

B
29



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

PANORAMA Y PERSPECTIVAS NACIONALES
DEL HEXANO:
PRODUCCION Y NUEVAS APLICACIONES

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERA QUIMICA

P R E S E N T A

GABRIELA BECERRIL ESCAMILLA



MEXICO, D. F.

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.

JURADO

PRESIDENTE: PROF. ALEJANDRO ANAYA DURAND
VOCAL: PROF. ARTURO LÓPEZ TORRES
SECRETARIO: PROF. HUMBERTO RANGEL DAVALOS
1ER SUPLENTE: PROF. AGUSTÍN TEXTA MENA
2DO SUPLENTE: PROF. ERNESTO PÉREZ SANTANA

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

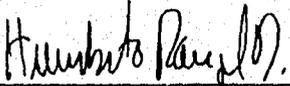
CIUDAD UNIVERSITARIA

PEMEX

INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO

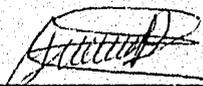
ASESOR DEL TEMA

HUMBERTO RANGEL DAVALOS



SUSTENTANTE

GABRIELA BECERRIL ESCAMILLA



Señor, ni tengo corazón soberbio, ni ojos altaneros tampoco, ni aspiro a cosas mas grandes ni mas elevadas que yo, te doy gracias por permitirme alcanzar una etapa mas en mi vida profesional.

Con cariño a mis padres por confiar en mí, gracias por su apoyo moral y económico, por alimentar ese aliciente que siempre perseguí

A mis hermanos y hermanas por brindarme su apoyo incondicional, haciendo del estudio un alimento más a nuestro cuerpo y espíritu.

A mi novio por todos aquellos momentos que compartimos para la realización de este trabajo.

A toda mi familia que de alguna manera me dio una palabra de aliento en los momentos difíciles.

A mis maestros por legarme sus conocimientos y experiencia profesional.

A mis amigos por compartir una etapa mas en mi vida.

A aquellas personas que confiaron en mí, a Pemex Refinación en la Refinería de Tula Hidalgo, a Pemex Gas y Petroquímicos Básicos en la Gerencia de Comercialización, al Instituto Mexicano del Petróleo.

ÍNDICE

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | ANTECEDENTES | 1 |
| 2 | OBJETIVOS | 11 |
| 3 | GENERALIDADES | 13 |
| 3.1 | Propiedades físicas y químicas del hexano | 14 |
| 3.1.1 | Descripción de las propiedades físicas y químicas | 15 |
| 3.2 | Principales usos industriales del hexano | 19 |
| 3.3 | Propiedades más importantes de los solventes | 19 |
| 3.3.1 | Clasificación de los solventes | 20 |
| 3.4 | Primeros auxilios | 22 |
| 3.5 | Seguridad y manejo | 22 |
| 3.5.1 | Almacenamiento y manejo | 23 |
| 3.5.2 | Control de exposición del hexano | 23 |
| 3.5.3 | Responsabilidad del patrón en el uso de hexano | 26 |
| 3.5.4 | Responsabilidad del trabajador en el uso de hexano | 26 |
| 3.6 | Toxicidad | 27 |
| 4 | PRODUCTORES Y CONSUMIDORES NACIONALES | 28 |
| 4.1 | Productores Nacionales | 28 |

ÍNDICE

| | | |
|-------|--|----|
| 4.1.1 | Capacidad de producción | 30 |
| 4.1.2 | Especificación y análisis típico del hexano | 33 |
| 4.1.3 | Descripción de los métodos ASTM utilizados en la especificación y análisis típico del hexano | 35 |
| 4.2 | Consumidores Nacionales | 40 |
| 4.2.1 | Estructura por sectores de consumo | 43 |
| 4.2.2 | Localización de consumidores por entidad federaliva | 47 |
| 5 | USOS INDUSTRIALES ACTUALES | 49 |
| 5.1 | Usos Industriales en México | 49 |
| 6 | PROCESOS NACIONALES DE PRODUCCIÓN DE HEXANO | 58 |
| 6.1 | Proceso general de obtención de hexano | 59 |
| 6.2 | Obtención de hexano en el Complejo Petroquímico de Minatitlán, Veracruz | 59 |
| 6.3 | Obtención de hexano en el Complejo Petroquímico de la Cangrejera, Veracruz | 61 |
| 6.4 | Obtención de hexano en la Refinería Miguel Hidalgo de Tula de Allende, Hidalgo | 63 |
| 6.5 | Descripción de los principales procesos nacionales de obtención de hexano | 65 |
| 6.5.1 | Descripción del proceso en la planta hidrodesulfuradora de naftas | 65 |
| 6.5.2 | Descripción del proceso en la planta tratadora y fraccionadora de hidrocarburos | 68 |

ÍNDICE

| | | |
|---------|--|----|
| 6.5.2.1 | Descripción de la sección de tratamientos de pesados | 70 |
| 7 | NUEVAS PROPUESTAS PARA USO NACIONAL | 73 |
| 7.1 | Reducción del contenido de benceno en el hexano para cumplir con la especificación internacional | 73 |
| 7.1.1 | Dehidrogenación de benceno básicamente a ciclohexano | 75 |
| 7.1.2 | Eliminación del benceno por mallas moleculares | 77 |
| 7.1.2.1 | Descripción del proceso de eliminación del benceno por mallas moleculares | 77 |
| 7.1.3 | Eliminación de benceno por medio de silica gel | 78 |
| 7.1.4 | Purificación por destilación | 79 |
| 7.2 | Importación de hexano para la industria alimenticia | 81 |
| 7.3 | Exportación de hexano para los diferentes sectores de consumo | 82 |
| 8 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 85 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 86 |

Gabriela Becerril Escamilla

PANORAMA Y PERSPECTIVAS NACIONALES DEL
HEXANO:
PRODUCCIÓN Y NUEVAS APLICACIONES

CAPITULO 1

ANTECEDENTES

*En la bondad se
encierra todos los
géneros de la sabiduría*

ANTECEDENTES

El hexano es un hidrocarburo componente del petróleo, oro negro, que se formó bajo la superficie de la tierra hace millones de años⁽¹⁾. Desde hace mucho tiempo el hombre está consciente de la existencia del petróleo. Sin embargo sólo en los últimos 100 años es que se ha descubierto su valor y utilidad, en poco más de un siglo, la sociedad moderna ha desarrollado una dependencia total hacia el petróleo no sólo para transportarnos y generar electricidad que ilumina nuestras ciudades y mueve las industrias, sino también para obtener artículos y alimentos de uso diario como es el caso del hexano, solvente que fue descubierto en 1937 por G. W. Anderson y J. C. Hosquen⁽²⁾, en la producción, disposición y utilización de un horno de gas⁽³⁾.

El hombre tropezó por primera vez con el petróleo cuando este brotaba naturalmente a la superficie de la tierra, procedente de yacimientos someros que fluían hacia canchales, arroyos o playas. El petróleo como los antiguos llamaron⁽¹⁾ "aceite de piedra", aparece mencionado en la Biblia así como en la historia de la antigua Grecia. Esos primeros descubridores del petróleo lo usaban para impermeabilizar sus ropas, calafatear¹ sus botes, a veces como lubricante y hasta como combustible, al igual que como remedio para ciertas enfermedades.

Pensilvania⁽¹⁾, EEUU se considera como la cuna del petróleo, sin embargo en otras partes del mundo ya se buscaba el petróleo. Muy pronto se descubrían más y más usos para el petróleo y sus derivados. La nueva estaba aún muy joven cuando se desató la guerra civil en Estados Unidos, dando paso a una nueva era tecnológica. Los barcos dejaban de ser impulsados sólo por la vela, las locomotoras a vapor surcaban los campos y los primeros buques de guerra, con casco de acero y movidos a vapor, navegaban en ríos y mares.

Las fábricas que producían cañones, cables telegráficos alambres de púas y ropa, necesitaban lubricación. Y se requería aceite para las lámparas de hospitales y de los cuarteles.

En México se tuvo conocimiento de algunos afloramientos naturales del petróleo (chapoteras) desde la época prehispánica en que se utilizaba por los indígenas, principalmente, con fines medicinales. En 1579⁽¹⁾ el comendador Melchor de Alfaro Santa cruz dio noticia escrita de la existencia del petróleo en México.

¹ Sellar o tapan otras juntas con cualquier material en este caso es el petróleo.

Sin embargo no es sino hasta 1901^{(1), (4)}, cuando se registra en México la primera explotación comercial significativa de un pozo petrolero, localizado en Ébano, al este de San Luis Potosí en la cuenca formada por los ríos Pánuco y Temas.

Desde sus inicios hasta 1938, año en que México nacionalizó los hidrocarburos, la actividad petrolera estuvo en manos compañías extranjeras, primordialmente de origen inglés y Norteamericano.

Los grupos de mayor importancia fueron la Royal Dutch Shell, la Standard Oil, Sinclair, Imperial y Gulf Oil Co.

A raíz de la nacionalización del petróleo y la explotación de las compañías extranjeras, en 1938 se creó Petróleos Mexicanos (PEMEX), como una empresa descentralizada de gobierno federal. A la cual se le otorgó la responsabilidad directa de todos los trabajos relacionados con la exploración, refinación, transporte, distribución y comercialización del petróleo y sus derivados. Desde entonces, la legislación mexicana reserva al Estado, en forma exclusiva, la exploración y desarrollo de los recursos y ramas estratégicas de la industria petrolera y a partir de 1959 de la petroquímica básica, cual ha sido modificada y ajustada a un proceso de participación con la inversión privada, lo que se maneja como privatización. Como resultado de la nacionalización del petróleo, México hubo de enfrentar un boicot generalizado, promovido por las empresas expropiadas que abarcó medidas tales como:

- a) Bloqueo para que México no pudiera colocar su petróleo en el mercado mundial.
- b) Interrupción de las ventas y materias primas, refacciones y equipos que requería del exterior la industria petrolera mexicana.
- c) Presión para que las compañías navieras se negaran a transportar el petróleo mexicano.
- d) Acciones legales para embargar el petróleo mexicano logrado exportar a otros países.
- e) Retiro masivo de depósitos bancarios que las empresas extranjeras mantenían en México.
- f) Boicot a las exportaciones de otros productos mexicanos e incluso.
- g) Incitación de conflictos internos para alterar la situación política del país.

Con todo esto la Industria Petrolera Mexicana y el país en general se vieron en serias dificultades durante algún tiempo, las que sin embargo pudieron irse resolviendo paulatinamente gracias a la firme y acertada dirección política del país en el ámbito nacional e internacional, así como al esfuerzo tecnológico e imaginación de los obreros e ingenieros petroleros Mexicanos, quienes supieron tomar las riendas de una industria grande y compleja ya en ese entonces y superar, además de boicot internacional. A partir de 1938, el desarrollo petrolero se orienta de manera fundamental, a satisfacer las necesidades internas de consumo, las cuales fueron creciendo a un ritmo alto y sostenido debido al proceso de industrialización del país. Hasta 1971 México logra ser autosuficiente en sus requerimientos de crudo y gas natural. Así como exportador neto de productos refinados.

El petróleo y el gas natural⁽⁵⁾, se encuentran en la naturaleza impregnando los poros, fisuras o intersticios de la capa de terreno denominada roca o almacén al igual que el agua impregna una esponja, la cual ha de estar necesariamente recubierta por una caja impermeable sin la cual los hidrocarburos escaparían, no constituyendo entonces un yacimiento y el petróleo crudo.

El origen del petróleo es algo que todavía se debate existiendo diversas teorías al respecto, unas que le suponen un origen inorgánico y otras que le suponen un origen orgánico. Ambas teorías son perfectamente plausibles, pero la segunda tiene la gran ventaja de haber proporcionado hipótesis de trabajo particularmente valiosas para la prospección, siendo por ello la normalmente admitida en el momento actual. Según esta teoría el proceso de formación del petróleo ha sido el siguiente esquema⁽⁶⁾:

a) los restos de algas y de fauna marina se han ido depositando en el fondo de los mares, mezclado con arena y lodo;

b) nuevos sedimentos han ido después recubriendo a los más antiguos;

c) la materia orgánica ha ido quedando aprisionada transformándose en gas y petróleo como consecuencia de la temperatura y la presión;

d) en el curso de centenares de millones de años, bajo la influencia de las fuerzas actuales en la corteza terrestre, los sedimentos se han convertido en rocas, que se han deformado y plegado. Las rocas madres bajo la acción de la presión exprimen los líquidos y los gases hacia las rocas almacén, porosas y permeables.

Los hidrocarburos líquidos o gaseosos así formados se mueven a través de diferentes capas permeables hasta que encuentra, la superficie en cuyo caso

se dispararán, o bien estructuras protegidas por rocas impermeables donde se acumularán formando un yacimiento (figura 1.1). La amplitud de un yacimiento de petróleo depende, pues de la amplitud de estas estructuras o trampas que normalmente no son excesivamente grandes; sin embargo, un yacimiento se encuentra muy raramente aislado por lo que su descubrimiento denuncia una roca almacén y presupone generalmente la existencia de otras estructuras en la zona. Así existen verdaderas cuencas o regiones petrolíferas constituidas por conjuntos de yacimientos, con todas las combinaciones posibles entre su número y su tamaño.

En la figura 1.1 se muestran cuatro tipos de estructura en los cuales se puede encontrar petróleo:

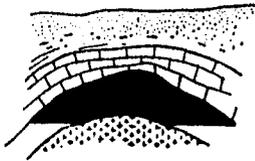
1) El anticlinal, formación en la cual las rocas se elevaron hasta formar un arco o cúpula, cuando en petróleo, pasando a través de rocas porosas, llegó a un anticlinal, se acumuló en lo alto del arco debido a la presión del agua que se encontraba abajo.

2) En una falla, la superficie de la tierra se abrió y las diversas capas de rocas se deslizaron una sobre otra, de manera que una capa de roca porosa puede localizarse al lado de una capa más densa, de roca no porosa, cuando el petróleo que se mueve a través de las capas no porosas llega hasta las rocas densas, se detiene y la presión del agua impide su regreso o que escape de la falla.

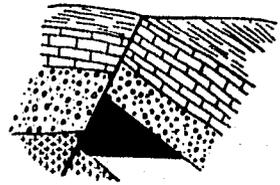
3) En el estatigráfico, hay capas de rocas densas tanto arriba como abajo de una capa de roca porosa (como capas de un pan de sandwich); las fuerzas internas de la tierra comprimen las capas de rocas y las cierran en un extremo o en ambos y así atrapan una capa de caliza o areniza que contiene petróleo.

4) Domo salino, tiene la forma de una bóveda semiesférica u ortogonal donde es fácil de acumularse el petróleo, contentándose entre las rocas porosas y no porosas.

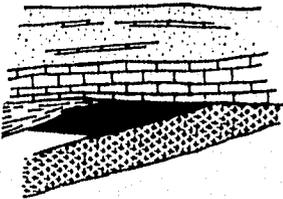
Figura 1.1 Diversos tipos de trampas que indican la existencia de petróleo



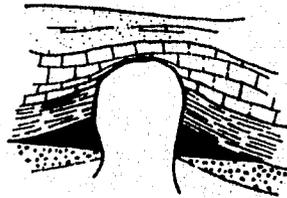
1. Anticlinal



2. Falla



3. Trampa estratigráfica



4. Domo salino

Toda la investigación petrolífera se concreta, pues, en la localización de estas estructuras primero, y en la comprobación de si los hidrocarburos se han

acumulado en ellas después, siendo las diferentes fases sucesivas en la exploración y explotación de un yacimiento de hidrocarburos:

- a) exploración geológica y geofísica;
- b) perforación de los pozos en terreno virgen, denominados wildcat o sondeos de exploración;
- c) perforación de los pozos de evaluación del petróleo una vez efectuado un descubrimiento;
- d) colocación del dispositivo de evacuación del petróleo, y eventualmente, la perforación de pozos intercalando entre estos la explotación para asegurar el caudal deseado.

Entre las diversas categorías de rocas que constituyen la corteza sólida de la tierra se pueden distinguir, de una manera muy general:

- a) las rocas cristalinas, de origen ígneo o metamórfico de tipo granito que representan el sustrato profundo del globo terrestre. En ellas, la disposición de sus elementos constitutivos es tal que se les puede considerar como prácticamente desprovistos de porosidad.
- b) las rocas sedimentarias de origen marino o continental, tales como las calizas, arenas arcillas, margas, etc., cuyas variaciones de constitución condicionan sus propiedades físicas. Así, ciertas rocas sedimentarias tienen una estructura porosa, con un volumen de poros que puede llegar a alcanzar del 25 al 30% del volumen total. Las cuales constituyen entonces depósitos potenciales para los fluidos que se encuentran bajo la superficie bien de gas, petróleo o agua.

El primer paso en la exploración petrolífera lo constituyen, pues, los estudios geológicos de superficie. Dichos estudios tienen por finalidad en una primera fase, el reconocimiento de grandes zonas de terreno con posibilidades de contener hidrocarburos, para lo cual el procedimiento cada día más empleado es la fotografía aérea, tomada desde satélites, la cual permite con gran rapidez y exactitud el determinar las características geológicas más importantes del terreno examinado.

Una vez definidas de esta forma las áreas o grandes áreas donde se considera posible la existencia de hidrocarburos, el paso siguiente consiste en la localización de trampas o estructuras donde hayan podido acumularse los hidrocarburos.

En la perforación, para buscar o producir petróleo, no basta con hacer un orificio en el terreno hasta alcanzar la estructura buscada, sino que debe ser un orificio que permita el control de líquidos y gases de los que se pueda obtener información y que se pueda obturar.

En la actualidad, las perforaciones se efectúan siempre por rotación, movimiento que se imprime a una barrena² especial siendo los detritus³ arrancados llevados hacia la superficie por una corriente de un fluido denominado lodo de perforación, cuya finalidad, aparte de la eliminación de los detritus y la lubricación y refrigeración de la barrena, es la de mantener la presión del orificio impidiendo el desmoronamiento de las paredes.

El mejor ajuste para la gama de profundidades en la perforación normalmente alcanzada en la actualidad es de 1000 a 4000 metros.

