



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

***Evaluación Técnica para una Planta Productora
de Furfural a partir del Olote de Maíz***

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTA
JOSÉ LUIS MENDOZA HERNÁNDEZ**

**ASESOR
I.Q. MIGUEL ÁNGEL GARCÍA CAMPOS**

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2019



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
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U.N.A.M.
SECRETARÍA DE CIENCIAS
SUS EXÁMENES PROFESIONALES
ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de Tesis**

Evaluación Técnica para una Planta Productora de Furfural a partir del Olote de Maíz.

Que presenta el pasante: **José Luis Mendoza Hernández**
Con número de cuenta: **414043743** para obtener el Título de la carrera: **Ingeniería Química**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 23 de mayo de 2019.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	M.A. Carlos Alberto Morales Rojas	
VOCAL	Q. Celestino Silva Escalona	
SECRETARIO	I.Q. Miguel Ángel García Campos	
1er. SUPLENTE	M.E. María Teresa Ylizaliturri Gómez Palacio	
2do. SUPLENTE	I.Q.I. Raúl Gómez Gómez Tagle	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).



Agradecimientos

A mis padres Tirzo y María del Refugio, por estar siempre ahí, por haberme apoyado incondicionalmente durante toda la carrera y durante toda mi vida, por haber estado en los buenos momentos, así como también en los difíciles. Siempre les estaré eternamente agradecido por forjarme como la persona que soy. A mi padre por enseñarme el valor del trabajo y lo fascinante que es su oficio, la tubería; a mi madre que me demostró que con esfuerzo todo es posible y gracias a sus enseñanzas ahora soy una persona independiente.

A mis hermanos, Ismael, Moisés y Sebastián que han estado conmigo ayudándome y acompañándome en este viaje llamado vida, espero el mayor de los éxitos para ustedes, sé que lo lograrán.

A mi familia Hernández, por ser un pilar para mí, por demostrarme el verdadero significado de FAMILIA... porque compartir esta vida con mejores personas sería imposible.

A la memoria de mi tío Samuel y mi abuelo Luis, por ser grandes maestros de vida y haberme permitido compartir su gran alegría con la siempre vivían, aprendí mucho de ustedes, parte de la persona que soy ahora se lo debo a ustedes.

A mis primos, hermanos, amigos y colegas, Luis Ángel y Elías, por enseñarme lo maravilloso que es el mundo de la ingeniería química, siempre han sido y serán un ejemplo para mí, en el ámbito personal y profesional.

A mi prima, y compañera de toda la carrera, Cinthya, por compartir todos los buenos y malos momentos durante la carrera, por apoyarme siempre y haber sido siempre la mejor compañera de equipo.

A mis amigos y amigas de la facultad, Kareem, Gaby, Rocío, Lupita, Lidya, Betty, Mildred, Diana y Erika, por acompañarme durante estos años de carrera.

Al ingeniero Miguel Ángel García Campos por su infinita paciencia y apoyo para la elaboración de esta tesis.



[...] “A continuación entraron en pláticas acerca de la creación y la formación de nuestra primera madre y padre. De maíz amarillo y de maíz blanco se hizo su carne; de masa de maíz se hicieron los brazos y las piernas del hombre. Únicamente masa de maíz entró en la carne de nuestros padres, los cuatro hombres que fueron creados.” (Fragmento del Popol Vuh)



Índice

1. Objetivo General.....	6
2. Introducción	7
3. Justificación	8
4. El maíz	9
4.1. El Olote de Maíz	11
4.2. La situación del maíz en la República Mexicana	15
5. Furfural	17
5.1. Antecedente Histórico	18
5.2. Propiedades y características	20
5.3. Propiedades Físicas	20
5.4. Propiedades Químicas.....	23
5.5. Usos y Aplicaciones.....	23
5.6. Productos derivados del Furfural.....	25
6. Perfil de Mercado.....	28
6.1. Producción Nacional e importaciones.....	28
6.2. Demanda Nacional Estimada	33
6.3. Análisis de Precios	36
7. Estudio Técnico.....	37
7.1. Perfil Tecnológico de manufactura.....	37
7.1.1. Proceso de Quacker Oats.....	37
7.1.2. Proceso de Alba.....	37
7.1.3. Proceso Agrifurane.....	38
7.1.4. Proceso Rosenlew.....	38
7.1.5. Proceso Escher-Wyss.....	39
7.1.6. Procesos actuales.....	40
7.2. Ingeniería Básica.....	46
7.2.1 Bases de Diseño.....	46
7.2.1.1. Generalidades.....	46
7.2.1.2. Funcionalidad del sistema.....	46
7.2.1.3. Capacidad Instalada.....	46
7.2.1.4. Factor de Servicio.....	47
7.2.1.5. Flexibilidad.....	47
7.2.1.6. Modos de Operación	48
7.2.1.7. Especificación de Materia prima.....	48
7.2.1.8. Condiciones de las alimentaciones al proceso.....	49
7.2.1.9. Especificación del producto	50
7.2.1.10. Condición del Producto	50
7.2.1.11. Agentes Químicos	50



7.2.1.12. Efluentes.....	51
7.2.1.13. Servicios Auxiliares.....	51
7.2.1.14. Condiciones de sitio	53
7.2.1.15. Instalaciones requeridas para almacenamiento.....	56
7.2.1.16. Edificaciones dentro de planta.....	56
7.2.1.17. Equipo de proceso.....	56
7.2.1.18. Normas, códigos y especificaciones	56
7.2.2 Descripción del Proceso.....	57
7.2.3. Diagrama de Bloques de Proceso.....	58
7.2.4. Diagrama de Flujo de Proceso	58
7.2.5. Diagrama de Tubería e Instrumentación	58
7.2.6. Diagrama General de Arreglo de Equipo.....	58
7.2.7. Balance de materia y energía	59
7.2.8. Dimensionamiento y especificación de equipo	62
7.2.9. Lista de equipo.....	76
8. Conclusiones.....	78
9. Glosario.....	79
10. Anexo 1.....	81
11. Anexo 2.....	92
12. Bibliografía	106



1. Objetivo General

- Evaluar la viabilidad técnica y económica para la instalación de una planta productora de furfural a partir del olote de maíz.

1.1 Objetivos Particulares

- Realizar una investigación bibliográfica acerca del Furfural en revistas, libros, artículos científicos y sitios web, para conocer sus propiedades físicas y químicas, así como sus usos, métodos de obtención, productos derivados, etc.
- Llevar a cabo un análisis de mercado, dentro de un marco nacional, considerando los valores de importaciones y exportaciones, identificando además a empresas que consumen este compuesto químico.
- Desarrollar la ingeniería básica de la planta mediante la elaboración de documentos ingenieriles como:
 - Diagrama de bloques
 - Diagrama de flujo de proceso
 - Diagrama de tubería e instrumentación
 - Diagrama general de arreglo de equipo
 - Balance de materia de energía
 - Lista de equipo
 - Requerimiento de servicios auxiliares
 - Hoja de datos de equipos



2. Introducción

El presente trabajo pretende realizar una evaluación técnica y económica para una planta productora de furfural a partir del aprovechamiento del olote de maíz, el cual representa un desecho en las zonas agrarias del país al no ser usado para otro fin más que incineración o en algunos casos como complemento alimenticio para ganado bovino. En contraste, el furfural es un intermediario importante para la síntesis de furanos, además de su uso en la manufactura de plásticos, barnices, insecticidas, funguicidas y reactivos en química analítica, lo cual hace al furfural un producto con enorme potencial económico.

Actualmente los combustibles fósiles son los principales recursos usados para producir energía o compuestos químicos, sin embargo, han provocado un daño importante al medio ambiente, por lo cual desde hace algunos años la industria ha decidido encaminar sus procesos al uso de materias primas renovables, como es la biomasa vegetal proveniente de desechos agrícolas, desechos de plantas papeleras o desechos urbanos. Estas materias primas son una buena opción económica debido a su bajo costo y mínimo impacto ambiental, como es el caso del olote de maíz.

El maíz ocupa el tercer lugar en la producción mundial después del trigo y el arroz, con un rendimiento de dos toneladas por hectárea aproximadamente. El cultivo del maíz tiene importancia especial, dado que este cereal constituye la base de alimentación de los mexicanos, siendo cultivado prácticamente en todo el territorio nacional, con fines de autoconsumo, alimentación animal y comercialización. Sin embargo, a nivel mundial el maíz también representa un papel importante a nivel industrial, ya que se procesa para obtener diversos productos como aceite, colodión, celuloide, glicerina, explosivos, emulsiones, productos farmacéuticos, furfural, entre otros. (Parsons, 1983)

El furfural es un compuesto orgánico heterocíclico, posee un anillo de furano y un grupo aldehído en su estructura química. Se produce a partir de desechos del maíz como es el olote, el cual es llevado a un proceso de digestión ácida y calentamiento con vapor de agua en un reactor durante 2 horas, resultando inicialmente en la formación de pentosa, y posteriormente la deshidratación de dicha pentosa resulta en la formación de furfural, todo esto dentro del mismo reactor, ya que las reacciones que se llevan a cabo son simultáneas.

Actualmente el mercado mundial de furfural presenta una creciente demanda gracias al uso cada vez más frecuente de productos químicos provenientes de biomasa vegetal sostenible, además de la constante volatilidad de los productos derivados del petróleo y las diversas normas ambientales que conllevan su uso. China es el mayor productor y consumidor de furfural a escala global, con un 85% de la producción y 75% del consumo, ambos a nivel mundial. El gigante asiático seguirá impulsando este mercado esperando un crecimiento anual de más del 4% en los próximos cinco años, ya que el valor de su mercado ha alcanzado los 582 millones de dólares y sigue en aumento. (Chemical Economics Handbook, 2018).



3. Justificación

Toda producción de bienes y servicios generalmente viene acompañada por la generación de algún tipo de residuo, ya sea líquido, sólido o gaseoso. Estos residuos representan un grave problema para la sociedad en México y el mundo, debido a que en algunos casos dichos residuos pueden tener efectos importantes sobre la salud de las personas o el medio ambiente. La sustentabilidad de nuestra civilización está determinada por el desarrollo de tecnologías que permitan suministrar fuentes de energía, alimentos y productos químicos sin comprometer la salud del planeta a largo plazo, lo cual se traduce en un enorme reto científico, tecnológico y social.

Es por esto por lo que el desarrollo de esta tesis cobra relevancia, al proponer el aprovechamiento de un residuo orgánico para obtener un compuesto químico de alto valor agregado, como lo es el furfural, el miembro más importante de la familia de los compuestos heterocíclicos conocidos como furanos, ya que es la base de la preparación de los demás derivados. La producción de furfural, además de constituir un paso hacia adelante en el desarrollo de la industria química en México, permitirá cubrir la demanda nacional y exportar un producto cuya demanda mundial se encuentra en aumento.

El presente documento muestra un panorama general acerca de la situación actual del furfural, el comportamiento de su mercado, así como de las tecnologías de producción alrededor del mundo. Además, se desarrolló la ingeniería básica conceptual basándose en un proceso distinto a los tradicionales, se trata de un proceso más amigable con el ambiente y menos agresivo, lo cual también se traduce en una reducción en los costos de producción.



4. El maíz

El maíz (*Zea Mays*) es uno de los granos con mayor importancia en el mundo, pertenece a la familia de las gramíneas y es un cereal que se adapta muy bien en diversas condiciones ecológicas y edáficas, lo cual hace posible que pueda ser encontrado en casi todos lados, su cultivo es de régimen anual, su ciclo vegetativo oscila entre 80 y 200 días, desde la siembra hasta la cosecha.

Existen diversas teorías para explicar su origen, la más aceptada es que proviene del Teocintle (*Zea Mexicana*) el cual es una gramínea de características muy parecidas a las del maíz y que se encuentra en todo el territorio mexicano desde hace aproximadamente 10,000 años. Antes de su descubrimiento por los europeos, el cultivo del maíz se extendió hacia el norte en Canadá y hacia el sur en Argentina, posteriormente se extendió a Europa, Asia y África. Se considera que alrededor del año 1000 D.C. la planta de maíz comenzó a ser desarrollada por agricultores que la mejoraron siguiendo un proceso de selección en el cual conservaban las semillas de las mazorcas más deseables para sembrar la próxima estación. Esta forma de selección de las mazorcas más grandes todavía es usada por los agricultores mexicanos, en algunos lugares del territorio nacional es aún un rito motivo de ceremonias religiosas anuales (Paliwal, Granados, Lafitte, & Violic, 2001)

El maíz tiene también importancia en la alimentación animal, tanto por su forraje como por sus granos enteros, molidos o quebrados que son sumamente nutritivos, además desempeña un papel importante en la industria, ya que se procesa en gran número de productos y subproductos como aceite, colodión, celuloide, explosivos, plásticos, jabón, glicerina, emulsiones, productos medicinales y productos farmacéuticos. (Parsons, 1983)

La planta de maíz es alta con abundantes hojas y un sistema radical fibroso, normalmente con un solo tallo que tiene hasta 30 hojas. Algunas veces se desarrolla una o dos yemas laterales en la axila de las hojas en la mitad superior de la planta; estas terminan en una inflorescencia femenina la cual se desarrolla en una mazorca cubierta por hojas que la envuelven, la parte superior termina en una inflorescencia masculina, este tiene una espiga central prominente y varias ramificaciones laterales, las cuales producen abundantes granos de polen.

Su morfología es la siguiente:

1. Tallo: es leñoso y cilíndrico
2. Hoja: la vaina de la hoja forma un cilindro alrededor del entrenudo, pero con los extremos desunidos. Su color usual es verde, pero se pueden encontrar hojas rayadas de blanco y verde.

Sistema radicular

- Raíz seminal o principal: está representada por un grupo de una a cuatro raíces, que pronto dejan de funcionar. Se originan en el embrión. Suministra nutrientes a las semillas en las primeras dos semanas.
- Raíces adventicias: El sistema radicular de una planta es casi totalmente de tipo adventicio. Puede alcanzar hasta 2 m de profundidad
- Raíces de sostén o soporte: este tipo de raíces se originan en los nudos, cerca de la superficie del suelo. Favorecen una mayor estabilidad.

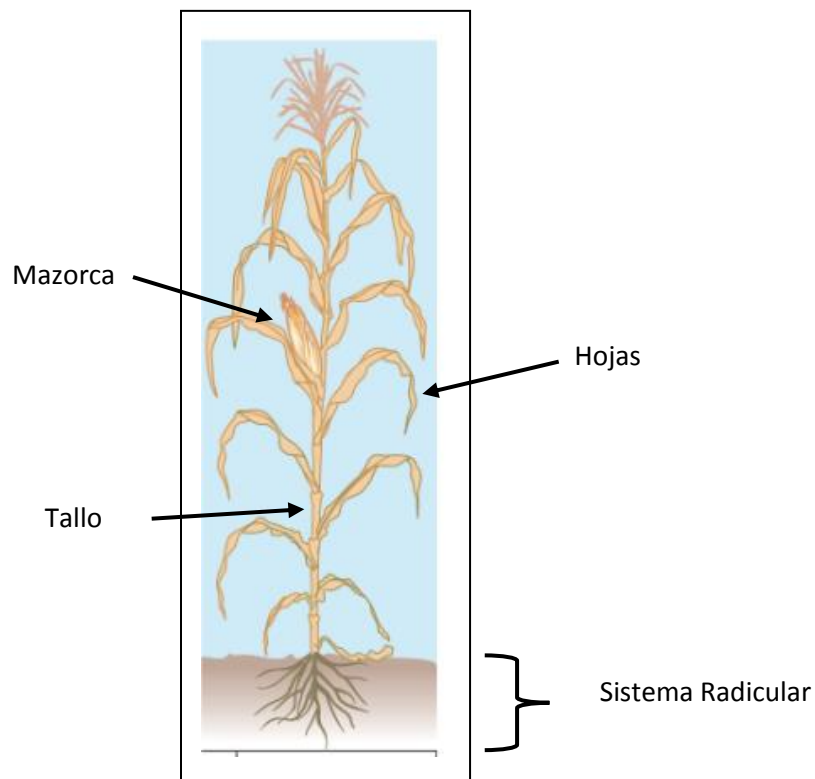


Fig. 1. Morfología del Maíz



4.1. El Olote de Maíz

El olote de maíz se encuentra entre las fuentes de recursos no maderables con un alto contenido de xilanas, por lo que ha sido considerado de interés como fuente alternativa de diferentes compuestos químicos de interés comercial o industrial, entre otras fuentes de biomasa. El olote es un residuo o subproducto agrícola que se genera en grandes cantidades en el proceso de separación del grano de la mazorca (ver fig. 2) y se estima que por cada tonelada de maíz se obtienen 170 Kg de olote (Córdoba, y otros, 2013).

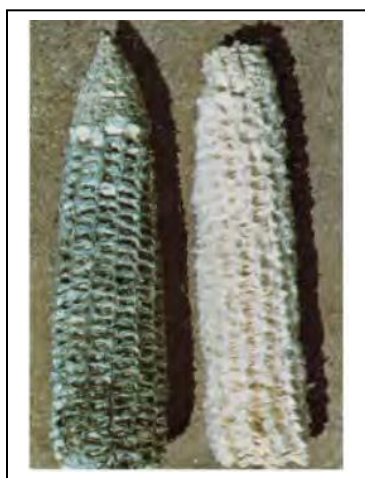


Fig. 2. Olote de maíz

A pesar de que anualmente se generan cantidades enormes de olote en México y el mundo, su explotación como materia prima en la elaboración de diversos productos químicos resulta bastante complicada debido a la dificultad que existe para acceder a sus componentes, así como la incompleta caracterización y valoración química de sus principales componentes. Algunos de los usos para el olote que han sido reportados en la literatura son el forraje para rumiantes, soporte para disminuir la erosión en la tierra y también como sustratos para la producción de la enzima xilanas (Córdoba, y otros, 2013). En cuanto a la conversión del olote en productos químicos de valor agregado, se tienen la hidrólisis con ácidos minerales, reacciones enzimáticas, explosión con vapor, tratamientos con ozono, peróxido alcalino, entre otros, aunque estos métodos presentan dificultades debido a sus altos costos, elevado consumo energético y gran número de operaciones unitarias.

Desde el punto de vista químico, el olote de maíz está compuesto por hemicelulosa (23-32%), Celulosa (38-50%) y Lignina (15-25%) (Avci, Saha, Kennedy, & Cotta, 2013):

- Hemicelulosa: Son polisacáridos que, excluyendo la celulosa, constituyen las paredes celulares de las plantas. Las hemicelulosas forman aproximadamente



una tercera parte de los carbohidratos en las partes maderosas de las plantas. La estructura química de las hemicelulosas consiste en cadenas largas con una gran variedad de pentosas, hexosas, y sus correspondientes ácidos urónicos. Se encuentra presente en frutas, tallos de plantas, y las cáscaras de granos. Los polisacáridos que producen pentosanos al hidrolizarse se llaman pentosas. La xilana es un pentosano que consiste en unidades de D-Xilosa (Véase Fig.3.) (Chávez-Sifontes & Domine , 2013)

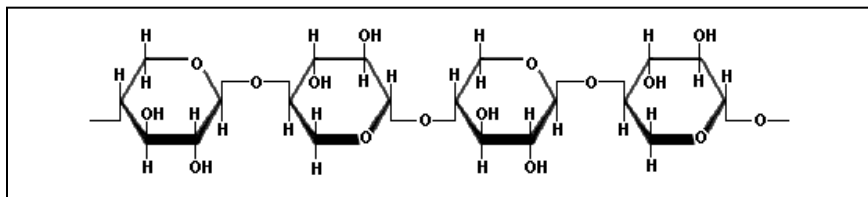


Fig.3. Estructura química de la xilana

- Celulosa: Es un polímero con cadenas largas sin ramificaciones β -D-Glucosa y se distingue del almidón por tener grupos $-\text{CH}_2\text{OH}$ alternando por arriba y por debajo del plano de la molécula (véase fig.4.). La ausencia de cadenas laterales permite a las cadenas de glucosa acercarse unas a otras para formar estructuras rígidas. La celulosa es el material estructural más común en las plantas y puede ser hidrolizada. (Chávez-Sifontes & Domine , 2013)

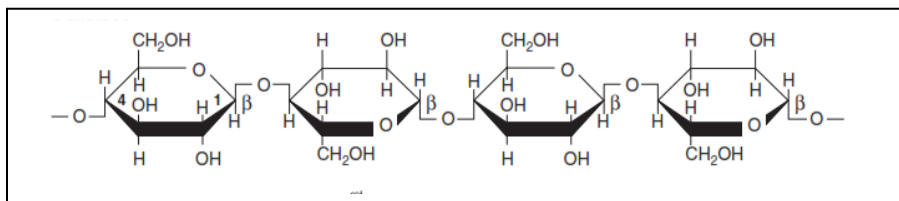


Fig.4. Estructura química de la celulosa

- Lignina: Es uno de los biopolímeros más abundantes en las plantas y junto con la celulosa y la hemicelulosa conforman la pared celular, dando como resultado redes de lignina-hidratos de carbono. Está presente en todas las plantas vasculares, y al igual que muchos otros componentes de la biomasa, se forma mediante la reacción de fotosíntesis, además está considerada como un recurso renovable asequible y de potencial uso industrial. La definición estructural de la



lignina no ha podido ser bien definida debido a la complejidad de su aislamiento, análisis de composición, y caracterización estructural (véase fig.5.). Una característica importante de la lignina es que son resistentes a la hidrólisis ácida. (Chávez-Sifontes & Domine , 2013)

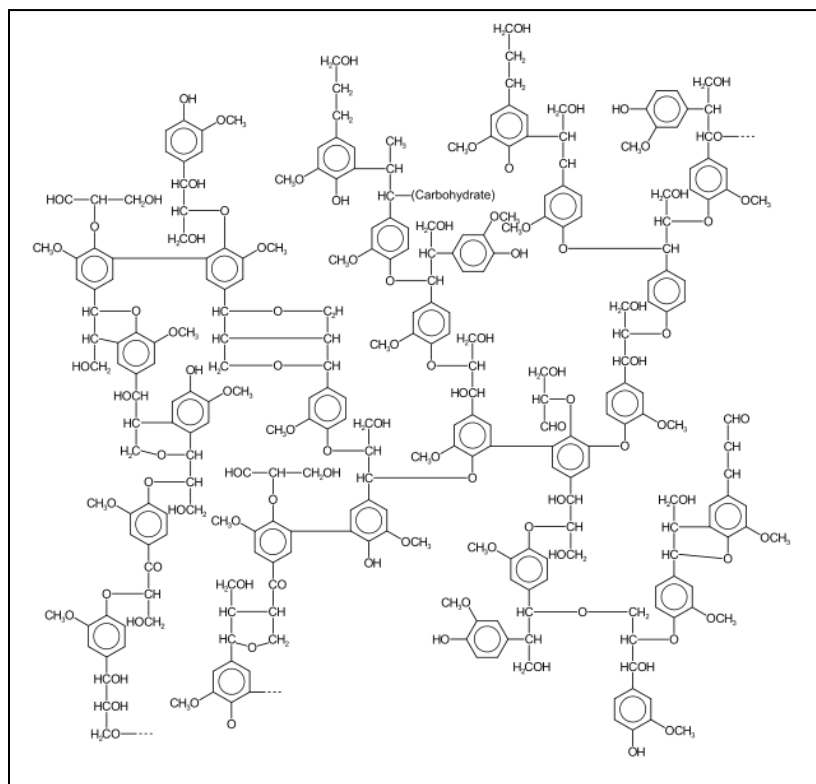


Fig.5. Estructura química propuesta para la Lignina

A estos tres polímeros a base de carbono se les llama en conjunto: biomasa lignocelulósica, esta biomasa se encarga de otorgarle su rigidez y estructura a las plantas (véase fig. 6.). Cuando se separan estos polímeros pueden ser aprovechados para la fabricación de biocombustibles o productos químicos de gran valor, como los furanos; las cuales son moléculas con una estructura que consta de un anillo de cuatro átomos de carbono y un átomo de oxígeno, los cuales pueden extraerse del material lignocelulósico para aprovechar el gran potencial energético que poseen.

El principal problema con el aprovechamiento de la biomasa lignocelulósica es que sus polímeros (celulosa, hemicelulosa y lignina) son bastante recalcitrantes. Las cadenas de glucosa en la celulosa son mayormente insolubles y existen en microfibrillas cristalinas que hacen que los azúcares sean difíciles de separar. Estas microfibrillas de celulosa están unidas a la hemicelulosa, la cual contiene una variedad de azúcares (de cinco y seis carbonos), lo que también dificulta bastante el poder separarlos. Todo ese material está envuelto por la lignina, la cual es una compleja molécula hecha de polímeros entrecruzados entre sí, los fuertes enlaces químicos de sus polímeros hacen que sea muy difícil de romper, además de que su composición varía de una planta a otra y su verdadera estructura no está del todo definida.

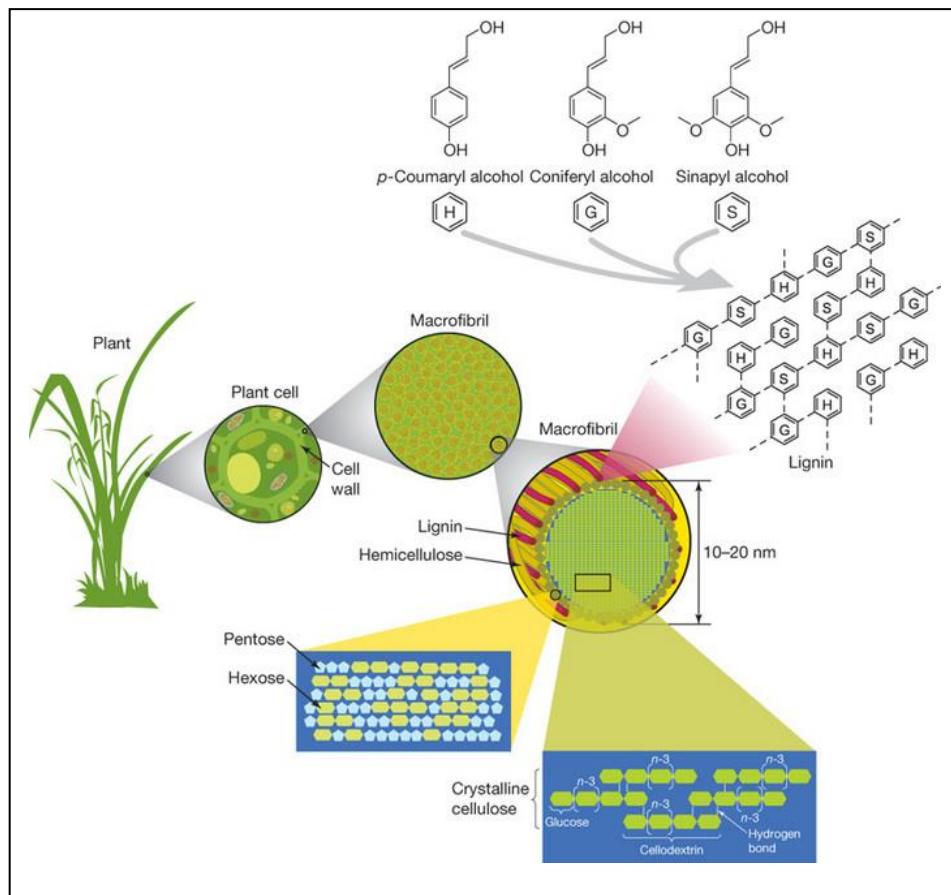


Fig.6. Biomasa lignocelulósica (Rubin, 2008)



4.2. Situación del Maíz en la República Mexicana

México es el principal productor de maíz blanco en el mundo. Asimismo, este es el cultivo más importante del país ya que representa aproximadamente el 35% de la superficie sembrada durante un año agrícola tanto para cultivos cíclicos como perennes. Además, anualmente se consumen alrededor de 20 millones de toneladas métricas de este grano. Tiene un consumo promedio per cápita al año de 196.4 Kg de maíz blanco, especialmente en tortillas, representa el 20.9% del gasto total en alimentos, bebidas y tabaco realizado por las familias mexicanas¹.

La producción de maíz grano se divide en blanco y amarillo. El maíz blanco representa 86.94% de la producción y se destina principalmente al consumo humano. Esa producción satisface la totalidad del consumo nacional. El maíz amarillo se destina a la industria o a la fabricación de alimentos balanceados para la producción pecuaria. Esa producción satisface solo el 24% de los requerimientos nacionales. La producción de maíz amarillo es deficitaria pues solo satisface 23.95% de los requerimientos nacionales, mientras que la producción de maíz blanco satisface en su totalidad los requerimientos. En ambos casos, Estados Unidos es el principal proveedor de maíz grano¹.

La estacionalidad de las importaciones de maíz amarillo muestra que el mayor flujo comercial se realiza de marzo a mayo, mientras que en el caso del maíz blanco julio es el mes en el que se importa más en promedio. En 2016, el 76% del maíz amarillo se destinó al consumo pecuario, 18% a la industria almidonera, 2% al autoconsumo, 2% al consumo humano y el resto a mermas. Por otro lado, el 52% del maíz blanco se destinó al consumo humano. 19% al consumo pecuario, 18% al autoconsumo, 6% a las exportaciones, 1% en semilla para siembra y el resto a mermas¹.

Gran parte del territorio nacional es propicio para la producción de maíz grano, en estados como Tamaulipas y Nuevo León hay zonas con gran potencial de aprovechamiento. De las 7.76 millones de hectáreas de maíz grano sembradas en 2016, el 75.59% de la superficie no se encuentra mecanizada, 65.06% no cuenta con tecnología aplicada a la sanidad vegetal, mientras que el 30.16% del territorio sembrado con este cultivo contó con asistencia técnica. Por otro lado, 3.55% de la producción es por modalidad de riego de gravedad, 0.19% de riego por bombeo, 45.25% por otro tipo de riego y el resto es temporal¹.

