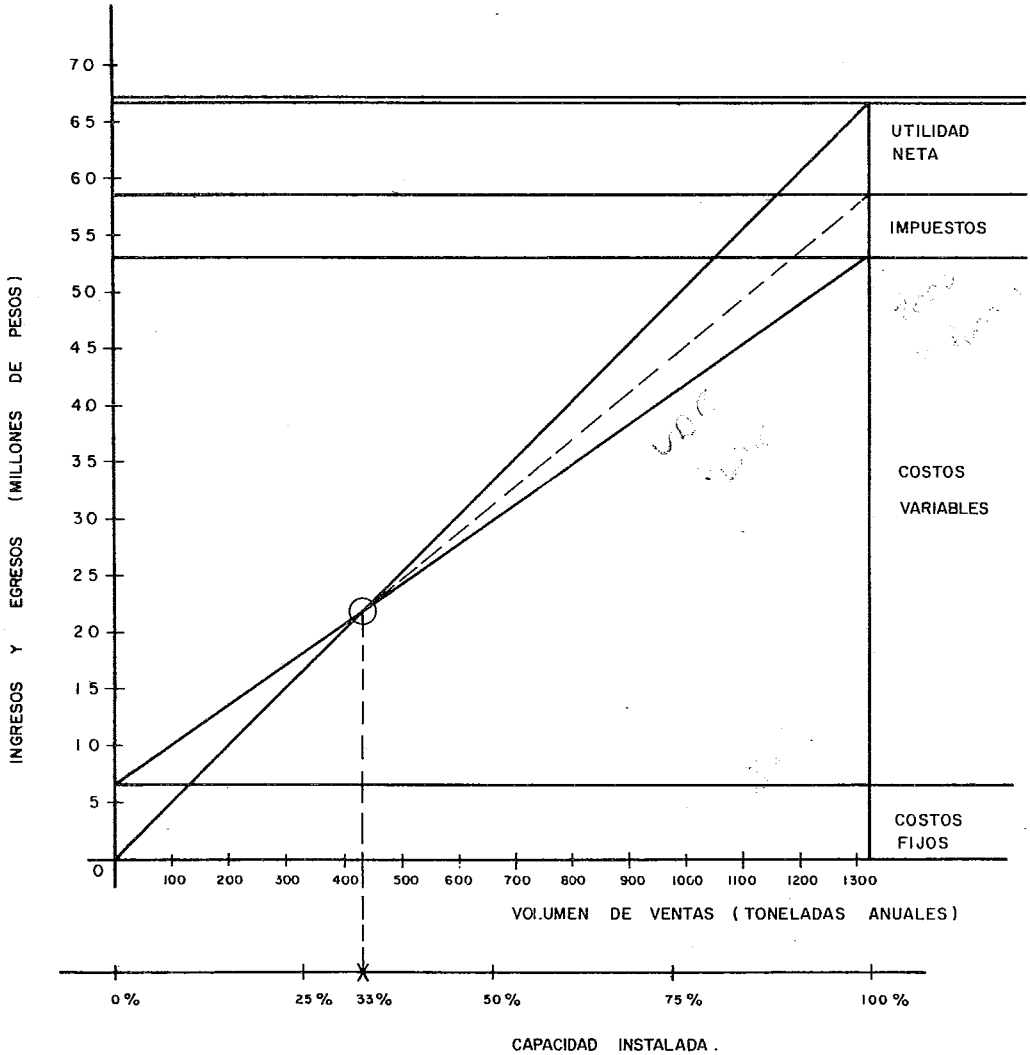
Si la planta trabajara al 100 por ciento de su capacidad en un turno, su producción sería de 1 320 ton/año, nivel al cual los costos fijos serían de 6.996 millones de pesos y los costos variables de 50.108 millones de pesos, dejando una utilidad de operación de 13.077 millones de pesos, en este punto la planta se podría considerar de pleno empleo, es decir sería la situación en que la planta estaría operando a su mayor eficacia productiva.

(25) Spencer & Tucker: Sistema de Equilibrio, Ed. Herrero Hnos., México, 1976. pág. 5-7.

El nivel real al cual iniciará operaciones la planta, será a 930 tons/año, donde el presupuesto de gastos se integra con 6.569 millones de pesos por concepto de costos indirectos (costos fijos) y 32.634 millones de pesos para los costos directos (costos variables), resultando una utilidad de operación de 11.446 millones de pesos.

Dentro de la política de la empresa se tiene programado el ir incrementando la producción hasta alcanzar el 90 por ciento de capacidad utilizada en un término de 5 años para cubrir íntegramente la demanda nacional

PUNTO DE EQUILIBRIO



CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se presentan las conclusiones y recomendaciones que para el desarrollo de este estudio técnico-económico, se han obtenido.

Conclusiones

- 1.- El alcohol furfurílico es un compuesto obtenido a partir de la hidrogenación catalítica del furfural.
- 2.- La mayor demanda del alcohol furfurílico se encuentra como materia prima para la fabricación de resinas furánicas, cuyo principal uso de estas es en la industria de productos resistentes a la corrosión; en menor grado, como solvente de pinturas y barnices de tipo epóxico y en baja escala en la industria textil como disolvente y dispersor de algunos colorantes poco solubles, fungicida, insecticida y como agente penetrante.
- 3.- En la actualidad el alcohol furfurílico no se produce en el país y de acuerdo al estudio de mercado, el consumo aparente para el año de 1985 será de 1 181 toneladas por año, lo que implica una fuga de divisas de aproximadamente 70 millones de pesos.