En esencia, las fuerzas actuantes en un yacimiento petrolífero y que contribuyen a llevar el petróleo a la superficie son los siguientes:

a) Expansión de los gases disueltos. En las condiciones de presión y temperatura existentes en los yacimientos, el petróleo se encuentra saturado de gas, que al ser conectado con la superficie e ir ascendiendo por la tubería, se va desprendiendo en pequeñas burbujas que disminuyen la densidad del líquido facilitando así su ascensión. Este proceso es similar al que se produce en una botella de cualquier bebida carbonatada.

b) Expansión de la capa libre de gas. En un yacimiento petrolífero, además del petróleo propiamente dicho, suelen encontrarse gas y agua salada, estratificados según sus densidades respectivas, y aunque pueden faltar uno o incluso los dos fluidos, lo normal es que coexistan ambos. En el caso del gas que por su menor densidad se encuentra en la parte alta de yacimiento, aparte del que está disuelto en el petróleo, al conectar el yacimiento con la atmósfera, la elevada presión a que está sometido hace que se expanda "empujando" al petróleo hacia el pozo de producción siendo este "empuje" función de eficiencia expansiva del gas y del tamaño de la capa libre, ya que la expansión en cifras absolutas de la capa de gas, por una caída de presión dada, es tanto mayor cuando mayor es el volumen de dicha capa.

² Las más usadas son barrenas formadas por tres conos independientes que pueden girar la barrena. Dichos conos provistos de tres a cuatro coronas dentadas de acero duro se apoyan sobre el fondo del orificio rompiendo la roca en su movimiento de giro.

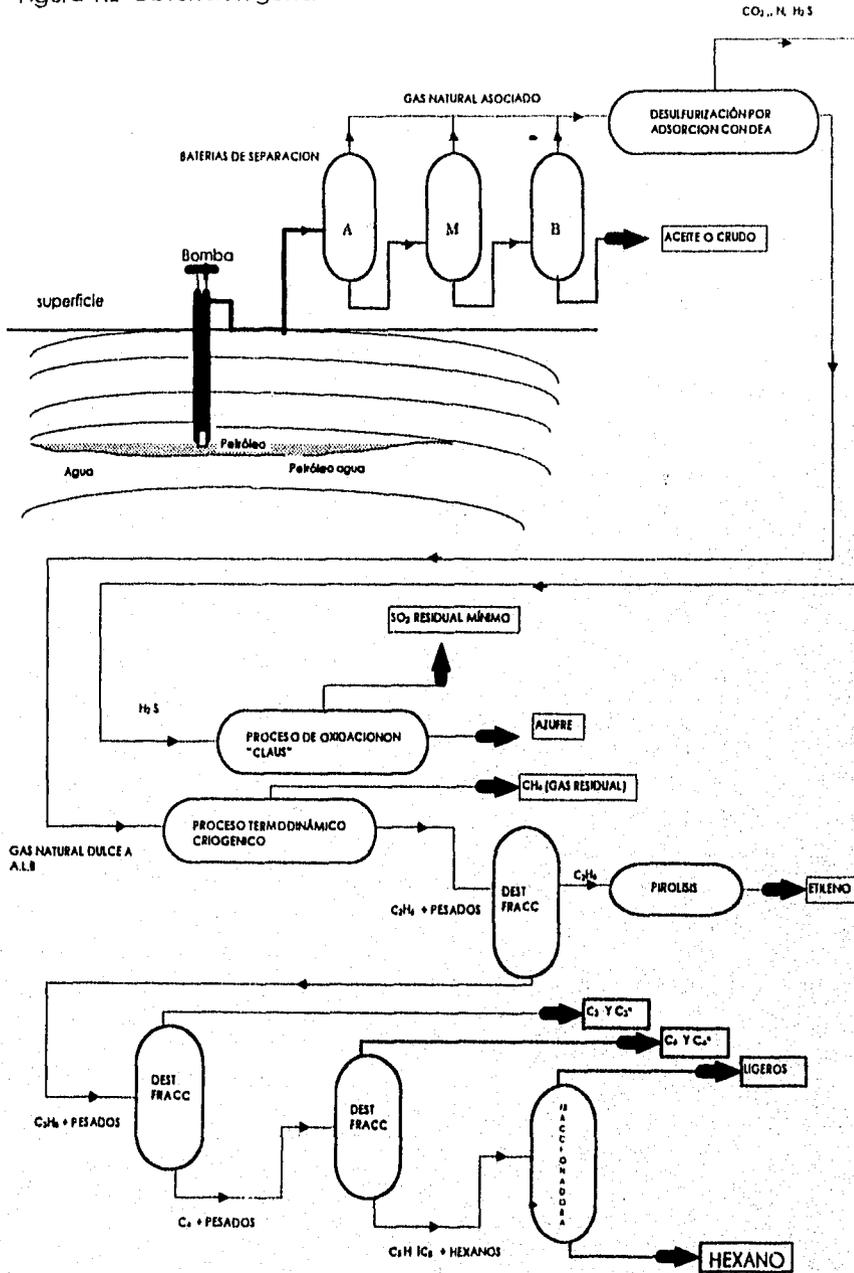
³ El detritus es el material procedente de la perforación

c)Empuje de agua. La tercera de las fuerzas mas importantes actuantes en la producción de petróleo, la constituye el empuje del agua salada que normalmente se encuentra en todos los yacimientos. Dicha agua si encuentra una alimentación suficiente desde un manto acuífero adyacente, va desplazando al petróleo al ir cayendo la presión.

En la figura 1.2 podemos observar el esquema general para la separación del gas natural asociado y el crudo. Del gas natural asociado, obtenemos el hexano después de haberlo sometido a varias operaciones unitarias⁴.

⁴ El diagrama de la figura 1.2 es elaborado con la ayuda del Ing. Quím. Arturo López Torres profesor de la Facultad de Química de la UNAM y miembro activo de PEMEX

Figura 1.2 Obtención general del hexano



¿Que es el hexano?

El hexano es un hidrocarburo saturado producto de la destilación del petróleo, perteneciente a la familia química de los hidrocarburos alifáticos⁵. Su fórmula química es C_6H_{14} , y su fórmula desarrollada es $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$. (tiene una composición en por ciento en peso de carbono 83.2% e hidrógeno 16.38 % su peso molecular es 86.17) ⁽⁶⁾.

A temperatura y presión ambiente es un líquido incoloro, de olor tenue característico a gasolina. Los vapores que despiden son irritantes e inflamables, es volátil, soluble en alcohol, acetona y éter, e insoluble en agua. Se maneja como un producto estable al transportarse. El contacto prolongado con la piel causa irritación, deberá emplearse equipo necesario de seguridad en su transporte y uso.

Normalmente se venden los grados Industrial de 95% usado en cromatografía y espectrofotometría. Existen también el de 99% que se usa en espectroscopia, resonancia magnética e infrarrojo y para investigación.

Es un *solvente*, especialmente usado como componente en la formación de varios productos el más grande volumen de hexano está en la extracción de aceites vegetales donde el bajo punto de ebullición facilita la separación de aceites y harinas por ejemplo soya, girasol, cártamo, germinados de maíz, también es usado en termómetros para baja temperatura, calibraciones, determina índice de refracción de minerales, diluyente de pintura, desnaturalizaste de alcohol, preparación de adelgazadores. El hexano comercial⁶ es usado, en motores como combustible, sirve como medida de reacción para mecanismos de polimerización, donde puede ser usado con ciclohexano para eliminar ciertas impurezas; azufres peróxidos, ácidos, cloros, etc. los cuales son altamente indeseables, pueden incrementarse en el consumo de polimerización y a la vez incrementar el costo del polímero, por lo tanto el hexano servirá como medio en la manufactura de poliolefinas, cauchos sintéticos; ejemplos de estos, son polietileno, polipropileno, polisopropileno y etileno-propileno (caucho, elastómeros sintéticos). El solvente sirve como catalizador de arrastre, para separación de ácidos grasos, por ejemplo en la

⁵ Hidrocarburos alifáticos son los solventes no polares, los cuales disuelven pinturas de aceite, casi todos los barnices óleo resinosos y resinas alquídicas largas.

⁶ El hexano comercial es un hidrocarburo que se encuentra en el petróleo crudo, en líquidos derivados del procesamiento del gas natural y en algunas corrientes del petróleo refinado. Por las enormes cantidades de estos hidrocarburos, finalmente son llevados para gasolinas de motor.

refinación de ácido linoleico. También es usado en la preparación de ciertas latas y tintas para impresión, donde actúa como diluyente (secado rápido).

Petróleos Mexicanos para su manejo lo ha clasificado como un producto petroquímico, elaborado a partir de materias primas que tienen su origen en el petróleo crudo y el gas natural, estos son insumos fundamentales en las cadenas productivas, dicho lo anterior de acuerdo al diario oficial de la federación con fecha 17 de agosto de 1992, se marcan con PEMEX los 56 productos petroquímicos elaborados por dicha empresa y se clasifican de la siguiente manera: 8 Básicos, 11 secundarios, 37 otros. Donde el hexano es un producto petroquímico básico que sólo puede ser elaborado por la nación, por conducto de Petróleos Mexicanos u organismos de empresas subsidiarias de dicha institución o asociadas a la misma, creadas por el estado, donde los particulares no pueden tener participación de ninguna especie⁷⁾.

PEMEX lo produce mediante la planta fraccionadora de solventes^{(8), (9)}. En 1976 se puso en marcha la primera planta en Tula Hgo. con una capacidad instalada de 38900 ton/año, posteriormente en 1980 Cadereyta Nuevo León con una capacidad instalada de 38900 ton/año, en 1982 operó la planta de la Cangrejera Veracruz 35000 ton/año, finalmente en 1984 se puso en marcha la planta de Minatitlán Veracruz con una capacidad instalada de 20000 ton/año⁷. El hexano comercial se produce por destilación de gasolina o mezclas de hidrocarburos previamente obtenidas por destilación del petróleo crudo, también se obtiene de mezclas de hidrocarburos por absorción sobre malla molar o proceso del tamiz molecular⁽⁴⁾.

⁷ Los datos fueron obtenidos del INEGI comparando con estudios realizados por la División de Avalúos de Activos del IMP.

Gabriela Becerril Escamilla

PANORAMA Y PERSPECTIVAS NACIONALES DEL
HEXANO:
PRODUCCIÓN Y NUEVAS APLICACIONES

CAPITULO 2

OBJETIVOS

*El valor sólo es virtud
cuando lo dirige la
prudencia*

OBJETIVOS

- Establecer la importancia actual técnica y comercial del hexano.
- Describir los principales procesos de producción utilizados en México
- Conocer la perspectiva a nivel nacional de producción y consumo de hexano.
- Proponer nuevas aplicaciones o usos alternos en función de los actuales consumidores nacionales.
- Ofrecer información actualizada y confiable del hexano sobre la perspectiva del hexano a los lectores interesados.

Gabriela Becerril Escamilla

PANORAMA Y PERSPECTIVAS NACIONALES DEL

HEXANO:

PRODUCCIÓN Y NUEVAS APLICACIONES

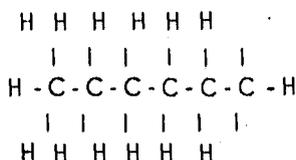
CAPITULO 3

GENERALIDADES

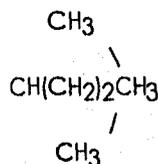
*El día más
irremediadamente
perdida es aquel en que
no nos reímos*

GENERALIDADES

El hexano, llamado así por chemical abstracts¹ (CA) es un hidrocarburo de cadena lineal, y saturado, porque se encuentran combinados o unidos los átomos de carbono con los de hidrógeno³. El prefijo n- es para cualquier alcano² también se conoce como n-hexano según La Occupation Safety and Health Administration³. (OSHA), el cual tiene como isómero al Isohexano. En general hay 5 Hexanos Isómeros¹⁰; n-hexano, 3-metilpentano, 2-metilpentano, 2,3-dimetilbutano, y 2,2-dimetilbutano; los sinónimos son: n-hexano, gettysolve-B, Hidruro de caproilo, hidruro de Hexilo, Metil n-Butil metano.



n-HEXANO
(lineal)



iso-HEXANO
(saturado)

A pesar de la importancia técnica y económica del hexano, la información bibliográfica es reducida por lo que se acudió a la fuente de información directa, en este caso es PEMEX.

¹ CA Es una colección de revistas donde se encuentra resumida la información química mundial mas sobresaliente de todos los tiempos, se tomó como referencia el índice de sustancias químicas (Chemical Substance Index).

² Alcano es el nombre que se le da a los hidrocarburos saturados los cuales forman una serie de cuerpos homólogos cada de los cuales difiere del anterior o del siguiente por tener su molécula un radical más o menos, respectivamente. Su nombre termina siempre en ano: metano CH_4 , etano C_2H_6 , propano C_3H_8 , butano C_4H_{10} . El nombre de los siguientes se forma uniendo el prefijo griego que indica el número de átomos de carbono y la referida desinencia ano: Pentano C_5H_{12} , hexano C_6H_{14} , heptano C_7H_{16} , etc. A partir del butano la cadena puede tener una ramificación. Los cuatro primeros hidrocarburos saturados, que tienen de uno a cuatro átomos de carbono, son gaseosos; los siguientes, de cinco a quince átomos de carbono, son líquidos; los de más de quince son sólidos. La fórmula general de los alcanos es $C_n H_{2n+2}$.

³ Es el nombre del compuesto químico usado por este organismo (Occupational Safety and Health Administration)

3.1 PROPIEDADES QUÍMICAS Y FÍSICAS DEL HEXANO. ⁽¹¹⁾ ⁽¹²⁾ ⁽¹³⁾ ⁽¹⁴⁾ ⁽¹⁵⁾

| | |
|--|---|
| Formula Desarrollada | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ |
| Formula Química | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$ |
| Formula Condensada | C_6H_{14} |
| Composición en Peso | C 83.62%, H 16.38% |
| Familia Química | Hidrocarburo Alifático |
| Estado Físico | Líquido |
| Color | Incoloro |
| Olor | Tenue a Gasolina |
| Flamabilidad | Inflamable a temperatura ambiente pero sí fiable a $T > 60^\circ\text{C}$ |
| Peso Molecular | 86.17 |
| Punto de ebullición ($^\circ\text{C}$) | 69 |
| Punto de fusión ($^\circ\text{C}$) | -95 |
| Temperatura de autoignición ($^\circ\text{C}$) | 260 |
| Temperatura de inflamación ($^\circ\text{C}$) | -22.7 |
| Temperatura crítica ($^\circ\text{C}$) | 234.15 |
| Presión crítica (atm) | 29.71 |
| Grav. específica (20 $^\circ\text{C}$ y 4 atm) | 0.659 |
| Densidad específica del vapor | 3.6 |
| Densidad (20 $^\circ\text{C}$ y 4 atm) | 0.669 |
| Viscosidad (20 $^\circ\text{C}$) | 0.3126 |

| | |
|--|--|
| Índice de refracción (20°C) | 1.37486 |
| Entalpía de vaporización (kcal/mol, 25°C y P.E.) | 7.541 y 6.896 |
| Entalpía de fusión (kcal/mol) | 3.126 |
| Entalpía de combustión (kcal/mol) | -995.0 |
| Entalpía estándar de formación (kcal/mol) | -47.52 |
| Capacidad calorífica para el estado de gas ideal (cal/grado-mol, 25°C) | 34.20 |
| Capacidad calorífica (cal/grado-mol, 25°C) | 46.71 |
| Tensión superficial (dinas/cm, 25°C) | 17.91 |
| Solubilidad en agua (g/l, 25°C) | .011 |
| Calidades | 95% y 99% |
| Volatilidad | Muy volátil |
| Peligro | Provoca incendio, los vapores son irritantes |

3.1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS (6) (13) (14) (16) (17)

Formula desarrollada: Es la representación gráfica que muestra la conectividad de los átomos.

Fórmula química: Representa la fórmula de manera simplificada

Fórmula condensada: Considerando la fórmula general para un alcano, el número 6 presenta el número de átomos de carbono que contiene la molécula, el número 14 presenta el número de átomos de hidrógeno, C y H escritos en orden alfabético.

Composición en peso: Los números representan la contribución en peso de cada átomo en el total de la molécula (en porcentaje).

Familia química: El nombre de la familia química corresponde a los grupos funcionales que tenga la sustancia.

Estado físico: Nos indica como se encuentra el hexano a temperatura ambiente, al ser extraído y transportado.

Color: Es el que se puede distinguir con el sentido de la vista.

Olor: Es el que se puede distinguir con el sentido del olfato.

Flamabilidad: Es cuando una masa gaseosa se desprende del líquido presentando una llama en combustión dando luz y calor.

Peso molecular: Es la relación de la masa promedio por molécula del elemento o compuesto a $1/12$ de la masa del átomo de C-12. Es igual a la suma de las masas atómicas relativas de los átomos constituyentes.

Punto de ebullición: Se define como la temperatura a la cual la presión del vapor del líquido es igual a la presión externa. Los valores se refieren a presiones de una atmósfera a menos que se indique lo contrario.

Punto de fusión: Temperatura de equilibrio de equilibrio de la fase sólida con la fase líquida.

Temperatura de autoignición: Es la temperatura a la cual se produce inflamación intempestiva de la mezcla carburante comprimida en un cilindro.

Temperatura de inflamación: Es el punto de inflamabilidad de una materia combustible.

Temperatura crítica: Se define como la temperatura arriba de la cual no se puede licuar el gas.

Presión de vapor: Es la presión del vapor en equilibrio con la fase líquida o sólida. Se proporciona la ecuación de Antoine para obtener las presiones de vapor a diferentes temperaturas.

Ecuación de Antonie

$$\log p = A - (B/(t-C))$$

Donde: P(torr)
t (°C)

Intervalo de temperatura (°C)

aplicable en el intervalo de (-25 a 92)

$$A = 6.87776$$

$$B = 117.153$$

$$C = 224.366$$

Presión crítica: La presión mínima requerida para licuar un gas a la temperatura crítica.

Densidad crítica: Relación de la cantidad de la sustancia y el volumen que ocupa en condiciones críticas de temperatura y presión.