De acuerdo con la encuesta nacional agropecuaria del 2014, Sinaloa, Jalisco, Guanajuato son los mayores productores de maíz a nivel nacional (véase gráfica No.1.) (INEGI, 2014).

¹ Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios SAGARPA, 2018)



Grafica No.1. Producción Nacional de Maíz (INEGI, 2014).



Durante el año 2015 la producción de maíz grano en México creció a una tasa anual de 6.1 por ciento para totalizar 24.69 millones de toneladas, siendo diez estados los que concentraron aproximadamente el 80 por ciento de la producción: Sinaloa, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Chihuahua, Guanajuato, Veracruz, Chiapas, Tamaulipas y Puebla. Sinaloa se ubica como el principal productor de maíz en el país con una participación de 21.8%, lo cual representa un volumen de 5.3 millones de toneladas. En segundo lugar, se encuentra Jalisco con 13.5 por ciento de participación y un volumen de producción de 3.3 millones de toneladas. El tercer lugar lo ocupa el Estado de México con una participación de 8.2 por ciento del total y un volumen de 2 millones de toneladas (FIRA, 2018).

Para México, de acuerdo con el reporte Perspectivas agrícolas OCDE-FAO 2016-2025, se proyecta que la superficie cosechada de maíz crezca una tasa promedio anual de 0.6 por ciento en ese período. Así mismo se prevé que la producción nacional crezca a una tasa promedio anual del 1.0 por ciento, así para 2025 la producción se ubicaría en 26.41 millones de toneladas.

Con lo anterior podemos asegurar que la materia prima, el olote, estará disponible en grandes cantidades y bajos precios, durante prácticamente todo el año y solo se cubrirían los costos de transporte.



5. Furfural

El furfural es un compuesto orgánico heterocíclico, posee un anillo de furano y un grupo aldehído en su estructura química (ver Fig. 7). Se produce a partir de desechos del maíz como es el olote, el cual es llevado a un proceso de digestión ácida y acompañado con vapor de agua en un reactor durante 2 horas, resultando inicialmente en la formación de pentosa, y posteriormente la deshidratación de dicha pentosa resulta en la formación de furfural, todo esto dentro del mismo reactor, ya que las reacciones que se llevan a cabo son simultáneas. Hasta la fecha, no se ha encontrado una síntesis química rentable por medio de la cual se pudiera obtener el furfural a partir de un proceso que no utilice como materia prima residuos agrícolas.

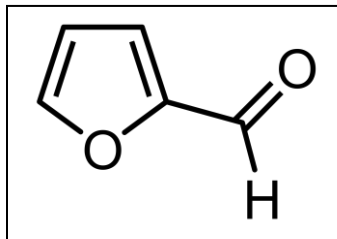


Fig.7. Estructura Química del Furfural

Recientemente ha sido identificado como uno de los químicos más prometedores para la producción sustentable de combustibles y productos químicos en el siglo 21. Es producto de la deshidratación de azúcares de cinco carbonos como la xilosa y arabinosa, los cuales son derivados de la biomasa hemicelulosa (Yan, Guosheng, Todd, & Cody, 2014) (Ver Fig.8).

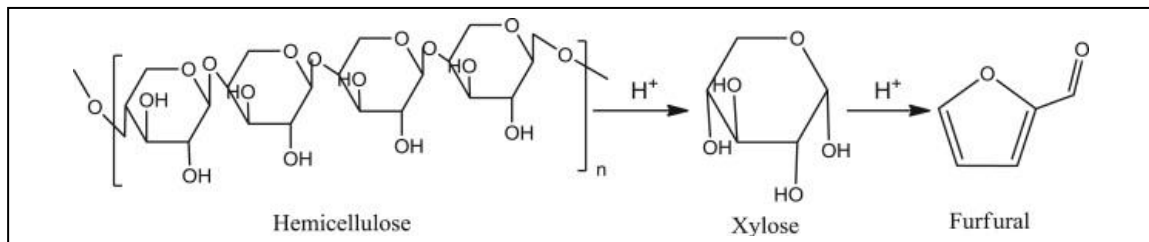


Fig.8. Obtención del Furfural a partir de la Hemicelulosa



5.1. Antecedente Histórico

En 1832 Döbereiner descubre el furfural, siendo su trabajo el primero en reportar este compuesto heterocíclico. El informe que presentó relacionaba la obtención de gotas amarillentas de destilado lechoso en la preparación de ácido fórmico a partir del azúcar, dichas gotas fueron identificadas después como furfural. Otros científicos en el mundo continuaron haciendo investigación durante muchos años. La primera vez que se produjo furfural en grandes cantidades fue a principios de 1922 en Estados Unidos de América, por la *Quaker Oats Company*, destinándolo a la producción de resinas fenólicas.

Para 1965, la misma *Quaker Oats Company en Memphis Tennessee, E.U.A.*, se encargó de adaptar un nuevo proceso para la obtención del furfural. Este sería a partir del bagazo de caña de azúcar en una planta localizada al sur de puerto rico y cuya producción inicial sería de 15,000 toneladas por año.

Dentro del sector nacional existieron dos empresas dedicadas a la producción de furfural:

- *Furfural y Derivados S.A. (FYDSA)*
- *Productos Furánicos S.A.*

El dueño e inventor de la tecnología de FYDSA, Luis de Alba Martínez, inicialmente trabajaba para obtener, a partir de la resina de pino, un producto llamado brea, el cual para su refinación requería del uso de furfural, el cual tenía un precio muy alto que hacia poco rentable producir esa brea, por lo que decidió tratar de elaborar su propio furfural para posteriormente utilizarlo en la obtención de la brea refinada en cuestión².

De esa decisión se derivó el que comenzara a reunir información en 1964, acerca de los procesos para obtención de furfural, datos que procedían, en su mayoría, de los Estados Unidos. Posteriormente se enteró que en el país no se producía y que se importaban cantidades importantes, principalmente por parte de PEMEX. En un primer paso instaló un rudimentario laboratorio en su casa, donde empezó a experimentar y obtener pequeñas cantidades de furfural a partir de olote. Este laboratorio fue montado en un cuarto que era destinado para guardar implementos de jardinería, siendo parte del “equipo” ollas de vapor usadas en cocina².

Al cuantificar los resultados de los experimentos de laboratorio, instaló una planta piloto. Para esta planta se adquirió, en su mayor parte, equipo considerado como chatarra, el cual fue acondicionado y adaptado para operar dentro del proceso. El diseño de la planta piloto lo realizó el señor de Alba².

Por el tiempo en que el señor Luis de Alba realizaba sus pruebas en la planta piloto, Petróleos Mexicanos, por medio de una publicación a través de los periódicos, dio a conocer sus requerimientos para la adquisición de furfural. De esa invitación y de los

² (Pérez Aceves & Pérez y Peniche, 2018)



resultados positivos de las prácticas de planta piloto, el señor de Alba decidió instalar la planta para producción comercial de furfural².

Es importante mencionar que todo el trabajo y evaluación de resultados generados en el laboratorio y planta piloto fue realizado por Luis de Alba, cuya preparación formal no rebasaba la educación secundaria, y que contaba solo con experiencia previa en la construcción civil y la perforación de pozos petroleros, además de sus indiscutibles habilidades e ingenio propios.

El tiempo que requirió el diseño de la planta fue de 12 meses y se llevó a cabo en el año de 1966. No se necesitó de la asesoría o contribución alguna por parte de personal calificado, profesionista o técnico, del extranjero. Finalmente, *Furfural y Derivados S.A.(FYDSA)* comenzó operaciones en el año 1971, con una planta en Irapuato, Guanajuato. Usaban olote de maíz como materia prima y ácido sulfúrico como catalizador, contaba con una capacidad nominal de 1800 toneladas/año la cual servía casi en su totalidad para abastecer a *PEMEX*².

Por otro lado, *Productos Furánicos S.A.* comenzó operaciones en 1980, teniendo sus oficinas en la Ciudad de México. Usaba como materia prima el bagazo de caña y ácido sulfúrico como catalizador, además contaba con una capacidad 8000 Toneladas/año. La mayor parte de su producción era exportada a E.U.A. ya que esta empresa contaba con capital extranjero: 25 % de sus acciones pertenecían a *COSCOL Petroleum Co.*, quienes además distribuían el furfural en el extranjero. Posteriormente la empresa fue disuelta por problemas económicos a causa de la apertura del mercado y la globalización, entrando al país furfural a menor precio (Domenzain Ortega & Galimberti Cazorzi, 1981).



5.2. Propiedades y características

Tiene un olor aromático parecido al de las almendras y recién destilado es un líquido incoloro, estable a temperatura ambiente y en condiciones de ausencia de oxígeno. (Becerra Tapia & Ibarra Sanchez, 1993). Comercialmente se maneja en tonalidades que van del amarillo al café.



Fig.9. Muestras de: Furfural (Izq.), Metil Furano (Centro) y Alcohol Furfurilico (Der.)

5.3. Propiedades físicas

El furfural es también conocido como 2-Furaldehído o Furfuraldehído, de fórmula molecular $C_5H_4O_2$ y masa de 96.08 g/mol. Sus excepcionales propiedades físicas hacen de este aldehído heterocíclico un buen disolvente selectivo, ya que remueve compuestos aromáticos de aceites lubricantes mejorando la relación viscosidad – temperatura, elimina compuestos aromáticos del Diesel mejorando su ignición, además de que se ha probado como un funguicida eficaz (Yan, Guosheng, Todd, & Cody, 2014). Muchas de sus propiedades se presentan a continuación:

Masa Molar (g/mol)	96.08
Punto de Ebullición a 1 atm (°C)	161.7
Punto de Congelación (°C)	-36.5
Índice de Refracción	
20 °C	1.5261
25 °C	1.5235
Densidad (g/cm ³)	
20 °C	1.1598
25 °C	1.1545



Densidad de vapor (aire=1)	3.3
Presión Crítica (MPa)	5.502
Temperatura Crítica (°C)	397
Solubilidad (%Peso)	
Agua	8.3
Alcohol	----
Calor de Vaporización (Liq)(kJ/mol)	42.8
Capacidad Calorífica (Liq)(J/g.K)(20-100°C)	1.74
Calor de Combustión (Liq)(kJ/mol)	2344
Entalpia de formación (kJ/mol)	-151
Viscosidad (mPa.s)	
0 °C	2.48
25 °C	1.49
38 °C	1.35
54 °C	1.09
99 °C	1.68
Tensión Superficial (Dina/cm)	
0 °C	43.5
29 °C	40.7
30 °C	41.1
Constante Dieléctrica a 20°C	41.9

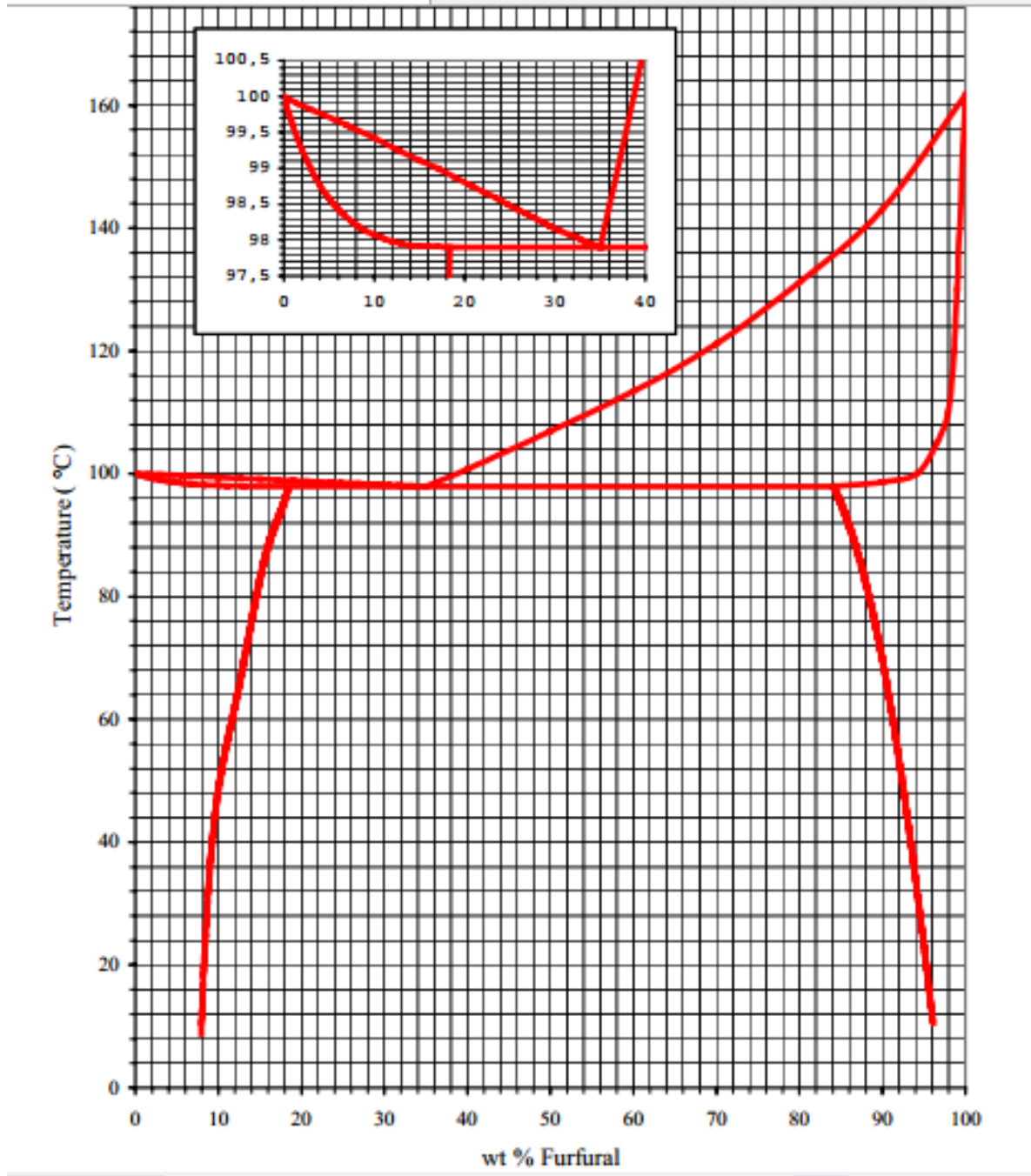
El Furfural es completamente miscible en muchos de los disolventes orgánicos comunes como alcohol etílico, éter, acetona, cloroformo, benceno, y otros hidrocarburos aromáticos. Es poco miscible en hidrocarburos alifáticos saturados, los compuestos inorgánicos son en general bastante insolubles en furfural.

El agua es parcialmente soluble en el furfural, la temperatura de disolución es de 120.9 °C a 760 mm Hg, siendo la concentración crítica de la disolución 50.7% en peso de furfural. Por debajo de la temperatura crítica de disolución se encuentran en equilibrio dos fases líquidas.

El furfural y el agua forman un sistema binario no ideal, a presión atmosférica forman un heteroazeótropo de mínimo punto de ebullición que contiene 35% en peso de furfural (9.17% mol de furfural) y la mezcla ebulle a 97.9°C. Lo anterior puede observarse en el siguiente gráfico:



Grafica No.2. Equilibrio liquido-vapor para el sistema furfural – agua





5.4. Propiedades Químicas

De fórmula $C_5H_4O_2$, el furfural es conocido con otros nombres como: furfuraldehído, aceite de salvado, furol, aldehído furfural, aldehído furfúrico, aldehído pironácido, carbonal, aldehído furfural carboxílico.

El furfural posee dos poderosos grupos funcionales, un aldehído y un sistema conjugado ($C = C - C = C$). El grupo aldehído ($C = O$) del furfural puede experimentar reacciones típicas como acilación, condensaciones de aldol y Knoevenagel, reducción a alcoholes, aminación reductiva a aminas, descarbonilación, oxidación a ácidos carboxílicos, y reacciones de Grignard. El sistema de anillo del furano ($C = C - C = C$) puede someterse a procesos de alquilación, hidrogenación, oxidación, halogenación, reacciones de nitración y de apertura de anillo (Yan, Guosheng, Todd, & Cody, 2014).

Algunas de sus propiedades son las que caracterizan a los aldehídos aromáticos como variantes atribuibles al anillo furano. Puede ser oxidado a ácido furóico, reducido a alcohol furfúrico y convertido a furano por descarbonilación con catalizadores selectivos.

Por largo tiempo se ha visto que el furfural almacenado toma color con la formación simultánea de productos ácidos, todo esto es resultado de una auto oxidación. Se ha visto que el fierro actúa como favorecedor de la oxidación acelerando mucho la velocidad de formación de ácido cuando el furfural se pone en contacto por mucho tiempo con aire. El estaño y el aluminio son menos favorecedores de la oxidación, y el cobalto actúa como antioxidante.

Es importante hacer notar que la auto oxidación del furfural está sujeta a una auto inhibición cuando el 7-8% del aldehído ha sido destruido. Aún más, con adición de agua se ha encontrado que decrece la velocidad de absorción de oxígeno y resultados similares se han obtenido cuando hay adición de pequeñas cantidades de bases orgánicas, preferentemente aminas terciarias o las comunes antioxidantes fenólicas.

A temperaturas elevadas ($150\text{ }^{\circ}\text{C} - 200\text{ }^{\circ}\text{C}$) el periodo que retardan la oxidación los inhibidores se vuelve extremadamente corto, así que los antioxidantes ya no son de ningún valor. La única manera de prevenir la auto oxidación del furfural a altas temperaturas es la de proveer una atmósfera inerte, como la de nitrógeno o dióxido de carbono (Domenzain Ortega & Galimberti Cazorzi, 1981).

5.5. Usos y Aplicaciones del Furfural

- **Disolvente Selectivo en Refinación de Aceites Lubricantes**

A nivel industrial el Furfural tiene diversas aplicaciones gracias a sus características de solubilidad (puede disolver compuestos aromáticos y olefinas insaturadas) y fácil recuperación por destilación. Actualmente todas las principales compañías petroleras usan furfural como disolvente selectivo en la refinación de aceites lubricantes. La primera unidad de refinación fue construida por una filial de



Texaco, la *Indian Refining Company*, lo cual permitió la producción de aceite para motores de alta calidad con propiedades mejoradas de temperatura y viscosidad (International Furan Chemicals B.V., 2018).

- **Decolorante de la Colofonia de la Madera**

El furfural es usado como agente decolorante para refinar colofonia de madera cruda obteniendo un producto con el cual se fabrican jabones, barnices y en la industria papelera. La colofonia es obtenida procesando la trementina del exudado de los árboles de pino.

- **Destilación Extractiva del Butadieno**

Durante la segunda guerra mundial la tecnología para la purificación de butadieno fue desarrollada en los Estados Unidos para la manufactura de caucho sintético. Mediante la destilación extractiva con furfural, el butadieno o el isopreno pueden ser separados de otros hidrocarburos (C_4 y C_5).

- **Disolvente Reactivo y Agente Humectante**

El Furfural es efectivo como disolvente de resinas fenólicas, ya que reacciona fácilmente con el fenol para formar resinas termofijas. Esta reacción se lleva a cabo bajo catálisis ácida o básica. Estas resinas son frecuentemente usadas en la industria, debido a su resistencia a la corrosión, estabilidad a altas temperaturas, bajo riesgo al fuego, y una gran resistencia mecánica.

La aplicación más importante de estas resinas es en la fabricación de corazones de moldeo para fundición, en morteros cementos, mezclas refractarias, revestimientos abrasivos y otros.

Así mismo es usado como agente humectante en ruedas abrasivas y balatas de frenos, o como aglutinante de abrasivos.

- **Materia Prima para Derivados del Furano**

Gran parte de la producción de Furfural se destina a la obtención de alcohol furfúrico, furano, metilfurano, acetilfurano, furfurilamina, metiltetrahidrofurano, tetrahidrofurano, ácido livulineico, entre otros compuestos heterocíclicos de cinco miembros que contienen oxígeno.



5.6. Productos Derivados del Furfural

Existen diversos químicos derivados del furfural, entre los cuales podemos encontrar alcohol furfúrico, tetrahydrofurano (THF), alcohol tetrahydrofurfúrico, 2-metilfurano, 2-metiltetrahydrofurano, furano y ácido livulineico

- **Alcohol Furfúrico:** Es preparado por hidrogenación del furfural, y es un monómero para hacer resinas de furano. Las resinas industriales de furano son resistentes a la corrosión, no se queman y se caracterizan por una baja emisión de humo. Los polímeros del furano pueden incluir formaldehído, urea, fenoles, etc., en su estructura. El mayor mercado de aplicación para resinas de furano es en la producción de núcleos y moldes utilizados en la fundición de metales, en la producción de plásticos reforzados con fibra de vidrio resistentes a la corrosión.

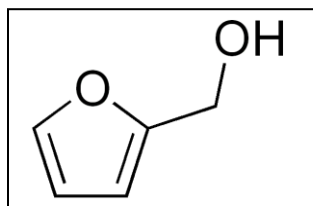


Fig.10. Estructura química del Alcohol Furfúrico

- **Tetrahydrofurano (THF):** Es producido por descarboxilación del furfural a furano por hidrogenación catalítica. El THF se aplica como disolvente para resinas y plásticos, películas protectoras y adhesivos. El THF también actúa como disolvente en diferentes síntesis orgánicas finas a escala comercial y como intermediario químico.

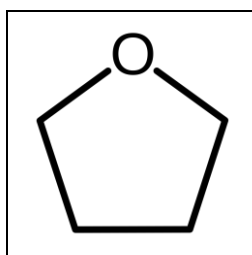


Fig.11. Estructura química del Tetrahydrofurano

- **Alcohol Tetrahydrofurfúrico:** El alcohol tetrahydrofurfúrico (THFA) es obtenido mediante un proceso de hidrogenación catalítica a alta presión que utiliza un



catalizador de Nickel de alta actividad y selectividad, partiendo del alcohol furfúrico como materia prima. El THFA así obtenido presenta una pureza mínima de 98,5%.

El THFA es utilizado en varias aplicaciones industriales, como:

- Disolvente para herbicidas bio compatibles usados en el sector agrícola
- Materia prima para detergentes en el sector eléctrico de circuitos integrados
- Disolvente para intermediarios de síntesis orgánica
- Disolvente para la industria farmacéutica

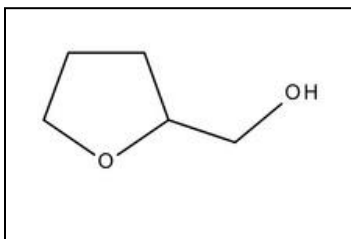


Fig.12. Estructura química del Alcohol Tetrahidrofurfúrico

- **2-Metilfurano:** Es un intermediario químico que normalmente se obtiene por hidrogenación catalítica de alcohol furfúrico o mediante la hidrogenación del furfural en fase vapor. Es usado como aromatizante y saborizante debido a que su olor es similar al del chocolate, además se está evaluando su potencial como combustible alternativo.

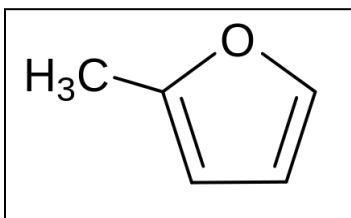


Fig.13. Estructura química del 2-Metilfurano



- **Ácido Levulínico:** Es un cetoácido blanco y cristalino preparado a partir de la levulosa, la inulina, el almidón, mediante su ebullición con algún ácido mineral como el sulfúrico. Se usa en la producción de Nylon, gomas sintéticas, plásticos y productos farmacéuticos. Es un precursor en la producción industrial de otros productos químicos tales como el 2-Metiltetrahidrofurano y la Gamma-valerolactona.

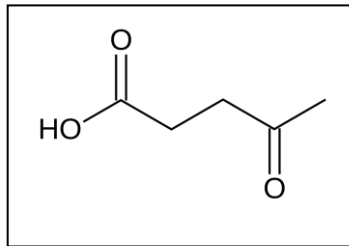


Fig.14. Estructura química del Ácido Levulínico



6. Perfil de Mercado

6.1. Producción Nacional e Importaciones

Actualmente en México **no se produce** Furfural, no hay registro de plantas productoras desde la desaparición de *FYDSA (Furfural y Derivados S.A.)* en la década de los 90's, sin embargo, existen muchas empresas que lo comercializan, entre las cuales se encuentran: *Brenntag de México S.A. de C.V.*, *Petroquímica del Golfo S.A. de C.V.*, *Mane México S.A. de C.V.*, *FRUTAROM de México S.A. de C.V.* y *Soluciones Químicas Integradas ARCARAN S.A. de C.V.*

Lo anterior significa que todo el furfural que demanda la nación es importado, siendo los principales países de procedencia República Dominicana, Sudáfrica, Estados Unidos de América, Reino Unido, China y Canadá (véase tabla No.2.).

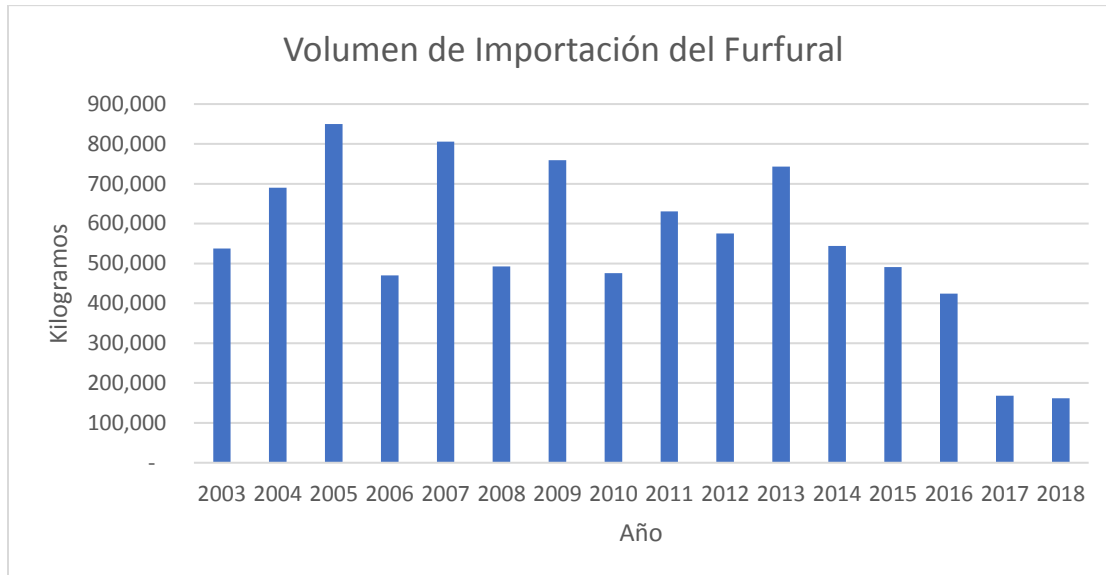
Tabla No.2. Volumen de Importación de Furfural en los últimos años (Kg/Año). (INEGI Balanza Comercial de Mercancías de México 2003-2018)

Año	República Dominicana	Sudáfrica	Estados Unidos de América	Reino Unido de la Gran Bretaña	República Popular de China	España	Canadá	Francia
2003	0	11,193	526,603	0	0	1	0	0
2004	218,282	5,715	466,059	0	0	202	0	0
2005	838,974	952	9,768	115	0	150	0	0
2006	455,967	4,762	9,052	76	0	0	0	2
2007	793,826	4,764	6,469	166	0	100	708	0
2008	197,751	107,459	8,066	100	178,446	0	943	1
2009	59,733	238,238	4,777	150	456,313	5	0	25
2010	39,987	135,201	300,326	195	0	5	0	0
2011	1	6,192	622,661	1,591	0	10	0	2
2012	0	5,954	569,333	27	0	20	0	2
2013	717,534	12,859	11,342	874	241	30	0	0
2014	515,299	17,852	9,388	799	347	20	0	0
2015	199,517	5,694	6,955	727	278,120	20	0	10
2016	0	0	5,749	845	415,439	55	2,536	15
2017	149,848	5,000	7,423	1,020	1,379	55	3,440	0
2018	149,903	60	8,981	450	940	40	1,290	0



A continuación, podemos observar en forma gráfica el comportamiento de las importaciones del Furfural:

Grafica No.3. Volumen de importación del Furfural (Balanza Comercial de Mercancías de México 2003-2018)



Como se puede apreciar, el volumen de importación de furfural ha decaído en los últimos años, a pesar de que anteriormente su comportamiento fue fluctuante y a partir de 2013 sufrió una total caída hasta 2018. Lo anterior puede deberse a que PEMEX, su mayor consumidor en México, ha disminuido su producción de aceite lubricantes drásticamente, viéndose totalmente afectado por la aprobación de la reforma energética y los descensos en precios de crudo de los últimos años. También se podría considerar que el descenso en las importaciones se deba a que hay algún productor nacional el cual aún no está registrado en las bases de datos de la Secretaría de Economía y/o el INEGI, lo cual es una posibilidad remota pero no se descarta.