- 4.- La distribución geográfica del consumo se centraliza en un 80 por ciento en el Estado de México, de acuerdo a las capacidades instaladas de las compañías real o potencialmente consumidoras en alguna medida, de alcohol furfurílico.
- 5.- Las materias primas del alcohol furfurílico son de fabricación nacional y se encuentran localizadas en el Estado de Guanajuato, por lo que no se prevé problemas en el abastecimiento futuro de ninguna de ellas.
- 6.- Hasta donde se sabe, el único proceso de fabricación de alcohol furfurílico usado actualmente a nivel comercial, es el de hidrogenación de furfural usando como catalizador el cromito de cobre, que a grandes rasgos, consiste en la reacción del hidrógeno con el furfural a una presión de 100 a 120 atmósferas y una temperatura de 175 °C, el tiempo de reacción es aproximadamente de 25 minutos, obteniéndose así el alcohol furfurílico, pasándose este por un proceso de purificación, dando un producto de grado comercial.
- 7.- Como resultado del estudio de mercado, se propone una capacidad de 1 320 toneladas por año de alcohol furfurílico, a saturarse en el sexto año de operación, según el programa de producción propuesto.

8.- Desde el punto de vista de abastecimiento de mate rias primas, mano de obra, comunicaciones, etc., el lugar óptimo a localizar la planta es el Estado de Guanajuato.

9.- Como resultado del balance de materia, los consumos de materias primas por unidad de alcohol furfúrico son las siguientes:

Hidrógeno	0.02
Furfural	0.98

10.- Se requiere para llevar a cabo el proyecto, una inversión total inicial de 48.5 millones de pesos divididos como sigue:

	\$	
Activo circulante	37.175	millones
Activo fijo	10.916	millones
Activo diferido	0.409	millones

Cuya estructuración se ha propuesto con un capital social de 25 millones y pasivos por 23.5 millones de pesos, de los cuales se ha considerado un financiamiento de 15 millones de pesos.

11.- Se han estimado ventas de casi 70 millones de pesos para el sexto año de operación, considerando un precio inicial de \$47.50 por kilogramo de alco hol furfurílico, contra \$35.00 que tiene actualmente en el mercado internacional, que ya puesto en planta L.A.B. es de aproximadamente \$44.00 kilogramo.

12.- De acuerdo con los estados de resultados proforma, son de esperarse las siguientes rentabilidades para el primero y sexto años de operación:

C O N C E P T O	1er.año	6o. año
$\frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Capital Social}}$	11 %	31 %
$\frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Inversión Total}}$	6 %	12 %
$\frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Ventas}}$	7 %	12 %

13.- Haciendo un análisis de compresión de las utilidades netas a valor presente (1979), se obtiene un retorno a la inversión en planta y equipo de 5 años.

Recomendaciones

De lo expuesto anteriormente se concluye que es conveniente proceder a elaborar un plan de Ingeniería básica y de detalle para posteriormente realizar la construcción y puesta en marcha de la planta, ya que las variables técnicas y económicas de este proyecto lo justifican. Sería además muy conveniente, el anexar este proyecto a la planta productora de furfural, única productora en México, y que se localiza en el Estado de

Guanajuato, con el propósito de diluir costos y gastos para éste, y de esta forma integrarla en forma vertical tanto en su mercado como en su producción.

Se considera a este proyecto benéfico para el país debido a que se ahorrarían divisas en la sustitución de importaciones, como también el crear nuevas fuentes de trabajo y por la elaboración de un producto cuyas materias primas son producidas íntegramente en el país.

BIBLIOGRAFIA

- ADKINS & CONNORS: Journal American Chemical Society, U.S.A., 1931.
- ALAN S. FOUST: Principios de Operaciones Unitarias, Compañía Editora Continental, S.A., México 1970.
- ANUARIO ESTADISTICO: Secretaría de Comercio, México 1966-1978.
- CODIGO ASME, Sección 8, división I y II, México 1974.
- COLL WILSON: Organic Syntex, Vol. I, 2a. Edición, U.S.A., 1941.
- C. G. MUNGER & IGNATIUS: Corrosion Control Reporter, Vol. XVII, No. 3, Amercoat, Co., U.S.A. 1966.
- DEGARMO ERNEST PAUL: Economía de la Ingeniería, Editorial Mc. Millan, Barcelona, España, 1969.
- DODGE DE MEXICO: Catálogo M-336, Transmisiones de bandas "V", México, 1979.
- GILMAN: Journal Scientific, U.S.A., 1930.

JOHN H. PERRY: Manual del Ingeniero Químico, 4a. Edición, España.

MARON & PLUTON: Fundamentos de Fisicoquímica, Editorial Limusa Wiley, S.A., España, 1972.

MANUAL DE NORMAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL: Argón, S.A. México.

NORMAN L. ALLINGER: Química Orgánica, Editorial Reverte, S.A., España, 1975.

PEDRO MAUSNIER: Catálogo de reductores, México, 1979.

RAUTENSTRAUCH WALTER & RAYMOND VILLERS: Economía de la Empresas Industriales, Editorial F.C.E., México, 1965.

SOTO RODRIGUEZ H.: La Formulación y Evaluación Técnico-económica de Proyectos, Ed. Feneti, 2a. ed., México, 1978.

SPENCER & TUCKER: Sistema de Equilibrio, Ed. Herrero Hnos., S.A., México, 1976.

THE MERCK INDEX, 8a. edición, U.S.A.

ULRICK: Chemical News, U.S.A., 1861.