Volumen crítico: Es el volumen ocupado por un mol de sustancia a temperatura y presión crítica

Constante dieléctrica: Es la medida del efecto relativo del solvente sobre la fuerza con la que dos cargas opuestas se atraen una a la otra. La constante dieléctrica del vacío se define como la unidad. Para propósitos prácticos las medidas se realizan en el aire.

Gravedad específica: Es una fuerza de atracción entre dos cuerpos.

Densidad específica del vapor: Es la relación del peso del vapor al peso de un volumen igual de aire seco a las mismas condiciones de temperatura y presión.

Densidad: Se define como la masa por unidad de volumen

Viscosidad: Es la fuerza por unidad de área necesaria para mantener un gradiente de velocidad unitaria entre dos planos paralelos a una distancia unitaria.

Índice de refracción: Es la relación de la velocidad de la luz en la sustancia en relación a la velocidad de la luz en el vacío. Esta propiedad es útil para caracterizar la pureza de la sustancia.

Entalpía de vaporización: Es la cantidad de calor requerida para vaporizar una cantidad definida de material.

Entalpía de fusión: Es la cantidad de calor requerida para licuar una cantidad definida de material.

Entalpía de combustión: Es el calor generado cuando se quema en oxígeno una cantidad específica de material. Los productos de combustión incluyendo el agua se supone permanecen en la fase gaseosa.

Entalpía estándar de formación: Es el calor que se genera al formarse el compuesto a partir de sus elementos constituyentes en las condiciones estándar de 25°C y 1 atm.

Capacidad calorífica para el estado de gas ideal: Es el valor de la capacidad calorífica obtenido por extrapolación a presión cero de curvas de capacidades caloríficas de gas real contra presión a temperatura ambiente.

Capacidad calorífica: Las mediciones de capacidad calorífica nos da una visión muy clara de las energías moleculares. La capacidad calorífica nos da simplemente la energía requerida para alcanzar el equilibrio promoviendo el número adecuado de moléculas en el sistema a los niveles más altos mientras la temperatura aumenta 1°K.

Tensión superficial: Se define como la fuerza actuando en ángulo recto sobre una línea de 1 cm de longitud sobre la superficie de un líquido. La energía requerida para extender el área de una superficie por 1 cm² es numéricamente igual pero de sentido contrario a la tensión superficial.

Solubilidad en agua: Expresa la cantidad en gramos del solvente disuelto en 1 cm³ de agua a diversas temperaturas

Calidades comerciales: Es el conjunto de propiedades que configuran la naturaleza de la sustancia como se encuentra en el mercado.

Volatilidad: Mayor o menor grado de evaporación de una sustancia.

3.2 PRINCIPALES USOS INDUSTRIALES DEL HEXANO

En México el hexano es usado básicamente como:

- extractor de aceites vegetales comestibles
- extractor de esencias
- solvente en fabricación de pinturas
- solvente en adelgazadores
- solvente en lacas
- solvente de hule
- secador de tintas
- componente para limpiador
- vehículo de secado en adhesivos
- componente en la elaboración de thiners
- vehículo para la elaboración de productos farmacéuticos
- producto de experimentación a nivel laboratorio.

3.3 PROPIEDADES MAS IMPORTANTES DE LOS SOLVENTES

Por ser el hexano un solvente consideremos, las propiedades más importantes que determinan su uso. ^{(16) (17) (18) (19) (25)}

- Viscosidad
- Poder solvente
- Velocidad de evaporación
- Olor
- Toxicidad

En una solución la viscosidad depende del solvente , ya que ésta indica el tipo de solvente usado, en este caso el hexano. Cuando un solvente se evapora, se convierte en una pérdida económica, por lo que existe un gran interés en controlar los vapores para evitar aquellas.

Los solventes no polares tales como los hidrocarburos alifáticos, disuelven pinturas de aceite, casi todos los barnices óleo resinosos.

La propiedad más importante de los solventes es la velocidad de evaporación. La clasificación de los solventes por medio de su temperatura de ebullición también indica su velocidad relativa de evaporación.

Se puede decir que el hexano es un solvente con temperatura de ebullición media a baja, se evapora rápidamente, tiene un gran poder solvente y generalmente es menos costoso.

El olor de un solvente generalmente se refiere al olor desprendido por el vapor, durante e inmediatamente después de su aplicación.

La actitud tradicional con la cual se mide la toxicidad de los solventes cuando afectan la salud, es cuando llegan al torrente sanguíneo por medio de la inhalación.

Durante los últimos años se ha considerado la evaporación de los solventes como un problema de la contaminación ambiental y formación de hábito. Algunos países ya han adoptado legislaciones, que incluso no se basan en la toxicidad de los solventes por medio la inhalación, sino en la tendencia de la irritación ocular. Sin embargo, este parámetro puede cambiar ya que este tema tiene cada vez mayor importancia a nivel mundial.

3.3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS SOLVENTES

Los solventes son materiales muy complejos y difíciles de clasificar, ya que se pueden agrupar atendiendo a varios factores, como son: su composición química, propiedades físicas, comportamiento, obtención etc.

A. Clasificación de los solventes por su composición

- Terpenos
- Hidrocarburos
 - a. alifáticos
 - b. nafténicos
 - c. aromáticos
- Oxigenados
 - a. alcoholes
 - b. ésteres
 - c. glicóéteres
 - d. cetonas
- furanos Nitroparafinas
- Clorados

El hexano pertenece al grupo de los solventes hidrocarburos de cadena abierta saturados (alifáticos o parafinas). Desde el punto de vista de su composición, los solventes se dividen en tres clases:

a) hidrocarburos cíclicos no saturados

- Benceno
- Tolueno
- Xileno (orto, meta, para)
- Etil Benceno
- Isopropil Benceno, etc.

b) Hidrocarburos Cíclicos Saturados (Nafténicos)

- Ciclopentano
- Ciclohexano
- Metil ciclohexano, etc.

c) Hidrocarburos de Cadena Abierta Saturados (alifáticos o parafinas)

- Hexano
- Heptano
- Octano
- Nonano
- Decano
- Undecano
- Dodecano y sus isómeros.

Estas tres clases de hidrocarburos se encuentran en diferentes proporciones en el aceite crudo o bien se forman durante los procesos de refinamiento catalítico ó fraccionamiento. El primer grupo también se encuentra en el alquitrán de la hulla.

En general, los hidrocarburos aromáticos tienen mejor poder solvente, siguiendo los nafténicos y por último los alifáticos.

Teniendo en cuenta el intervalo de ebullición, el hexano se clasifica como un hidrocarburo de bajo punto de ebullición. Este alifático es un líquido incoloro que se utiliza en aquellos casos donde la alta solvencia del Benceno no es necesaria, pero donde una rápida evaporación y baja toxicidad son requeridas. Tiene uso muy limitado en las lacas, pero su uso en la industria de los adelgazadores es muy grande. También se usa como solvente en hule, tintas, extracción de aceites comestibles.

3.4 PRIMEROS AUXILIOS ⁽²⁶⁾

Es de suma importancia la rapidez con que se impartan los primeros auxilios a las personas que han inhalado o ingerido el hexano en exceso puesto que de ello depende su vida. El paciente debe trasladarse lo más pronto posible a servicios médicos.

En caso de ingestión: Provocar el vómito de la siguiente manera si el ingestado está consciente; darle a tomar un vaso con agua caliente y sal, un vaso con agua jabonosa o hacer que él mismo provoque el vómito. Si le falta respiración dársela artificialmente de inmediato.

En caso de inhalación: Trasládarse inmediatamente a una atmósfera no contaminada, mantener las vías respiratorias libres y dar al paciente respiración artificial en caso de que no pueda respirar por sí sólo. Puede usarse un tanque de oxígeno para eliminar los síntomas, pero solo lo puede administrar alguien que esté bien capacitado.

En caso de contacto con la piel: Lavar con agua y jabón para diluir el solvente, ya sea con regadera, manguera ó cubetas de agua. En caso de salpicadura excesiva quitar la ropa contaminada.

En caso de contacto con los ojos: Inmediatamente efectuarse una irrigación con agua corriente durante 15 min, manteniendo los párpados separados del ojo para asegurarse que el agua entre en contacto con el ojo y el párpado.

3.5 SEGURIDAD Y MANEJO ^{(16) (20) (21) (22) (23) (24)}

El hexano pertenece al grupo de reactividad de las parafinas. Es un producto estable que no reacciona con los materiales comunes como metales, madera, vidrio, plásticos y cemento. Se describe la naturaleza del peligro como corrosión o formación de gas inflamable cuando es pertinente; tampoco reacciona al ser mezclado con agua por lo tanto se puede decir que presenta estabilidad durante el transporte (bidones, botellas, camiones especiales en el caso de PEMEX autotanques y carrostanque), no necesita nitración de la atmósfera en estos recipientes.

El hexano es clasificado como un líquido inflamable por la ICC, (límite de explosividad inferior 1.2 superior 7.5 en por ciento en volumen de aire), la temperatura de ignición es 228.1 grados centígrados, en presencia de fuego los vapores tienden a hacer explosión; se sabe que tiene una velocidad de combustión de 7.3 mm/min.

Para combatir el fuego provocado por este producto es necesario la utilización de extintores de fuego de dióxido de carbono, polvo seco o de espuma mecánica.

El equipo necesario en el manejo de este producto consiste de guantes de hule o carnaza, protección facial y ropa de algodón.

Cuando exista un derrame es necesario eliminar las fuentes de ignición así como las inflamables. Cuando sea un derrame pequeño,吸órbalo con un papel absorbente, evapore en campana de extracción y quemé el papel.

Para derrame de vapor mantenga la concentración abajo de los límites de ignición.

Para eliminar desechos mayores de hexano; inclinar los contenedores con el líquido absorbido en carbón activado.

El transporte de este producto debe efectuarse mediante sistemas cerrados y no debe utilizarse presión de aire para la descarga y así abatir la mezcla explosiva con aire.

Los recipientes utilizados para su almacenamiento, deben ser recipientes con cierre hermético diseñados para almacenar producto cuya presión de vapor está entre 0.169 - 1 kg/cm².

Tales recipientes deben estar conectados eléctricamente a tierra, disponer de arrestadores de flama con válvulas de presión-vacío y estar colocados dentro de diques de contención.

3.5.1 ALMACENAMIENTO Y MANEJO

La mayoría de los solventes como el hexano, dentro de la industria, se manejan principalmente en tanques de almacenamiento no presurizados y en tambores.

[24]

Manejo de solventes en tanques

Los tanques de almacenamiento de solventes, deben construirse lejos de los lugares donde haya fuego y deben estar provistos, en general de los siguientes aditamentos y requerimientos de acuerdo con API y ASTM.

- Venteo con arrestador de flama.
- Entrada de hombre.
- Dique de contención a su alrededor, construido con material resistente al fuego y con capacidad para retener el volumen del líquido.
- Medidor de nivel.
- Todas las instalaciones eléctricas del área de tanques deben ser a prueba de explosión de acuerdo con NFPA .
- La tubería de carga del tanque debe llegar hasta cerca del fondo de éste, para evitar que el chorro del producto calga desde gran altura.
- Tuberías y tanque deben estar conectados a tierra.

Manejo de solventes en tambores.

a) Almacenamiento de tambores de solventes a la intemperie:

Cuando se almacenan tambores a la Intemperie, cada lote no debe exceder de 100 tambores. De preferencia debe de existir un espacio de 7 a 8 metros entre lotes de tambores.

Los lotes grandes de tambores de solventes deben colocarse a 20 metros de la distancia de cualquier edificio.

En general, no es recomendable el almacenamiento de tambores a la Intemperie, debido al sobrecalentamiento de los vapores y por el riesgo de que se contamine con agua de lluvia.

b) Almacenamiento de tambores de solventes bajo techo:

El local debe construirse resistente al fuego, de piso liso e impermeable, con cierta inclinación para desaguar y con muy buena ventilación. Es recomendable que tenga una ventila en la parte baja del edificio y otra cerca del techo.

Cuando se saca material de un tambor a un recipiente menor debe conectarse a tierra.

Las salidas de la bodega y las estibas deben situarse de tal forma que no haya atrapamiento de personal en caso de un siniestro.

c) Llenado de tambores desde el lanque de almacenamiento:

Se prefiere el llenado con bomba al que se efectúa por gravedad. El lugar del llenado es preferible que sea al aire libre para minimizar el problema de ventilación.

Es importante tener un extinguidor a menos de 8 metros del lugar, conectar todo el equipo a tierra incluyendo el tambor; la línea de llenado debe tener válvula de cierre rápido.

Cuando se llenan los tambores, no se llenan hasta arriba, dejando espacio suficiente para la expansión del líquido con el calor.

Si hay equipo eléctrico debe de ser a prueba de explosión.

3.5.2 CONTROL DE EXPOSICIÓN ANTE EL HEXANO

Estas medidas de control indican el uso de mascarillas, ropa protectora y ventilación exhausta.^{[22] [24]}

El uso de sistemas cerrados y de ventilación exhausta, es un modo efectivo de prevenir que los vapores de los solventes penetren a la zona respiratoria del trabajador. Los envases de los solventes deben ser cubiertos cuando no estén siendo usados. Posibles fugas o derrames deben ser consideradas en el diseño del sistema así como en los procesos de trabajo. Los sistemas de ventilación también deben ser considerados en las bodegas de almacenamiento del solvente y de los productos terminados que contengan este solvente. La ventilación puede remover vapores, evitando la concentración tóxica en zonas de trabajo. Las mascarillas deben ser utilizadas por poco tiempo y únicamente en casos de emergencia, sin embargo deben ser utilizados como un medio regular de protección contra la emisión de solventes. Si el trabajador ocupa durante un tiempo prolongado su mascarilla, le da un sentido falso de seguridad.

Una buena higiene personal es esencial cuando se utilicen el solvente. Regularmente la piel siempre debe estar protegida del contacto. Guantes gogles y otra ropa protectora debe ser utilizada al mismo tiempo que una crema protectora. La piel nunca debe ser lavada con un solvente orgánico. En las operaciones de lavado deben de utilizar aparatos mecánicos para limpiar la ropa con solventes.

3.5.3 RESPONSABILIDAD DEL PATRÓN EN EL USO DE HEXANO

Los industriales deben de crear una consciencia realista de los daños a la salud que pueden crear el uso y manejo de los solventes. Ellos deben proporcionar a sus trabajadores todo el equipo necesario de seguridad para disminuir estos riesgos. Deben de crear una buena línea de operación, proveer un mecanismo de entrenamiento y capacitación a sus trabajadores. Cada supervisor debe proveer y hacer cumplir el uso de las medidas de seguridad así como los equipos y ropas de seguridad. Cualquier error en el comportamiento por parte del trabajador, que pueda resultar en una exposición al solvente, rápidamente debe de ser investigada. Buenos hábitos de manejo y de uso deben de ser mantenidos durante todo el proceso.

3.5.4 RESPONSABILIDAD DEL TRABAJADOR EN EL USO DE HEXANO.

Cada trabajador debe estar pendiente de la salud y de los problemas relacionados con su seguridad, por el uso del solvente y debe de seguir las siguientes reglas generales, así como otras reglas de seguridad para protegerlo a él en su trabajo.

- a) Evitar el contacto con la piel
- b) Utilizar el equipo protector cada vez que se tenga que trabajar con los solventes.
- c) Evitar el uso del solvente cerca de superficies metálicas calientes y de flama abierta.
- d) No fumar o encender cerillos en áreas donde el solvente es almacenado
- e) Reportar y limpiar cualquier derrame inmediatamente.
- f) Evitar trabajar con el solvente en lugares cerrados y sin ventilación.
- g) Evitar tomar bebidas alcohólicas ó medicamentos antes o durante el trabajo.
- h) Reportar cualquier efecto de enfermedad ó desorden en la piel.
- i) Desarrollar buenos hábitos personales de higiene.

3.6 TOXICIDAD (16), (21), (26)

La máxima concentración de hexano en el aire en la cual el trabajador puede estar expuesto sin ningún peligro de salud está en 125 PPM y el Benceno esta en un rango de 10 PPM según la norma internacional, el hexano puede estar agrupado como anestésico generales para el caso del sistema, los vapores de hexano son altamente irritantes para las membranas mucosas, por lo tanto puede irritar la vías respiratorias, en alta concentración es narcótico, puede causar mareos y posteriormente puede tener consecuencias mortales.

El contacto prolongado de hexano con la piel causará irritación y dermatitis pues es el principal problema de los hidrocarburos alifáticos, puede ser ligera o causar un severo daño a la piel, el contacto directo con los tejidos puede dar resultados de problemas pulmonares. Moderadamente tóxico por ingestión o inhalación por lo tanto se tolera 500 PPM por 30 min en el aire.

El límite de exposición según las recomendaciones de NIOSH (Institute for Occupational Safety and Health) al aire es 10 horas en tiempo promedio, hay una concentración de 350mg/m³ y en un ambiente cerrado durante 15 minutos y una concentración de 1800mg/m³.

El límite permisible de exposición según OSHA (Occupational Safety and Health Administration) es de 8 horas tiempo promedio con una concentración de 500ppm equivalente a 1800mg/m³.

El límite permisible final (OSHA) es de 8 horas en tiempo promedio con una concentración de 50ppm equivalente a 180mg/m³.

Si el hexano es consumido por peces, plantas maríllmas etc. que a su vez son alimento de otras especies, la sustancia se puede acumular y finalmente llegar a ser consumida por los humanos. Cuanda esto ocurre, se proporciona indicación del peligro potencial y su importancia.