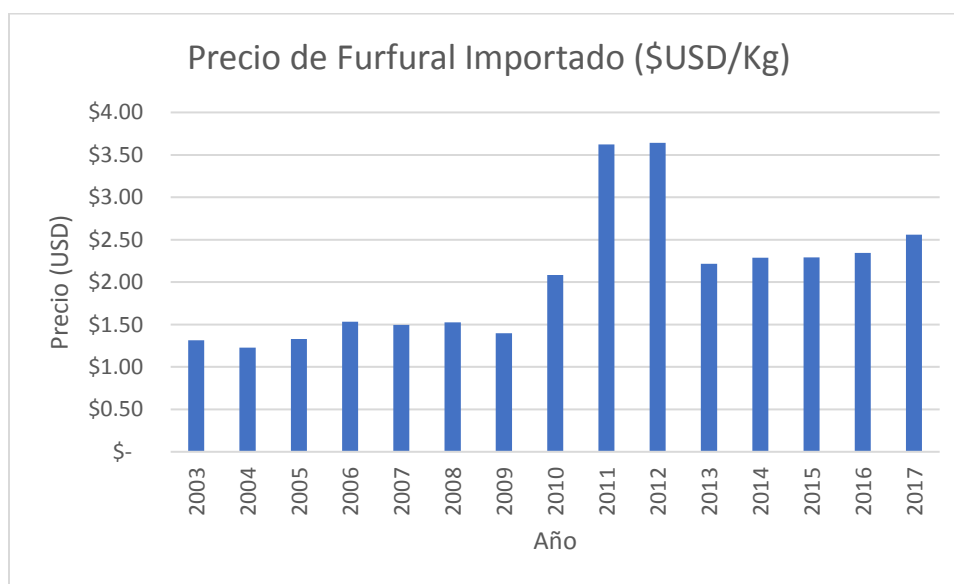
Por otro lado, es importante analizar la evolución del precio promedio del Furfural importado (véase Tabla No.4.), dado que ha presentado una tendencia al alza desde hace algunos años (véase grafica No.4.), esto resulta ser un indicativo de que el mercado del Furfural puede tener un gran futuro dentro de la industria química nacional.



Tabla No.3. Evolución del precio promedio de Furfural importado. (Balanza Comercial de Mercancías de México 2003-2018)

IMPORTACIONES			
Año	Valor (USD)	Volumen (Kg)	Precio por Kg (USD/Kg)
2003	706,255	537,918	1.31
2004	847,025	690,329	1.23
2005	1,129,573	850,165	1.33
2006	720,024	469,921	1.53
2007	1,205,213	806,074	1.50
2008	751,139	492,772	1.52
2009	1,061,311	759,303	1.40
2010	992,085	475,749	2.09
2011	2,283,924	630,459	3.62
2012	2,095,876	575,337	3.64
2013	1,647,088	742,881	2.22
2014	1,243,734	543,705	2.29
2015	1,126,048	491,044	2.29
2016	994,772	424,640	2.34
2017	430,206	168,167	2.56

Grafica No.4. Precio del Furfural Importado. (Balanza Comercial de Mercancías de México 2003-2018)





Ahora bien, en cuanto a las exportaciones cabe resaltar que son mínimas en comparación con las importaciones, siendo los principales destinos Colombia y Brasil, a continuación, se muestra la evolución de las exportaciones de Furfural:

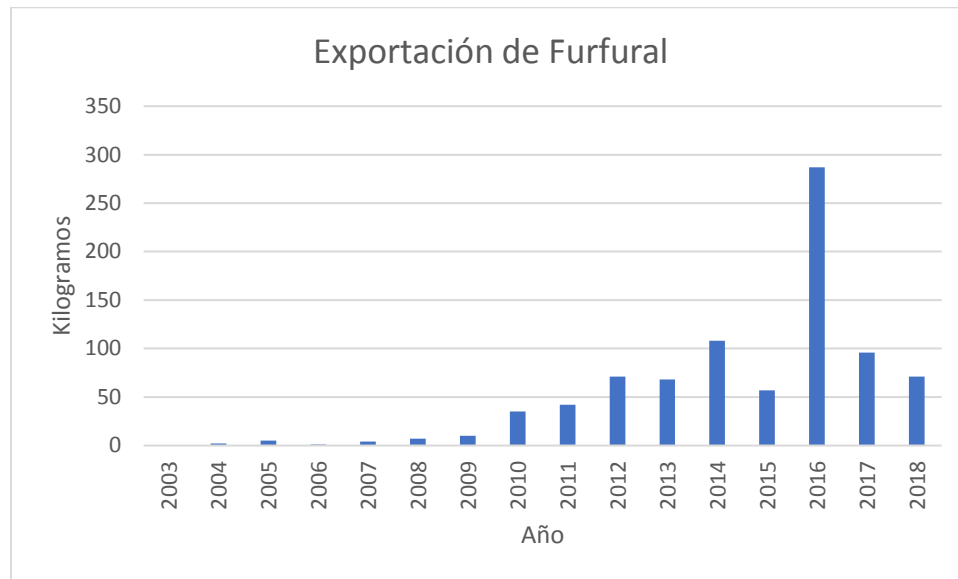
Tabla No.4. Exportación de Furfural. (Balanza Comercial de Mercancías de México 2003-2018)

Año	Colombia	Brasil	Costa Rica	Argentina	Paraguay	Uruguay	EE.UU
2003	0	0	0	0	0	0	0
2004	2	0	0	0	0	0	0
2005	5	0	0	0	0	0	0
2006	1	0	0	0	0	0	0
2007	4	0	0	0	0	0	0
2008	7	0	0	0	0	0	0
2009	10	0	0	0	0	0	0
2010	35	0	0	0	0	0	0
2011	42	0	0	0	0	0	0
2012	66	0	0	0	0	0	0
2013	65	0	0	1	1	1	0
2014	60	3	45	0	0	0	0
2015	55	2	0	0	0	0	0
2016	103	0	0	0	0	0	183
2017	95	0	0	0	0	0	0
2018	67	3	0	0	0	0	0

Es más que evidente la bajísima cantidad de exportación nacional del Furfural, también cabe resaltar que la mayoría de los destinos de exportación corresponden a países sudamericanos, principalmente Colombia. A continuación, se muestra un gráfico realizado a partir de la tabla anterior (tabla No.4.) para poder presentar de manera más sintetizada el cambio en las exportaciones desde hace 15 años (véase gráfico No.5.):



Grafica No.5. Evolución de la exportación de FurfuralL. (Balanza Comercial de Mercancías de México 2003-2018)



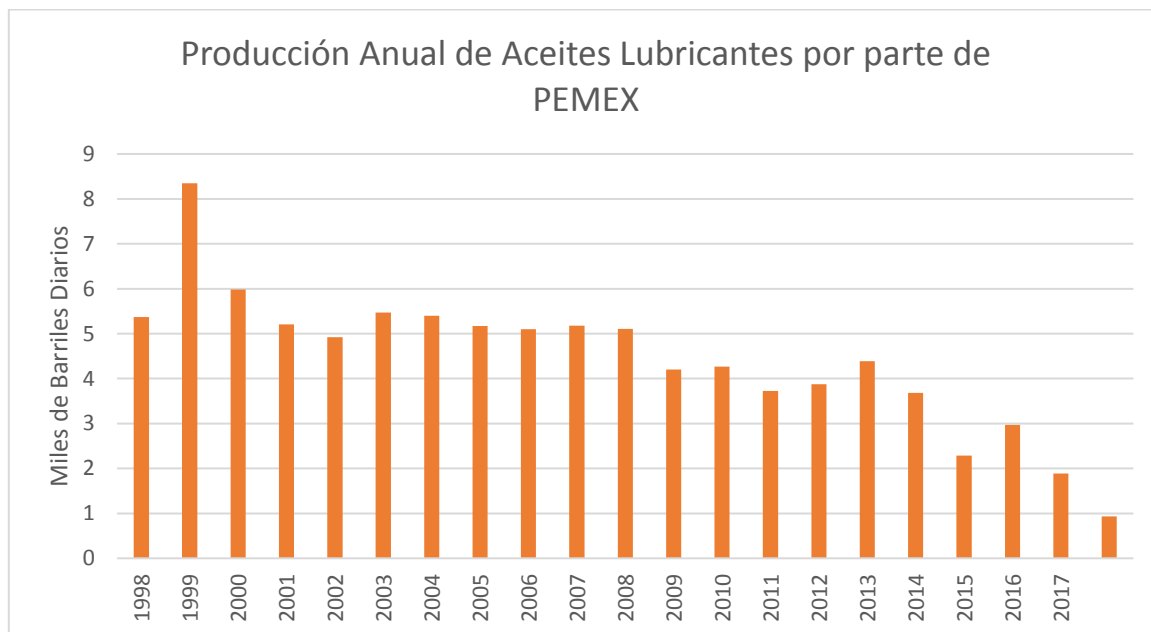
Claramente hay cierta tendencia al aumento del volumen de las exportaciones de Furfural, destacando un despunte en 2016 aunque para los últimos dos años (2017 y 2018) bajara drásticamente. A pesar del fluctuante comportamiento en los últimos 4 años se espera que el Furfural mantenga su tendencia de incremento para los años siguientes, lo cual aseguraría otro posible objetivo de venta.



6.2. Demanda Nacional Estimada

Petróleos Mexicanos (PEMEX) es el principal consumidor de Furfural en el país, ya que en la Refinería “Ing. Antonio M. Amor” ubicada en Salamanca, Guanajuato, cuentan con dos plantas de destilación con Furfural, con una capacidad de producción de 77 mil barriles diarios de aceites lubricantes básicos (Petróleos Mexicanos, 2018). Sin embargo, recientemente la producción de aceites lubricantes básicos ha disminuido como se muestra en la gráfica No.6.:

Grafica No.6. Producción anual de aceites lubricantes. (Petróleos Mexicanos. Base de Datos Institucional)



La producción de lubricantes está muy por debajo de la capacidad instalada, lo cual ha provocado que PEMEX no sea capaz de abastecer la demanda nacional de este hidrocarburo.

Por otro lado, existen empresas en México que utilizan el Furfural para manufacturar productos derivados furánicos, una de estas es *Mane México S.A. de C.V.*, quien, de acuerdo con el Sistema de Información Arancelaria Vía Internet de la Secretaría de Economía, exporta alcohol furfurílico, alcohol tetrahydrofurfurílico, nitrofurazona, ranitidina, sales de ranitidina, remestrina y demás derivados de sustitución del furano. Además, tenemos a empresas como FRUTAROM de México, la cual lo importa desde China para venderlo aquí en México a empresas de saborizantes y aromatizantes. También tenemos que considerar el consumo de furfural por parte de las industrias de los adhesivos, resinas furánicas, y de fabricación de piezas abrasivas.



Desafortunadamente resulta casi imposible cuantificar el volumen de importación por cada empresa debido a que se trata de secretos industriales, a pesar de eso, PEMEX, por ser una empresa paraestatal, pone a disposición del público algunos de sus contratos para adquisiciones de materias primas, uno de estos contratos es el de “*Adquisición de Furfural para la Refinería “Ing. Antonio M. Amor” bajo la modalidad de contrato abierto sujeto a ajustes de precios para los ejercicios fiscales 2018, 2019 y 2020*”, en el cual se especifica el volumen adquirido (véase tabla No.6.), así como las capacidades de almacenamiento en las plantas de destilación (véase tabla No.5.).

Tabla No.5. Tanques de almacenamiento de Furfural. (Petróleos Mexicanos. Base de Datos Institucional)

Consecutivo	TAG	UBICACIÓN	CAPACIDAD (Kg)
1	3D-1-A	Planta U-3	258,891.00
2	D-207A	Planta LF	134,485.20
3	D-207B	Planta LF	134,485.20
4	D-207C	Planta LF	134,485.20

Tabla No.6. Volumen de Furfural adquirido por PEMEX a Soluciones Químicas Integradas ARCARAN, S.A. de C.V. (en conjunto con IFC NORTH AMERICA INC.)

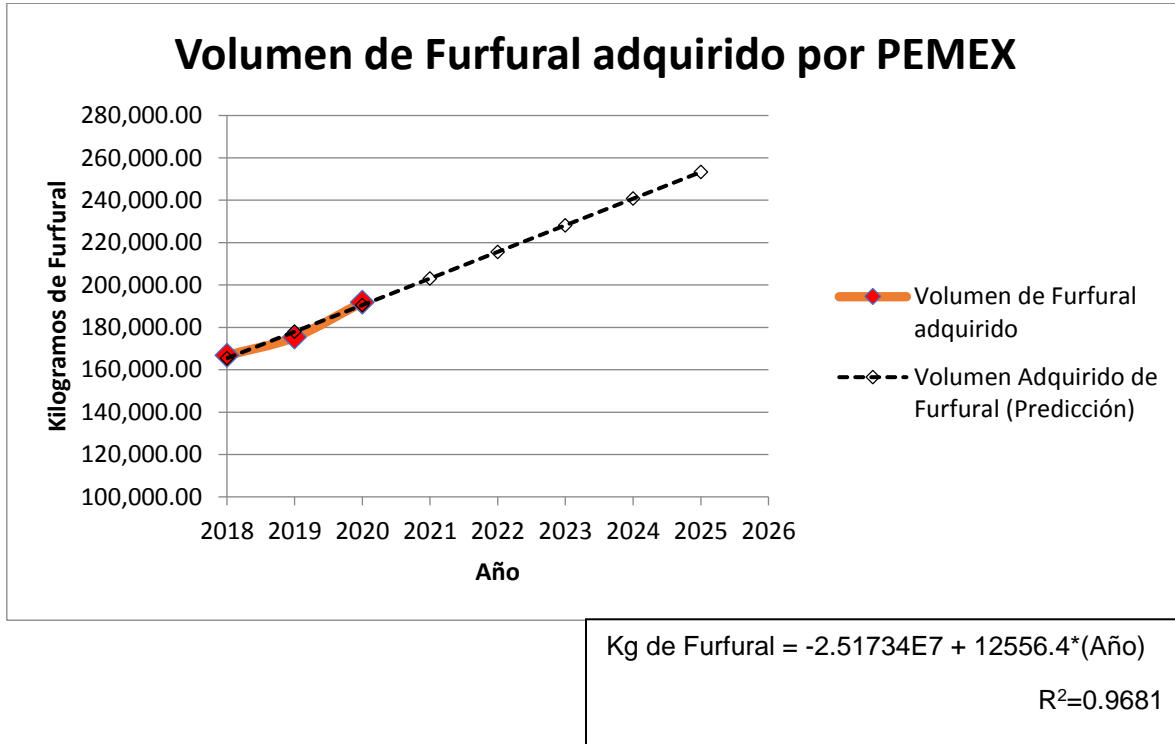
Posc.	Año	Unidad	Cantidad Mínima	Cantidad Máxima	Precio Unitario Total (USD)	Importe Mínimo Total (USD)	Importe Máximo Total (USD)
1	2018	Kg	166,765.13	800,000.00	3.40	652,385.20	2,720,000.00
2	2019	Kg	175,372.37	800,000.00	3.40	596,266.06	2,720,000.00
3	2020	Kg	191,878.00	800,000.00	3.40	567,001.44	2,720,000.00
Total			534,015.50	2,400,000.00	Total	\$1,815,652.70	\$8,160,000.00

Cabe resaltar que en el contrato de PEMEX para la adquisición de Furfural también se menciona la posibilidad de requerir la cantidad máxima en caso de ser necesario, por lo cual se anexan los precios y cantidades correspondientes.

De acuerdo con la Tabla No.6. la cantidad requerida de Furfural mantiene una tendencia al alza desde el presente año y hasta 2020, por lo cual se graficaron dichos datos (véase grafica No.7.) y se realizó una regresión lineal a modo de predicción.



Grafica No.7. Volumen de Furfural adquirido por PEMEX. (Petróleos Mexicanos. Base de Datos Institucional).



La predicción para la adquisición de Furfural presenta un comportamiento lineal con una buena correlación, y es clara la tendencia a aumentar en los próximos años, considerando también que dentro de las políticas del actual gobierno mexicano se pretende aumentar la capacidad de producción de las actuales refinerías, además de la construcción de una nueva en el estado de Tabasco, lo cual representaría nuevas oportunidades de mercado para el Furfural.

Finalmente es posible establecer la capacidad inicial para la planta de producción de Furfural, considerando que todo el que se requiere en el país es importado y que PEMEX (el mayor consumidor de este orgánico heterocíclico) pretende aumentar su producción de aceites lubricantes, la capacidad inicial será la tercera parte que requerirá PEMEX en los próximos tres años, es decir: 180 toneladas/año.



6.4. Análisis de los Precios

Gracias al SIAVI (Sistema de Información Arancelaria Vía Internet) se conocen algunos de los precios de importación más recientes por cada país de procedencia (véase tabla no.7.).

Tabla No.7. Precios por Kg de Furfural importado en el año 2017.

País de Procedencia	Valor (USD)	Volumen (Kg)	Precio Unitario (USD/Kg)
Sudáfrica	20798	5000	\$ 4.16
Estados Unidos de América	51431	7423	\$ 6.93
Reino Unido	14540	1020	\$ 14.25
China	6486	1379	\$ 4.70
España	644	55	\$ 11.71

Los precios de Furfural varían bastante dependiendo del país procedente, observándose que los precios más altos son los de países europeos, y los precios más bajos corresponden a países con mano de obra barata, como China, el cual está totalmente industrializado, pero con pésimas condiciones laborales. En cuanto a Sudáfrica, se sabe que su planta de producción de Furfural es propiedad de *International Furan Chemicals (IFC)*, una gigante transnacional en el mercado de los furanos.

Los precios en el mercado interno también son variables, y es que en el concurso de PEMEX para la adquisición de Furfural se ofrecieron dos precios solamente, así mismo se logró obtener el precio que FRUTAROM México (importante proveedor de Furfural) maneja en el mercado nacional:

Empresa	Precio Unitario (USD/Kg)
Soluciones Químicas Integradas Arcaran (en conjunto con IFC NORTH AMERICA INC)	\$ 3.40
Brenntag de México S.A. de C.V.	\$ 4.89
FRUTAROM México S.A. de C.V.	\$ 15.5



7. Estudio Técnico

7.1. Perfil Tecnológico de manufactura

A escala industrial el furfural se obtiene a partir del aprovechamiento de los residuos agrícolas que contienen aldopentosas (Ribosa, Arabinosa, Xilosa, etc.), siendo el olote de maíz y el bagazo de caña las principales fuentes de este grupo de moléculas.

Principalmente existen dos tipos de proceso, continuos y discontinuos, regularmente los procesos continuos se aplican a plantas industriales, y los discontinuos a plantas piloto o laboratorios. En los procesos continuos la materia prima se mezcla con una solución diluida de algún ácido mineral en un digestor, para posteriormente pasar a una etapa de separación del furfural en torres de destilación.

7.1.1. Proceso de Quacker Oats

Este proceso es de un solo paso en el que la materia prima se carga en grandes digestores rotatorios en los que se trata con ácido sulfúrico diluido. Los digestores giran lentamente mientras el flujo de vapor es introducido hasta obtener la presión y temperaturas deseadas, logrando que se abra la válvula de salida para permitir la remoción del furfural formado, el cual es arrastrado por la corriente de vapor, para su posterior condensación, y el líquido así formado se lleva a una columna de despojo.

Los vapores que salen de esta columna de despojo por la parte superior, ricos en furfural, se separan en dos capas, después de condensarse eliminando una pequeña cantidad de cabezas de bajo punto de ebullición con recuperación de metanol.

La capa inferior, rica en furfural, se envía a una columna deshidratadora en la que se hace eliminar el contenido de agua (8%), obteniéndose de esta manera el producto final.

(El diagrama correspondiente a este proceso, se encuentra en el anexo 1)

7.1.2. Proceso de Alba

La materia prima se utiliza tal como se recibe, sin la necesidad de un secado previo; por medio de transportadores mecánicos se carga a los digestores, en los que se trata con ácido sulfúrico diluido o fosfato monobásico de calcio, en caso de que se requiera utilizar el residuo como fertilizante.

Por medio de un flujo de vapor que se introduce en los digestores, se precalienta la carga hasta obtener la temperatura y presión adecuada; después de 1 hora y 20 minutos de reacción, en las que las aldopentosas se transforman en furfural, una válvula colocada en la parte superior del digestor permite la salida de los vapores saturados de furfural hacia los intercambiadores de calor en donde se condensan en una solución azeotrópica que es alimentada a una columna de despojo.



En esta columna se introduce vapor a baja presión y se eliminan por la parte superior vapores ricos en furfural, los que se condensan al pasar por otra serie de intercambiadores de calor, separándose en dos capas. La capa superior es agua con algo de furfural y se le recircula hacia la columna de despojo. La capa inferior, formada por furfural, impurezas y agua (aproximadamente 8%), se almacena para pasar posteriormente al proceso de purificación que consta de los siguientes pasos:

1. Se neutraliza la acidez hasta un pH = 7
2. Por destilación al vacío se separan breas de alto punto de ebullición formadas principalmente por alcoholes y agua, quedando como producto final el furfural

(El diagrama correspondiente a este proceso, se encuentra en el anexo 1)

7.1.3. Proceso Agrifurane

El proceso Agrifurane es muy similar a los descritos anteriormente con la diferencia de que éste usa fosfato cálcico como catalizador. Se utilizan varios reactores cilíndricos que se calientan después de cargados con el material y añadida la solución de ácido fosfórico. Cuando el material ha sido agotado de su contenido de furfural, condensan los vapores y alimentan a una columna de destilación, en la que se obtienen vapores ricos en furfural, los que se condensan, enfrían y decantan. La capa inferior, que tiene gran contenido de furfural, se purifica, neutralizándola y deshidratándola, para obtener así el furfural técnico. Las corrientes con bajo contenido de furfural, obtenidas del decantador, neutralizador, y de la columna de deshidratación, se envían a una columna de fracciones volátiles.

El residuo sólido de los digestores se envía a un escurridor, recirculando la fracción líquida a uno de los digestores.

(El diagrama correspondiente a este proceso, se encuentra en el anexo 1)

7.1.4. Proceso Rosenlew

Este es un proceso continuo y autocatalítico, basado fundamentalmente en la utilización de ácidos orgánicos débiles como catalizadores. Las condiciones óptimas del tiempo de residencia en el reactor permiten controlar los problemas de corrosión e intercrystalización de los aceros, si bien se requieren temperaturas y presiones superiores de operación respecto a aquellos procesos que implican ácidos fuertes. El uso de ácidos orgánicos débiles en el proceso hace que se requieran cantidades reducidas de sales para neutralizar el pH.

La materia prima se lleva al pre impregnador, transportándose posteriormente al reactor por medio de un alimentador rotatorio, en donde, mediante una válvula rotativa y una dosificadora, se alimenta en forma continua al reactor, al que se inyecta por el fondo vapor precalentado para efectuar la hidrólisis. El tiempo de permanencia del material



crudo en el reactor va de una a dos horas. Durante la hidrólisis se forman, a partir de las hemicelulosas del material, ácido acético y pequeñas cantidades de ácido fórmico. El residuo se aprovecha como combustible de la caldera. Posteriormente se arrastra el furfural por medio del vapor hacia un intercambiador de calor, se condensa y se lleva al tanque para furfural diluido. De este tanque el furfural es llevado hacia la columna de destilación en contracorriente con vapor secundario inyectado en el fondo de la columna.

En esta fase se rompe el azeótropo formado (35% furfural, 65% agua en paso), se condensa la solución, se le lleva a unos tanques decantadores donde se inyecta una solución de carbonato de sodio para neutralización. El líquido recibido en el decantador está formado por dos capas: la superior es agua con 7% de furfural, y la inferior es furfural al 95% aproximadamente. Se separan las capas y la superior (7% de furfural) se recircula al tanque para furfural diluido, mientras que la otra se purifica por destilación al vacío en una columna, se elimina el resto del agua, obteniéndose así el furfural puro que es llevado al tanque de almacenamiento.

La fracción de bajo punto de ebullición procedente de la primera destilación pasa a una torre de destilación fraccionada de cuyos vapores, una vez condensados a través de los intercambiadores, se obtiene metanol industrial y acetona técnica. El destilado del fondo, consistente de agua y furfural, se regresa para furfural diluido.

(El diagrama correspondiente a este proceso, se encuentra en el anexo 1)

7.1.5. Proceso Escher-Wyss

La materia prima tratada se somete a una pre-vaporización y se impregna del catalizador ácido, calentándose con vapor a cerca de 100 °C, después se conduce al reactor y una vez formado el furfural, los vapores se limpian, condensan y enfrían a alrededor de 55 °C, este líquido que contiene furfural y ácido acético se lava, desaerea y recoge en una cuba intermedia, de donde pasa a una columna de destilación azeotrópica y se calienta a una temperatura cercana a la de ebullición.

El producto de desecho (una mezcla de agua y ácido acético con muy escasas cantidades de furfural), se enfría a una temperatura de aproximadamente 30 °C, a fin de aumentar la eficacia de la extracción anterior y se lleva a una columna de extracción. La mezcla que se retira de la columna de destilación azeotrópica se condensa e introduce a un separador: la capa rica en furfural se neutraliza y se lleva a la columna de vacío, donde el furfural se deshidrata y depura. El furfural puro se condensa y se enfría.

El residuo de la columna de destilación azeotrópica rico en ácido acético se hace pasar a la columna de recuperación de ésteres para recuperar el acetato de etilo. Los ácidos residuales se destilan en una columna de depuración, después en la columna de recuperación el ácido acético se separa del ácido fórmico como capa residual.

(El diagrama correspondiente a este proceso, se encuentra en el anexo1)

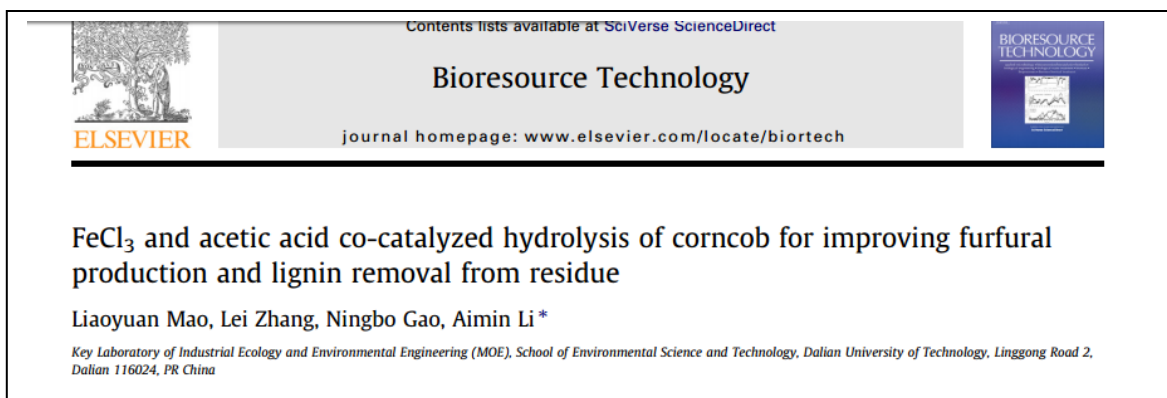


7.1.6. Procesos Actuales

Hoy en día la mayor parte del Furfural que es producido en el mundo se obtiene mediante hidrólisis con ácido sulfúrico (Chemical Economics Handbook, 2018) debido a que es el proceso más barato, ya que solo se requiere ácido sulfúrico diluido y vapor para llevar a cabo la reacción, lo cual se traduce en menos operaciones unitarias. Sin embargo, a largo plazo el ácido sulfúrico provoca importantes daños en tubería, equipos y accesorios debido a su carácter fuerte, aunado a que el efluente procedente del reactor principal requiere un tratamiento especial al tener un pH bajo.

Afortunadamente hay muchos esfuerzos en las universidades para mejorar el proceso tradicional, la mayor parte de las investigaciones acerca del Furfural provienen de China y en menor proporción de Estados Unidos. Algunas de las investigaciones más importantes son las siguientes:

Hidrolisis de olote de maíz co-catalizada con cloruro férrico y ácido acético para mejorar la producción de furfural y remover la lignina del residuo



Para Aumentar el rendimiento del furfural y la eliminación de la lignina se usó ácido acético y cloruro férrico como catalizadores en la hidrólisis del olote de maíz. En este trabajo de investigación se usaron diferentes concentraciones de cloruro férrico a distintas temperaturas. Los resultados demostraron que a altas concentraciones de cloruro férrico causaron una importante degradación de la celulosa, mientras que el ácido acético fue mas eficaz en la eliminación de la lignina.

Se obtuvo un rendimiento del furfural máximo del 67.89% en condiciones de 180 °C y en presencia de 20 mM de cloruro férrico y 3% de ácido acético. Simultáneamente, la eliminación de lignina alcanzó el 54.79%, dejando intacta al 74.29 de la celulosa, brindando la posibilidad de aprovecharse para la producción de etanol.



Producción de furfural a partir de licores de olate auto hidrolizado por tecnología de microondas.

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Industrial Crops and Products

journal homepage: www.elsevier.com/locate/indcrop

Furfural production from corn cobs autohydrolysis liquors by microwave technology

Cristina Sánchez, Luis Serrano, M^a Angeles Andres, Jalel Labidi *

Chemical and Environmental Engineering Department, University of the Basque Country, Pza Europa, 1, 20018 Donostia-San Sebastián, Spain

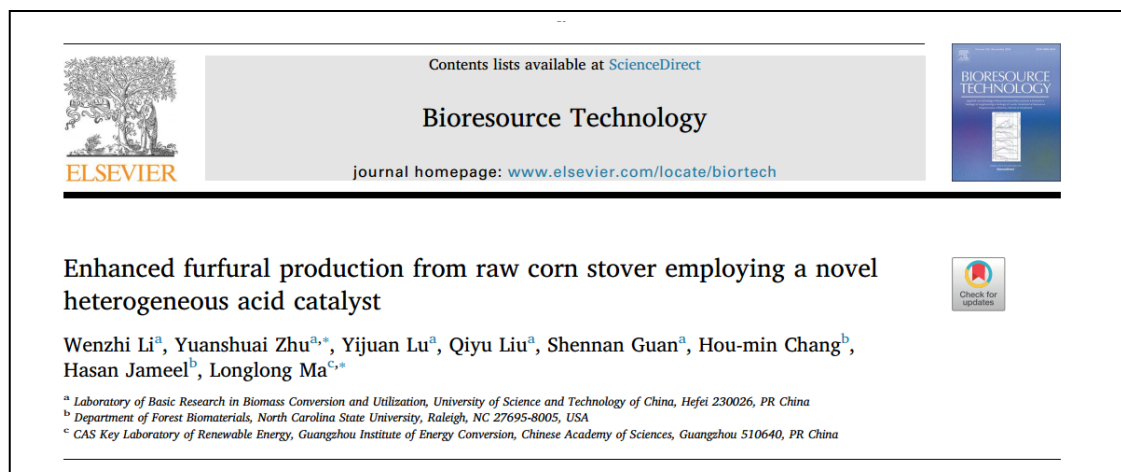
Este estudio se basa en la conversión de monómeros hemicelulósicos en furfural utilizando diferentes ácidos catalizadores y tecnología de microondas. En este trabajo, se obtienen licores con alto contenido de hemicelulosas provenientes del olate de maíz, la auto hidrólisis se trató con ácido sulfúrico y ácido clorhídrico como catalizadores, para obtener las condiciones óptimas para la producción de furfural. Dichas condiciones se determinaron usando diseños experimentales en los que se variaron las concentraciones de catalizador, la temperatura y el tiempo de reacción.

Los resultados mostraron que la producción de furfural estaba fuertemente influenciada por la concentración del catalizador, el tiempo y la temperatura de reacción. Se alcanzaron rendimientos del 37% respecto de las hemicelulosas totales contenidas en la materia prima inicial, usando ácido clorhídrico como catalizador a una concentración diluida (2% v/v), temperatura de 180 °C durante 5 minutos.

Además del furfural, se obtienen altas concentraciones de otros productos de degradación final como ácido acético o ácido fórmico, así mismo se observó que las microondas ayudan a romper las cadenas poliméricas de la hemicelulosa, lo cual permite obtener el furfural con mejor rendimiento.



Producción mejorada de furfural a partir de rastrojo de maíz empleando un catalizador ácido heterogéneo.



En este trabajo se propone usar un catalizador ácido en estado solido (SC-CaCt-700) en diferentes solventes orgánicos. Este sistema catalítico desarrollado demostró una eficacia superior para la producción de furfural a partir del olote de maíz, comparado con métodos tradicionales.

El catalizador que se usa está hecho a partir de citrato de calcio calcinado a 600 °C, carbón en medio fuertemente ácido y atmosfera de nitrógeno, para posteriormente someterse a una sulfonación en condiciones de temperatura altas, además de que se requieren diferentes operaciones unitarias para su purificación.

El olote se sometió a reacción con el catalizador a 200 °C durante 100 minutos en un medio orgánico, valerolactona, obteniendo un rendimiento del 93%.




Producción de furfural usando líquidos iónicos



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Bioresource Technology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/biortech



Review

Furfural production using ionic liquids: A review

Susana Peleteiro, Sandra Rivas, José Luis Alonso, Valentín Santos, Juan Carlos Parajó*

Chemical Engineering Department, University of Vigo (Campus Ourense), Faculty of Science, Polytechnical Building, As Lagoas, 32004 Ourense, Spain
CITI (Centro de Investigación, Transferencia e Innovación), University of Vigo, Tecnopole, San Cibrao das Viñas, 32900 Ourense, Spain



Los líquidos iónicos se pueden usar en procesos para la obtención de furfural, ya sea como aditivos, como catalizadores, y/o como medios de reacción. Dependiendo del líquido iónico se puede añadir un catalizador externo al proceso, generalmente ácidos de Lewis, ácidos de Bronsted, y/o ácidos en estado sólido. Los líquidos iónicos son sales compuestas de grandes cationes orgánicos y aniones inorgánicos u orgánicos, los cuales difieren de los solventes orgánicos tradicionales, en su naturaleza química, estructura, y propiedades.

También existen líquidos iónicos ácidos que pueden funcionar como solventes y catalizadores, los cuales permiten la conversión directa de pentosas, pentosanos o biomasa con contenido de xilano a furfural. Lo anterior permitiría altos rendimientos de furfural, así como la disminución de subproductos.



Producción de furfural a partir de carbohidratos derivados de biomasa y residuos lignocelulósicos a través de catalizadores ácidos heterogéneos.

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Industrial Crops and Products

journal homepage: www.elsevier.com/locate/indcrop

Furfural production from biomass-derived carbohydrates and lignocellulosic residues via heterogeneous acid catalysts

Luxin Zhang^{a,*}, Guoyun Xi^a, Kun Yu^b, Han Yu^b, Xiaochang Wang^a

^a College of Environmental and Municipal Engineering, Key Lab of Northwest Water Resource, Environment and Ecology, MOE, Key Laboratory of Environmental Engineering, Shaanxi, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, PR China
^b College of Environmental Science and Engineering, Nankai University, Tianjin 300071, PR China

CrossMark

Con el objetivo de mejorar la eficiencia en la producción de furfural a partir de biomasa lignocelulósica, se usaron catalizadores sólidos como silicoaluminofosfatos y beta zeolitas modificadas. Estos se estudiaron para catalizar la conversión de carbohidratos derivados de biomasa, usando como medio a solventes de lactona.

La gamma valerolactona mostró un rendimiento alto, junto con la beta zeolita con hierro, mostrando la mayor actividad en la conversión de carbohidratos de 6 átomos a furfural, mientras que la beta zeolita con aluminio fue más eficaz en la transformación de carbohidratos de 5 y 6 átomos a furfural. Se tienen rendimientos del 30-78% en mezclas de glucosa y xilosa en gamma valerolactama catalizadas por zeolitas modificadas, por ejemplo, con la zeolita modificada con aluminio se produjo un rendimiento del 37.4% a 448 K en 100 minutos.

Patente No. 200510015185: Producción de furfural co-catalizada con ácido acético y cloruro férrico.

Para el desarrollo de la ingeniería en este proyecto se optó por un proceso similar al del uso de ácido acético co-catalizado con una solución de cloruro férrico, con la diferencia que se usará cloruro de sodio a modo de co-catalizador y se trabajará a una presión de 0.9 MPa (China Patente nº CN 200510015185, 2005). El hecho de usar cloruro de sodio en lugar de cloruro férrico minimizará los problemas ambientales del proceso, lo cual será benéfico para el proceso.

A partir de los procesos mas viables expuestos anteriormente se realizó una tabla comparativa, para evaluar de forma mas sencilla sus ventajas y desventajas, así como la síntesis de los procesos que se proponen.



Proceso	Descripción	Ventajas	Desventajas
Pre tratamiento catalítico hidrotérmico del olote para convertirlo en furfural mediante un catalizador solido	Se da un tratamiento inicial con vapor de agua a 180°C durante 120 min para posteriormente pasarlo a un reactor con agitación en presencia de un catalizador solido (SO ₄ /TiO ₂ – ZrO ₂ /La ⁺³)	-Presenta un alto rendimiento en la obtención de furfural - Evita corrosión elevada en equipos, tubería y accesorio al no usar un ácido fuerte	- Costos de producción altos debido a la complejidad y preparación del catalizador - Problemas en la recuperación del catalizador, traducido en un mayor número de operaciones unitarias
Producción de furfural a partir de licor de olote auto hidrolizado por tecnología de microondas	Tratamiento inicial con vapor de agua a 180 °C durante media hora, posteriormente llevarlo al reactor con ácido clorhídrico, se aplica agitación y microondas durante 5 min a 180 °C	- Menor tiempo de reacción que con el método tradicional - Buen rendimiento (37%)	- El uso de tecnología de microondas significaría un costo elevado de inversión y mantenimiento - El uso de ácidos fuertes provoca daños a largo plazo en tubería, equipo y accesorios
Producción mejorada de Furfural a partir de residuos de maíz empleando un catalizador ácido heterogéneo	Se carga al reactor los residuos de maíz previamente molidos, junto con un catalizador de citrato de calcio en medio ácido, además de agregar un solvente orgánico al reactor, todo esto a 200 °C durante 100 min	- Rendimiento alto, hasta del 93%	- La preparación del catalizador es compleja y requiere tiempo, además de su elevado costo - Uso de ácidos fuertes - Uso de solventes orgánicos
Producción de Furfural usando líquidos iónicos	Propone usar N,N-dimetilacetamida junto con cloruro de cromo y cloruro de litio durante dos horas a 140 °C en un reactor	-Buen rendimiento (hasta del 55%) - El calentamiento del reactor puede ser mediante aceite, evitando el uso de vapor de agua	- uso de solventes y co-catalizadores que generarían problemas ambientales - Altos costos en reactivos y catalizadores
Hidrolisis Co-Catalizada con cloruro férrico y ácido acético para mejorar la producción de furfural y la eliminación de lignina	Propone usar ácido acético y una solución de cloruro férrico 20 mM (milimolar) en un reactor durante 30 minutos a 180 °C	- Buen rendimiento (67%) - Emplea un ácido débil, el cual provoca un menor daño a equipos, tubería y accesorios - Menor tiempo que método tradicional	- Emplea cloruro férrico, lo cual implica problemas de tratamiento de residuos



7.2. Ingeniería Básica

7.2.1 Bases de Diseño

7.2.1.1. Generalidades

Generado por la necesidad de minimizar la generación de residuos e impulsar la industria química nacional, se pretende aprovechar los residuos creados por el consumo y producción de maíz, dicho residuo se refiere al olote, el cual no es utilizado por los agricultores y empresas que producen maíz. El olote de maíz suele ser usado en algunos hogares rurales como medio combustible, sin embargo, tiene un poder calorífico bajo, fuera de esto el olote no tiene ningún uso y en la mayoría de los casos solo se almacena hasta su descomposición. Por otro lado, se sabe que el olote de maíz junto con el bagazo de caña son los materiales con mayor rendimiento en la obtención de Furfural (Ortega & Cazorzi, 1981), aunado a esto en la región central de México se cosechan grandes cantidades de maíz de las cuales el olote no es aprovechado y solo se desecha (INEGI: Encuesta Nacional Agropecuaria 2014) por estos motivos y debido a la importante demanda y poca oferta que presenta el Furfural dentro de la república mexicana se considera viable desarrollar una planta para su obtención.

7.2.1.2. Funcionalidad del sistema

La función de la planta FVM-100 es obtener Furfural a partir de olote maíz, de este modo se recibe a la planta materia prima a un bajo costo (debido a que se trata de un desecho orgánico), y se obtiene un producto que es usado como intermediario para diversos procesos químicos y petroquímicos.

Para llevar a cabo este tratamiento se presenta un proceso semi continuo, la primera sección del proceso es un reactor por lotes, en el cual se lleva a cabo una hidrólisis ácida del olote de maíz, con ácido acético, vapor de agua y co-catalizado con cloruro de sodio, durante media hora en un digestor. Posteriormente los vapores del digestor se llevan a una torre de separación a modo de llegar al punto heteroazeotrópico del sistema agua-furfural y lograr su separación gracias a la formación de dos fases líquidas, así como la separación de algunos subproductos de la hidrólisis, finalmente la corriente rica en furfural es llevada a una torre deshidratadora donde finalmente se quitará prácticamente toda el agua, hasta obtener como producto Furfural al 99.5% de pureza.

7.2.1.3. Capacidad Instalada

Se pretende producir inicialmente 180 Ton/año de Furfural (Se prevee una posible expansión de la producción en años futuros), a partir del olote de maíz producido en el estado de Hidalgo (posteriormente se requerirá abastecimiento de otros estados de la



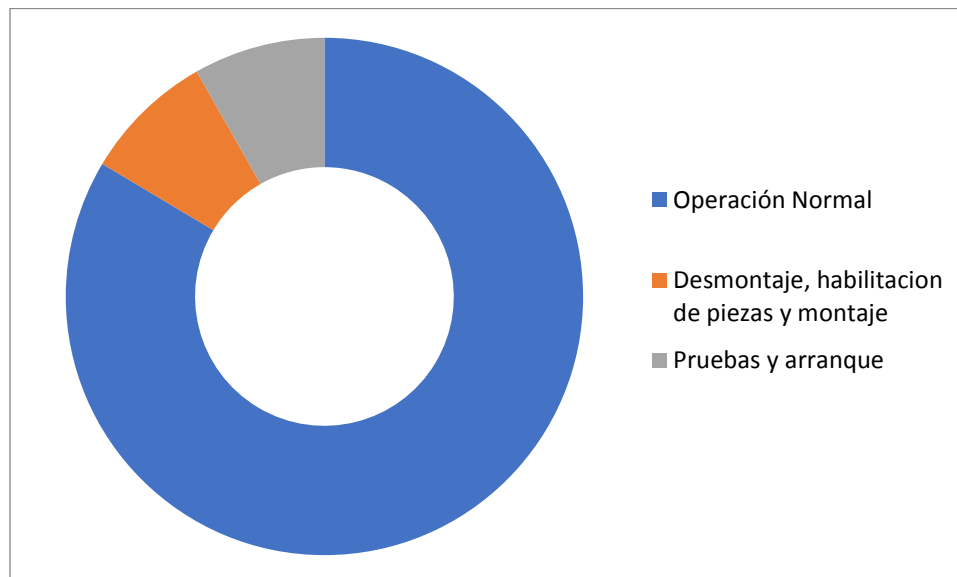
región centro del país), el cual, de acuerdo con datos del INEGI produce alrededor de 581,395 Ton/año de maíz, lo cual se traduce en 145,348 Ton/año de olote. Esto representa más del olote requerido para nuestro proceso, por lo que se asegura abastecimiento de materia prima.

7.2.1.4. Factor de Servicio

Considerando que la planta operará 305 días al año debido a que se consideraran 2 meses de mantenimiento (1 mes para desmontaje, limpieza y montaje y 1 mes para pruebas y arranques)

$$F.S. = 305 \text{ días} / 365 \text{ días} = \underline{0.8356}$$

Grafica No.7. Distribución anual de tiempo de operación de la planta



7.2.1.5. Flexibilidad

La carga que se procesará consiste en una corriente de olotes triturados en dos o tres partes debido a que la mayoría del maíz es cosechado mediante maquinas cosechadoras que trituran las plantas de maíz a modo de obtener el grano suelto, las cuales son provenientes de los campos de cultivo del estado de Hidalgo, y son recibidas en la planta al silo TV-101. Se considerarán las siguientes capacidades de producción:

- Capacidad Mínima (“Turn Down”): La capacidad mínima de la planta será de aproximadamente 90 Ton/año
- Capacidad nominal: La planta operará de manera normal con 180 Ton/año



- Capacidad Máxima: La capacidad máxima de la planta será la permitida con el sobre diseño de los equipos. Aproximadamente 215 Ton/año

7.2.1.5.1. Falla de energía eléctrica

A falla de energía eléctrica la planta dejará de estar en servicio, efectuándose un paro ordenado del proceso.

7.2.1.5.2. Falla de vapor

A falla de suministro de vapor la planta dejará de estar en servicio, efectuándose un paro ordenado del proceso.

7.2.1.5.3. Falla de aire de instrumentos

A falla de aire de instrumentos de la planta se procederá a realizar un paro ordenado del proceso.

7.2.1.5.4. Falla de agua de enfriamiento

A falla de agua de enfriamiento de la planta se procederá a realizar un paro ordenado del proceso.

7.2.1.6. Modos de Operación

El proceso se va a operar en modo Semi Automático, ya que parte del proceso se controlará por controles electrónicos y automáticos.

Se propone operar la sección de digestión por lotes debido a que se requiere cargar y descargar el reactor, y la sección de separación de furfural en modo continuo.

7.2.1.7. Especificación de Materia prima

7.2.1.7.1. Olote de maíz

Composición Química (%masa)	
Hemicelulosa	32
Celulosa	50
Lignina	18
	100



7.2.1.7.2. Ácido acético

Propiedades	
Densidad (Kg/m³)	1049
Solubilidad en agua	Miscible
Presión de vapor (20°C) (mmHg)	11.4
Punto de fusión (°C)	17
Punto de ebullición (°C)	118
Masa molecular (g/mol)	60.02

7.2.1.7.3. Cloruro de Sodio

Propiedades	
Densidad (Kg/m³)	2170
Solubilidad en agua (g/L)	360
Presión de vapor (20°C) (mmHg)	ND
Punto de fusión (°C)	804
Punto de ebullición (°C)	1413
Masa molecular (g/mol)	58.44

7.2.1.8. Condiciones de las alimentaciones al proceso

Alimentación	Procedencia	Estado Físico	Presión (Kg/cm ²)	Temperatura (°C)	Forma de recibo
Olote de maíz	Silo de almacenamiento	Solido	----	25 °C	Banda Transp.
Ácido acético	Tanque de almacenamiento	Liquido	2.033 Kg/cm ²	25 °C	Tubería
Vapor de agua	Cuarto de calderas	Gas	9.2 Kg/cm ²	180 °C	Tubería
Cloruro de Sodio	Silo de almacenamiento	Solido	-----	25 °C	Banda Transp.



7.2.1.9. Especificación del producto

Furfural al 98 % en peso en estado líquido con los siguientes parámetros:

Parámetro	Valor
Estado físico	Líquido
Peso específico 20°C/4°C	1.150
Pureza	98% Peso Mínimo
Acidez Gr. Equiv./L	0.02 Máximo
Cenizas	0.006% Peso Máximo
Agua por destilación	0.2% Volumen Máximo
Colos ASTM	2.5 Máximo

Contenido máximo de contaminantes (agua, metanol, ácido acético): 2%

7.2.1.10. Condición del Producto

Parámetro	Valor
Temperatura (°C)	38
Presión (Kg/cm²)	1.033
Flujo molar (Kgmol/h)	0.2787
Flujo másico (Kg/h)	26.78
Pureza (%peso)	98

7.2.1.11. Agentes Químicos

Agente Químico	Edo. Físico	Presión			Temperatura		
		Máx.	Norm.	Mín.	Máx.	Norm.	Mín.
Ácido Acético	Líquido		2.033	2.033	38	AMB	10
Cloruro de Sodio	Sólido		1.033	1.033	38	AMB	10



7.2.1.12. Efluentes

La planta contará con drenaje de tipo químico, sanitario y pluvial, dentro del límite de batería.

La ventilación del drenaje químico será de registro sellado con un diámetro de 6 in, y estará hecho de Polietileno de Alta Densidad, por lo tanto, su velocidad máxima de flujo será de 5 m/s. La profundidad en la que se encontrará será de 60 cm en el área de proceso, calderas y laboratorio.

Por otro lado, en las zonas de almacén de materia prima, almacén de herramienta y materiales, la profundidad del drenaje será de 90 cm.

La ventilación del drenaje sanitario será de registro sellado con un diámetro de 8 in, y estará hecho de concreto simple, teniendo una velocidad máxima de flujo de 3 m/s. La profundidad en la que se encontrará será de 60 cm en el área de proceso y laboratorios. Por otro lado, en la zona de almacenes la profundidad será de 90 cm.

La ventilación del drenaje pluvial será de rejillas abiertas, con un diámetro de 2 in, y estará hecho de concreto simple, teniendo una velocidad de flujo máxima de 3 m/s. La profundidad a la que se encontrará será de 60 cm en el área de proceso, y en las calles, áreas verdes y estacionamiento se encontrará a 50 cm.

7.2.1.13. Servicios Auxiliares

7.2.1.13.1. Vapor de baja presión (VBP)

Tipo	Mínimo	Normal	Máximo
Presión (Kg/cm ²)	9	9.2	9.6
Temperatura (°C)	180	180	190
Calidad	Vap. Sat.	Vap. Sat.	Vap. Sat.
Disponibilidad	La requerida		

7.2.1.13.2. Condensado

Tipo	Mínimo	Normal	Máximo
Presión (Kg/cm ²)	1	1.033	2.033
Temperatura (°C)	180	180	190
Calidad	-----	-----	-----
Disponibilidad	La requerida		

El condensado que se genere en la planta deberá ser captado y enviado a límite de baterías para su tratamiento correspondiente.



7.2.1.13.3. Agua para servicio sanitario y potable

Tipo	Normal	Máximo
Presión (Kg/cm ² man)	3	5
Temperatura (°C)	Amb.	38
Disponibilidad	La requerida	

7.2.1.13.4. Agua contra incendio

Tipo	Normal
Presión (Kg/cm ² man)	7
Temperatura (°C)	Amb.
Disponibilidad	La requerida

7.2.1.13.5. Aire de instrumentos

Para el suministro de aire de instrumentos se hará la adquisición de un paquete con dos compresores, uno para operar normalmente y el otro como relevo en caso de falla, además de pre y post filtros de secado de aire, así como tanques acumuladores de aire seco para la instrumentación.

Tipo	Normal	Máximo
Presión (Kg/cm ² man)	7	7
Temperatura (°C)	Amb.	38
Disponibilidad	La requerida	

7.2.1.13.6. Energía eléctrica

El suministro de energía eléctrica a ser provisto por la Comisión Federal de Electricidad.

Se operará con una tensión de suministro de 23 KV debido a que se tienen equipos que requieren de importante potencia eléctrica.

Para el área de oficinas se operará con una tensión eléctrica de 125 V para los equipos electrónicos y de laboratorio.

7.2.1.13.7. Sistema de comunicación

La planta contará con un sistema de comunicación y voceo en todas las áreas. Además de un sistema de circuito cerrado de TV, con cámaras de monitoreo en la zona de reacción y destilación del proceso. Así mismo se asignarán radios intrínsecamente seguros al personal que lo requiera para la acción de sus labores.



7.2.1.13.8. Sistema contra incendio

El sistema contra incendio estará conformado por la red de agua contra incendio, la cual consta de hidrantes, sistemas de aspersión de agua, válvulas de diluvio, tomas para camión, así como detectores de atmósferas explosivas, gases tóxicos, alarmas y extintores a lo largo de las instalaciones de planta.

7.2.1.14. Condiciones de sitio

Se pretende conformar el proyecto para una Planta de *Obtención de Furfural a partir de olote de maíz en Tula de Allende*, municipio del estado de Hidalgo, México, el cual está ubicado en las coordenadas 20°01'56" y 99°15'16", Cuenta con una altura de 2167 msnm. Lo conforman 21 localidades en las cuales habitan 29,683 personas. Limita al norte con Tlaxcoapan, al sur con Atotonilco, al oeste con Atitalaquia y al este con Ajacuba.

La zona posee una buena ubicación, tiene cerca la zona metropolitana del valle de México, lo cual ayudaría a poder surtir producto a posibles clientes al centro del país, además tiene conexión con la autopista arco norte, permitiendo el rápido acceso al golfo de México y el bajo, de los cuales podrían encontrarse clientes y/o proveedores.

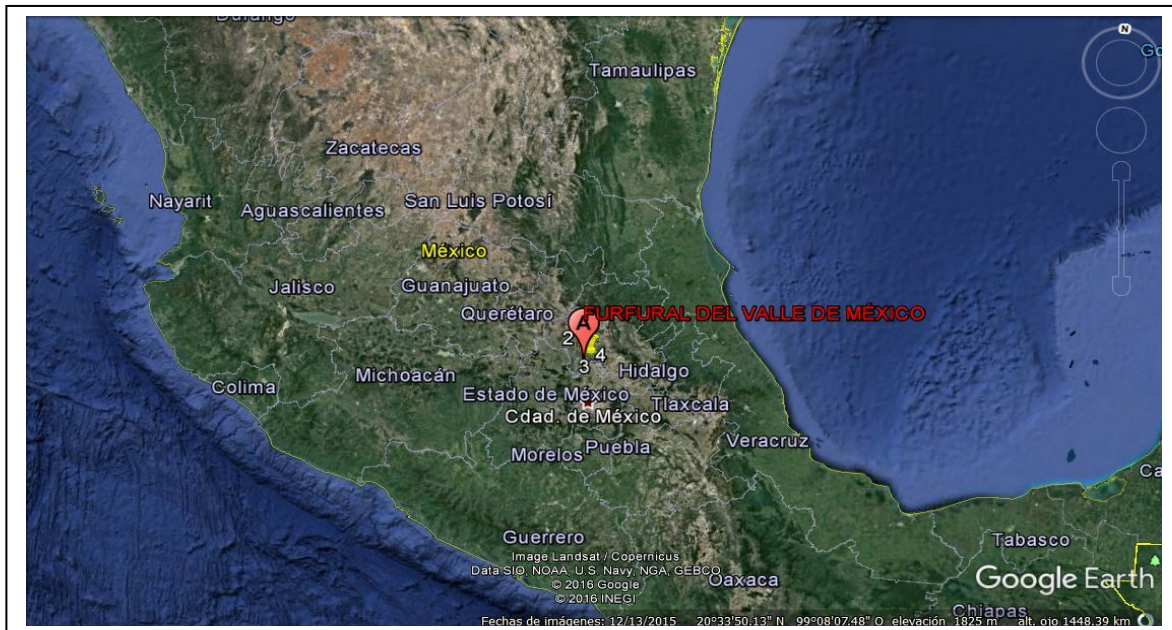


Fig. 15. Ubicación de la planta productora de furfural

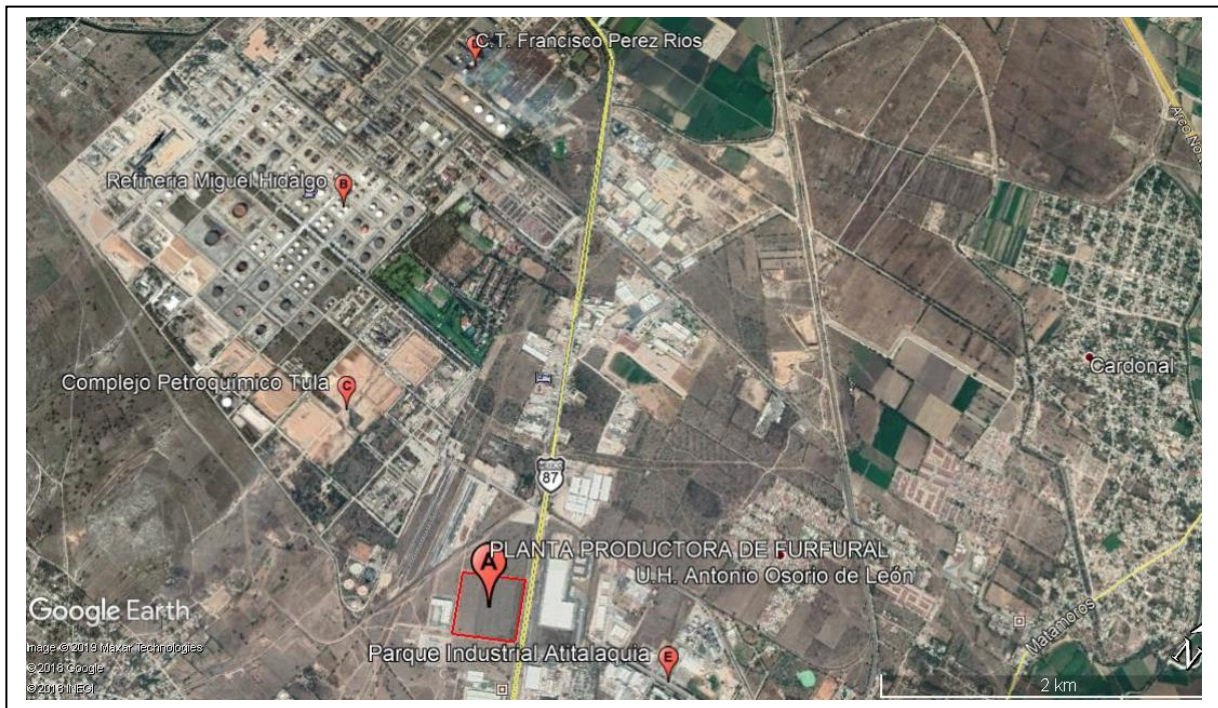


Fig. 16. Ubicación de la planta productora de furfural a escala local

El área cuenta con diversas vías de comunicación, como es la carretera Tula-Jorobas, la cual conecta a la autopista México-Querétaro, además de tener cerca la autopista arco norte. También cuenta con vías férreas, las cuales son usadas por diversas empresas aledañas como son *PEMEX* y *CFE*, entre otras encontradas en el parque industrial vecino, como es *CARGILL*.

- Localización:

Ciudad/Estado/País: Tula de Allende, Hidalgo, México

Condiciones: Seco

Altitud: 2116 msnm (metros sobre el nivel del mar)

Presión atmosférica: 599 mmHg



- Temperatura ambiente

Temperatura	Bulbo seco
Máxima (°C).	32
Mínima (°C).	0
Máxima promedio (°C).	---
Mínima promedio (°C).	7.0
Promedio (°C).	20.0
Bulbo Húmedo, Promedio (°C).	18.33
Bulbo Seco, Máxima (°C).	35.0

- Humedad Relativa

Máxima	64.7 %
Mínima	19.28 %

- Viento

Dirección de vientos dominantes	NE-SO
Dirección de vientos reinantes:	---
Velocidad media, km/h	13.86 km/h
Velocidad máxima, km/h	140.0 km/h

- Precipitación pluvial

Máxima en 1 h, mm.	50
Máxima en 24 h, mm.	---
Promedio anual, mm	---

- Terremotos

Magnitud, m (cm/s ²)	---
Zona	Zona sísmica 3



7.2.1.15. Instalaciones requeridas para almacenamiento

Para el almacenamiento de materia prima se tendrán dos silos de olote de maíz, un silo para almacenamiento para el cloruro de sodio, un tanque atmosférico para almacenamiento de ácido acético y otro para agua cruda.

Además, en el área de proceso se tendrá un tanque horizontal de acero al carbón para almacenamiento del producto final.

7.2.1.16. Edificaciones dentro de planta

Las instalaciones que necesitará la planta de producción de furfural serán las siguientes:

- Oficinas administrativas
- Laboratorio de análisis y control de calidad
- Caseta de vigilancia
- Cuarto de control
- Almacén de herramienta menor y mayor

Además del espacio requerido para el área de proceso, almacén de materia prima, y cuarto de calderas.

7.2.1.17. Equipo de proceso

En recipientes la presión de diseño será del 10% o 2 Kg/cm² arriba de la presión máxima, la que sea mayor. Todo equipo deberá especificar estampado ASME, a menos que se especifique que no es requerido.