Gabriela Becerril Escamilla

PANORAMA Y PERSPECTIVAS NACIONALES DEL

HEXANO:

PRODUCCIÓN Y NUEVAS APLICACIONES

CAPITULO 4

PRODUCTORES Y CONSUMIDORES

NACIONALES

*La prueba más clara
de sabiduría es una
alegría continua.*

PRODUCTORES Y CONSUMIDORES NACIONALES

El hexano es un producto petroquímico básico que sólo puede ser elaborado por la nación, por conducto de Petróleos Mexicanos u organismos de empresas subsidiarias de dicha Institución o asociadas a la misma, creadas por el estado, donde los particulares no pueden tener participación de ninguna especie. (7) (27)

4.1 PRODUCTORES NACIONALES

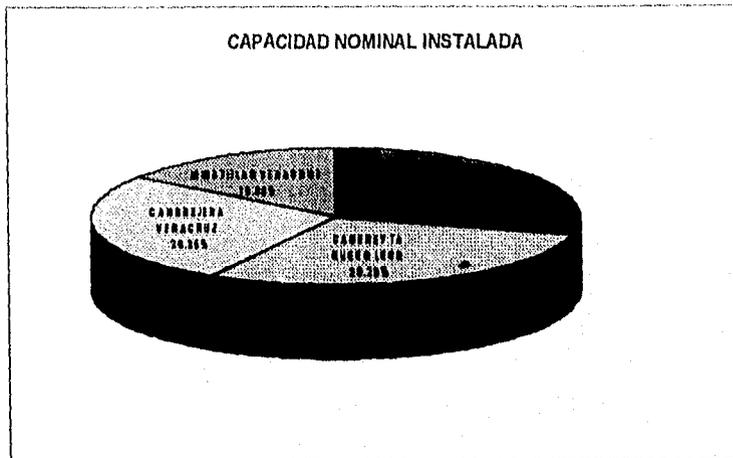
PEMEX lo produce mediante la planta fraccionadora de solventes en cada uno de los centros productores. En la tabla 4.1 se puede observar el año en que fue puesta en operación cada una de las plantas así como la capacidad nominal instalada en toneladas por año. (7) (29)

Tabla 4.1 Productores nacionales de hexano

| AÑO | CENTRO PRODUCTOR | CAPACIDAD NOMINAL INSTALADA ton/año |
|------|----------------------|--|
| 1976 | Tula Hgo | 38900 |
| 1980 | Cadereyta Nuevo León | 38900 |
| 1982 | Cangrejera Veracruz | 35000 |
| 1984 | Minatitlán Veracruz | 20000 |

La capacidad nominal instalada de producción total del país es de 132 800 ton/año, se distribuye como se muestra en la figura 4.1 a la fecha no se tiene contemplado incrementar la capacidad nominal instalada.

Figura 4.1 Capacidad nominal instalada de la producción nacional de hexano



A nivel nacional la producción de hexano se ha caracterizado recientemente por altas tasas de crecimiento en la producción y bajas del consumo, así como por exceso de capacidad nominal instalada en algunos segmentos. Esta situación llegó a una reestructuración importante en la década de los setenta, que continuó hasta mediados de la década pasada. La reestructuración implicó fusiones y adquisiciones e incluso el cierre de plantas ineficientes como fue la planta fraccionadora de Solventes de Cadereyta Nuevo León, lo que permitió un aumento de las tasas de rentabilidad a mediados de la década los ochenta.

El comportamiento reciente del sector también se ha visto influido por la puesta en operación de controles más estrictos para la protección del medio ambiente. Las nuevas regulaciones en materia de control ambiental han significado cuantiosas erogaciones por parte de las empresas para cumplir con las normas estas se considerarán en el punto 4.1.3.

4.1.1 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN⁽²⁸⁾ ⁽²⁹⁾

La capacidad de producción nominal instalada de hexano en las cuatro plantas es de 132 800 toneladas por año.

La producción de hexano ha tenido que disminuirse en los últimos años debido a las bajas ventas; entre 1994 y 1993 hubo una variación de producción del 11.11 % mientras que el volumen de ventas internas varió un -1.3% entre 1994 y 1993.⁽⁷⁾

En la tabla 4.2 podemos comparar producción y ventas de hexano, se observa que la producción de hexano ha disminuido en los últimos años apreciándose de 1991 a 1994 un decremento de 21.7% ; por lo anterior, para los últimos años la relación ventas producción se ha elevado no obstante la reducción en ventas, ya que la caída de éstas ha sido menor que la producción.⁽⁷⁾

Tabla 4.2 Producción de hexano

| AÑO | PRODUCCIÓN (MILES TON) | VENTAS (MILES TON) | % VENTAS/PROD. |
|-------|---------------------------|-----------------------|-------------------|
| 1985 | 98 | 48 | 49 |
| 1986 | 101 | 37 | 37 |
| 1987 | 90 | 47 | 52 |
| 1988 | 70 | 48 | 69 |
| 1989 | 89 | 49 | 55 |
| 1990 | 90 | 55 | 61 |
| 1991 | 106 | 53 | 50 |
| 1992 | 82 | 53 | 65 |
| 1993 | 75 | 51 | 68 |
| 1994 | 83 | 50 | 60 |
| TOTAL | 884 | 491 | 55 |

Analizando los últimos años, se observa que se ha comercializado el 55% de 884 miles de toneladas producidas de hexano.

El producto restante se envía al proceso de elaboración de gasolinas.

Por lo anterior podemos decir que la planta de La Cangrejera y Minaltlan sumando 55 000 ton/año de capacidad nominal instalada sería suficientes para abastecer la demanda nacional.

Un factor muy importante en la calidad del producto, es su contenido de benceno, ya que por ser éste cancerígeno en la aplicaciones para consumo humano y aún en algunas de tipo industrial, se deben observar normas estrictas en cuanto a su proporción en el hexano.^[32]

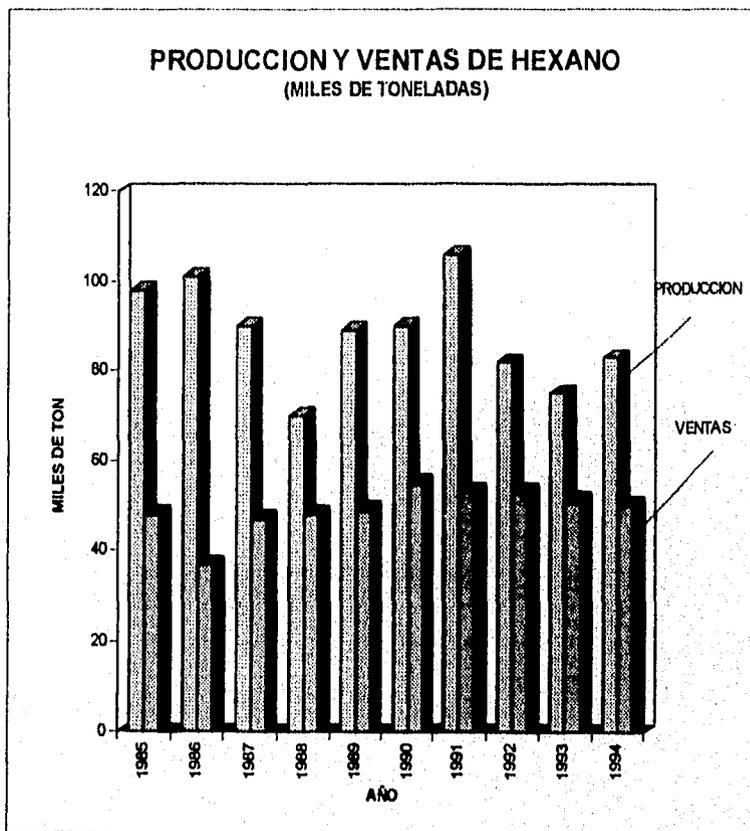
Las empresas petroleras internacionales como Tales Specification Shell Chemical Company y Phillips 66 company señalan que la proporción máxima de benceno aceptable para aplicaciones de consumo humano es de 10 ppm.

Sin embargo las análisis elaboradas por PEMEX dan resultados por arriba de la especificada Internacionalmente, la que implica que el mercado nacional del sector extracción de aceites comestibles, cuando exporta su producción a Estados Unidos se vean obligadas a impartir hexano¹ a productos preprocesados para poder cumplir con las normas de La Food and Drug Administration (FDA) de USA.

También las empresas fabricantes de llantas, filiales de compañías transnacionales, requieren hexano libre de benceno, conforme a las normas establecidas por sus oficinas matrices.

En la figura 4.2 se muestra una gráfica donde se puede apreciar la variación de la producción de hexano con respecto a las ventas del mismo a través de los años.^{[7]. [32]}

¹ El hexano importado es tan poco que no es cuantificable para datos estadísticos del INEGI

Figura 4.2 Producción y ventas nacionales de hexano

4.1.2 ESPECIFICACIÓN Y ANÁLISIS TÍPICO DEL HEXANO

En la tabla 4.3 y 4.4 se puede observar la especificación y los análisis típicos que PEMEX ha adoptado para el control de calidad en la producción y consumo del hexano, determinando los parámetros establecidos y el método usado para su estudio.

Tabla 4.3

| PARÁMETRO | UNIDADES | MÉTODO | VALOR DE LA ESPECIFICACIÓN |
|---|--------------------|-------------|--|
| Apariencia | - | visual | líquido claro libre de sedimento o nebulosidad |
| Rango de destilación a 760 mmHg | °C | ASTM-D-1078 | |
| Temperatura inicial de ebullición | °C | ASTM-D-1078 | 60min |
| Temperatura de punto seco | °C | ASTM-D-1078 | 71 max |
| Corrosión lámina de cobre (3 horas a 100°C) | - | ASTM-D-130 | STD 1 max |
| Color | Saybolt | ASTM-D-156 | +25min |
| Materia no volátil | mg/100ml | ASTM-D-1353 | 1.0 max |
| Azufre | ppm-peso | ASTM-D-4045 | 30 max |
| Prestión de vapor reld | lb/in ² | ASTM-D-323 | 6 max |

La especificación nos indica las condiciones a las cuales se obtuvo el producto en la planta, lo cual se tiene que comparar con el análisis típico que ya está establecido y se acepta un rango de variación de 5% a 10%, cumpliendo con esto el producto ya puede ser enviado al mercado.

Tabla 4.4

| CARACTERÍSTICA | ANÁLISIS TÍPICO | MÉTODO ASTM |
|--|-----------------|-------------|
| COLOR SAIBOLT | +25 | D-156-54 |
| PESO ESPECIFICO A 20/4°C | .668 | D-1298-67 |
| AZUFRE,P.P.M. | 30 | D-1266-70 |
| NUMERO DE BROMO CrBr/g | 1 | D-1159-66 |
| CORROSIÓN 2hrs A 100°C | STD No. 1 | D-130-68 |
| DESTILACIÓN A 760 mmHg | | D-1078-70 |
| TEMPERATURA INICIAL DE EBULLICIÓN, °C | 62 | D-1159-66 |
| PUNTO SECO, °C | 70 | |
| REACCIÓN DE RESIDUO | NO-ÁCICA | D-1093-65 |

El análisis típico es de carácter meramente productivo , puesto que se basa en la comparación de los métodos ya establecidos para indicar que en estas condiciones sea obtenido, el producto en planta y posteriormente llevarlo al mercado.

4.1.3 DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS ASTM UTILIZADOS EN LA ESPECIFICACIÓN Y ANÁLISIS TÍPICO DEL HEXANO ⁽³³⁾

1. Método ASTM D 156 - 53 T

Color Saybolt de productos refinados del petróleo.

Este método describe el procedimiento para determinar el color de los aceites refinados tales como gasolinas para motores y para aviones, sin colorante, combustibles para propulsión a chorro, naftas y kerosinas, y además, parafina y acele blancos para uso farmacéutico.

Color Saybolt se define como un número relacionado con la altura de la columna del producto, cuyo color se compara con vidrios standard especificado. La escala de los números es de +30 a -16. Entre mayor es el número, más claro es el color.

El método es como sigue: La altura de una columna de la muestra se hace disminuir a niveles que corresponden a números de color hasta que el color de la muestra es inconfundiblemente más claro que el standard. El número de color arriba de este nivel, se reporta sin tomar en cuenta si la muestra es más oscura, si es dudosa, o si se iguala a al color del nivel superior.

El aparato que se usa es el cronómetro Saybolt consiste de un tubo para la muestra y un tubo para el Standard, sistema óptico, fuente luminosa, y colores Standard.

2. Método ASTM D1298 - 85

Densidad del petróleo y sus derivados por medio del hidrómetro (peso específico).

Este método describe el procedimiento para la determinación, por medio de un hidrómetro de vidrio, de la densidad y de los grados API (en el vacío) del petróleo crudo y de los derivados del petróleo que usualmente se manejan como líquidos, y con una presión de vapor Reid de 26 lb o menos. Los resultados se determinan a 60°F o se convierten a esta temperatura por medio de unas tablas internacionales standard (ASTM - IP).

La densidad es la relación entre el peso de un volumen dado del producto y el peso de un volumen igual de agua. En este método los dos pesos son

corregidos al vacío, y la temperatura normal de referencia para el producto y el agua es de 60°F.

Los grados API se definen por la siguiente ecuación:

$$\text{Grados API} = \frac{141.5}{\text{densidad}_{60/60^{\circ}\text{F}}} - 131.5$$

PESO ESPECÍFICO

La determinación del peso específico tiene dos propósitos:

- permitir el cambio de la unidad peso a la unidad volumen, siendo esta última medida de la base de comparación en cuanto a costos para los solventes.
- Proporcionar el control de calidad para verificar la uniformidad de lotes de solventes.

El peso específico es la relación de los pesos de igual volumen de solvente y de agua a temperaturas definidas. Este se determina por diferentes métodos que den aproximación hasta una tercera cifra decimal.

El método ASTM D 891-59 emplea el *picnómetro*, que es un pequeño recipiente con un termómetro y una tapa móvil. Las determinaciones más precisas se logran con los picnómetros del tipo *reischau*, que son pequeños matraces aforados de cuello muy largo con tapa removible que se introduce con la muestra del solvente en un baño de temperatura constante. Todas las medidas deberán ser tomadas por medio de una balanza analítica

formula:

$$PE = \frac{20^{\circ}\text{C}}{20^{\circ}\text{C}} = \frac{PE_{20^{\circ}\text{C}}}{\text{Peso H}_2\text{O a } 20^{\circ}\text{C}}$$

El peso específico es una medida de la pureza del solvente o de la consistencia de su composición en una mezcla de solventes.

Con frecuencia el peso específico se confunde con la densidad; por lo que cabe aclarar que la densidad es el peso por la unidad de volumen y

no la relación de densidades que es el peso específico. Por lo tanto, el cálculo de la densidad es idéntico, pero el valor obtenido de la fórmula anterior se requiere multiplicar por la densidad del agua a 20°C (0.9982323g/cm³), para obtener la densidad a 20°C del producto deseado.

La densidad tiene unidades de masa sobre volumen mientras que el peso específico es dimensional.

3. Método ASTM D 1266 - 53T.

Azufre en los productos del petróleo y en los gases licuados del petróleo por el método de CO₂ - O₂ (método lámpara)

Este método describe el procedimiento para la determinación del azufre total de los productos líquidos del petróleo, y el azufre combinado en los gases licuados del petróleo². Sirve para el análisis simultáneo de dos o más muestras por medio de un aparato múltiple. El procedimiento para la combustión directa es aplicable a productos tales como la gasolina, kerosina, nafta y otros líquidos que pueden arder completamente en una lámpara con mecha, sin producir humo. El procedimiento de mezcla, es aplicable a los aromáticos, gasóleos y combustibles destilados, ácidos nafténicos, alquilfenoles, productos del petróleo con alto contenido de azufre, y muchos otros productos que no pueden ser quemados satisfactoriamente por el procedimiento de combustión directa. El procedimiento para combustión de gases licuados del petróleo es aplicable a los productos licuados del petróleo, tales como gases licuados, butadieno y otros concentrados de olefinas.

El método es como sigue: La muestra se quema en un sistema cerrado, usando una lámpara apropiada y una atmósfera artificial compuesta de 70% de CO₂ y 30% de O₂ para evitar la formación de óxidos nitrosos. Los óxidos de azufre se absorben y son oxidados a ácidos sulfúrico por medio de peróxido de hidrógeno; después de burbujear aire para eliminar el CO₂ disuelto, el absorbente se titula con solución valorada de hidróxido de sodio.

4. Método ASTM D 1159 - 89

² Los resultados obtenidos por éste método para los productos líquidos del petróleo, son equivalentes a los obtenidos por el método ASTM D 90 (Gravimétrico).

Numero de bromo de petróleo destilado y olefinas alifáticas por titulación electrométrica.

Este método cubre la determinación del número de bromo en los materiales como petróleo destilado y olefinas comerciales estas son esencialmente una mezcla de alifáticos mono-olefínicos y está dentro del rango de 95 a 165 de número de bromo. La prueba del método tiene que ser fundamentalmente compatible por tales materiales como propileno comercial reducido, butano turbio, y mezclado de nonanos, octanos, y heptanos. Este método no es satisfactorio para alfa-olefinas.

La magnitud del número de bromo es una indicación de la calidad de bromo-reactivo constituido; no es identificación del componente; por lo tanto, esta aplicación es una medida de insaturación olefínica no debe emprenderse fuera de un estudio de el "Reporte de Comportamiento de componentes por el Método Electrométrico del Número de Bromo"

Técnica, el número de bromo es el número de gramos de bromo reaccionando con 100 gramos de la muestra bajo condiciones prescritas. Por esta definición, bromo consumido por adición, sustitución, oxidación, y reacciones con azufre, nitrógeno y oxígeno conteniendo conglomerados es incluido en el número de bromo de el material. El uso de el número de bromo bajo determinación en la estimación de insaturación olefínica depende sobre todo de la adición de reacciones procedentes rápidas y complementarias bajo muchas condiciones. La adición de número de bromo con facilidad tiene ganancias a temperaturas bajo 0°C. Decreciendo temperatura de reacción, tiempo de contacto, y concentración de bromo libre pero sirve para retardar sustitución y reacciones de oxidación.

5. Método ASTM D 103 - 50T

Azufre libre y corrosivo en los derivados del petróleo. I

Este método describe el procedimiento para reconocer la presencia de azufre elemental y otros compuestos corrosivos de azufre en la gasolina de aviación, gasolina para automóviles, solventes, limpiadores, combustóleo (grado no. 1) y algunos otros productos del petróleo.

El método consiste en sumergir una tira de cobre pulida, en una cantidad determinada de muestra y se calienta a una temperatura y durante un lapso de tiempo característico de la muestra por probar. Al final de dicho

periodo se saca la tira de cobre, se lava y se compara con tiras recientemente preparadas o con tiras de referencia aprobadas conjuntamente por el comprador y el vendedor.