7.2.1.18. Normas, códigos y especificaciones

EQUIPO	NORMA, CÓDIGO O ESPECIFICACIÓN
Recipientes a Presión	API, ASME, ANSI
Tubería	ANSI
Seguridad	API, ASME
Instrumentación	ISA, API
Intercambiadores	TEMA, ASME y ANSI
Bombas y Compresores	API



7.2.2 Descripción del Proceso

La planta de producción de Furfural (FVM-100) tiene por objeto aprovechar los residuos de maíz (olote) provenientes de las zonas de cultivo del centro del país (Hidalgo, Estado de México, Querétaro, Veracruz) para producir Furfural de alta pureza mediante hidrólisis ácida con ácido acético y co-catalizada con cloruro de sodio, tal como se presentó en el capítulo 7. (véase diagrama de bloques de proceso y diagrama de flujo de proceso en Anexo 1).

Esta planta recibe olote de maíz que es almacenado en dos silos en el área de almacenamiento de materia prima, posteriormente mediante bandas es llevado al Digestor (DC-101) donde es cargado con vapor de agua de baja presión, proveniente del cuarto de calderas, ácido acético puro proveniente del tanque atmosférico (FB-101) y cloruro de sodio del silo TV-102. El vapor será inyectado hasta lograr condiciones de 9.2 Kg/cm² y 180 °C durante 30 minutos.

Los vapores del reactor conteniendo 4 % de Furfural son condensados en el intercambiador de calor (EA-101) y llevados al tanque de balance (FA-101). Por otro lado, los residuos sólidos y líquidos del Digestor (DC-101) se mandan a un filtro prensa (FG-101) donde es recuperado el líquido y bombeado hasta el tanque de balance (FA-101) para mezclarse con los vapores condensados. El líquido contenido en el tanque de balance (FA-101) es mandado a la torre azeotrópica (DA-101) en la cual se eliminan subproductos del digestor de alto punto de ebullición como ácido acético y metanol, obteniendo vapores de la torre con un 35% (peso) de Furfural los cuales son condensados en el intercambiador (EA-103) y mandados al tanque de separación (FA-102) en el cual se tendrán dos fases líquidas, ya que el Furfural y el agua forman un heteroazeótropo de bajo punto de ebullición a 1 atm y 98 °C. Debido a la diferencia de densidades el Furfural (saturado con agua) será bombeado del tanque de separación (FA-102) a la torre deshidratadora (DA-102), mientras que la fase acuosa será enviada de nuevo a la torre azeotrópica (DA-101).

En la torre deshidratadora (DA-102) se eliminará la mayor cantidad de agua, hasta dejarlo con una pureza de 98%(peso), el cual saldrá en los fondos de esta torre siendo enfriados en el intercambiador (EA-104) para finalmente llevarlos al tanque de almacenaje de producto terminado (FA-103).



7.2.3. Diagrama de Bloques de Proceso

(El diagrama correspondiente a este proceso, se encuentra en el Anexo 1)

7.2.4. Diagrama de Flujo de Proceso

(El diagrama correspondiente a este proceso, se encuentra en el Anexo 1)

7.2.5. Diagrama de Tubería e Instrumentación

(El diagrama correspondiente a este proceso, se encuentra en el Anexo 1)

7.2.6. Diagrama General de Arreglo de Equipo

(El diagrama correspondiente a este proceso, se encuentra en el Anexo 1)



7.2.7. Balance de materia y energía

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO										
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN										
EVALUACIÓN TÉCNICA PARA UNA PLANTA PRODUCTORA DE FURFURAL A PARTIR DEL OLOLE DE MAÍZ										
BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA										
CORRIENTE	1		2		3		4		5	
COMPONENTE	FRAC MOL	Kg/mol/h	FRAC MOL	Kg/mol/h	FRAC MOL	Kg/mol/h	FRAC MOL	Kg/mol/h	FRAC MOL	Kg/mol/h
FURFURAL	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00
AGUA	0.00000	0.00	1.00000	40.18	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.81850	8.0422
ÁCIDO ACETICO	1.00000	0.6894	0.00000	0.00	0.00000	0.00	1.00000	0.6894	0.08060	0.7923
CLORURO DE SODIO	0.00000	0.00	0.00000	0.00	1.00000	0.9907	0.00000	0.00	0.10080	0.9907
OLOLE	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	-	-
METANOL	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00
FRACCIÓN DE VAPOR	0.0000		1.0000		0.0000		0.0000		0.0000	
Temperatura, (°C)	25.0		180.0		25.0		25.0		180.0	
Presión, (kg/cm ² g)	1.00		9.20		1.00		3.5000		1.00	
Flujo Molar, (kgmol/h)	0.69		40.18		0.9907		0.6894		-	
Flujo Masico, (kg/h)	41.4000		723.80		57.90		41.4000		600.24	
Peso Molecular, (kg/kgmol)	60.0526		18.0150		58.44		60.0526		-	
Densidad a P y T, (kg/m ³)	1049.000		999.014		2165.0000		1049.000		-	
Viscosidad, (cP)	0.9282		0.01517		-		0.9276		-	
Capacidad Calorífica, (kcal/kg-C)	0.5207		0.6130		0.2139		0.5210		-	
Entalpía, (kcal/kg)	38.1560		665.178		356.90		38.2430		-	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO										
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN										
EVALUACIÓN TÉCNICA PARA UNA PLANTA PRODUCTORA DE FURFURAL A PARTIR DEL OLOLE DE MAÍZ										
BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA										
CORRIENTE	6		7		8		9		10	
COMPONENTE	FRAC MOL	Kg/mol/h	FRAC MOL	Kg/mol/h	FRAC MOL	Kg/mol/h	FRAC MOL	Kg/mol/h	FRAC MOL	Kg/mol/h
FURFURAL	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00855	0.28	0.00672	0.28
AGUA	0.00000	0.00	0.91020	8.03	0.00000	0.00	0.98550	32.14	0.96950	40.1770
ÁCIDO ACETICO	0.00000	0.0000	0.08980	0.79	0.00000	0.00	0.00000	0.0000	0.01910	0.7923
CLORURO DE SODIO	-	0.99	0.00000	0.00	0.00000	0.0000	0.00000	0.00	0.00000	0.0000
OLOLE	-	-	0.00000	0.00	1.00000	-	0.00000	0.00	0.00000	0.00
METANOL	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00590	0.19	0.00460	0.19
FRACCIÓN DE VAPOR	0.0000		0.0000		0.0000		1.0000		0.0000	
Temperatura, (°C)	180.0		50.0		50.0		180.0		160.0	
Presión, (kg/cm ² g)	1.00		1.00		1.00		9.2000		7.85	
Flujo Molar, (kgmol/h)	-		8.8277		-		32.6132		804.34	
Flujo Masico, (kg/h)	407.9000		192.34		361.90		612.0000		41.44	
Peso Molecular, (kg/kgmol)	-		21.7880		-		18.7654		19.4093	
Densidad a P y T, (kg/m ³)	-		1011.514		-		4.494		907.7	
Viscosidad, (cP)	-		0.56650		-		0.0155		0.1714	
Capacidad Calorífica, (kcal/kg-C)	-		0.8820		-		0.1776		0.9890	
Entalpía, (kcal/kg)	-		48.640		-		11,996.1611		153.4940	



“Evaluación Técnica Para Una Planta Productora De Furfural A Partir Del Olole De Maíz”

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO										
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN										
EVALUACIÓN TÉCNICA PARA UNA PLANTA PRODUCTORA DE FURFURAL A PARTIR DEL OLOLE DE MAÍZ										
BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA										
CORRIENTE	11		12		13		14		15	
COMPONENTE	FRAC MOL	Kg/mol/h	FRAC MOL	Kg/mol/h	FRAC MOL	Kg/mol/h	FRAC MOL	Kg/mol/h	FRAC MOL	Kg/mol/h
FURFURAL	0.00672	0.2787	0.09170	0.2787	0.09170	0.2787	0.78890	0.27	0.00390	0.01
AGUA	0.96950	40.1770	0.90830	2.76	0.90830	2.76	0.21110	0.07	0.99610	2.5494
ÁCIDO ACETICO	0.01910	0.7923	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00
CLORURO DE SODIO	0.00000	0.0000	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00
OLOLE	0.00000	0.0000	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00
METANOL	0.00460	0.1929	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00
FRACCIÓN DE VAPOR	0.0000		1.0000		0.0000		0.0000		0.0000	
Temperatura, (°C)	100.0		110.0		98.0		98.0		98.0000	
Presión, (kg/cm ² g)	3.10		1.40		1.00		1.0000		1.0000	
Flujo Molar, (kgmol/h)	804.34		0.1561		0.1561		0.3400		2.5594	
Flujo Masico, (kg/h)	41.44		74.0932		74.0932		27.2042		46.8890	
Peso Molecular, (kg/kgmol)	19.4093		19.4659		19.4659		80.0120		18.3200	
Densidad a P y T, (kg/m ³)	0.961		-		968.5590		1070.189		961.0180	
Viscosidad, (cP)	0.2844		0.01277		0.2919		0.6358		0.2870	
Capacidad Calorífica, (kcal/kg-C)	0.9610		0.3600		0.9540		0.4580		0.9950	
Entalpía, (kcal/kg)	95.0190		599.595		92.75		42.4420		96.9090	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO										
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN										
EVALUACIÓN TÉCNICA PARA UNA PLANTA PRODUCTORA DE FURFURAL A PARTIR DEL OLOLE DE MAÍZ										
BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA										
CORRIENTE	16		17		18		19		20	
COMPONENTE	FRAC MOL	Kg/mol/h	FRAC MOL	Kg/mol/h	FRAC MOL	Kg/mol/h	FRAC MOL	Kg/mol/h	FRAC MOL	Kg/mol/h
FURFURAL	0.00000	0.0000	0.00000	0.0000	0.00000	0.0000	0.78890	0.27	0.00000	0.00
AGUA	1.00000	32.1770	1.00000	32.1770	0.84170	5.24	0.21110	0.07	1.00000	0.0646
ÁCIDO ACETICO	0.00000	0.0000	0.00000	0.00	0.12730	0.7923	0.00000	0.00	0.00000	0.00
CLORURO DE SODIO	0.00000	0.0000	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00
OLOLE	0.00000	0.0000	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00
METANOL	0.00000	0.0000	0.00000	0.00	0.03100	0.1929	0.00000	0.00	0.00000	0.00
FRACCIÓN DE VAPOR	0.0000		1.0000		0.1496		0.0000		1.0000	
Temperatura, (°C)	100.0		120.0		110.0		97.0		100.0000	
Presión, (kg/cm ² g)	1.80		1.80		1.80		1.0330		1.0330	
Flujo Molar, (kgmol/h)	32.18		32.1800		6.2252		0.3400		0.0646	
Flujo Masico, (kg/h)	579.68		579.68		148.1600		27.2042		0.0016	
Peso Molecular, (kg/kgmol)	18.0153		18.0153		49.7430		80.0120		18.0150	
Densidad a P y T, (kg/m ³)	950.710		993.960		2875.4930		1070.189		999.0140	
Viscosidad, (cP)	0.2547		0.01297		0.0112		0.6358		0.0270	
Capacidad Calorífica, (kcal/kg-C)	1.0100		0.5090		0.3200		0.4580		1.0000	
Entalpía, (kcal/kg)	110.2000		646.894		-		42.4420		100.1200	



“Evaluación Técnica Para Una Planta Productora De Furfural A Partir Del Olole De Maíz”

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO										
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN										
EVALUACIÓN TÉCNICA PARA UNA PLANTA PRODUCTORA DE FURFURAL A PARTIR DEL OLOLE DE MAÍZ										
BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA										
CORRIENTE	21		22		23		24		25	
COMPONENTE	FRAC MOL	Kgmol/h	FRAC MOL	Kgmol/h	FRAC MOL	Kgmol/h	FRAC MOL	Kgmol/h	FRAC MOL	Kgmol/h
FURFURAL	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.98000	0.27	0.98000	0.27
AGUA	1.00000	0.0646	1.00000	0.0646	1.00000	0.0646	0.00200	0.05	0.00200	0.05
ÁCIDO ACETICO	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00
CLORURO DE SODIO	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00
OLOTE	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00
METANOL	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00
FRACCIÓN DE VAPOR	0.0000		0.0000		0.0000		0.0000		1.0000	
Temperatura, (°C)	40.0000		40.0000		40.0000		160.0		180.0000	
Presión, (kg/cm ² g)	0.7000		0.7000		2.0000		1.4000		1.4000	
Flujo Molar, (kgmol/h)	0.0646		0.0646		0.0646		0.2700		0.2700	
Flujo Masico, (kg/h)	0.0016		0.0016		0.0016		25.9432		25.9432	
Peso Molecular, (kg/kmol)	18.0150		18.0150		18.0150		96.0860		96.0860	
Densidad a P y T, (kg/m ³)	989.4160		989.4160		989.9900		1164.231		1166.40	
Viscosidad, (cP)	0.6711		0.6711		0.6810		0.6401		0.0124	
Capacidad Calorífica, (kcal/kg-C)	0.9980		0.9980		0.9990		0.4650		0.3040	
Entalpía, (kcal/kg)	40.0660		40.0660		41.0566		67.5370		177.3549	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO										
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN										
EVALUACIÓN TÉCNICA PARA UNA PLANTA PRODUCTORA DE FURFURAL A PARTIR DEL OLOLE DE MAÍZ										
BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA										
CORRIENTE	26		27		28		29		-	
COMPONENTE	FRAC MOL	Kgmol/h	FRAC MOL	Kgmol/h	FRAC MOL	Kgmol/h	FRAC MOL	Kgmol/h	FRAC MOL	Kgmol/h
FURFURAL	0.98000	0.27	0.98000	0.27	0.98000	0.27	0.00000	0.00		
AGUA	0.00200	0.05	0.00200	0.05	0.00200	0.05	1.00000	0.0646		
ÁCIDO ACETICO	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00		
CLORURO DE SODIO	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00		
OLOTE	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00		
METANOL	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00	0.00000	0.00		
FRACCIÓN DE VAPOR	0.0000		0.0000		0.0000		0.0000			
Temperatura, (°C)	160.0		38.0		38.0		40.0000			
Presión, (kg/cm ² g)	1.4000		1.00		1.00		2.0000			
Flujo Molar, (kgmol/h)	0.2700		0.2700		0.2700		0.0646			
Flujo Masico, (kg/h)	25.9432		25.9432		25.9432		0.0016			
Peso Molecular, (kg/kmol)	96.0860		96.0860		96.0860		18.0150			
Densidad a P y T, (kg/m ³)	1164.231		1141.300		1141.300		989.9900			
Viscosidad, (cP)	0.6401		1.30456		1.30456		0.6810			
Capacidad Calorífica, (kcal/kg-C)	0.4650		0.4000		0.4000		0.9990			
Entalpía, (kcal/kg)	67.5370		14.796		14.796		41.0566			



“Evaluación Técnica Para Una Planta Productora De Furfural A Partir Del Olotte De Maíz”

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN Evaluación Técnica para una Planta Productora de Furfural a partir del Olotte de Maíz					HOJAS DE DATOS DE PROCESO PARA REACTORES		
CLIENTE					Proyecto: FVM-100		
PLANTA PLANTA PRODUCTORA DE FURFURAL					Hoja: 1 de 1		
LOCALIZACIÓN TULA DE ALLENDE, HIDALGO					Req. No:		
CLAVE DEL EQUIPO DC-101					No. de Unidades: 1		
SERVICIO DIGESTOR ÁCIDO					Posición Vertical		
Tipo de Fluido	Líquido: Ácido acético Vapor o Gas: AGUA	Flujo: 41.40 L/h 1.81 m ³ /h			Densidad: 1049.00 kg/m ³ 4.6 kg/m ³		
Temperatura Operación:	180 °C	Máxima: 200 °C			Diseño: 215 °C		
Presión Operación:	9.2	Diseño: 10.58			Cap. Nom.: - BLS		
Dimensiones Longitud (T-T):	2134 mm	Diametro: 1829 mm			Cap. Total: 6.167 m ³		
Nivel Máximo:	1814 mm	Normal: 1393 mm			Mínimo: 610 mm		
Alarmas Alto Nivel:	1573 mm	Bajo Nivel: 911 mm			Nivel de Paro: - mm		
Aislamiento	Si	Agitación	No	Calentamiento	No	Zona Sísmica:	No
Direcc. Vientos Dominantes -					Velocidad Vientos Dom -		
Material de la Placa					Acero Inoxidable		
BOQUILLAS					NOTAS		
No.	Cantidad	D. Nom.	Servicio	(1) Acotaciones en mm (2) Por Fabricante			
1A	1		ENTRADA DE VAPOR				
1B	1		ENTRADA DE ÁCIDO ACETICO				
2	1		SALIDA DE PRODUCTO A EA-101				
3	1		VENTEO				
4	1		REGISTRO HOMBRE CUERPO				
5	1		ESCOTILLA DE MUESTREO				
6	1		VENTEO DE EMERGENCIA				
7	1		SALIDA DE RESIDUO				

Revisión	0	1	2	3	4	5	6
Fecha:							
Elaboró:	JLMH						
Revisó:	MAGC						



"Evaluación Técnica Para Una Planta Productora De Furfural A Partir Del Olote De Maíz"

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN				HOJAS DE DATOS DE PROCESO PARA RECIPIENTES			
CLIENTE				Proyecto: FVM-100			
PLANTA PLANTA PRODUCTORA DE FURFURAL				Hoja: 1 de 1			
LOCALIZACIÓN TULA DE ALLENDE, HIDALGO				Req. No:			
CLAVE DEL EQUIPO FB-101				No. de Unidades: 1			
SERVICIO TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ÁCIDO ACETICO				Posición Vertical			
Tipo de Fluido	Líquido:	Ácido acético	Flujo:	39.50	L/h	Densidad:	1049.00 kg/m ³
	Vapor o Gas:	-	Flujo:	-	m ³ /h	Densidad:	- kg/m ³
Temperatura Operación:	25	°C	Máxima:	38	°C	Diseño:	53 °C
Presión Operación:	ATM		Diseño:	ATM		Cap. Nom.:	- BLS
Dimensiones Longitud (T-T):	3257	mm	Diametro:	3668	mm	Cap. Total:	37.26 m ³
Nivel Máximo:	2768	mm	Normal:		mm	Mínimo:	488 mm
Alarmas Alto Nivel:	2668	mm	Bajo Nivel:	605	mm	Nivel de Paro:	556 mm
Aislamiento	No	Agitación	No	Calentamiento	No	Zona Sísmica:	No
Direcc. Vientos Dominantes -				Velocidad Vientos: -			
Material de la Placa				Acero al Carbón			
BOQUILLAS				NOTAS			
No.	Cantidad	D. Nom.	Servicio	(1) Acotaciones en mm			
1	1		ENTRADA DE ÁCIDO ACETICO	(2) Por Fabricante			
2	1		SALIDA DE ÁCIDO A GA-101				
3	1		REGISTRO HOMBRE Y VENTEO				
4	1		REGISTRO HOMBRE CUERPO				
5	1		ESCOTILLA DE MEDICIÓN Y MUESTREO				
6	1		VENTEO				
7	1		DRENAJE DE TANQUE				
8 A/B	2		INDICADOR DE NIVEL				

Revisión	0	1	2	3	4	5	6
Fecha:							
Elaboró:	JLMH						
Revisó:	MAGC						




“Evaluación Técnica Para Una Planta Productora De Furfural A Partir Del Olote De Maíz”

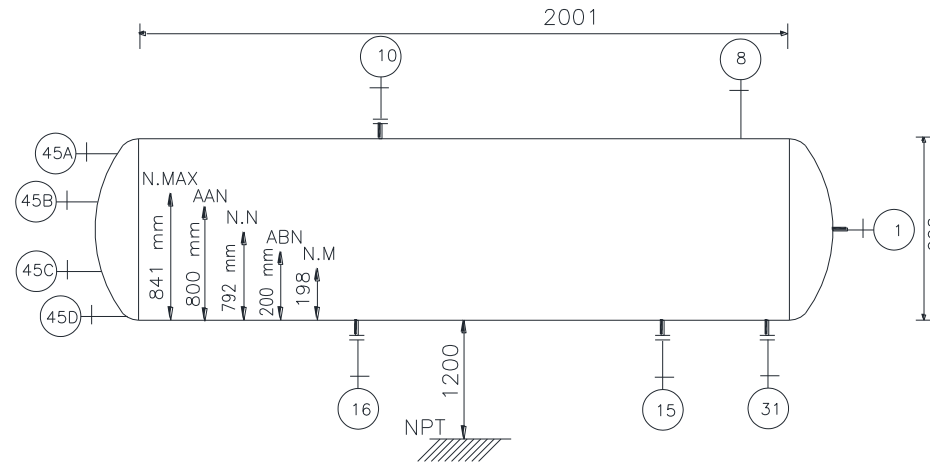
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN		HOJAS DE DATOS DE PROCESO PARA RECIPIENTES					
CLIENTE		Proyecto: FVM-100					
PLANTA PLANTA PRODUCTORA DE FURFURAL		Hoja: 1 de 1					
LOCALIZACIÓN TULA DE ALLENDE, HIDALGO		Req. No:					
CLAVE DEL EQUIPO FA-102		No. de Unidades: 1					
SERVICIO TANQUE DE SEPARACION DE FURFURAL		Posición: Horizontal					
Tipo de Fluido	Líquido: Furfural/Agua	Flujo: 0.07	m3/h			Densidad: 996.34	kg/m3
	Vapor o Gas: -	Flujo: -	m3/h			Densidad: -	kg/m3
Temperatura Operación: 98	°C		Máxima: 110	°C			Diseño: 125
Presión Operación: 1	kg/cm2 man		Máxima: 3.5	kg/cm2 man			Diseño: 3.5 kg/cm2 man + V.T
Dimensiones Longitud (T-T): 2018	mm		Diametro: 1112	mm			Cap. Total: 4.05
Nivel Máximo: 945	mm		Normal: 890	mm			Mínimo: 180
Alarmas Alto Nivel: 920	mm		Bajo Nivel: 222	mm			Nivel de Paro: -
Materiales Carcaza: A.C.	Tapas	A.C.		Malla Separadora: SI	Espesor	-	mm
Tipo Circular	Diametro: -	mm		Tipo Rectangular	Largo	-	mm
Corrosión Permissible	Carcaza	-	mm	Tapas	-	mm	Recubrimiento Int. -
Relevado de Esfuerzos	No		Estampado ASME			-	
BOQUILLAS				NOTAS			
No.	Cantidad	D. Nom.	Servicio	(1) Acotaciones en mm			
1	1	590	Registro de Hombre	(2) Por Fabricante			
8	1	190	Venteo				
10	1	205	Alimentación de EA-103				
15	1	102	Salida de Furfural a GA-104				
16	1	102	Salida de Agua a DA-101				
31	1	76	Drene				
45 A/D	4	51	Instrumentos de Nivel				

Revisión	0	1	2	3	4	5	6
Fecha:							
Elaboró:	JLMH						
Revisó:	MAGC						



“Evaluación Técnica Para Una Planta Productora De Furfural A Partir Del Olote De Maíz”

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN		HOJAS DE DATOS DE PROCESO PARA RECIPIENTES						
CLIENTE		Proyecto: FVM-100						
PLANTA		PLANTA PRODUCTORA DE FURFURAL						
LOCALIZACIÓN		TULA DE ALLENDE, HIDALGO						
CLAVE DEL EQUIPO		FA-104						
SERVICIO		TANQUE DE RESIDUOS ACUOSOS						
Tipo de Fluido	Líquido:	AGUA	Flujo:	0.01	m ³ /h	Densidad:	989.42	kg/m ³
	Vapor o Gas:	-	Flujo:	-	m ³ /h	Densidad:	-	kg/m ³
Temperatura Operación:	40	°C	Máxima:	100	°C	Diseño:	115	°C
Presión Operación:	0.7	kg/cm ² man	Máxima:	2	kg/cm ² man	Diseño:	3.5 kg/cm ² man + V.T	
Dimensiones Longitud (T-T)	2001	mm	Diametro:	990	mm	Cap. Total:	1.56	m ³
Nivel Máximo:	841	mm	Normal:	792	mm	Mínimo:	198	mm
Alarmas Alto Nivel:	800	mm	Bajo Nivel:	200	mm	Nivel de Paro:	200 mm	
Materiales Carcaza:	A.C.	Tapas	A.C.	Malla Separadora:	No	Espesor	-	mm
Tipo Circular Diametro:	-	mm	Tipo Rectang Largo	-	mm	Ancho	-	mm
Corrosión Permisible	Carcaza	-	mm	Tapas	-	mm	Recubrimiento Int.	-
Relevado de Esfuerzos	No		Estampado ASK			-		
BOQUILLAS				NOTAS				
No.	Cantidad	D. Nom.	Servicio	(1) Acotaciones en mm				
1	1	590	Registro de Hombre	(2) Por Fabricante				
8	1	210	Venteo					
10	1	305	Alimentación de EA-101					
15	1	102	Salida de producto a DA-101					
31	1	76	Drene					
45 A/D	4	51	Instrumentos de Nivel					



Revisión	0	1	2	3	4	5	6
Fecha:							
Elaboró:	JLMH						
Revisó:	MAGC						



“Evaluación Técnica Para Una Planta Productora De Furfural A Partir Del Olote De Maíz”

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN <i>Evaluación Técnica para una Planta Productora de Furfural a partir del Olote de Maíz</i>		HOJAS DE DATOS DE PROCESO PARA INTERCAMBIADORES DE CALOR	
CLIENTE			Proyecto: FVM-100
PLANTA	PLANTA PRODUCTORA DE FURFURAL		Hoja: 1 de 1
LOCALIZACIÓN	TULA DE ALLENDE, HIDALGO		Req. No:
CLAVE DEL EQUIPO	EA-101		No. de Unidades: 1
SERVICIO	CONDENSADOR DE VAPORES DE REACTOR		
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
	LADO CORAZA		LADO TUBOS
Tipo de Fluido	VAPOR DE AGUA SATURADO CON FURFURAL		AGUA DE ENFRIAMIENTO
Flujo Másico Total kg/hr	612		91409 x 1.1
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA SALIDA
Flujo Másico Líquido kg/hr	-	612	91409 91409
Densidad Líquido a P.T. kg/m ³	-	903.517	- 685.86
Conductividad Térmica Líquido kcal/hr m	-	0.43	0.1 0.08
Viscosidad Líquido. cP	-	0.1648	0.57 0.28
Calor Específico kcal/kg °C	-	1.012	0.48 0.56
Peso Molecular	-	18.765	133.84 133.84
Flujo Másico Vapor kg/hr	612	-	- -
Densidad Vapor a P.T. kg/m ³	4.494	-	- -
Conductividad Térmica Vapor kcal/hr m	0.027	-	- -
Viscosidad Vapor. cP	0.015	-	- -
Calor Latente kcal/kg	-	-	- -
Peso Molecular	18.765	18.765	- -
Temperatura °C	180	165	38 115
Presión de Operación kg/cm ² man	9.2	8.85	5.4 4.7
No. de Pasos			
Caída de Presión Permisible kg/cm ²	0.3515		0.7
Factor de Ensuciamiento h m ² °C/kcal	-		-
Carga Térmica Requerida MMkcal/hr			0.292
Coef. Total de T. Calor Kcal/h m ² °C	Calculado	Requerido	
CONSTRUCCIÓN			
Presión de Diseño kg/cm ² man			
Temperatura de Diseño kg/cm ² man			
Tipo de Intercambiador de Calor			Pitch/Arreglo mm
Tubos	Material	Numero	D. Externo mm BWG Longitud mm
Coraza	Material	Diametro interno mm	
Material	Canal	Soportes	
	Haz de tubos	Mamparas	
Tolerancia a la Corrosión	Lado Coraza	Lado Tubos mm	
Boquillas	Ent. mm	Sal. mm	Ent. mm Sal. mm
Código	Estampado ASME		Protección Cátodica
Aislamiento	Si ()	No ()	Clase
Notas			
(1) Esta hoja corresponde a la condiciones de operación en el Intercambiador de calor			
(2) La definición de que fluido circula por coraza y que fluido circula por tubos se tomo de los criterios que se presentan en el Anexo 2			
(3) El diseño de este equipo no se realizo de forma especifica por lo que no se llenaron los datos de construcción			
(4) Los factores de ensuciamiento se encuentran reportados en la literatura y se presentan en el Anexo 2			
Revisión	0	1	2 3 4 5 6 7 8
Fecha:			
Elaboró:	JLMH		
Revisó:	MAGC		



“Evaluación Técnica Para Una Planta Productora De Furfural A Partir Del Olole De Maíz”

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO									
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN									
Evaluación Técnica para una Planta Productora de Furfural a partir del Olole de Maíz									
HOJAS DE DATOS DE PROCESO PARA BOMBAS CENTRIFUGAS									
GENERALIDADES					CONDICIONES DE OPERACIÓN				
CLIENTE					Fluido	ÁCIDO ACETICO			
PLANTA	PLANTA PRODUCTORA DE FURFURAL A PARTIR DE OLOLE DE MAÍZ				Temperatura de Borr	25	°C	77	°F
CLAVE DEL EQUIPO	GA-101/R				Gravedad Específica	1.0526			
SERVICIO	BOMBA DE SUMINISTRO DE ÁCIDO ACETICO				Presión de Vapor:	1.05	kg/cm2 (abs)	14.98	psia
PROYECTO	FVM-100				Viscosidad:	8.80E-04	Pa s	0.8777	cP
HOJA	1	DE	1		Corrosión/Erosión Ocasionada por:	ÁCIDEZ			
CANTIDAD REQUERIDA	2 (DOS)				Capacidad Normal:	41.4	L/h	0.2	gpm
USO REGULAR: 1 (UNA)	ACCIONADOR: MOTOR				Capacidad de Diseñ:	45.5	m3/h	0.2	gpm
RELEVO: 1 (UNA)	ACCIONADOR: MOTOR				Presión de Descarga:	3.5	kg/cm2 (man)	49.8	psig
					Presión de Succión	0.0	kg/cm2 (man)	0.0	psig
					Presión Diferencial	3.5	kg/cm2 (man)	49.8	psig
					Carga Diferencial	23.7	m	77.7	ft
					NPSH Disponible	10.6	m	34.8	ft
					Potencia Hidraulica	0.4	kW	0.6	HP
FUNCIONAMIENTO									
Tamaño y Tipo									
Curva Propuesta									
NPSH Requerido					N Succión pies de de agua				
Numero de Pasos					RPM:				
Eficiencia a Condiciones Normales					Potencia al Freno (BHP)				
Máxima Potencia al Freno del Impulsor de Diseño									
Máxima Carga de Impulsor de Diseño					m ft				
Caudal Minimo Continuo Estable					m3/h gpm				
CONSTRUCCIÓN									
Carcaza Montaje:					Corte:				
Impulsor Montaje:		Tipo:			Diametro de Diseñ:			Diametro Máximo:	
Chumaceras Radial:			Empuje:						
Sello Mecánico Código API:			Fabricante:						
Plan API 610 Lubricación:			Enfriamiento:						
Cople:					Guada Cople:				
Materiales:									
Boquilla	Succión	Diametro:			Clase ANSI:			Posición:	
	Descarga	Diametro:			Clase ANSI:			Posición:	
MOTOR ELECTRICO									
Fabricante					otección de la Carca.				
Potencia					RPM:				
Voltaje		Fases:			Hertz:				
Chumaceras:					Lubricación:				
TURBINA DE VAPOR									
Fabricante			Modelo:			Gobernador:			
Potencia de Selección					RPM:				
Consumo de Vapor					kg/ HP hr				
Material			Carcaza:			Partes Internas:			
Chumaceras:					Lubricación:				
Notas									
(1) Se considera un sobrediseño del 10%									
(2)Especificaciones de funcionamiento y construcción, así como características de motor eléctrico y/o turbina por diseño Mécanico									
Revisión	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Fecha:									
Elaboró:	JLMH								
Revisó:	MAGC								



“Evaluación Técnica Para Una Planta Productora De Furfural A Partir Del Oloote De Maíz”

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO									
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN									
Evaluación Técnica para una Planta Productora de Furfural a partir del Oloote de Maíz									
HOJAS DE DATOS DE PROCESO PARA BOMBAS CENTRIFUGAS									
GENERALIDADES					CONDICIONES DE OPERACIÓN				
CLIENTE					Fluido				
PLANTA					RESIDUOS ACUOSOS				
PLANTA PRODUCTORA DE FURFURAL A PARTIR DE OLOTE DE MAÍZ					Temperatura de Bombeo:	80	°C	176	°F
					Gravedad Específica:	1.0125			
					Presión de Vapor:	1.00	kg/cm2 (abs)	14.98	psia
CLAVE DEL EQUIPO					Viscosidad:	3.70E-04	Pa s	0.37036	cP
SERVICIO					Corrosión/Erosión				
BOMBA DE RESIDUOS ACUOSOS					Ocasionada por:				
PROYECTO					Capacidad Normal:	0.2	M3/h	0.9	gpm
FVM-100					Capacidad de Diseño (1):	0.2	m3/h	1.0	gpm
HOJA					Presión de Descarga:	9.4	kg/cm2 (man)	133.7	psig
1 DE 1					Presión de Succión:	0.0	kg/cm2 (man)	0.0	psig
CANTIDAD REQUERIDA					Presión Diferencial:	9.4	kg/cm2 (man)	133.7	psig
2 (DOS)					Carga Diferencial:	85.9	m	281.8	ft
USO REGULAR: 1 (UNA)					NPSH Disponible:	-	m	-	ft
ACCIONADOR: MOTOR					Potencia Hidráulica:	0.1	kW	0.1	HP
RELEVO: 1 (UNA)									
ACCIONADOR: MOTOR									
FUNCIONAMIENTO									
Tamaño y Tipo									
Curva Propuesta									
NPSH Requerido					N Succión				
					pies de de agua				
Numero de Pasos					RPM:				
Eficiencia a Condiciones Normales					Potencia al Freno (BHP)				
Máxima Potencia al Freno del Impulsor de Diseño									
Máxima Carga de Impulsor de Diseño					m				
					ft				
Caudal Mínimo Continuo Estable					m3/h				
					gpm				
CONSTRUCCIÓN									
Carcaza					Corte:				
Montaje:					Tipo:				
Impulsor					Diametro de Diseño:				
Montaje:					Diametro Máximo:				
Chumaceras					Empuje:				
Radial:					Fabricante:				
Sello Mecánico					Código API:				
Plan API 610					Lubricación:				
					Enfriamiento:				
Cople:					Guada Cople:				
Materiales:									
Boquilla					Succión				
					Diametro:				
					Clase ANSI:				
					Posición:				
					Descarga				
					Diametro:				
					Clase ANSI:				
					Posición:				
MOTOR ELECTRICO									
Fabricante					Protección de la Carcaza				
Potencia					RPM:				
Voltaje					Fases:				
					Hertz:				
Chumaceras:					Lubricación:				
TURBINA DE VAPOR									
Fabricante					Modelo:				
					Gobernador:				
Potencia de Selección					RPM:				
Consumo de Vapor					kg/ HP hr				
Material					Carcaza:				
					Partes Internas:				
Chumaceras:					Lubricación:				
Notas									
(1) Se considera un sobrediseño del 10%									
(2) Especificaciones de funcionamiento y construcción, así como características de motor eléctrico y/o turbina por diseño Mecánico									
Revisión	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Fecha:									
Elaboró:	JLMH								
Revisó:	MAGC								



“Evaluación Técnica Para Una Planta Productora De Furfural A Partir Del Oloote De Maíz”

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO									
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN									
Evaluación Técnica para una Planta Productora de Furfural a partir del Oloote de Maíz									
HOJAS DE DATOS DE PROCESO PARA BOMBAS CENTRIFUGAS									
GENERALIDADES					CONDICIONES DE OPERACIÓN				
CLIENTE					Fluido	AGUA SATURADA CON FURFURAL			
PLANTA	PLANTA PRODUCTORA DE FURFURAL A PARTIR DE OLOTE DE MAÍZ				Temperatura de Bombeo:	98	°C	208	°F
CLAVE DEL EQUIPO	GA-103/R				Gravedad Específica:	1.0523			
SERVICIO	BOMBA DE RECIRCULACIÓN A DA-101				Presión de Vapor:	-	kg/cm2 (abs)	-	psia
PROYECTO	FVM-100				Viscosidad:	3.17E-01	Pa s	0.3171	cP
HOJA	1	DE	1		Corrosión/Erosión	Ocasionada por:			
CANTIDAD REQUERIDA	2 (DOS)				Capacidad Normal:	0.05	M3/h	0.2	gpm
USO REGULAR: 1 (UNA)	ACCIONADOR: MOTOR				Capacidad de Diseño (1):	0.1	m3/h	0.4	gpm
RELEVO: 1 (UNA)	ACCIONADOR: MOTOR				Presión de Descarga:	3.0	kg/cm2 (man)	42.7	psig
					Presión de Succión:	1.0	kg/cm2 (man)	14.2	psig
					Presión Diferencial:	2.0	kg/cm2 (man)	28.4	psig
					Carga Diferencial:	10.4	m	-	ft
					NPSH Disponible:	-	m	-	ft
					Potencia Hidraulica:	0.1	kW	0.1	HP
FUNCIONAMIENTO									
Tamaño y Tipo									
Curva Propuesta									
NPSH Requerido					N Succión pies de de agua				
Numero de Pasos					RPM:				
Eficiencia a Condiciones Normales					Potencia al Freno (BHP)				
Máxima Potencia al Freno del Impulsor de Diseño									
Máxima Carga de Impulsor de Diseño					m ft				
Caudal Mínimo Continuo Estable					m3/h gpm				
CONSTRUCCIÓN									
Carcaza Montaje:					Corte:				
Impulsor Montaje:		Tipo:			Diametro de Diseño:		Diametro Máximo:		
Chumaceras			Radial:		Empuje:				
Sello Mecánico				Código API:		Fabricante:			
Plan API 610			Lubricación:		Enfriamiento:				
Cople:					Guada Cople:				
Materiales:									
Boquilla		Succión		Diametro:		Clase ANSI:		Posición:	
		Descarga		Diametro:		Clase ANSI:		Posición:	
MOTOR ELECTRICO									
Fabricante					Protección de la Carcaza				
Potencia					RPM:				
Voltaje		Fases:			Hertz:				
Chumaceras:					Lubricación:				
TURBINA DE VAPOR									
Fabricante			Modelo:			Gobernador:			
Potencia de Selección					RPM:				
Consumo de Vapor					kg/ HP hr				
Material			Carcaza:			Partes Internas:			
Chumaceras:					Lubricación:				
Notas									
(1) Se considera un sobrediseño del 10%									
(2) Especificaciones de funcionamiento y construcción, así como características de motor eléctrico y/o turbina por diseño Mecánico									
Revisión	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Fecha:									
Elaboró:	JLMH								
Revisó:	MAGC								



“Evaluación Técnica Para Una Planta Productora De Furfural A Partir Del Olotte De Maíz”

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO									
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN									
Evaluación Técnica para una Planta Productora de Furfural a partir del Olotte de Maíz									
HOJAS DE DATOS DE PROCESO PARA BOMBAS CENTRIFUGAS									
GENERALIDADES					CONDICIONES DE OPERACIÓN				
CLIENTE					Fluido FURFURAL AL 38%				
PLANTA PLANTA PRODUCTORA DE FURFURAL A PARTIR DE OLOTE DE MAÍZ					Temperatura de Bombeo: 98 °C 208 °F				
					Gravedad Específica: 1.1565				
CLAVE DEL EQUIPO GA-104/R					Presión de Vapor: - kg/cm ² (abs) - psia				
					Viscosidad: 6.58E-01 Pa s 0.6358 cP				
SERVICIO BOMBA DE ALIMENTACIÓN A DA-102					Corrosión/Erosión				
					Ocasionada por:				
PROYECTO FVM-100					Capacidad Normal: 0.03 M3/h 0.1 gpm				
					Capacidad de Diseño (1): 0.1 m3/h 0.4 gpm				
HOJA 1 DE 1					Presión de Descarga: 2.0 kg/cm ² (man) 28.4 psig				
					Presión de Succión: 1.0 kg/cm ² (man) 14.2 psig				
CANTIDAD REQUERIDA 2 (DOS)					Presión Diferencial: 1.0 kg/cm ² (man) 14.2 psig				
					Carga Diferencial: 9.4 m - ft				
USO REGULAR: 1 (UNA) ACCIONADOR: MOTOR					NPSH Disponible: - m - ft				
					Potencia Hidraulica: 0.1 kW 0.1 HP				
RELEVO: 1 (UNA) ACCIONADOR: MOTOR									
FUNCIONAMIENTO									
Tamaño y Tipo									
Cuna Propuesta									
NPSH Requerido					N Succión pies de de agua				
Numero de Pasos					RPM:				
Eficiencia a Condiciones Normales					Potencia al Freno (BHP)				
Máxima Potencia al Freno del Impulsor de Diseño									
Máxima Carga de Impulsor de Diseño					m ft				
Caudal Mínimo Continuo Estable					m3/h gpm				
CONSTRUCCIÓN									
Carcaza Montaje:					Corte:				
Impulsor Montaje:		Tipo:			Diametro de Diseño:		Diametro Máximo:		
Chumaceras Radial:			Empuje:						
Sello Mecánico Código API:			Fabricante:						
Plan API 610 Lubricación:			Enfriamiento:						
Cople:					Guada Cople:				
Materiales:									
Boquilla	Succión	Diametro:			Clase ANSI:		Posición:		
	Descarga	Diametro:			Clase ANSI:		Posición:		
MOTOR ELECTRICO									
Fabricante Protección de la Carcaza									
Potencia RPM:									
Voltaje Fases:			Hertz:						
Chumaceras:					Lubricación:				
TURBINA DE VAPOR									
Fabricante Modelo:			Gobernador:						
Potencia de Selección RPM:									
Consumo de Vapor kg/ HP hr									
Material Carcaza:			Partes Internas:						
Chumaceras:					Lubricación:				
Notas									
(1) Se considera un sobrediseño del 10%									
(2) Especificaciones de funcionamiento y construcción, así como características de motor electrico y/o turbina por diseño Mecanico									
Revisión	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Fecha:									
Elaboró:	JLMH								
Revisó:	MAGC								



“Evaluación Técnica Para Una Planta Productora De Furfural A Partir Del Olot De Maíz”

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO									
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN									
Evaluación Técnica para una Planta Productora de Furfural a partir del Olot de Maíz									
HOJAS DE DATOS DE PROCESO PARA BOMBAS CENTRIFUGAS									
GENERALIDADES					CONDICIONES DE OPERACIÓN				
CLIENTE					Fluido	RESIDUOS ACUOSOS			
PLANTA	PLANTA PRODUCTORA DE FURFURAL A PARTIR DE OLOTE DE MAÍZ				Temperatura de Bombeo:	40	°C	104	°F
					Gravedad Especifica:	1			
					Presión de Vapor:	-	kg/cm2 (abs)	-	psia
CLAVE DEL EQUIPO	GA-105/R				Viscosidad:	6.58E-01	Pa s	0.67	cP
SERVICIO	BOMBA DE RECIRCULACIÓN A DA-102				Corrosión/Erosión Ocasionada por:				
					Capacidad Normal:	0.01	M3/h	-	gpm
PROYECTO	FVM-100				Capacidad de Diseño (1):	0.1	m3/h	0.4	gpm
					Presión de Descarga:	2.0	kg/cm2 (man)	28.4	psig
HOJA	1	DE	1		Presión de Succión	1.0	kg/cm2 (man)	14.2	psig
					Presión Diferencial	1.0	kg/cm2 (man)	14.2	psig
CANTIDAD REQUERIDA	2 (DOS)				Carga Diferencial	13.2	m	-	ft
					NPSH Disponible	-	m	-	ft
USO REGULAR: 1 (UNA)	ACCIONADOR: MOTOR				Potencia Hidraulica	0.1	kW	0.1	HP
RELEVO: 1 (UNA)	ACCIONADOR: MOTOR								
FUNCIONAMIENTO									
Tamaño y Tipo									
Curva Propuesta									
NPSH Requerido					N Succión	pies de de agua			
Numero de Pasos					RPM:				
Eficiencia a Condiciones Normales					Potencia al Freno (BHP)				
Máxima Potencia al Freno del Impulsor de Diseño									
Máxima Carga de Impulsor de Diseño					m	ft			
Caudal Minimo Continuo Estable					m3/h	gpm			
CONSTRUCCIÓN									
Carcaza	Montaje:				Corte:				
Impulsor	Montaje:			Tipo:	Diametro de Diseño:		Diametro Máximo:		
Chumaceras				Radial:	Empuje:				
Sello Mecánico				Código API:	Fabricante:				
Plan API 610				Lubricación:	Enfriamiento:				
Cople:					Guada Cople:				
Materiales:									
Boquilla	Succión	Diametro:			Clase ANSI:	Posición:			
	Descarga	Diametro:			Clase ANSI:	Posición:			
MOTOR ELECTRICO									
Fabricante					Protección de la Carcaza				
Potencia					RPM:				
Voltaje		Fases:			Hertz:				
Chumaceras:					Lubricación:				
TURBINA DE VAPOR									
Fabricante			Modelo:			Gobernador:			
Potencia de Selección					RPM:				
Consumo de Vapor					kg/ HP hr				
Material			Carcaza:			Partes Internas:			
Chumaceras:					Lubricación:				
Notas									
(1) Se considera un sobrediseño del 10%									
(2) Especificaciones de funcionamiento y construcción, así como características de motor electrico y/o turbina por diseño Mécanico									
Revisión	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Fecha:									
Elaboró:	JLMH								
Revisó:	MAGC								



7.2.9. Lista de equipo

REACTORES

Clave	Servicio	Características
DC-101	Digestor	LTT=2134mm D = 1829 mm Pop= 9.2 Kg/cm ² Pdis =12 Kg/cm ² Top = 180 °C Tdis =200 °C Material de Const : Acero al C.

TORRES

Clave	Servicio	Características
DA-101	Torre de destilación heteroazeotrópica	LTT=19214 mm D =1100 mm Pop= 1.8 Kg/cm ² Pdis =3.5Kg/cm ² Top = 100 °C Tdis =120 °C Material de Const : Acero al C.
DA-102	Torre deshidratadora	LTT= 8540mm D =907 mm Pop = 2 Kg/cm ² Pdis =4 Kg/cm ² Top = 160 °C Tdis = 185 °C Material de Const : Acero al C.

TANQUES Y RECIPIENTES

Clave	Servicio	Características
FA-101	Tanque de producto intermedio	LTT= 2220 mm D =1525 mm Pop = 3.1 Kg/cm ² Pdis =5 Kg/cm ² Top = 100 °C Tdis = 120 °C Material de Const : Acero al C.
FA-102	Tanque de separación de Furfural	LTT=2018 mm D =1112 mm Pop =1.03 Kg/cm ² Pdis =3 Kg/cm ² Top = 98 °C Tdis = 125 °C Material de Const : Acero al C.
FA-103	Tanque de producto terminado	LTT= 3600 mm D = 1890 mm Pop = 1 Kg/cm ² Pdis =3 Kg/cm ² Top = 38 °C Tdis = 100 °C Material de Const : Acero al C.
FA-104	Tanque de recirculación a torre deshidratadora	LTT= 2001 mm D = 990 mm Pop = 0.7 Kg/cm ² Pdis =2 Kg/cm ² Top = 40 °C Tdis = 115 °C Material de Const : Acero al C.
FB-101	Tanque de almacenamiento de ácido acético	LTT= 3257 mm D = 3668 mm Pop = 1 Kg/cm ² Pdis =3 Kg/cm ² Top = 38 °C Tdis = 60 °C Material de Const : Acero al C..



INTERCAMBIADORES

Clave	Servicio	Características
EA-101	Condensador de vapores de reactor	Qt = 2920 Kcal/h
EA-102	Rehervidor de torre azeotrópica	Qt = 1950 Kcal/h
EA-103	Condensador de torre azeotrópica	Qt = 2100 Kcal/h
EA-104	Enfriador de producto terminado	Qt = 1800 Kcal/h
EA-105	Rehervidor de torre deshidratadora	Qt = 3010 Kcal/h
EA-106	Condensador de torre deshidratadora	Qt = 3300 Kcal/h

BOMBAS

Clave	Servicio	Características
GA-101	Bomba de alimentación de ácido acético	Cap = 4.5 m ³ /h, ΔP = 3.5 Kg/cm ²
GA-102	Bomba de alimentación de residuos líquidos	Cap = 1 m ³ /h, ΔP = 9.4 Kg/cm ²
GA-103	Bomba re-recirculación a torre azeotrópica	Cap = 0.05 m ³ /h, ΔP = 2 Kg/cm ²
GA-104	Bomba de alimentación de torre deshidratadora	Cap = 0.03 m ³ /h, ΔP = 1 Kg/cm ²
GA-105	Bomba re-recirculación a torre deshidratadora	Cap = 0.01 m ³ /h, ΔP = 1 Kg/cm ²

FILTRO

Clave	Servicio	Características
F-101	Filtro prensa de residuos celulósicos	LTT= 2000 mm D = 1500 mm Pop = 1.03 Kg/cm ² Pdis =3 Kg/cm ² Top = 80 °C Tdis = 100 °C Material de Const : Acero al C..

BANDAS TRANSPORTADORAS

Clave	Servicio	Características
H-101	Banda transportadora para cloruro de sodio	LTT= 2500 mm
H-102	Banda transportadora para olote de maíz	LTT= 2500 mm



8. Conclusión

La producción de furfural a partir de olote maíz representa una alternativa atractiva como proceso para el aprovechamiento de residuos y la creación de productos con valor agregado, además en esta propuesta se emplea un ácido débil con un co-catalizador de bajo impacto ambiental, lo cual mejora el proceso tradicional, en el cual se usa ácido sulfúrico o algún otro ácido mineral, provocando serios problemas de contaminación, ataque a las líneas y equipos de proceso, además de que implica una operación unitaria más, que es la neutralización del furfural. Este proceso tradicional es el que más se usa hoy en día alrededor del mundo, y fue desarrollado por Quacker Oats desde hace varias décadas, sin embargo, no es un proceso muy rentable: tiene bajos rendimientos, alto consumo energético (se usan grandes cantidades de vapor). Debido a lo anterior el precio del furfural en el mercado es demasiado alto y no permite su uso final como producto químico o combustible.

El desarrollo de este nuevo proceso permitiría reducir costos de producción, de inversión, y mantenimiento, ya que los reactivos son poco agresivos. Además, representa una atractiva oportunidad de inversión en el mercado nacional, ya que todo el furfural que se encuentra hoy en día en el país proviene del extranjero a precios elevados, por tanto, se tendría todo el mercado libre para la colocación de furfural de origen mexicano, concentrándose en PEMEX, particularmente en la Refinería Ing. Antonio M. Amor de Salamanca, Guanajuato, tal como lo haría FYDSA hace ya varias décadas.

Este estudio técnico muestra el panorama general con respecto a la producción de furfural, métodos de obtención, perfil de mercado nacional, exportaciones, importaciones, ingeniería básica conceptual, para futuros trabajos de investigación más detallados, o desarrollo de ingeniería de detalle por inversionistas interesados en iniciar un proyecto de producción.



9. Glosario

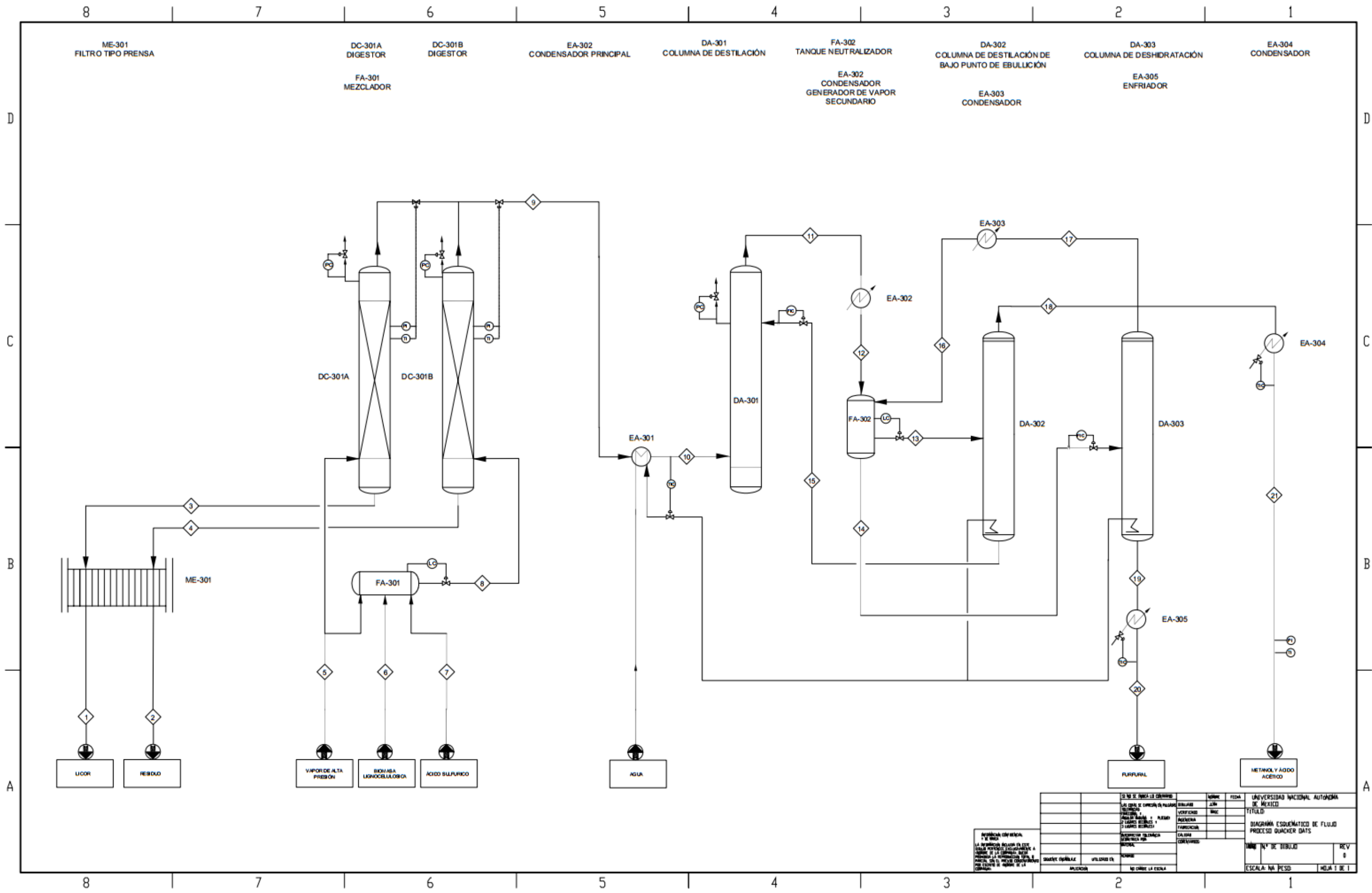
- **Aglutinante:** sustancia que alberga en su seno el pigmento y lo mantiene fijo al soporte. Es el elemento que sirve para cohesionar pigmentos.
- **Aldehído:** compuestos orgánicos caracterizados por poseer el grupo funcional -CHO
- **Azeótropo:** mezcla líquida de composición definida entre dos o más compuestos químicos que hierve a temperatura constante y que se comporta como si estuviese formada por un solo componente.
- **Biomasa:** La biomasa es aquella materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los residuos y desechos orgánicos, susceptible de ser aprovechada energéticamente. Las plantas transforman la energía radiante del sol en energía química a través de la fotosíntesis, y parte de esta energía queda almacenada en forma de materia orgánica.
- **Biocombustible:** Mezcla de sustancias orgánicas que se utiliza como combustible en los motores de combustión interna. Deriva de la biomasa.
- **Celuloide:** Nombre comercial de un material plástico de nitrato de celulosa, que se obtiene usando nitrocelulosa y alcanfor, con añadidos de tintes y otros agentes.
- **Colodiión:** Solución de nitrocelulosa en una mezcla de éter y alcohol usada en cinematografía
- **Colofonia:** Resina natural de color ámbar obtenida de las coníferas por exudación de los árboles en crecimiento.
- **Destilación extractiva:** Destilación en presencia de un componente miscible, de alto punto de ebullición y relativamente no volátil, el disolvente, que no forma azeótropo con los otros componentes de la mezcla.
- **Edáfica:** Existencia de organismos adaptados a las condiciones bajo el suelo
- **Emulsión:** Mezcla de dos líquidos inmiscibles de manera más o menos homogénea. Un líquido es dispersado en otro.
- **Furano:** Compuesto orgánico heterocíclico aromático de cinco miembros con un átomo de oxígeno.
- **Glicerina:** Alcohol que se usa en cosmética por sus propiedades para la piel. Se utiliza para elaborar diversos productos cosméticos como el jabón y otros productos, aunque también se puede obtener para hacer remedios caseros.
- **Gramíneas:** Son una familia de plantas herbáceas, o muy raramente leñosas, perteneciente al orden *Poales* de las *monocotiledóneas*.
- **Miscibilidad:** Término usado en química que se refiere a la propiedad de algunos líquidos para mezclarse en cualquier proporción, formando una disolución.
- **Orgánicos heterocíclicos:** Son compuestos orgánicos cíclicos en los que al menos uno de los de los componentes del ciclo es de un elemento diferente al carbono.



- **Pentosa:** Monosacáridos formados por una cadena de cinco átomos de carbono que cumplen una función estructural.
- **Polisacárido:** Biomoléculas formadas por la unión de una gran cantidad de monosacáridos.
- **Planta perenne:** Aquella que vive durante más de dos años o, en general, florece y produce semillas más de una vez en su vida.
- **Resina termofija:** Son resinas que una vez moldeadas no pueden modificar su forma por cambios de temperatura
- **Trementina:** Líquido volátil e incoloro producido mediante la destilación de la resina, o miera, de diversas especies de coníferas y de varias especies de árboles terebintáceos. Es usada como disolvente de pinturas, y como materia prima para la fabricación de compuestos aromáticos sintéticos y algunos desinfectantes.
- **Xilanas:** Polisacárido constituido por una cadena lineal de residuos de xilosa y diversas ramificaciones y sustituciones.