6. Método ASTM D 1078 - 86

Rango de destilación de líquidos volátiles orgánicos.

El significado de la destilación, está íntimamente ligado a la volatilidad, que a su vez gobierna en gran parte la velocidad de evaporación. En la industria de los solventes se utilizan dos métodos de destilación. Uno para cuando el rango de destilación es muy amplio como los solventes alifáticos y naftas aromáticas y el segundo método es para solventes que presentan un rango de destilación muy cercano, como los hidrocarburos aromáticos, como alcoholes, ésteres y cetonas.

Esta característica únicamente indica el grado de pureza de los solventes, mas no tiene una ventaja directa sobre los recubrimientos.

Por ser tan grande el número de variables que intervienen en la decisión, se requiere apagar a un estricto procedimiento standard de acuerdo con el método ASTM D 1078 - 70, se debe usar un aparato simple y permanente para tener todas las ventajas, se coloca un matraz de destilación al que se le ajusta un termómetro ASTM previamente calibrado y se coloca en el aparato de destilación, el aparato consiste en una mampara que evita las corrientes de aire, un soporte apropiado para el matraz, y una fuente de calor. El calor es apropiado para evaporar el disolvente (muestra). El vapor sube y pasa por el bulbo del termómetro, el cual indica la temperatura a la que se encuentra este; posteriormente atraviesa la salida lateral del matraz el cual está conectada a un condensador, el líquido sale del condensador y es recolectado en una probeta graduada. A intervalos apropiados se anotan las temperaturas y los volúmenes destilados. Esta prueba indica el rango de destilación de solventes y adelgazadores, así como su pureza en teoría un solvente totalmente bajo condiciones ideales, debe de destilar completamente a una temperatura exacta. En la práctica los solventes se destilan dentro de un rango de temperatura. Mientras más pequeño sea el rango de destilación más puro es el solvente.

7. Método ASTM D 1093 - 85

Acidez de residuos destilados o hidrocarburos líquidos

Este método cubre la determinación cualitativa de la acidificación de la destilación de residuos sobre una gasolina o solvente del petróleo.

El ejemplo de destilación de residuos ó hidrocarburos líquidos es agitado con agua y la capa acuosa es provocada por ácido de anaranjado de metilo. Si desea determinar la alcalinidad de un hidrocarburo líquido, proceda en concordancia con la destilación de residuos. El residuo fresco sobre la destilación se obtiene usando la prueba del método D-1078 y drenar inmediatamente e introducirlo a un tubo. Agregar 3 volúmenes de agua, tapar, y agitar el tubo vigorosamente por 30 segundos. Permita que los líquidos se separen y limpie la capa acuosa, realice una segunda prueba de limpieza con el tubo. Adicione una muestra de anaranjado de metilo y observe el color.

4.2 CONSUMIDORES NACIONALES

El hexano es producido en la planta fraccionadora de solventes en cada una de las refinerías de los centros productores antes mencionados a través del organismo PEMEX REFINACIÓN.

El organismo PEMEX GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA A TRAVÉS DE LA GERENCIA DE COMERCIALIZACIÓN DE PETROQUÍMICOS BÁSICOS compra el hexano a PEMEX REFINACIÓN para posteriormente venderlo a los diferentes consumidores mencionados en la tabla 4.6, los cuales a su vez lo usan internamente y otros lo revenden.⁽³²⁾ Aunque cabe mencionar que últimamente han penetrado en el mercado nacional empresas que lo comercializan mezclado con heptano de importación.

Los consumidores que han realizado operaciones con estas empresas señalan que obtienen producto de mayor pureza y rendimiento, y en el caso del hexano libre de benceno, aunque, su precio sea casi el 50% más que el que comercializa PEMEX GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA (PGPQB centro del país) dependiendo de la zona del país, en la zona norte sería 25% más barato que en la zona centro y sur.

Tabla 4.6 Principales consumidores de hexano por PGPQB, 1994

| |
|--|
| ACEITE S. A. DE C.V, S.A DE C.V |
| ACEITERA DEL GOLFO, S.A DE C.V |
| ACEITERA LA JUNTA, S.A DE C.V |
| ACEITES ESPECIALES DEL SUROESTE, S.A DE C.V |
| ACEITES, GRASAS Y DERIVADOS, S.A DE C.V |
| ADYDSA DEL CENTRO, S.A DE C.V |
| ADYDSA DEL SUROESTE, S.A DE C.V |
| ALCOHOLES DESNATURALIZADOS Y DILUENTES, S.A DE C.V |
| ALGODONES Y ACEITES MEXICANOS, S.A |
| EGON MEYER, S.A DE C.V |
| ESPECIALIDADES QUÍMICAS, S.A DE C.V |
| EXPORTADORA JALISCO, |
| HIDROCARBUROS Y DERIVADOS, S.A DE C.V |
| HOLLAND CHEMICAL MEXICANA, S.A DE C.V |
| INDUSTRIA QUÍMICA DEL MAYAB, S.A DE C.V |
| INDUSTRIAL ACEITERA, S.A DE C.V |
| INDUSTRIAL PATRONA, S.A DE C.V |
| MOCHEM, S.A DE C.V |
| NEGOCIACIÓN ALVI, S.A DE C.V |
| ÓLEO PROTEÍNAS DEL SURESTE, S.A DE C.V |
| PENTAQUIM, S.A DE C.V |
| PETROQUÍMICOS DEL NOROESTE, S.A DE C.V |
| PROTEÍNAS BÁSICAS, S.A DE C.V |
| PROTEÍNAS NATURALES, S.A DE C.V |
| PROTEÍNAS Y ACEITES DEL BAJÍO, S.A DE C.V |
| PROTEÍNAS Y ACEITES DE LA LAGUNA, S.A DE C.V |
| PROVEEDORES QUÍMICOS Y MATERIALES, S.A DE C.V |
| PROV. DE LA CAM. REG. DEL ACEITE DE OCC., S.A DE C.V |
| QUÍMICA DELTA, S.A DE C.V |
| QUIMICOMPUESTOS, S.A DE C.V |
| RAÚL GARCÍA Y CIA., S.A DE C.V |
| SOLVENTES Y MEZCLAS, S.A DE C.V |
| SOLVENTES Y PRODUCTOS QUÍMICOS, S.A DE C.V |
| SYNTEX, S.A DE C.V. |

Es necesario señalar que no se han podido cuantificar los volúmenes importados por las empresas.⁽³²⁾

Las importaciones son limitadas pues PEMEX es capaz de abastecer a toda la nación, sin embargo debido al costo, los consumidores de la zona norte, en ocasiones prefieren obtener el insumo en el extranjero.

Las exportaciones e importaciones difícilmente se realizan si llega a suceder no es muy cuantificable.

Los aspectos económicos, a su vez, determinan la selección de los hidrocarburos que técnicamente son posibles y están íntimamente ligados con los procesos de producción existentes de los hidrocarburos, los cuales hacen posible contar con niveles de oferta de acuerdo a los niveles de precios de las sustancias químicas, así como de los usos alternativos y la demanda a satisfacer.

En la tabla 4.7 se reporta el nombre de los proveedores de hexano en México según la Asociación Nacional de Ingenieros Químicos, revisando las estadísticas se puede decir que estos compran el insumo en PEMEX GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA, consideremos que cada uno de ellos pueden venderlo a diferentes tipos de consumidores, por ejemplo pequeños usuarios.

Tabla 4.7 Lista de proveedores de hexano por ANIQ, 1995

| |
|--|
| ATLANTA QUÍMICA S. A. DE C.V. |
| DISTRIBUIDORA QUÍMICA DE MÉXICO S. A. DE C.V. |
| EGON MEYER S. A. DE C.V. |
| JT BAKER S. A. DE C.V. |
| NEGOCIACIÓN ALVI S. A. DE C.V. |
| PEMEX |
| PETROVAL, PRODUCTOS QUÍMICOS ORGANICOS E INORGÁNICOS S. A. DE C.V. |
| PRODUCTOS QUÍMICOS MONTERREY S. A. DE C.V. |
| PROVEQUIM S. A. DE C.V. |
| QUÍMICA DELTA S. A. DE C.V. |
| QUIMIVAN S. A. DE C.V. |
| SOLVENTES Y PRODUCTOS QUÍMICOS S. A. DE C.V. |
| SOLVMEX S. A. DE C.V. |

Tabla 4.8 Lista de proveedores de hexano por INTERNET, 1996

| |
|--|
| ALCOHOLES DESNATURALIZADOS Y DILUENTES S. A. DE C.V. |
| ALQUIMIA MEXICANA S DE R.L. |
| AMONAL QUÍMICA MEXICANA S. A. |
| CIPO S. A. DE C.V. |
| DIQUIMEX S. A. DE C.V. |
| DISOLVENTES ARANDA S. A. DE C.V. |
| EGON MEYER S. A. DE C.V. |
| EXXON MEXICANA S. A. DE C.V. |
| HULES BÁSICOS S. A. DE C.V. |
| HUSTMANDE MÉXICO S. A. DE C.V. |
| MAQUILAS QUÍMICAS Y DEPORTIVAS S. A. DE C.V. |
| PETROVAL, PRODUCTOS QUÍMICOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS S. A. DE C.V. |
| QUÍMICA DELTA S.A DE C.V. |
| QUÍMICA INTERNACIONAL DE TLALNEPANTLA S. A. DE C.V. |
| QUÍMICA ONTARIO S. A. |
| QUÍMICA RICHTER S. A. DE C.V. |
| SIGMA DE MÉXICO S. A. DE C.V. |
| SOLVENTES Y PRODUCTOS QUÍMICOS S. A. DE C.V. |
| SOLVMEX S. A. DE C.V. |
| TRANSFORMADORA QUÍMICA MEXICANA S. A. DE C.V. |

Analizando las tablas 4.6, 4.7 y 4.8 podemos observar que sólo coinciden 3 consumidores que distribuyen el hexano. Esto puede ser por la diferencia de tiempo en que fueron registrados, en el caso de la tabla 4. 6, algunos consumidores obtienen el producto para uso interno y otros lo distribuyen a otros consumidores como es el caso de los reportados en las otras dos tablas, los datos aquí reportados varían pueden variar.

4.21 ESTRUCTURA POR SECTORES DE CONSUMO

Actualmente los principales consumidores nacionales de hexano, por sector son los siguientes dependiendo del uso que le dan los clientes, sólo consideremos los reportados en la tabla 4.6.^[32]

1. Extractor de aceites
2. Pinturas y adelgazadores
3. Distribuidor
4. Adhesivos, selladores para alimentos, productos de limpieza, productos farmacéuticos, estos son considerados como otros

El comportamiento de estos sectores se muestra en las figuras 4.3 a,b,c,d.

- El sector de distribuidores ha disminuido sus adquisiciones a PGPQB 8% aproximadamente en el periodo 1990-1994.

- En el sector extractores de aceite comestible se advierte, que en los últimos años las ventas han tenido una disminución, esto se debe a los siguientes factores:

- . Posible importación de hexano,
- . Importación de aceite comestible (crudo terminado),
- . Contracción del mercado de alimentos balanceados y
- . Situación económica del país.

En relación a los sectores de pinturas y adelgazadores y el de otros, han tenido una tendencia a la baja en los últimos años. Estos decrementos han sido ocasionados por la contracción de mercado derivado de la situación económica del país.

En los últimos años los distribuidores tuvieron una mayor participación en las compras de hexano con el 64%, mientras que a los clientes directos correspondió el 36%.

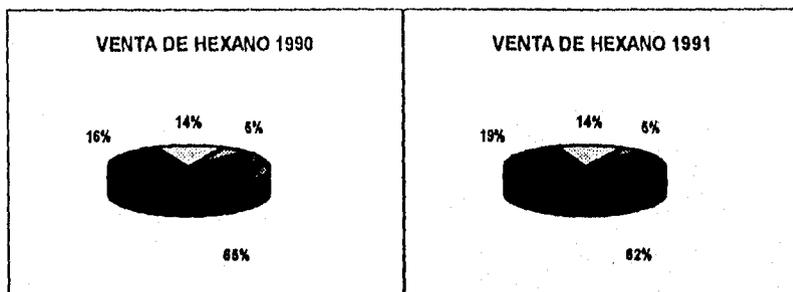
En la tabla 4.9 se muestra la demanda histórica de hexano por sectores en toneladas ⁽³²⁾.

Tabla 4.9 Demanda histórica de hexano por sectores

| sector año | 1990 | % | 1991 | % | 1992 | % | 1993 | % |
|----------------|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|
| Distribuidores | 35,300 | 65 | 33,000 | 62 | 32,500 | 61 | 32,400 | 64 |
| Extractores | 9,000 | 16 | 10,000 | 19 | 11,000 | 21 | 9,700 | 19 |
| Pinturas | 7,500 | 14 | 7,200 | 14 | 7,000 | 13 | 7,100 | 14 |
| Otros | 3,000 | 5 | 2,500 | 5 | 2,700 | 5 | 1,300 | 3 |
| Total | 54,800 | | 52,700 | | 53,200 | | 50,500 | |

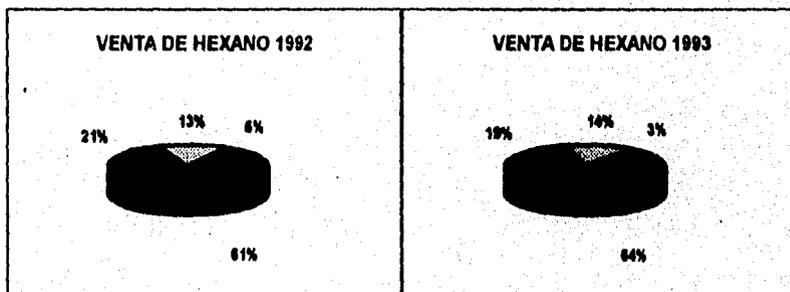
En la figura 4.3 se observa como han variado las ventas en los años 1990,1991,1992 y1993 lo cual nos indica que con el paso del tiempo las ventas de PEMEX hacia los consumidores han disminuido en los últimos años, para mejor entendimiento podemos observar la tabla 4.9.

Figura 4.3



a)

b)



c)

d)

4.2.2 LOCALIZACIÓN DE CONSUMIDORES POR ENTIDAD FEDERATIVA

Consumo de hexano por entidad federativa se ha dado en mayor proporción en los estados de México y Jalisco con una participación de 35% y 22% respectivamente, siguiendo en orden de importancia Nuevo León, Distrito Federal y Guanajuato con 11%, 6% y 6% respectivamente, la participación de los estados restantes es inferior al 5% e incluso algunos de ellos como Michoacán, Morelos, Aguascalientes y Chihuahua tienen una participación inferior al 1% ⁽³²⁾

Analizando el número de consumidores de hexano por entidad federativa, se observa que tienen prácticamente la misma proporción, ya que la mayor concentración del consumo del producto se da en estado de México con 28%, siguiendo en el orden de importancia los estados de Jalisco, Nuevo León y el Distrito Federal con 14%, 13% y 7% respectivamente.

Se conoce que en el país existen 83 plantas o sucursales que anualmente consumen 50,583 toneladas de hexano (este es un dato aproximado para el año 1993).⁽³²⁾

En la tabla 4.10 podemos distinguir cual de los estados de la república es el mayor consumidor de hexano y cual tiene el mayor número de plantas de consumo de hexano en operación.

Tabla 4.10

| ENTIDAD | No. DE PLANTAS | % | CONSUMO (TON) | % |
|------------------|----------------|------|---------------|------|
| AGUASCALIENTES | 1 | 1.2 | 116 | 0.2 |
| CHIHUAHUA | 1 | 1.2 | 28 | 0.1 |
| DISTRITO FEDERAL | 6 | 7.2 | 2,947 | 5.8 |
| DURANGO | 1 | 1.2 | 0 | 0 |
| DO. DE MÉXICO | 24 | 28.9 | 17,685 | 35.0 |
| GUANAJUATO | 5 | 6.0 | 2,790 | 5.5 |
| JALISCO | 12 | 14.5 | 11,241 | 22.2 |
| MICHOACÁN | 1 | 1.2 | 387 | 0.8 |
| MORELOS | 3 | 3.6 | 235 | 0.5 |
| NUEVO LEÓN | 11 | 13.3 | 5,399 | 10.7 |
| PUEBLA | 4 | 4.3 | 2,100 | 4.2 |
| QUERÉTARO | 1 | 1.2 | 1,357 | 2.7 |
| S.L.P. | 1 | 1.2 | 582 | 1.2 |
| SONORA | 4 | 4.8 | 1,825 | 3.6 |
| TAMAULIPAS | 2 | 2.4 | 681 | 1.3 |
| VERACRUZ | 2 | 2.4 | 953 | 1.9 |
| YUCATÁN | 4 | 4.8 | 2,257 | 4.5 |
| TOTAL | 83 | 100 | 50,583 | 100 |

Gabriela Becerril Escamilla

PANORAMA Y PERSPECTIVAS NACIONALES DEL
HEXANO:
PRODUCCIÓN Y NUEVAS APLICACIONES

CAPITULO 5

USOS INDUSTRIALES ACTUALES

*El tiempo que huye, no
puede ser recuperado
jamás.*

USOS INDUSTRIALES ACTUALES

En nuestro país el hexano es utilizado principalmente como extractor de aceites de semillas vegetales donde el bajo punto de ebullición facilita la separación de aceites y harinas (soya, cártamo, algodón, maíz, girasol, etc.), también es usado en la extracción de esencias, otro uso importante es como solvente en la fabricación de pinturas, adelgazadores, limpiadores, adhesivos y en la elaboración de thiners, además de ser usado en productos farmacéuticos, otros usos que no son muy notables por ser a nivel laboratorio, son en termómetros para baja temperatura, calibración de equipo, determina índice de refracción en minerales, determinación de proteínas en el aceite, determinación de rendimiento y humedad en semillas oleaginosas desnaturalizante de alcohol.

5.1 USOS INDUSTRIALES EN MEXICO

En nuestro país, el hexano es utilizado industrialmente los siguientes campos.⁽³²⁾

1. Adhesivos
2. Autoconsumo PEMEX
3. Distribuidores
4. Extractor de aceites
5. Solvente en diversos casos
6. Farmacéutico
7. Pinturas y adelgazadores
8. Productos de limpieza
9. Selladores para alimento

En la tabla 5.1 se puede apreciar como ha variado el consumo de hexano por los diversos sectores de uso industrial a través de los años 1986 -1994, además el sector de mayor consumo de hexano a PEMEX GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA (PGPQB) es el sector de distribuidores con un 62.97% lo cual indica que este sector a su vez distribuye el hexano a diversos consumidores para diversos usos, considerando que también puede, a su vez, cumplir sus propios análisis que le pide el consumidor, aunque el precio sea mayor, también podemos observar que en los últimos años el consumidor ha disminuido sus adquisiciones a este sector.

Tabla 5.1 Consumo de hexano por los diferentes sectores a través de los años

| | ADHES. | AUT O | DISTRIB | EXTR AC. | SOLV. | FARM. | PINT. | PROD. LIMP. | SELL. ALIM. |
|-----------|---------|----------|---------|-------------|-------|-------|--------|----------------|----------------|
| 1986 | 1660 | 142 | 18910.7 | 12527.3 | | 45.6 | 3276.1 | 26.9 | 493.5 |
| 1987 | 1976.9 | 114.6 | 21221.5 | 11597.5 | 114.6 | 29.8 | 5709.1 | 88.4 | 657.7 |
| 1988 | 2316.8 | 143.1 | 30073.3 | 8431.4 | 55.4 | 27 | 5492 | 57.4 | 806.2 |
| 1989 | 1711.2 | 0 | 50295.7 | 7082 | 60.3 | 29.1 | 4771.2 | 29.2 | 607.5 |
| 1990 | 2474.1 | 0 | 33936.4 | 9756 | 86.2 | 56.6 | 7670.6 | 82.7 | 777.6 |
| 1991 | 2141.5 | 0 | 31837.3 | 10806.6 | 145.3 | | 7073.3 | 27.8 | 760.2 |
| 1992 | 1932.3 | 0 | 40462.7 | 11364.2 | 58.3 | 56.5 | 7757.9 | 56.5 | 721.1 |
| 1993 | 1220.5 | 0 | 32231.7 | 9705.3 | 0 | 89 | 6635.7 | 57.9 | 649 |
| 1994 | 1127.67 | 0 | 31438.1 | 9616.1 | 0 | 54.1 | 7082.6 | 54 | 534.2 |
| %CO NS | 3.59 | .08 | 62.97 | 19.70 | 0.11 | 0.08 | 12.02 | 0.10 | 1.30 |

La industria alimentaria en el sector extractor de aceites comestibles, consume alrededor de un 19.7% del hexano que vende PGPQB, para su producción de aceite comestible, el cual es uno de los productos que más se consume en la fabricación de productos alimenticios del Mexicano, aunque en los últimos años ha disminuido el consumo, esto se debe a la posible importación de hexano libre de benceno, importación de aceite comestible (crudo y terminado), contracción de la producción de alimentos balanceados y situación económica del país.

En el anexo A de este capítulo se muestra de manera general la obtención de aceites comestibles; por ser la industria que actualmente le da mayor uso al hexano. ⁽³⁴⁾

La industria de las pinturas consume 12% de hexano del que vende PGPQB. Este sector es de suma importancia para la fabricación de pinturas, también en este sector se cuentan los adyuvantes.

El hexano se usa en la fabricación de adhesivos y consume un 3.59% del que vende PGPQB.

El sector selladores para alimentos consume aproximadamente 1.3% del hexano que vende PGPQB aunque la tendencia ha disminuido en los últimos años, lo que se debe a que este sector puede comprar el insumo en otro mercado como puede ser el de los distribuidores que en ocasiones ofrecen el insumo mejorado.

Los solventes en diversos casos, los productos de limpieza, la industria farmacéutica y Autoconsumo (no hubo en los últimos años) usan poco el hexano que vende PGPQB, esto se debe que al igual que todos los casos el insumo puede ser adquirido con los distribuidores.

En las figura de la 5.1 a la 5.9 se puede observar como ha variado el consumo de hexano a PGPQB por los diversos usuarios a través de los años.

Figura 5.1

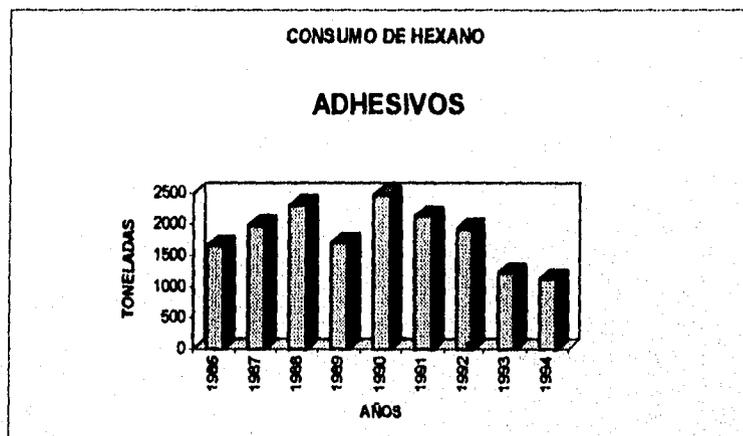


Figura 5.2

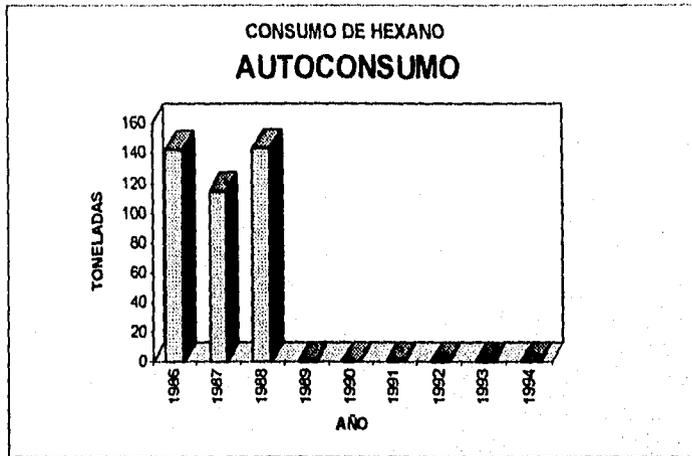


Figura 5.3

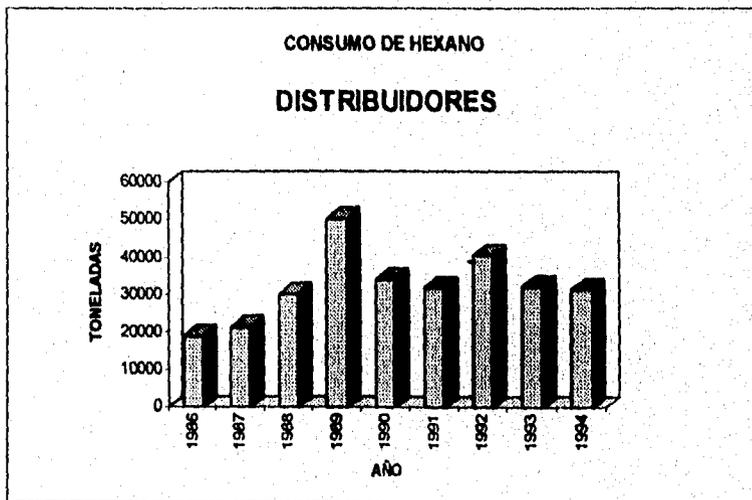


Figura 5.4

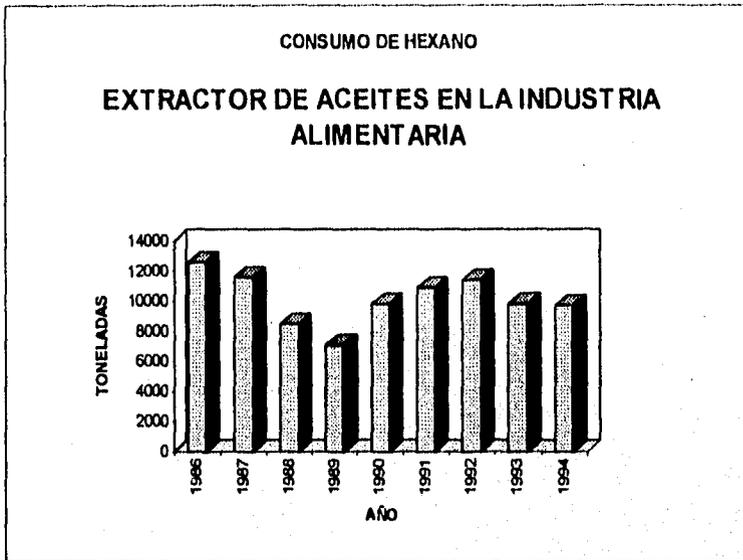


Figura 5.5

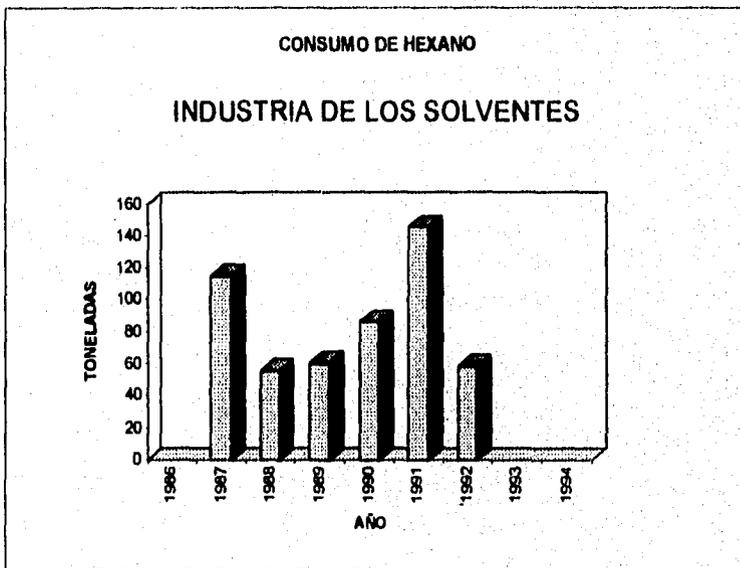


Figura 5.6

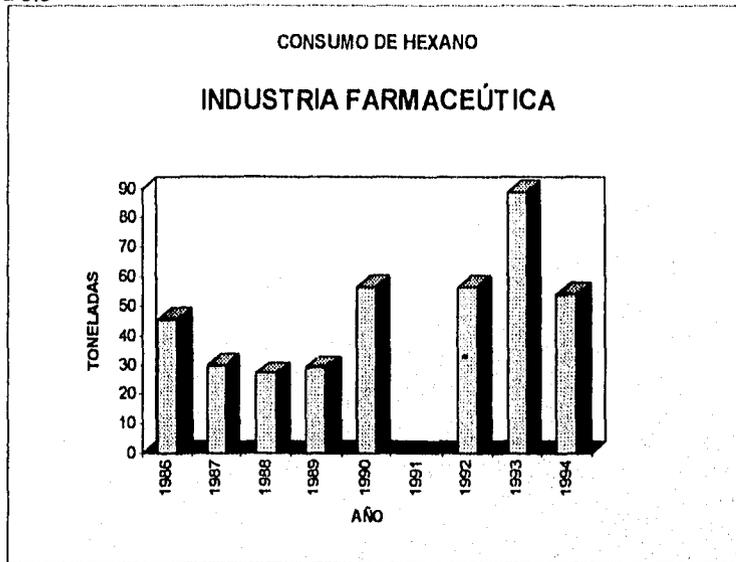


Figura 5.7

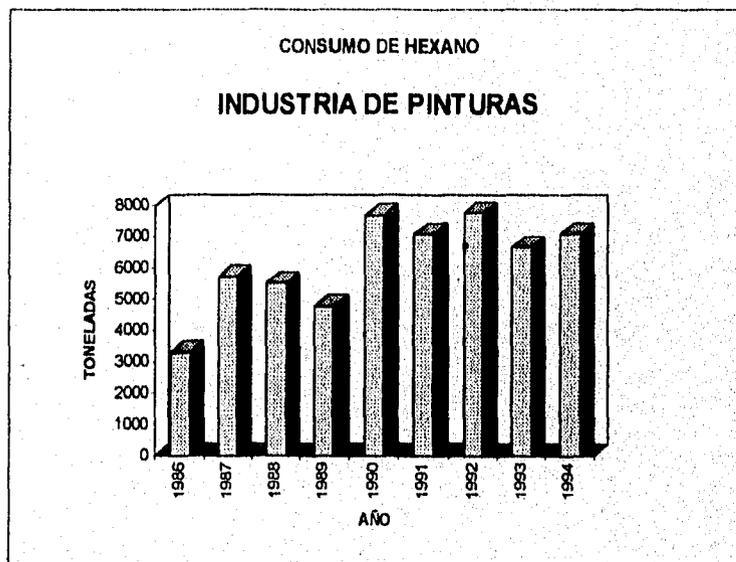
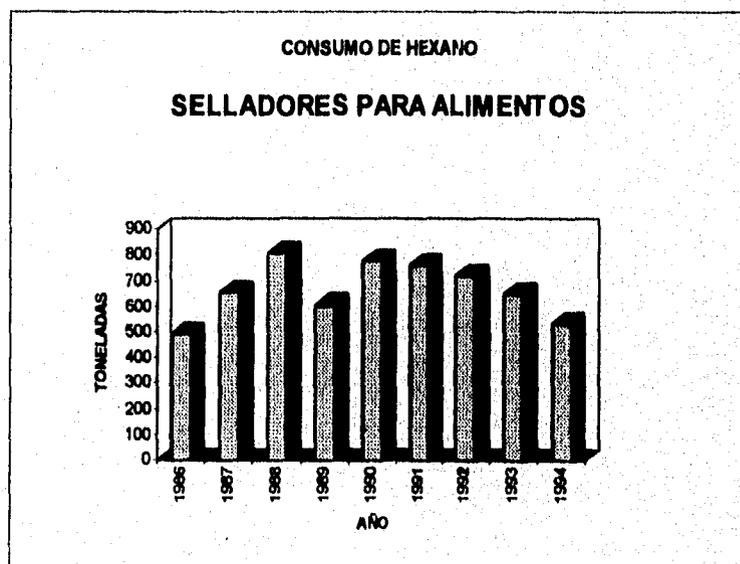


Figura 5.8



Figura 5.9



ANEXO A

Extracción de aceite por solvente ¹³⁴¹

La extracción de aceite de una semilla oleaginosa¹ por medio de solventes es un procedimiento que se usa en casi la totalidad de las plantas que trabajan estos productos, y parece por tanto, necesario dar unas ideas sobre las leyes teóricas que regulan el paso de una sustancia grasa, contenida en las semillas, al solvente con el que se ponen en contacto. Por medio de datos teóricos y ecuaciones se determina la cantidad del solvente. Una tercera prueba que se realiza es ver la temperatura del solvente para ver el rendimiento de la extracción.

Los solventes más utilizados son: hexano comercial, benceno, tricloroetileno, sulfuro de carbono.

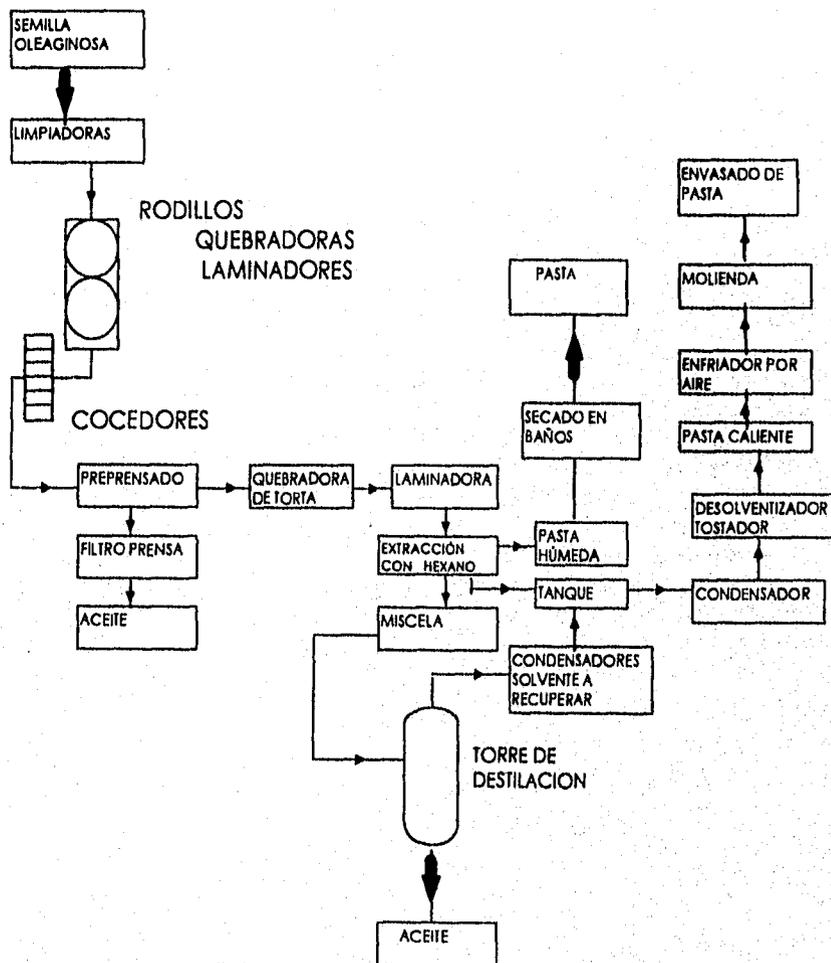
Para la obtención de aceite comestible mediante el sistema de extracción continúa por medio de solventes.