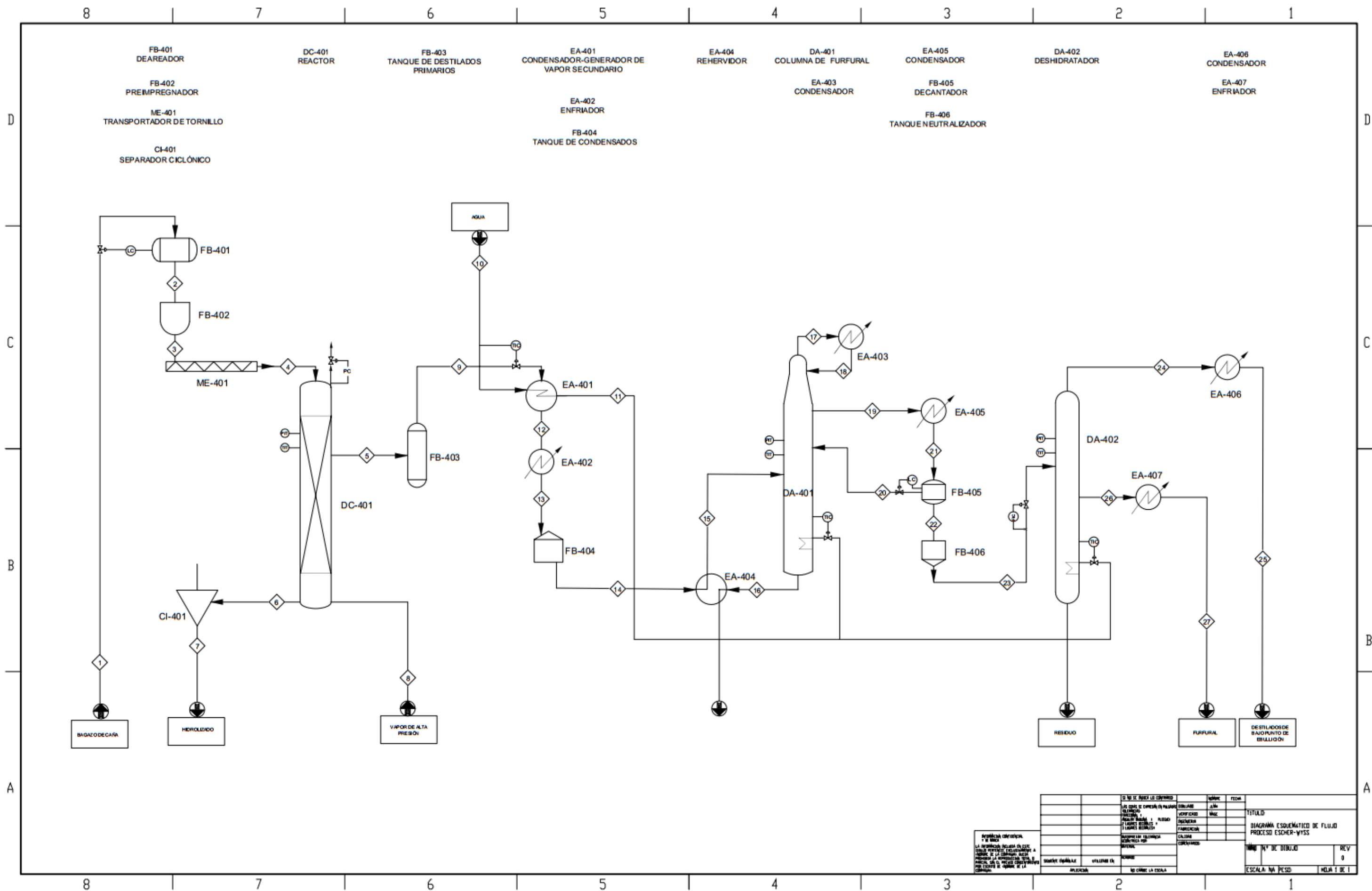


Anexo 1

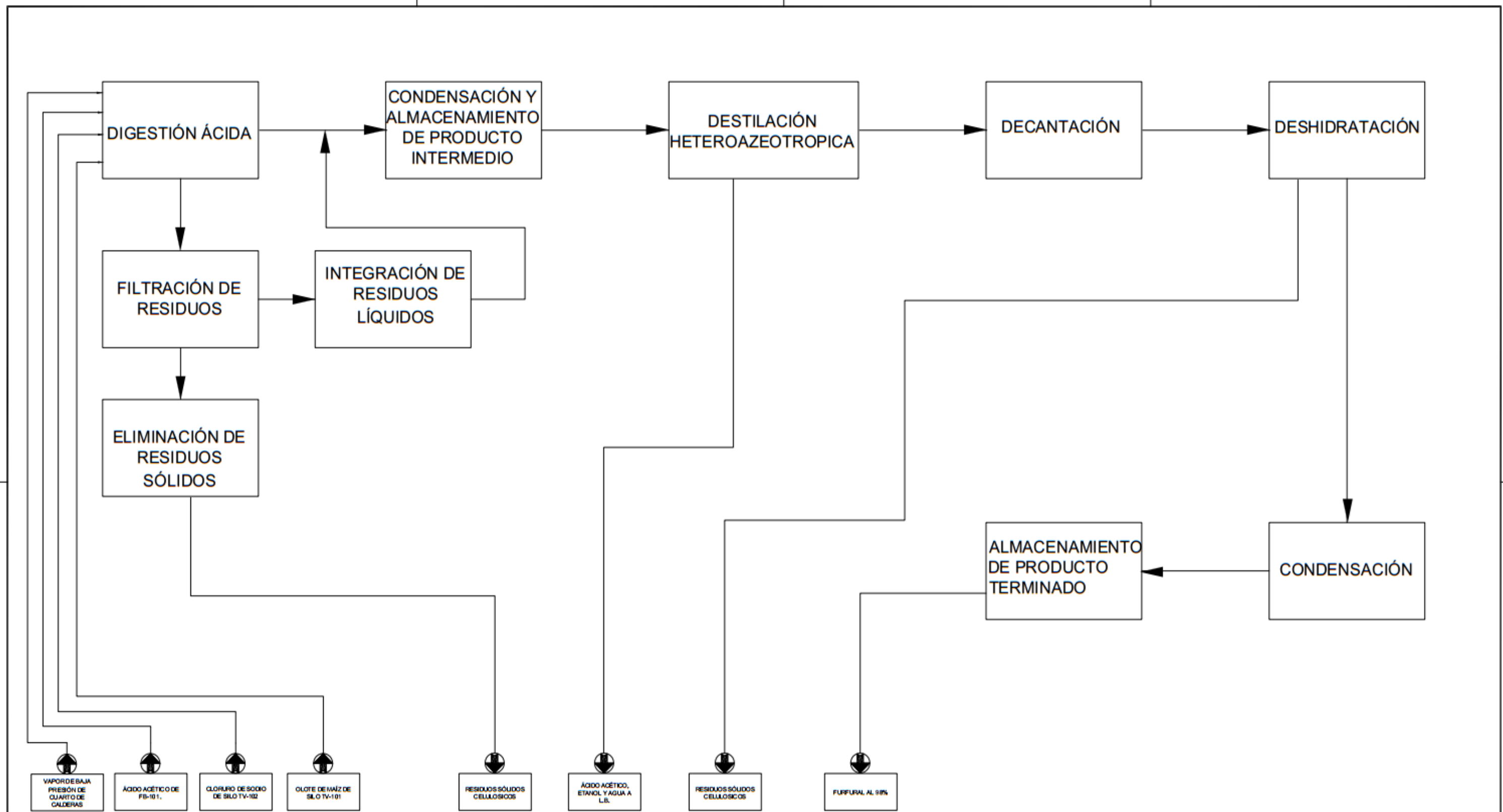


APROBACIÓN OFICIAL
Y DE BOMBA
LA INFORMACIÓN AQUÍ EN ESTE
DISEÑO PERTENECE EXCLUSIVAMENTE A
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO. SE PROHÍBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O
PARCIAL SIN EL PREVIOS CONSENTIMIENTO
POR ESCRITO DE ALGUNO DE LA
COMISIÓN.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS QUÍMICAS	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS QUÍMICAS	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS QUÍMICAS	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS QUÍMICAS
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS QUÍMICAS	LABORATORIO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS QUÍMICAS	LABORATORIO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS QUÍMICAS	LABORATORIO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS QUÍMICAS
PROFESOR ENCARGADO	PROFESOR ENCARGADO	PROFESOR ENCARGADO	PROFESOR ENCARGADO
ALUMNO	ALUMNO	ALUMNO	ALUMNO
FECHA	FECHA	FECHA	FECHA
TÍTULO	TÍTULO	TÍTULO	TÍTULO
DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE FLUIDO	DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE FLUIDO	DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE FLUIDO	DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE FLUIDO
PROCESO QUAKER OATS	PROCESO QUAKER OATS	PROCESO QUAKER OATS	PROCESO QUAKER OATS
ESCALA: NA PESO	ESCALA: NA PESO	ESCALA: NA PESO	ESCALA: NA PESO
HOJA 1 DE 1	HOJA 1 DE 1	HOJA 1 DE 1	HOJA 1 DE 1



SI NO SE HUBIERA LE CORRIDO LA INFORMACION INCLUIDA EN ESTE DOCUMENTO PODRIA SER INCOMPLETA O INCORRECTA.		ELABORADO VERIFICADO DISEÑADO FABRICACION CALIDAD CONTROL	NOMBRE FECHA ESCALA: NA PESO HOJA 1 DE 1
TITULO DIAGRAMA ESQUEMATICO DE FLUJO PROCESO ESCHER-WYSS		APLICACION NO CAMBIE LA ESCALA	REV 0



DESCRIPCIÓN: EDICIÓN PARA AJUSTES						ESTE TRABAJO INCLUYENDO EL MATERIAL INVENTADO O PROPUESTO QUE APARECE EN EL CONTENIDO DE LA MEMORIA, SERÁ DE RESPONSABILIDAD DEL AUTOR Y NO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. EL USO QUE SE HAGA DE ESTE TRABAJO SIN EL CONSENTIMIENTO DEL AUTOR, SE CONSIDERARÁ UN ACTO DE INFRACCIÓN DE LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.						UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN					
REV.	ELABORÓ	REVISÓ	DIBUJÓ	VERIFICÓ	VALIDÓ	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA			FECHA	FECHA	FECHA	
ELABORÓ: JOSÉ LUIS MENDOZA HERNÁNDEZ												OBTENCIÓN DE FURFURAL A PARTIR DE COYTE DE MAÍZ DIAGRAMA DE BLOQUES					
ASESOR: MIGUEL ÁNGEL GARCÍA CAMPOS																	
LUGAR: CUAUTITLÁN (IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO)												MÉXICO					
												ESC.: SIN ACOT.: mm		Dib. No. FVM-100-1		REV. 0	

FB-101
TANQUE DE
ALMACENAMIENTO DE ACIDO
ACETICO
1,828 D X 2,134 L.T.T.

GA-101
BOMBA DE ALIMENTACION DE ACIDO
ACETICO
45 HPH
RPM: 5 kg/cm²

H-102
BANDA TRANSPORTADORA DE
CLOTE DE MAIZ
2,500 L.T.T.

DC-101
DIGESTOR
1,829 D X 2,134 L.T.T.

F-101
FILTRO PRESA DE RESIDUOS

H-101
BANDA TRANSPORTADORA DE
CLORURO DE SODIO
2,500 L.T.T.

EA-101
CONDENSADOR DE VAPORES DE
REACTOR
2,229 Hkcal/h

GA-102
BOMBA DE
ALIMENTACION DE
RESIDUOS LIQUIDOS
1 HPH
DPM: 4 kg/cm²

FA-101
TANQUE DE PRODUCTO
INTERMEDIO
1,225 D X 2,220 L.T.T.

EA-104
ENFRIADOR DE PRODUCTO
TERMINADO
1,814 Hkcal/h

DA-101
TORRE HETEROAZEOTROPICA
1,100 D X 19,214 L.T.T.

EA-103
CONDENSADOR DE TORRE
AZEOTROPICA
2,1 Hkcal/h

FA-102
TANQUE DE SEPARACION DE
FURFURAL
1,112 D X 2,018 L.T.T.

GA-103
BOMBA DE
RECIRCULACION A
TORRE AZEOTROPICA
0,051 HPH
DPM: 2 kg/cm²

GA-104
BOMBA DE ALIMENTACION A
TORRE DESHIDRATADORA
0,03 HPH
DPM: 1 kg/cm²

DA-102
TORRE
DESHIDRATADORA
907 D X 8,540 L.T.T.

EA-105
CONDENSADOR DE TORRE
DESHIDRATADORA
3,3 Hkcal/h

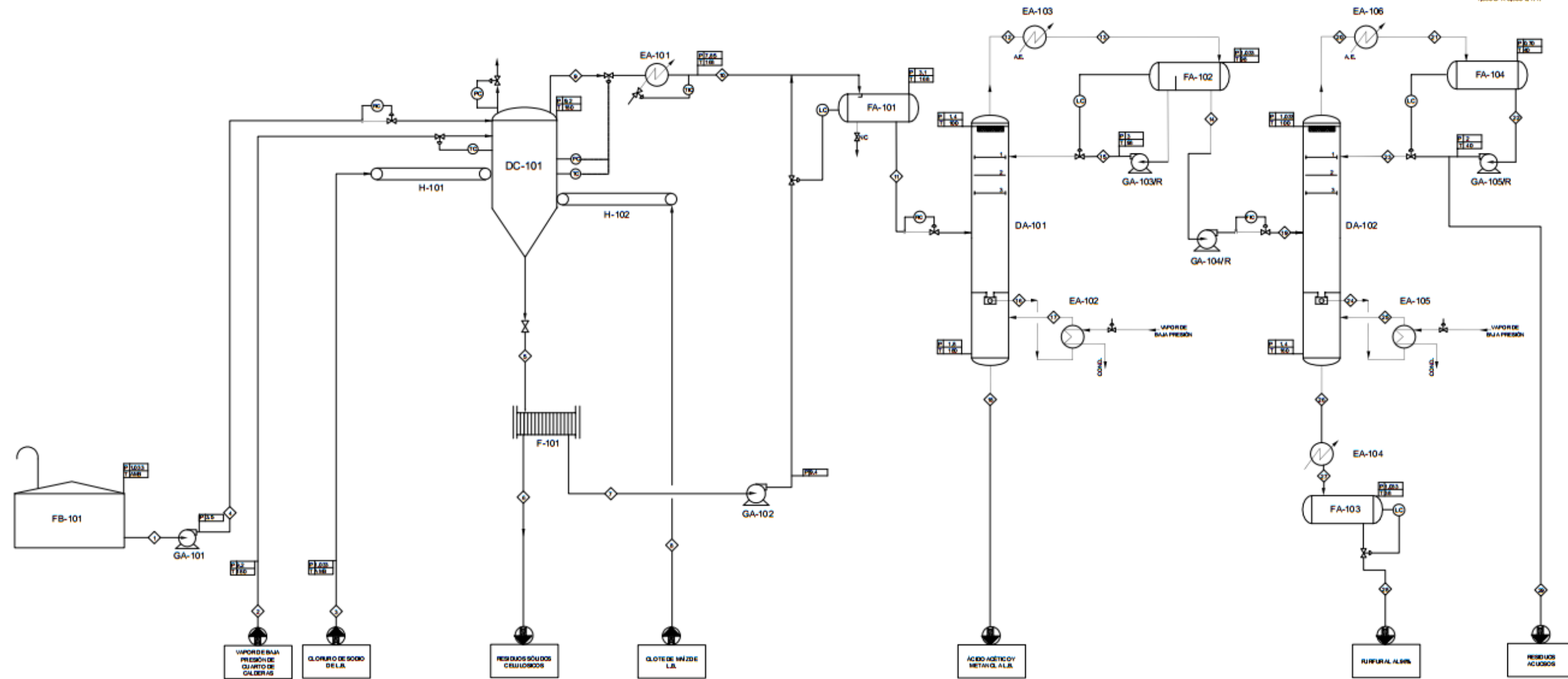
FA-104
TANQUE DE RECIRCULACION
DE TORRE DESHIDRATADORA
990 D X 2,001 L.T.T.

GA-105
BOMBA DE RECIRCULACION A TORRE
DESHIDRATADORA
0,01 HPH
DPM: 1 kg/cm²

EA-106
REHEMOR DE TORRE
DESHIDRATADORA
3 Hkcal/h

FA-103
TANQUE DE PRODUCTO
TERMINADO
1,890 D X 3,000 L.T.T.

NOTAS
P: kg/cm² man.
T: °C



	1	2	3	4	5	6	16	26	26
FASE	LKO	WVP	LKO	LKO	UO	SOL	VAPOR	LKO	LKO
Temperatura (°C)	25	160	25	25	43.30	80	110	40	90
Presión (kg/cm ² abs)	1.0330	9.2000	1	3.5000	22.49	1	1.8000	2.0000	1.4000
Flujo Molar (kgmol/h)	0.6900	40.1800	0.6900	0.6904	176.6	-	5.2552	0.0646	0.3700
Flujo Masico (kg/h)	41.4000	523.1800	57.9000	41.4000	9.623	361.9000	146.1600	0.0016	25.9410
Flujo Molar (kgmol/h)	60.0000	81.0000	81.4000	80.0000	53.86	-	49.7400	16.0450	96.0000
Densidad a P y T, (kg/m ³)	1019	999.8	2.85	1019	931.4	-	2675.9000	999.9000	960.9
COMPOSICION	0.0000	0.0006	0.0000	0.0102	0.1230	-	0.1217	0.0073	1.16
Furfural	0	0	0	0	0.6432	0	0	0	0.3700
AGUA	0	1	0	0	0	0	0.8717	0.0066	0.0500

DESCRIPCION: EDICION PARA AJUSTES.					FECHA	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
					FECHA	
ELABORÓ	MAGC	ASR	MAGC	MAGC	FECHA	OBTENCIÓN DE FURFURAL A PARTIR DE CLOTE DE MAIZ DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO
REVISÓ	ELABORÓ	REVISÓ	DEBIDO	VERIFICÓ	VALIDÓ	
ELABORÓ: JOSÉ LUIS MENDOZA HERNÁNDEZ					ESC.: SIN ACOT. mm	
ASESOR: MIGUEL ÁNGEL GARCÍA CAMPOS					Dib. No. FVM-100-1	
LUGAR: CUAUTITLÁN (IZCALLI), ESTADO DE MÉXICO					REV. 0	

FB-101
TANQUE DE
ALMACENAMIENTO DE ACIDO
AGE 1000
1.630 D X 2.154 L.T.T.

GA-101
BOMBA DE ALIMENTACION DE ACIDO
AGE 1000
45 m³/H
OP +0.5 kg/cm²

H-102
BANDA TRANSPORTADORA DE
CLOTE DE MAIZ
2.800 L.T.T.

DC-101
REACTOR
1.600 D X 2.154 L.T.T.

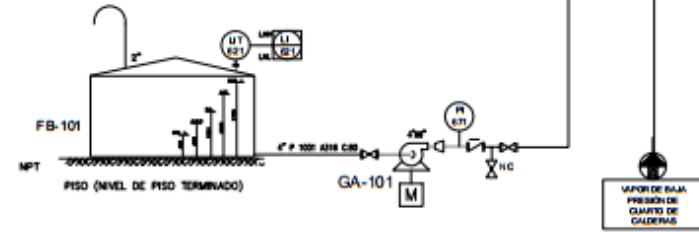
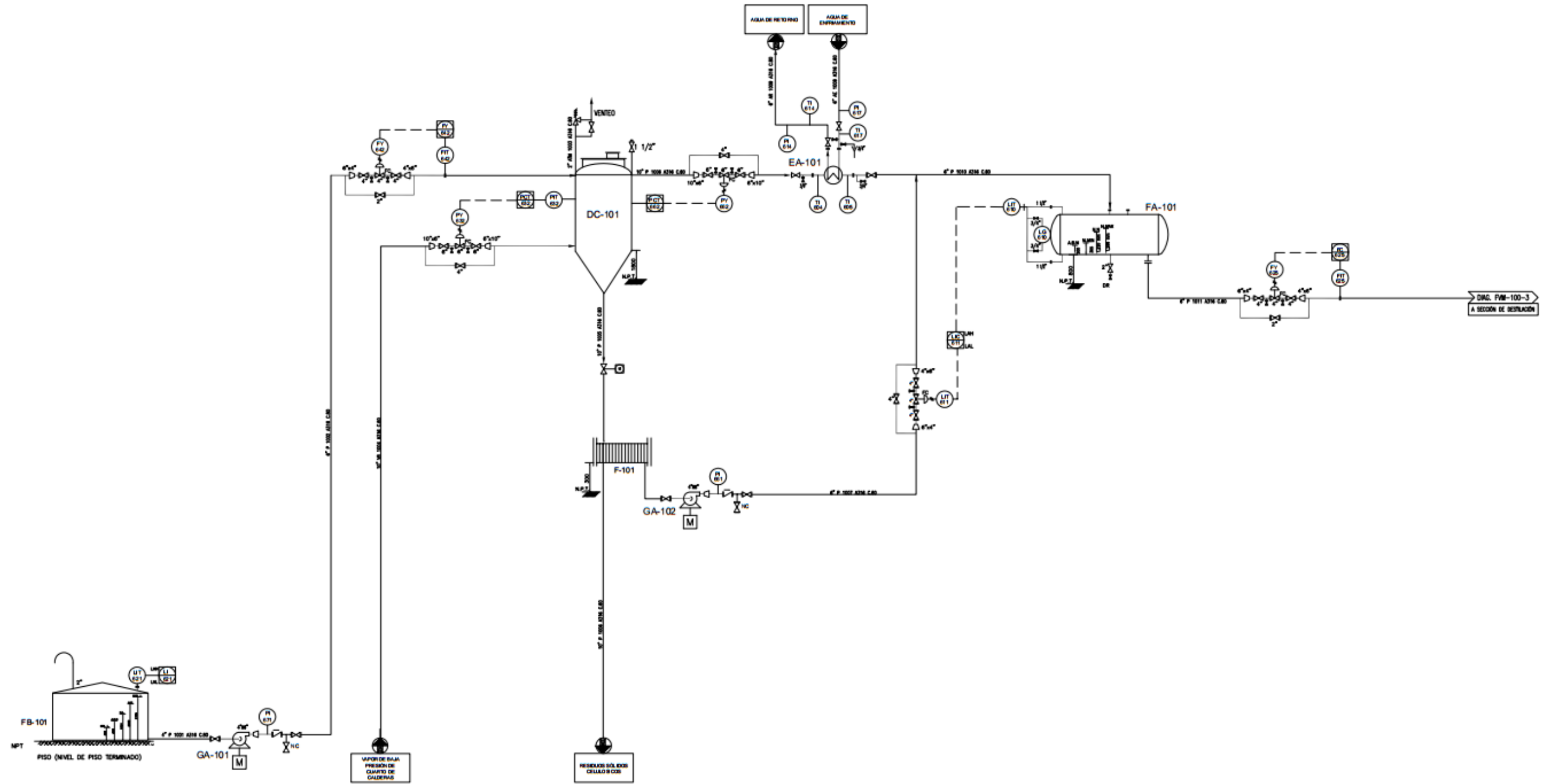
F-101
FILTRO PRESAS DE RESIDUOS

EA-101
CONDENSADOR DE VAPORES DE
REACTOR
2.125 Mm x 6m

GA-102
BOMBA DE ALIMENTACION DE
RESIDUOS LIQUIDOS
1 m³/H
OP +0.4 kg/cm²

FA-101
TANQUE DE PRODUCTO
INTERMEDIO
1.625 D X 2.150 L.T.T.

NOTAS
p. 10/10/2011
T



DESCRIPCION: EDICION PARA AJUSTES						ESTE TRABAJO INCLUYENDO EL MATERIAL ANTERIOR O POSTERIOR QUE APARECE EN EL CONTENIDO, PROPORCIONA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO, P. SU USO EXCLUSIVO, CONDICIONADO A QUE EL USUARIO ACEPTA NO COPIARLO TOTAL O PARCIALMENTE Y NO DISTRIBUIRLO EN EL MERCADO. DECISION DE LA COMISION DE PROTECCION DE LA PATENTE ESPECIFICAMENTE POR DISEÑO POR LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.		UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUHUILAN	
REV.	ELABORÓ	REVISÓ	DESAJÓ	VERIFICÓ	VALIDÓ	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA
	JUMH	MAGC	AJM	MAGC	MAGC				
ELABORÓ: JOSE LUIS MENDOZA HERNANDEZ						ASESOR: MIGUEL ANGEL GARCIA CAMPOS		OBTENCIÓN DE FURFURAL A PARTIR DE CLOTE DE MAIZ DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACIÓN SECCIÓN DE DIGESTIÓN	
LUGAR: CUAUHUILAN (ZACALL, ESTADO DE MEXICO)						MEXICO		ESC: SIN ACOT. REV. 0	
						Dib. No. FVM-100-2		REV. 0	

EA-102
RESERVOIR DE TORRE
AZEOTROPICA
2.50 m³ L.T.T.

DA-101
TORRE AZEOTROPICA
1.100 D X 18114 L.T.T.

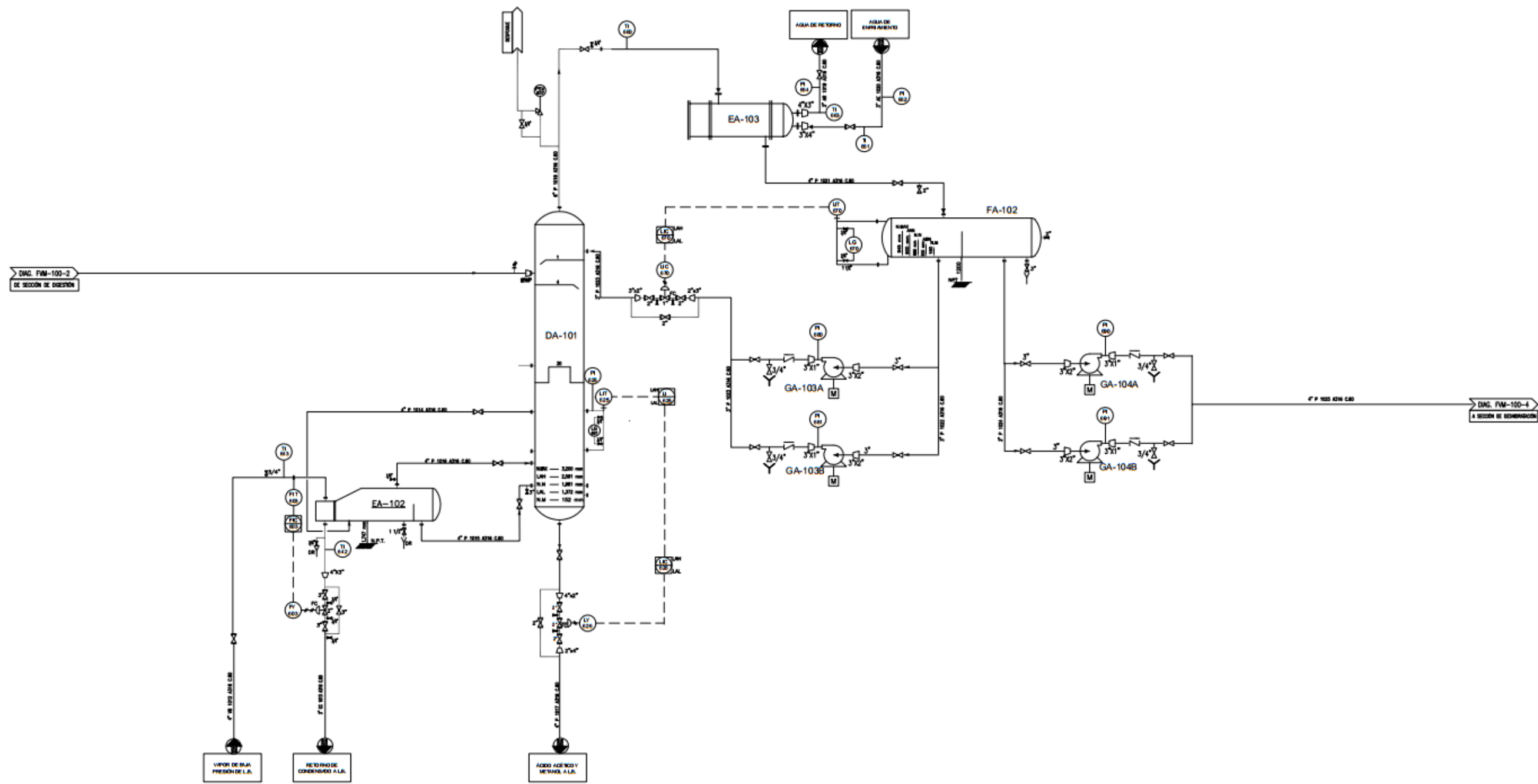
EA-103
CONDENSADOR DE TORRE
AZEOTROPICA
2.1 m³ L.T.T.

GA-103
BOMBA DE RECIRCULACION TORRE
AZEOTROPICA
0.05 m³/H
DP=2.0 kg/cm²

FA-102
TANQUE DE SEPARACION DE
PURPURAL
1.112 D X 2216 L.T.T.

GA-104
BOMBA DE
ALIMENTACION A TORRE
DESEPARACION
0.05 m³/H
DP=1 kg/cm²

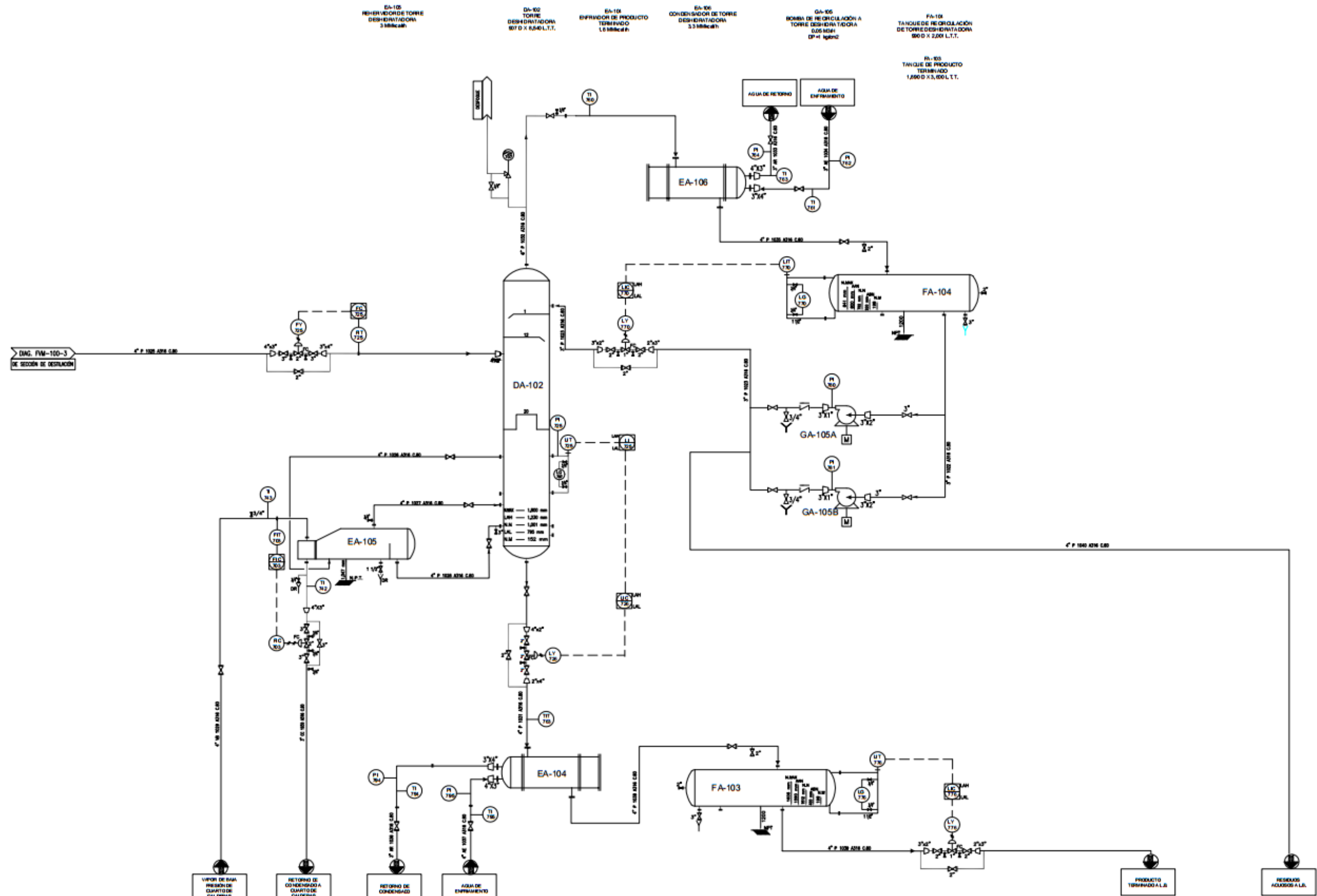
NOTAS
1. P. 10/100 mm
1



DIAG. FVM-100-2
DE SECCION DE DISEÑO

DIAG. FVM-100-4
A SECCION DE DISEÑO

DESCRIPCIÓN/EDICIÓN PARA AJUSTES						ESTE TRABAJO INCLUYENDO EL MATERIAL INVENTARIO O ASISTENTE QUE APARECE EN EL CONTENIDO INFORMACION DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO Y SU USO ESTÁ LIMITADO AL QUE SE USARÁ ASPECTO DE CONSULTA Y/O INFORMACIÓN Y NO SE PUEDE USAR EN EL MÉRITO. SEGURO EN EL PAGO COMO PROPÓSITO QUE EL PRESENTE EMPLEADO POR ESCRITO POR LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.			UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUHTLÁN OBTENCIÓN DE PURPURAL A PARTIR DE OJOTE DE MAÍZ DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN SECCIÓN DE DESTILACIÓN AZEOTROPICA		
REV.	ELABORADO	REVISADO	DIBUJADO	VERIFICADO	VALIDADO	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA
ELABORÓ: JOSÉ LUIS MENDOZA HERNÁNDEZ						ESC.: SIN ADOPT.: mm			MEXICO		
ASESOR: MIGUEL ÁNGEL GARCÍA CAMPOS						Dib. No. FVM-100-3			REV. 0		
LUGAR: CUAUHTLÁN (ZACAL), ESTADO DE MÉXICO											



NOTAS
 p: kg/cm² man
 T: °C

VAPOR DE MAÍZ
 PRESIÓN DE
 CUARTO DE
 CALDERAS

RETORNO DE
 CONDENSADO A
 CUARTO DE
 CALDERAS

RETORNO DE
 CONDENSADO

AGUA DE
 ENFRÍAMENTO

DESCRIPCIÓN: SECCIÓN PARA AJUSTES					ESTE DIBUJO INCLUYENDO EL MATERIAL PATENTADO O PATENTABLE QUE APARECE EN EL COMPLETO ENTENDIMIENTO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO Y SU USO ESTÁ CONSIDERADO "A" QUE EL USUARIO ADOPTA NO COMPROMETE TOTAL, PARCIALMENTE Y NO EXPLÍCITA EN EL MÍNIMO, ESCRITO EN EL PAPEL CERO, MEDICIÓN QUE EL MANTENIMIENTO ESPECÍFICAMENTE POR ESCRITO POR LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.				
REV.	ELABORÓ	REVISÓ	DIBUJÓ	VERIFICÓ	VALIDÓ	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA
	AMH	MNGC	JRH	MNGC	MAGC	FEBRA	FEBRA	FEBRA	FEBRA
ELABORÓ: JOSÉ LUIS MENDOZA HERNÁNDEZ						UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO			
ASESOR: MIGUEL ÁNGEL GARCÍA CAMPOS						FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILAN			
LUGAR: CUAUTILAN, IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO						OBTENCIÓN DE FURFURAL A PARTIR DE CLOTE DE MAÍZ			
						DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN			
						SECCIÓN DE DESHIDRATACIÓN			
						ESC.: SIN			
						AGOT.: mm			
						Dib. No. FVM-100-4			
						REV. 0			



Anexo 2



11. Anexo 2

Manejo y hojas de seguridad de productos y reactivos

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Fundada en la directiva 2001/58/CE de la Comisión de las Comunidades Europeas

FURFURAL

1. Identificación de la sustancia o preparado y del sociedad/empresa

1.1 Identificación de la sustancia o del preparado:

Sinónimos: 2-furaldehído

N° CAS : 98-01-1
N° índice CE : 605-010-00-4 Código NFPA : 3-2-0
N° EINECS : 202-627-7 Masa molecular : 96.09
N° RTECS : LT7000000 Fórmula química : C₅H₄O₂

1.2 Uso de la sustancia o preparado:

Agente de aromatización
Combustible: aditivo
Producto farmacéutico: materia prima
Materia prima química
Agente de impregnación
Solvente

1.3 Identificación de la sociedad/empresa:

International Furano Chemicals B.V.
Rotterdam Airportplein 7
3045 AP Rotterdam
Tel.: +31 10 238 05 55
Fax : +31 10 238 05 50

2. Composición/información sobre los componentes

Componentes peligrosos	N° CAS N° EINECS	Conc. en %	Símbolo de peligro	Riesgos (Frases R)
furfural	98-01-1 202-627-7	> 98	T	21-23/25-36/37-40 (1)

(1) Texto completo de las frases R: véase sección 16

3. Identificación de los peligros

- Nocivo en contacto con la piel
- Tóxico por inhalación y por ingestión.
- Irrita los ojos y las vías respiratorias
- Posibles efectos cancerígenos



FURFURAL

4. Primeros auxilios

- 4.1 Contacto con los ojos:**
- Lavar inmediatamente con abundante agua
 - No utilizar productos neutralizantes
 - Si la irritación persiste consultar al médico/servicio médico
- 4.2 Contacto con la piel:**
- Lavar inmediatamente con abundante agua
 - Puede lavarse con jabón
 - Retirar la ropa antes de lavarse
 - Si la irritación persiste consultar al médico/servicio médico
- 4.3 Después de inhalación:**
- Llevar a la víctima a un espacio ventilado
 - Víctima inconsciente: mantener vías respiratorias abiertas
 - Consultar inmediatamente al médico/servicio médico
- 4.4 Después de ingestión:**
- No dar nunca agua a un paciente sin conocimiento
 - Víctima plenamente consciente: provocar vómito
 - No dar a beber, o poco
 - En caso de malestar: consultar al médico/servicio médico

5. Medidas contra incendios

- 5.1 Medios de extinción adecuados:**
- Agua pulverizada
 - Espuma resistente al alcohol
 - Polvo BC
 - Anhídrido carbónico
- 5.2 Medios de extinción a evitar:**
- Chorro cerrado puede hacer desbordar recipiente
- 5.3 Riesgos especiales:**
- Materia que presenta un riesgo de incendio
 - En combustión: liberación de monóxido de carbono/dióxido de carbono
- 5.4 Instrucciones:**
- Enfriar depósitos con agua pulverizada/llevar a lugar seguro
 - Tener en cuenta los líquidos de extinción tóxicos
 - Moderar el uso de agua, si es posible contenerla
- 5.5 Equipo de protección especial para los bomberos:**
- Calentamiento/fuego: aparato de aire comprimido/oxígeno
 - Calentamiento/fuego: traje antigás



6. Medidas a tomar en caso de derrame accidental

6.1 Equipo de protección/precauciones individuales:

Véase secciones 8.1/8.3/10.3

6.2 Precauciones para la protección del medio ambiente:

- Impedir contaminación del suelo y del agua
- No tirar a la alcantarilla
- Recoger/bombear producto derramado en recipiente apropiado
- Detener el escape cortando el origen
- Contener el líquido derramado

6.3 Métodos de limpieza:

- Absorber líquido derramado en arena/tierra/vermiculita, diatomita, caliza pulverizada o bicarbonato de sodio
- Palear producto absorbido en barriles tapados
- Vaciar las cisternas deterioradas/enfriadas
- Recoger minuciosamente sólidos derramados y residuos
- Entregar producto recogido al fabricante/organismo competente

7. Manipulación y almacenamiento

7.1 Manipulación:

- Evitar/limitar la exposición y/o el contacto
- Conexión a tierra de aparatos
- No tirar los residuos a la alcantarilla
- Retirar de inmediato la ropa contaminada
- Limpiar la ropa contaminada

7.2 Almacenamiento:

- Mantener el recipiente bien cerrado
- Conservar protegido de la luz
- Ventilación a nivel del suelo
- Se necesita una cubeta para recoger derrames líquidos
- Conservar alejado de: fuentes de calor, materias combustibles, agentes de oxidación, ácidos, bases

T° de almacenamiento : 20 °C
Cantidades límite : N.E. kg
Tiempo límite de almacenamiento : N.E. 365 días

Recipiente (selección del material) :

- apropiado : acero, acero inoxidable, aluminio, hierro
- a evitar : materia sintética

7.3 Usos específicos:

- Véase las informaciones facilitadas por el fabricante



8. Controles de la exposición/protección personal

8.1 Valores límites de la exposición:

TLV-TWA	:	mg/m ³	2	ppm
TLV-STEL	:	mg/m ³	-	ppm
TLV-Ceiling	:	mg/m ³		ppm
MEL-LTEL				
MEL-STEL				
MAK				
TRK				
MAC-TGG 8 h				
MAC-TGG 15 min				
MAC-Ceiling				
VME-8 h				
VLE-15 min.				
GWBB-8 h	:	8.0	mg/m ³	2
GWK-15 min.	:	-	mg/m ³	-
Valor momentáneo	:		mg/m ³	ppm
CE	:		mg/m ³	ppm
CE-STEL	:		mg/m ³	ppm

10. Estabilidad y reactividad

10.1 Condiciones que deben evitarse/reactividad:

- Inestable en exposición a la luz
- Inestable al aire

10.2 Materias que deben evitarse:

- Conservar alejado de: fuentes de calor, materias combustibles, agentes de oxidación, ácidos, bases
- Conservar alejado de: materia sintética

8.3 Protección personal:

10.3 Productos d

- Se oxida
- Se descon
- Reacción oxidantes
- Con (algu incendio/
- Polimeriz
- Esta reac
- En combus

8.3.1 protección respiratoria:

- Máscara antigás con filtro tipo A
- Alta concentración de gas/vapor: aparato de aire comprimido/oxígeno

8.3.2 protección de las manos:

- Guantes
- Materias adecuadas:
 - Caucho al butilo
 - PVA
 - Tetrafluoroetileno
 - Viton

- Tiempo de penetración: N.E.

8.3.3 protección ocular:

- Pantalla facial

8.3.4 protección cutánea:

- Ropa de seguridad
- Materias adecuadas:
 - Caucho al butilo
 - PVA
 - Tetrafluoroetileno
 - Viton

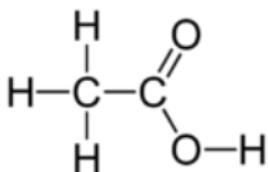


Hoja de datos de seguridad

Ácido acético

Sección 1. Identificación del producto

- **Nombre de la sustancia:** Ácido acético.
- **Número CAS:** 64-19-7.
- **RTECS:** AF1225000.
- **Fórmula química:** C₂H₄O₂.
- **Estructura química:**



- **Masa molar:** 60,05 g/mol
- **Sinónimos:** ácido acético, ácido acético glacial.
- **Usos recomendados:** solvente, regulador de pH y otros.

Sección 2. Identificación del peligro o peligros

Descripción de peligros:



Corrosivo.

Información pertinente a los peligros para el hombre y el ambiente:

Este producto puede generar irritación y quemaduras por contacto en el hombre y otros organismos.

Sistemas de clasificación:

-NFPA(escala 0-4):



-HMIS(escala 0-4):

SALUD	3
INFLAMABILIDAD	2
REACTIVIDAD	0



Sección 3. Composición/información sobre los constituyentes

Composición

Número CAS	Componentes peligrosos	% m/m
64-19-7	Acido acético glacial	99.8 %

Sección 4. Primeros auxilios

Información general:

- **Información general:** Sustancia nociva para la salud, si alguno de estos síntomas se presentan, buscar atención medica de inmediato
- **Contacto ocular:** Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separe los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste repetir el lavado y buscar atención médica.
- **Contacto dérmico:** Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado. Extraer la sustancia con un algodón impregnado de Polietilenglicol 400.
- **Inhalación:** Trasladar a la persona afectada a una atmósfera no contaminada para que respire aire puro. Si no se produce una rápida recuperación, obtener atención médica inmediatamente.
- **Ingestión:** Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua. No inducir el vómito. Mantener la víctima abrigada y en reposo.

Efectos por exposición

- **Contacto ocular:** Puede causar quemaduras irreversibles de la córnea.
- **Contacto dérmico:** Es corrosivo, produce quemaduras, altamente irritante.
- **Inhalación:** Irritación severa de la nariz y la garganta. Altas concentraciones puede causar inflamación en las vías respiratorias (bronconeumonía) y acumulación de fluidos en los pulmones (edema).
- **Ingestión:** Quemaduras e inflamación de la boca, el abdomen, garganta y estomago. En grandes cantidades puede ser fatal; existe peligro de perforación de los tubos digestivos (pleuritis) y del estómago (peritonitis). Las soluciones diluidas como el vinagre, no causan daño.

Sección 5. Medidas de lucha contra incendios

- **Agentes extintores:** Agua en forma de rocío, espuma para alcohol, polvo químico seco o CO₂.
- **Productos peligrosos por combustión:** Monóxido de carbono y dióxido de carbono.
- **Equipo de protección para combatir fuego:** Aparato de respiración autónomo con mascarilla facial completa y traje protector completo.



Sección 6. Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental

- **Precauciones personales, equipo protector y procedimiento de emergencia:** Evacuar o aislar el área de peligro (entre 50 y 100 metros en todas las direcciones), demarcar las zonas. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Usar equipo de protección personal. Ventilar el área. Eliminar toda fuente de ignición. No inhalar los vapores ni tocar el producto derramado.
- **Precauciones relativas al medio ambiente:** No permitir que caiga en fuentes de agua y alcantarillas.
- **Métodos y materiales para la contención y limpieza de vertidos:** Absorber con material inerte como arena o tierra. Recoger y depositar en contenedores con cierre hermético, cerrados, limpios, secos y marcados. Lavar con abundante agua el piso. Neutralizar con soda. Recoger la sustancia utilizando los absorbentes adecuados. Absorbentes Recomendados: vermiculita, salchichas, almohadas.

Sección 7. Manipulación y almacenamiento

- **Manipulación de recipientes:** Usar siempre protección personal así sea corta la exposición o la actividad que realice con el producto. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, beber, ni comer en el sitio de trabajo. Lavarse las manos después de usar el producto. Quitarse la ropa y el equipo protector contaminados antes de entrar en los comedores. Lea las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto. Rotular los recipientes adecuadamente. Manipular alejado de fuentes de ignición y calor.
- **Condiciones de almacenamiento:** Lugares ventilados, frescos, secos y señalizados. Temperatura adecuada 15-25°C. No almacenar por debajo de 12°C. Rotular los recipientes adecuadamente y mantenerlos bien cerrados. Inspeccione periódicamente las áreas de almacenamiento para detectar daños y fugas en los contenedores.

Sección 8. Controles de exposición/ protección personal

Parámetros de control (valores límite que requieren monitoreo)

TWA	25 mg/m ³
STEL	37 mg/m ³

- **Condiciones de ventilación:** Ventilación local y general.
- **Equipo de protección respiratoria:** Equipo de respiración autónomo (SCBA).
- **Equipo de protección ocular:** Gafas de seguridad para químicos a prueba salpicaduras con lente de policarbonato.
Equipo de protección dérmica: Guantes: 4H, vitón, caucho butilo (para 8 horas), caucho de nitrilo (para 4 horas), neopreno (períodos cortos). No recomendados: Caucho natural, PVC, PVA. Delantal revestido de vinilo o caucho, traje en Tivek. Teflón, saranex, responder (para 8 horas), chemrel (para 4 horas). Botas: Caucho de butilo (para 8 horas), caucho de nitrilo (para 4 horas), neopreno (períodos cortos).



Sección 9. Propiedades físicas y químicas

Estado físico	Líquido
Color	Sin color
Olor	olor muy picante (vinagre)
Umbral olfativo	0,037 a 0,15 ppm
pH	1 M = 2,4 0,01 M = 3,4
Punto de fusión	16.6 °C
Punto de ebullición	118 °C
Punto de inflamación	43 °C
Tasa de evaporación	0,24 g/m ² a 25°C y viento a 4,5 m/s
Límites de explosión	Inferior: 5,4 %V/V Superior: 16 %V/V
Presión de vapor a 20°C	11.4 mm Hg
Densidad relativa de vapor (aire=1)	2,07
Densidad relativa (agua=1)	1,05
Solubilidad en agua	Miscible
Solubilidad en otros disolventes	Soluble en alcohol, glicerina y éter. Insoluble en sulfuro de carbono
Coefficiente de reparto n-octanol/agua (Log pow)	-0,31 -0,17
Temperatura de autoinflamación	426 °C

Sección 10. Estabilidad y reactividad

- **Reactividad:** Corrosivo.
- **Estabilidad:** Estable bajo condiciones normales.
- **Incompatibilidad:** Puede reaccionar violentamente con materiales oxidantes incluyendo acetaldehído, cromatos, otros ácidos, fosfatos, carbonatos, permanganatos, peróxidos, tricloruro de fósforo, metales, óleum, hidróxido de sodio y combustibles, metales.
- **Productos de polimerización:** No ocurrirá.
- **Productos peligrosos de la descomposición:** CO. CO₂.

Sección 11. Información toxicológica

- **Toxicidad agua:** Compuesto poco contaminante del agua (1 según Clasificación Alemana).
- **Corrosión/irritación cutáneas:** Sí.
- **Lesiones oculares graves/irritación ocular:** Sí.
- **Sensibilización respiratoria o cutánea:** Sí.
- **Mutagenicidad en células germinales:** No.
- **Carcinogenicidad:** No.

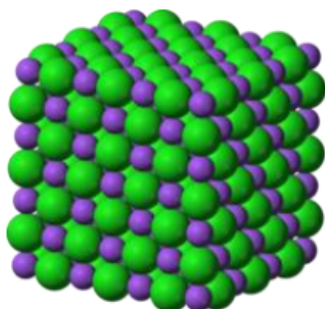
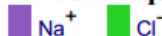


Hoja de datos de seguridad

Cloruro de Sodio

Sección 1. Identificación del producto

- **Nombre de la sustancia:** Cloruro de sodio
- **Número CAS:** 7647-14-5
- **RTECS:** VZ4725000
- **Fórmula química:** NaCl
- **Estructura química:**



- **Masa molar:** 58,4 g/mol.
- **Sinónimos:** Sal de mesa, Halita, Sal de mar.
- **Usos recomendados:** Productos químicos, vidrioado de cerámica, metalurgia, curado de piel, aguas minerales, higiene metal, extintor de incendios, deshielo de autopistas, herbicida, entre otros

Sección 2. Identificación del peligro o peligros

Descripción de peligros:



Misceláneo.

Información pertinente a los peligros para el hombre y el ambiente:

Producto considerado no peligroso. En contacto con los ojos puede provocar irritación.



Sistemas de clasificación:

-NFPA(escala 0-4):



-HMIS(escala 0-4):

SALUD	1
INFLAMABILIDAD	0
REACTIVIDAD	0
PROTECCIÓN PERSONAL	E

Sección 3. Composición/información sobre los constituyentes

Composición

Número CAS	Componentes peligrosos	% m/m
7647-14-5	Cloruro de sodio	99.0 %

Sección 4. Primeros auxilios

- **Información general:** En caso de emergencia mantener la víctima en reposo, buscar asistencia médica.
- **Contacto ocular:** Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separe los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste repetir el lavado.
- **Contacto dérmico:** Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado.
- **Inhalación:** Trasladar al aire fresco. Si no respira administre respiración artificial. Si respira con dificultad suministre oxígeno. Mantener la víctima abrigada y en reposo.
- **Ingestión:** Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua. No inducir el vómito. Buscar atención médica inmediatamente.

Efectos por exposición

- **Contacto ocular:** Irritaciones
- **Contacto dérmico:** Irritaciones
- **Inhalación:** Tos
- **Ingestión:** La ingestión de grandes cantidades puede irritar el estómago con nausea y vómito. Puede afectar el comportamiento, los órganos sensoriales, el metabolismo y el sistema cardiovascular. La exposición continua puede producir deshidratación, la congestión de órganos internos y el coma.



Sección 5. Medidas de lucha contra incendios

- **Agentes extintores:** Fuego pequeño: Usar polvo químico seco. Fuego grande: Usar rocío de agua, niebla o espuma. No usar chorro.
- **Productos peligrosos por combustión:** Cuando es calentado a temperaturas de 801°C o más puede emitir gases tóxicos de cloruro y de óxidos de sodio
- **Equipo de protección para combatir fuego:** Aparato de respiración autónomo con mascarilla facial completa y traje protector completo.

Sección 6. Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental

- **Precauciones personales, equipo protector y procedimiento de emergencia:** Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Trabajar en zona fresca y bien ventilada: puede ser necesaria ventilación artificial. Observar las medidas de protección adecuadas para el manejo de productos químicos. Usar equipo de protección personal.
- **Precauciones relativas al medio ambiente:** No permitir que caiga en fuentes de agua y alcantarillas.
- **Métodos y materiales para la contención y limpieza de vertidos:** Ventilar el área del derrame, usar equipo de protección adecuado y completo, barrer el material y depositarlo en un contenedor debidamente etiquetado, para su posterior disposición. El área del derrame puede ser barrida y lavada con abundante agua.

Sección 7. Manipulación y almacenamiento

- **Manipulación de recipientes:** Deben manipularse con cuidado para evitar derrames. Los recipientes vacíos son un peligro de incendio y se deben evaporar bajo una capilla de gases. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, beber, ni comer en el sitio de trabajo. Lavarse las manos después de usar el producto. Quitarse la ropa y el equipo protector contaminados antes de entrar en los comedores.
 - **Condiciones de almacenamiento:** No se necesita almacenamiento específico, pero sí se pide que se almacene en un área fresca y ventilada. Use ropa protectora adecuada.
-



Sección 8. Controles de exposición/ protección personal

Parámetros de control (valores límite que requieren monitoreo)

TWA	No disponible
STEL	No disponible

- **Condiciones de ventilación:** Ventilación local y general.
- **Equipo de protección respiratoria:** Respirador aprobado por NIOSH adecuado para los componentes del producto. Si la ventilación es restringida, debe usarse filtros químicos y mecánicos aprobados.
- **Equipo de protección ocular:** Se recomienda utilizar anteojos de seguridad con protectores laterales o escudo facial. Debe haber lavajos cerca.
- **Equipo de protección dérmica:** Si existe contacto con la piel deben utilizarse guantes de hule,

Sección 9. Propiedades físicas y químicas

Estado físico	Sólido, cristales.
Color	Blanco
Olor	Olor leve. Sabor salino.
Umbral olfativo	No disponible
pH	7 (neutro)
Punto de fusión	804°C
Punto de ebullición	1413°C
Punto de inflamación	No aplica
Tasa de evaporación	No disponible
Límites de explosión	No disponible
Presión de vapor a 0°C	No disponible
Densidad relativa de vapor (aire=1)	No aplica
Densidad relativa (agua=1)	2,165
Solubilidad en agua	360 g/L en agua a 20°C
Solubilidad en otros disolventes	Soluble en glicerina y en amoniaco. Levemente soluble en alcohol etílico. Insoluble en ácido clorhídrico.
Coefficiente de reparto n-octanol/agua (Log pow)	No disponible
Temperatura de autoinflamación	No aplica
Temperatura de descomposición	801°C ó mas
Peligro de explosión	No aplica



Sección 10. Estabilidad y reactividad

- **Reactividad:** Corrosivo.
- **Estabilidad:** Estable bajo condiciones normales. Se descompone alrededor de los 205 °C. Higroscópico.
- **Incompatibilidad:** Reacciona violentamente con Halógenos. Soluciones alcalinas. Metales. Agentes oxidantes y con Soluciones o compuestos clorados, álcalis, oxidantes potentes.
- **Productos de polimerización:** No ocurre.
- **Productos peligrosos de la descomposición:** CO, CO₂.

Sección 11. Información toxicológica

- **Toxicidad agua:** Evite la contaminación de alcantarillas y cursos de agua. No se esperan productos de degradación peligrosos a corto plazo. Sin embargo, pueden formarse productos de degradación a largo plazo. Los productos de degradación no son tóxicos.
- **Corrosión/irritación cutáneas:** Sí.
- **Lesiones oculares graves/irritación ocular:** Sí.
- **Sensibilización respiratoria o cutánea:** Sí.
- **Mutagenicidad en células germinales:** Es mutagénico para las células somáticas de los mamíferos. Es mutagénico para bacterias y levaduras.
- **Carcinogenicidad:** No.
- **Toxicidad para la reproducción:** Sí.
- **Toxicidad sistémica específica de órganos diana:** No disponible.
- **Peligro por aspiración:** Sí.
- **Posibles vías de exposición:** Oral, dermal y respiratoria.
- **Efectos inmediatos:** Irritación y corrosión de órganos.
- **Efectos retardados:** Alta presión sanguínea, respiración rápida.
- **Efectos crónicos:** Alta presión sanguínea, respiración rápida y posible irritación de la piel por contacto repetido.

- **LD/LC50:**

Oral (LD-50)	3000 mg/kg (ratas)
Dermal (LD-50)	>10000 mg/kg (conejo)
Inhalativa (LC-50)	>42000 mg/m ³ 1 hora (rata)



12. Bibliografía

1. Avci, A., Saha, B. C., Kennedy, G. J., & Cotta, M. A. (2013). High temperature dilute phosphoric acid pretreatment of corn stover for furfural and ethanol production. *Industrial Crops and Products*, 478-484.
2. Becerra F., & Ibarra M. C. (1993). Tesis. *Estudio Técnico-Económico para el Aprovechamiento Industrial de los Residuos Fibrosos de la Caña de Azúcar en la Obtención de Furfural*. Distrito Federal: Instituto Politécnico Nacional .
3. Chávez-Sifontes, M., & Domine , M. E. (2013). Lignina, Estructura y Aplicaciones: Métodos de despolimerización para la obtención de derivados aromáticos de interés industrial. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 15-46.
4. Chemical Economics Handbook. (08 de Febrero de 2018). *IHS Markit*. Obtenido de <https://ihsmarkit.com/products/furfural-chemical-economics-handbook.html>
5. Chengli, L., Wenping, X., Heying, C., Jiabo, L., & Shichang, W. (2005). *China Patente nº CN 200510015185*.
6. Córdoba, J. A., Salcedo, E., Rodríguez , R., Zamora, J. F., Manríquez, R., Contreras, H., . . . Delgado, E. (2013). Caracterización y Valoración Química del Olote: Degradación Hidrotérmica bajo Condiciones Subcríticas. *Revista Latinoamericana de química*, 171-184.
7. Espinosa, B. M. (1970). *Diseño y Calculo de una Planta Extractora de Furfural a partir de los Residuos del Maíz*. Distrito Federal, México: UNAM.
8. FIRA. (21 de Marzo de 2018). *El Portal Único del Gobierno* . Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200637/Panorama_Agroalimentario_Ma_z_2016.pdf
9. INEGI. (2014). *Encuesta Nacional Agropecuaria* . Ciudad de México, México : INEGI.
10. International Furan Chemicals B.V. (12 de Julio de 2018). Obtenido de IFC, Supplier in Furfural and Furfuryl Alcohol: <http://www.furan.com/ifc.html>
11. Ortega, C. D., & Cazorzi, S. G. (1981). *Aprovechamiento Integral del Olote de Maíz en la Obtención de Furfural*. Distrito Federal, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
12. Paliwal, R., Granados, G., Lafitte, H., & Violic, A. (2001). *El Maíz en los Tropicos: Mejoramiento y Producción*. Roma : Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
13. Parsons, D. (1983). *Manuales para educación agropecuaria : Maíz*. Ciudad de México: Trillas.
14. Pérez Aceves, L. A., & Pérez y Peniche, J. d. (2 de Agosto de 2018). *Comisión Económica para America Latina y el Caribe*. Obtenido de <http://archivo.cepal.org/pdfs/1978/S7800320.pdf>



15. Petróleos Mexicanos. (25 de Julio de 2018). *El Portal Único del Gobierno*. Obtenido de gov.mx: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/6977/Refinacion_Web.pdf
16. Rubin, E. (2008). Genomics of cellulosic biofuels. *Nature*, 841-845.
17. Secretaría de Economía. (25 de Julio de 2018). *Sistema de Información Arancelaria Vía Internet*. Obtenido de SIAVI: <http://187.191.71.239/>
18. Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios SAGARPA. (21 de Marzo de 2018). *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación*. Obtenido de http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/estudios_economicos/escenariobase/pe_rspectivalp_11-20.pdf
19. Yan, K., Guosheng, W., Todd, L., & Cody, J. (2014). Production, Properties and Catalytic Hydrogenation of Furfural to Fuel Additives and Value-Added Chemicals. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 663-676.