La semilla, se pasa a un prepresado, aquí se reduce el contenido de aceite a un 10-15%. En el caso de semillas de bajo contenido de aceite puede evitarse el prepresado y pasar el material directamente al extractor. Los extractores pueden ser de diferente diseño: horizontales, verticales, de canasta, de banda, mixtos, continuos, intermitentes, etc. Pero en esencia su función es la de establecer un contacto íntimo entre el material y el solvente con objeto de lograr un mejor rendimiento en la extracción; por ello el material que se alimenta deberá ser de tamaño pequeño y de preferencia laminado para establecer la máxima área de contacto de los corpúsculos de grasa ante el solvente. Este proceso tiene la ventaja sobre el sistema mecánico de poder tratar grandes cantidades de semillas por unidad de tiempo y con un mínimo de la inversión ocupando una superficie relativamente pequeña. La solución de aceite en hexano, que el solvente más usual, se le llama "miscela". Esta miscela es enviada a los evaporadores para la separación del solvente. Dependiendo de la capacidad esta separación puede realizarse en un evaporador o en un múltiple efecto. El hexano es recuperado mediante condensadores y regresado al sistema. El aceite con ligeras trazas de hexano, siempre menores del 2%, es pasado por un rectificador al cual se le inyecta vapor vivo en la parte baja con lo cual por arrastre a vacío se elimina la totalidad del solvente al aceite, este filtrado se envía al tanque de almacenamiento. Bagazo o pasta que sale del extractor, lógicamente sale embebida de solvente, este se elimina en un aparato llamado desolventizador-fostador. Este aparato se esemeja mucho a

¹ Semilla oleaginosa es la semilla de la cual se extrae el aceite.

los cocedores de semilla y cuenta como estos de varios pisos calentados por chaquetas y con provisión para inyección de vapor vivo; el material es movido por medio de paletas y cae de un piso a otro través de ranuras especiales. Mediante la aplicación de color y ayudandose en ocasiones con vapor vivo, se logra la total eliminación del solvente el cual se envía los condensadores para su recirculación en el proceso. La pasta se pasa a enfriadores y de ahí a su molienda y envasado. El aceite residual en la pasta varía del medio al uno por ciento

Figura 5.10 Diagrama de flujo para la extracción de aceites por solvente



Gabriela Becerril Escamilla

PANORAMA Y PERSPECTIVAS NACIONALES DEL
HEXANO:
PRODUCCIÓN Y NUEVAS APLICACIONES

CAPITULO 6

PROCESOS NACIONALES DE PRODUCCIÓN DE HEXANO

*La paciencia es una flor
que no crece en todos
los jardines.*

PROCESOS NACIONALES DE PRODUCCIÓN

En la Refinería de Tula, el hexano se produce en la planta fraccionadora de solventes la cual recibe como carga gasolina proveniente de la Planta Hidrodesulfuradora de Gasolinas.

En la Refinería de Minatitlán y la Cangrejera, el hexano se obtiene junto con el heptano a partir de una gasolina reformada que sirve de carga a la planta extractora en donde se obtienen dos corrientes: Una llamada "extracto lavado" que sirve para producir los aromáticos y otra denominada "refinado lavado" que se alimenta a la planta fraccionadora de solventes para obtener los productos mencionados. ^{(6), (32), (35)} En la tabla 6.1 podemos observar los centros nacionales productores de hexano y capacidad de producción en toneladas por día.

Tabla 6.1

| CENTROS PRODUCTORES | CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN TON/DIA |
|---------------------|------------------------------------|
| CANGREJERA | 150 |
| MINATITLAN | 150 |
| TULA | 70 |

CAPACIDAD DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE HEXANO DE CADA CENTRO PRODUCTOR ⁽³²⁾

| | | | | |
|------------|--------|------|------|--|
| CANGREJERA | TV-110 | 1060 | 1000 | * TV se refiere a tanque vertical, dado que el hexano se presenta en forma líquida es almacenado en este tipo de tanque. |
| MINATITLAN | TV-57 | 318 | 300 | |
| | TV-58 | 318 | 300 | |
| | TV-59 | 530 | 500 | |
| TULA | TV-46 | 1000 | 1060 | |
| | TV-47 | 1000 | 1060 | |

Cada uno de los centros productores cuenta con sus propios tanques de almacenamiento, y tienen la capacidad de almacenar la totalidad de la producción instalada.

6.1 PROCESO GENERAL DE OBTENCIÓN DE HEXANO

Una corriente que tiene hidrocarburos se somete a destilaciones sucesivas, por destilación fraccionada.¹

La más alta pureza de obtención de hexano puede ser producida por absorción y el proceso del tamiz molecular. En algunos casos los hexanos comerciales deberían ser clasificados por hidrogenación.

La composición del producto está en función de la carga del grado de separación de ejecución en las fraccionadoras porque las formas mínimas azeotrópicas¹ con n-hexano podrían ser eliminados por la fraccionadora otra fuente de hexano está en la refinación en la planta BTX² la cual lo promueve después de los aromáticos desde la reformación catalítica, la refinación catalítica son los productos obtenidos para la reformación de naftas para la conversión de ciclo parafinas hasta aromáticos.

6.2 OBTENCIÓN DE HEXANO EN EL COMPLEJO PETROQUÍMICO DE MINATITLÁN, VERACRUZ.

El petróleo crudo se alimenta a una planta primaria a fin de obtener por destilación atmosférica gasolinas, diesel, gasóleo pesado y residuo primario. La gasolina que se obtiene del domo de la fraccionadora de esta planta se manda como carga a plantas de hidrodesulfuración y reformación catalítica para obtener aromáticos y turbosina.

El propósito fundamental de las plantas hidrodesulfuradoras es eliminar el azufre contenido en los productos de destilación de petróleo. La reacción de hidrodesulfuración se lleva a cabo en presencia de un catalizador de patente IMP³ compuesto de Ni, Co. y Mo. soportados en esferas de alúmina y en una atmósfera de H₂ con lo cual se logra convertir los compuestos de azufre en H₂S que posteriormente es separado. La gasolina obtenida de la hidrodesulfuradora de naftas se utiliza como carga a los procesos de reformación catalítica.

¹ Azeotropo es la dilución de dos o más líquidos cuya composición no cambia por destilación

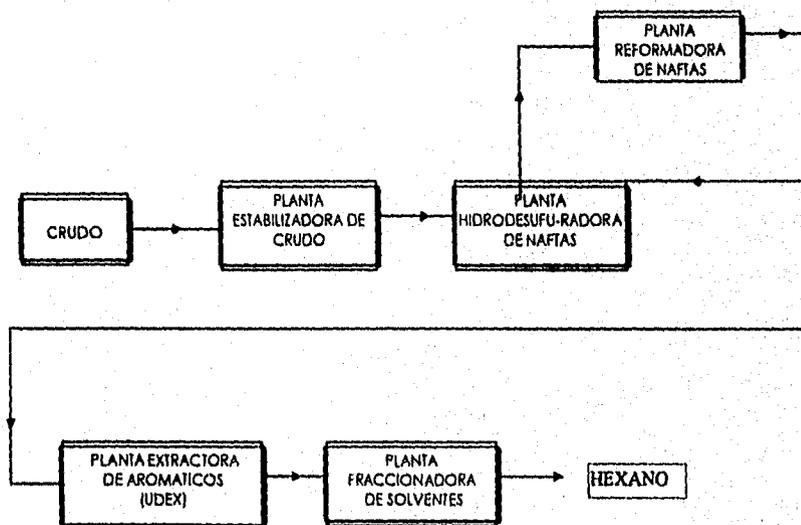
² La planta BTX funciona como preparadora de carga para el tren de aromáticos, el reformado obtenido de esta planta es alimentado a una torre fraccionadora de la planta fraccionadora de aromáticos

³ IMP es el Instituto Mexicano del Petróleo, centro de investigación.

Las plantas reformadoras catalíticas tienen por objeto procesar las naftas ligeras desulfuradas para obtener aromáticos. las reacciones del proceso se llevan a cabo en presencia de un catalizador de platino-renio soportados en esferas de alumina y en una atmósfera de H_2 . Las reacciones principales del proceso son: la deshidrogenación de nafténicos, la isomerización de parafinas la ciclización y la desintegración de hidrocarburos, aunque esta última es indeseable.

El reformado rico en aromáticos obtenido en la reformadora de naftas se alimenta a la planta extractora de aromáticos (UDEX)⁴ donde se extraen los aromáticos por medio de un solvente (glicol o mezcla de glicoles), y en seguida son separados del mismo por agotamiento, obteniéndose el extracto de aromáticos, el cual pasa a la sección de fraccionamiento. El producto de topo proveniente del extractor se alimenta a la planta fraccionadora de solventes donde por destilación se obtiene el hexano. En la figura 6.1 se presenta el diagrama de bloques.

figura 6.1 Diagrama de bloques del proceso de obtención de hexano en el Complejo Petroquímico de Cangrejera, Veracruz.



⁴ Proceso UDEX consiste en la recuperación de los aromáticos la cual se consigue empleando un solvente que es una mezcla de dietilenglicol y agua en fase líquida.

6.3 OBTENCIÓN DE HEXANO EN EL COMPLEJO PETROQUÍMICO LA CANGREJERA, VER.

El crudo proveniente de Cactus, Chiapas se alimenta a la planta estabilizadora de crudo donde es deshidratado y desalado para servir de carga a una torre despuntadora, donde por el domo se obtiene una nafta ligera que contiene hidrocarburos formados por octanos y más ligeros. Este destilado se pasa posteriormente a una columna estabilizadora cuyo producto de fondo es una nafta ligera acondicionada para el proceso de obtención de aromáticos que se envían a la hidrodesulfurizadora para su tratamiento previo.

Esta nafta ligera junto con la nafta procedente de: fraccionadora, repasadora y depentanizadora son la carga a la planta hidrodesulfurizadora donde se hidrogenan las impurezas en un reactor de lecho fijo y los líquidos se envían a una columna de fraccionamiento, de la cual se obtiene por el domo butano y más ligeros y por el fondo naftas libres de impurezas que van a la planta reformadora BTX.

La planta reformadora de gasolina BTX. funciona como preparadora de carga para el tren de aromáticos. La nafta procedente de la hidrodesulfurizadora se alimenta a una columna desisohexanizadora donde se separa la nafta no reformable (isohexano y pentanos) por el domo, y el producto de fondo (hexano y más pesados) se envían a la sección de reacción, previo calentamiento, donde se llevan a cabo las reacciones de reformación. Los productos de reacción se enfrían y pasan a un separador, el líquido del fondo se alimenta a una columna estabilizadora de cuyo fondo se extrae el reformado que sirve de carga a la fraccionadora de aromáticos.

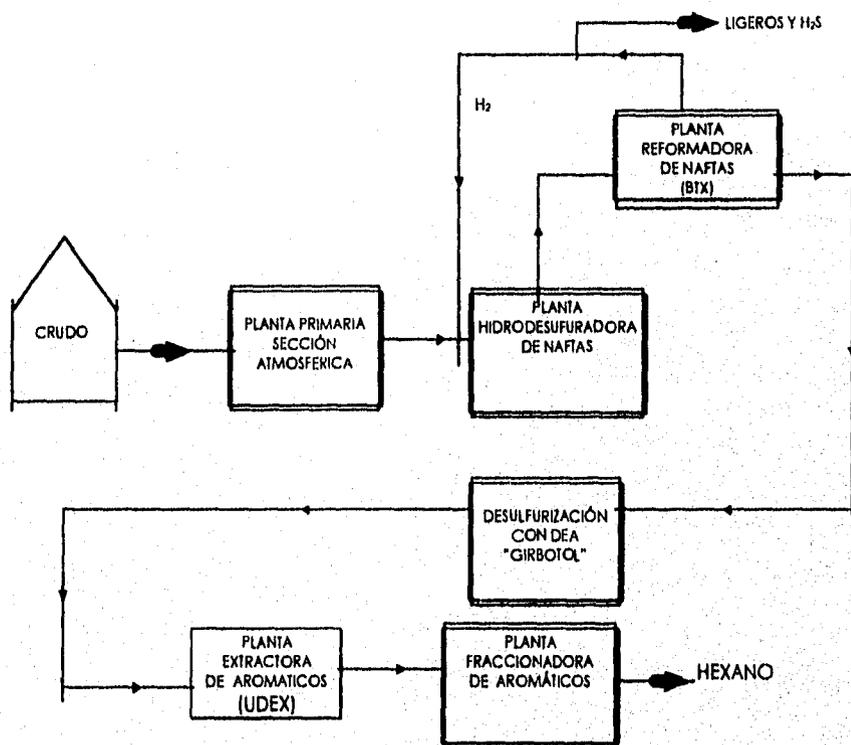
El reformado obtenido en la planta BTX es alimentado a la torre fraccionadora de la planta fraccionadora de aromáticos en donde se separan por el domo una mezcla de aromáticos ligeros (hexano, heptano, benceno, tolueno) que se envían a la planta extractora de aromáticos y los fondos se alimentan a la fraccionadora de xilenos.

La planta extractora de aromáticos tiene como finalidad separar el heptano y el hexano de la mezcla formada por hexano, heptano, benceno y tolueno procedente de la fraccionadora de aromáticos. Esta operación se lleva a cabo utilizando un solvente llamado "sulfolane". El refinado⁵ obtenido por el domo se envía a una columna dehexanizadora de la planta fraccionadora de

⁵ Refinado es una mezcla de hidrocarburos que se obtiene por el domo de la planta extractora de aromáticos (UDEX), dicha corriente se envía a la torre dehexanizadora de donde se obtiene hexano y mas pesados estos aún no están refinados por lo que se envían a la planta fraccionadora de solventes. El refinado es lo que no se alcanza a refinar con la refinación.

aromáticos de donde por el domo se obtiene el hexano, y los fondos pasan a la deheptanizadora para obtener el heptano por el domo. Los fondos se mandan a gasolinas. Ver figura 6.2

Figura 6.2 Diagrama de bloques del proceso de obtención de hexano en el Complejo Petroquímico de la Minatitlán, Veracruz.



6.4 OBTENCIÓN DE HEXANO EN LA REFINERÍA MIGUEL HIDALGO "TULA HIDALGO"

El crudo proveniente de los campos del Sureste de la República Mexicana, llega a la refinería Miguel Hidalgo por medio de oleoductos y es almacenado en los tanques.

La planta de destilación combinada No.1 y la primaria No. 2 son alimentadas por tanques de crudo, ambas tienen la función de obtener productos refinados por destilación fraccionada, la gasolina despuntada proveniente de éstas sirve como alimentación a planta estabilizadora de gasolinas para separar gas licuado y gas seco (estos productos son tratados para cumplir con las especificaciones) de esta planta se obtiene la gasolina estabilizada que se une con la gasolina estabilizada proveniente de la planta de destilación primaria No. 2 y de la planta de destilación combinada No. 1, para ser enviada a la planta hidrosulfuradora de gasolinas que tiene como objetivo preparar la alimentación a la unidad de reformación catalítica, cumpliendo con la especificación de 0.5ppm de azufre total máximo.

La corriente de gasolina dulce proveniente de la planta hidrosulfuradora de gasolinas es alimentada a la planta reformadora que tiene como objetivo la producción de gasolina de alto octano (98 octanos), a partir de la gasolina previamente desulfurada la cual se sujeta a condiciones de presión y temperatura en una serie de tres reactores de cama catalítica, con catalizador UOP R32⁴ a base de platino.

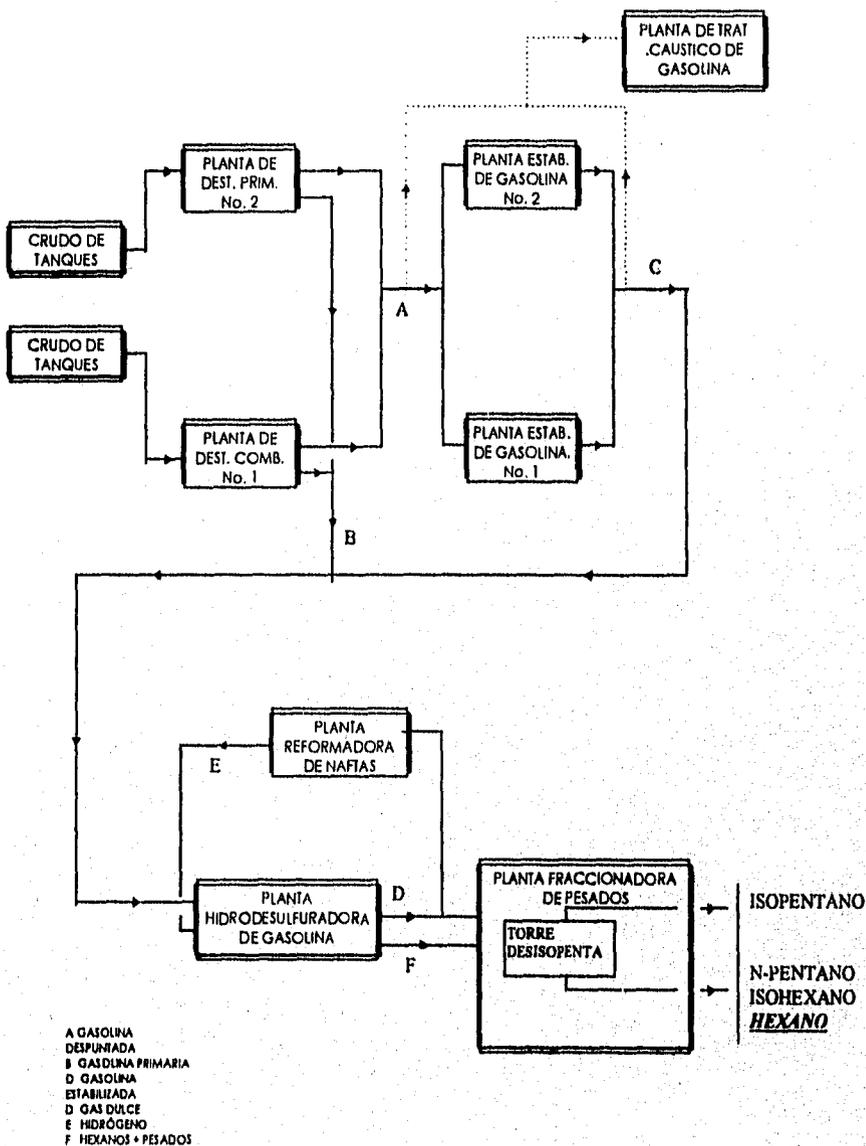
El hidrogeno producido en la reacción es alimentado a las plantas de destilados intermedios y la planta hidrosulfuradora de nafta de la cual se obtiene una corriente de hexanos + pesados que es enviada a la planta tratadora y fraccionadora de hidrocarburos ligeros y pesados, esta planta consta de una sección de tratamiento con amina para líquidos y gases, así como dos secciones de fraccionamiento, una de hidrocarburos ligeros y otra de pesados.

En la sección de fraccionamiento, se separa por destilación fraccionada el gas licuado y nafta ligeras para obtener especialidades.

El hexano es una especialidad que se obtiene de la sección de hidrocarburos pesados variando las condiciones originales de presión y temperatura para el cual fue diseñada la planta, esto fue por la necesidad de obtener hexanos. Ver figura 6.3

⁴ Es la marca con la cual está registrado el catalizador.

Figura 6.3 Diagrama de bloques del proceso de obtención de hexano en la Refinería de Tula de Allende, Hidalgo



6.5 DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES PROCESOS NACIONALES DE OBTENCIÓN DE HEXANO.

El proceso de obtención de hexano es similar en los tres centros productores nacionales, es por ello que en este punto se describe las principales plantas del proceso así como la sección de la cual se obtiene el hexano como producto terminado.

Como se puede observar en los diagramas de bloques de las figuras 6.1, 6.2, y 6.3, la planta hidrodesulfuradora de nafta en los tres centros productores tiene la misma función, que es la eliminación de azufre, nitrógeno y oxígeno, en un proceso de hidrogenación catalítica y la separación de hidrocarburos ligeros hasta isohexano.

La planta tratadora y fraccionadora de hidrocarburos. En la sección de tratamiento se absorbe una solución de dietanol amina los compuestos de los gases líquidos y amargos procedentes de las planta hidrodesulfuradoras. En la sección de fraccionamiento, se separa por destilación fraccionada el gas ligero y naftas ligeras para obtener especialidades como el hexano éste es obtenido en la sección de pesados de la torre desisopentanizadora.

6.5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EN LA PLANTA HIDRODESULFURADORA DE NAFTA

La planta hidrodesulfuradora de nafta consiste en un hidrotreatmento catalítico de las naftas que posteriormente serán sometidas al proceso de reformación, la unidad tiene una capacidad de 36 500 BPD.

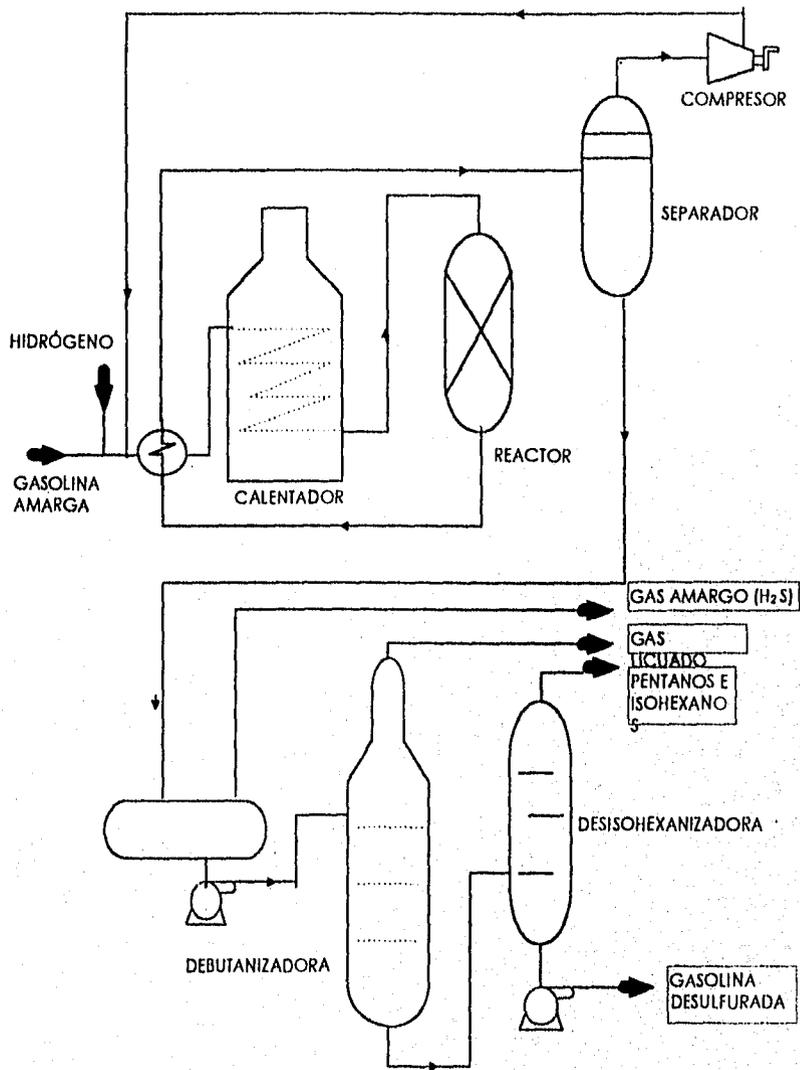
La hidrodesulfuración es un proceso de reformación catalítica que utiliza un catalizador selectivo, en combinación con una corriente de gas rica en hidrógeno, para descomponer los compuestos de azufre, oxígeno, nitrógeno, cloruros y compuestos metálicos, así como para saturar las olefinas presentes en las gasolinas. Los metales se eliminan por fijación de los mismos sobre la superficie del catalizador. También se elimina agua obteniéndose finalmente un producto seco y libre de impurezas. Todas estas mejoras en las gasolinas con poca o ninguna pérdida del producto.

Para llevar a cabo todo lo anterior, la carga se mezcla con una corriente de gas rica en hidrógeno proveniente de la planta reformadora vaporizándose en el tren de precalentamiento y el calentador de fuego directo antes de entrar al reactor.

Las reacciones que se llevan a cabo son altamente exotérmicas. La hidrogenación se lleva a cabo en un reactor catalítico con catalizador IMP DSD 3plus a una temperatura de 275°C aprox y 28.3 kg/cm². El effluente del reactor se enfría y se condensa.

La separación de las fases se efectúa en el separador de productos del reactor, del cual el gas rico en hidrogeno se recircula hacia la carga líquida y el excedente se enfría como gas amargo a L.B. . El líquido se envía a la sección de estabilización y fraccionamiento. De esta sección se obtendrán como productos las 4 corrientes. Gas amargo, gas licuado amargo y gasolina desisohexanizada. ver figura 6.4

figura 6.4 Diagrama de flujo de la planta hidrodesulfuradora de naftas



6.5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EN LA PLANTA TRATADORA Y FRACCIONADORA DE HIDROCARBUROS

La unidad tratadora y fraccionadora de hidrocarburos está diseñada para procesar 261M m³ estándar por día a 20 °C y 1kg/cm² de gases amargos y 1106 BPD a 15°C de hidrocarburos líquidos provenientes de las plantas hidrosulfuradoras de nafta. Esta unidad está integrada por las siguientes secciones de proceso: tratamiento cáustico, tratamiento con DEA, fraccionamiento de ligeros y fraccionamiento de pesados.

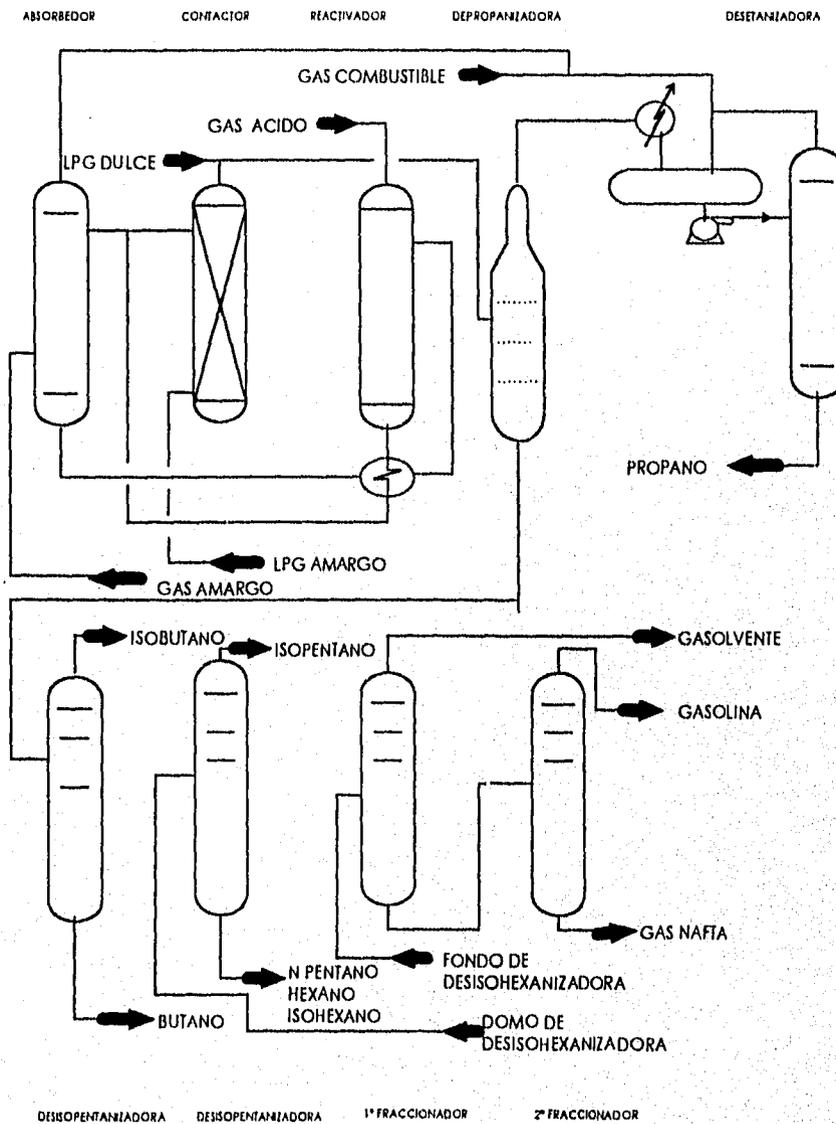
La sección de tratamiento con DEA es alimentada con gases amargos provenientes de las plantas hidrosulfuradoras de nafta y de destilados intermedios I y II, además recibe otra carga de hidrocarburos amargos provenientes de la planta hidrosulfuradora de nafta. Esta sección se utiliza para eliminar el H₂S de los corrientes de gases líquidos amargos con una solución de dietanolamina al 20% en peso, como producto se obtiene gas dulce, hidrocarburos líquidos dulces y gases ácidos.

La sección de fraccionamiento de ligeros recibe una carga proveniente de la sección de tratamiento con amina. Esta sección utiliza un proceso de destilación fraccionada con el objeto de separar los hidrocarburos, presentes en la corriente de alimentación, los productos obtenidos son gas combustible, propano, n-butano e isobutano.

La sección de tratamiento de pesados recibe una carga proveniente de la planta hidrosulfuradora de nafta. Esta sección utiliza también un proceso de destilación fraccionada para obtener los siguientes productos Isopentano, n-pentano, gasolvente, gas nafta y gasolina.

Ver figura 6.5

figura 6.5 Diagrama de flujo de planta tratadora y fraccionadora de hidrocarburos ligeros y pesados



6.5.2.1 SECCIÓN DE TRATAMIENTO DE PESADOS EN LA PLANTA TRATADORA Y FRACCIONADORA DE HIDROCARBUROS

(De esta sección se obtiene el hexano como producto final)

El producto de domos de torre desisohexanizadora de la planta hidrodesulfuradora de nafta se recibe en límites de batería a 66°C y 4.2 kg/cm² man y se alimenta al plato No. 20 de la torre desisopentanizadora DA-607, que está constituida por 58 platos del tipo válvula y que opera a 1.7 kg/cm² man. La función de la torre es llevar a cabo la separación del isopentano de la carga el cual se obtiene por los domos a 55°C y 1 kg/cm² man y se condensa totalmente en el condensador de desisopentanizadora EA-614 A-D. El efluente líquido pasa al acumulador de desisopentanizadora FA-608, que opera a 53°C y 1.3 kg/cm² man, parte del isopentano se retorna a la torre por medio de la bomba de reflujo de desisopentanizadora GA-610/R, el resto se envía a través de la bomba de isopentano GA-617/R a límites de batería a 38°C y 4.4 kg/cm² man después de pasar por el enfriador de isopentano.

Los requerimientos de calor de la torre son suministrados por el rehedidor de desisopentanizadora EA-616 utilizando vapor saturado de 3.5 kg/cm²; el rehedidor es de tipo termosifón.

El producto de fondos de la torre desisopentanizadora, constituido principalmente por n-pentanos, hexanos e isohexanos, se obtiene a 74°C y 2.5 kg/cm² y es enviado a límite de baterías por medio de la bomba de fondos de desisopentanizadora GA-611/R, pasando por el enfriador de n-pentano EA-617 a 38°C y 3.6 kg/cm² man.

Para obtener el hexano puro se varían las condiciones de presión y temperatura de la torre DA-607 respecto a las de diseño, para obtener éste por el fondo y por el domo isopentano, n-pentano, e isohexanos los cuales pasan al condensador, posteriormente el líquido pasa al acumulador de desisopentanizadora y así se retorna a la torre por medio de la bomba de reflujo y el resto a límites de batería.

Adicionalmente se cuenta con las instalaciones necesarias para enviar la carga de la torre a almacenamiento pasando por el enfriador de n-pentanos, cuando la torre desisopentanizadora se encuentra fuera de operación.

El producto de fondos de la torre desisohexanizadora de la planta hidrodesulfuradora de nafta se alimenta al plato No. 18 del primer fraccionador DA-608 a 148 °C y 4.6 kg/cm² y 57.5 % de vaporización en peso de la torre está constituido por 34 platos del tipo válvula y opera a 0.6kg/cm². Por los domos de

la torre se obtiene gasolvente a 112°C y 0.6°C kg/cm² man el cual pasa al condensador del primer fraccionador EA-618, el efluente totalmente condensada fluye al acumulador del primer fraccionador FA-609. Parte del producto se refluja a la torre con la bomba de reflujos del primer fraccionador GA-613/R y el resto se envía a límites de batería pasando por el enfriador de gasolvente EA-620 a 38°C y 3.5 kg/cm² man.

Los requerimientos térmicos de la torre son suministrados por el rehervidor del primer fraccionador EA-619 el cual utiliza vapor sobrecalentado para llevar a cabo el fraccionamiento, el producto de fondos se alimenta a través de la bomba de carga al segundo fraccionador GA-612/R, pasa al plato No. 5 del segundo fraccionador DA-609 el cual está constituido por 28 platos del tipo válvula. Por los domos de esta torre se obtiene gasolina que se manda al condensador del segundo fraccionador GA-615/R parte del producto se refluja a la torre y el resto se pasa al enfriador de gasolina EA-624 antes de enviarse a límites de batería.

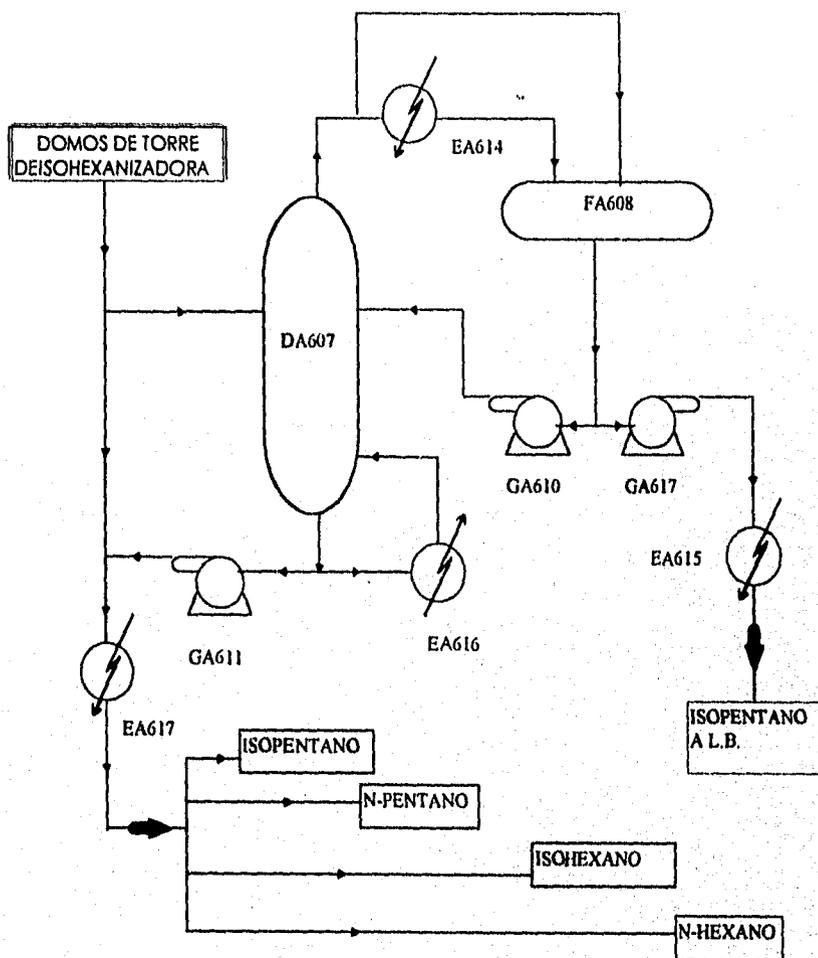
Los requerimientos de calor de la torre son suministrados por el rehervidor del segundo fraccionador EA-622 utilizando vapor sobrecalentado.

El producto de fondo de la torre, consiste en gas nafta y es enviado con la bomba de gas nafta GA-614/R al enfriador de gas nafta EA-623 y el efluente se manda a límites de batería. Ver figura 6.6

figura 6.6 Diagrama de flujo de la unidad tratadora y fraccionadora de hidrocarburos

(SECCIÓN DE PESADOS)

TORRE DESISOPENTANIZADORA



Gabriela Beceril Escamilla

PANORAMA Y PERSPECTIVAS NACIONALES DEL
HEXANO:
PRODUCCIÓN Y NUEVAS APLICACIONES

CAPITULO 7

NUEVAS PROPUESTAS PARA USO NACIONAL

*La generosidad no
consiste en dar mucho,
sino en dar a tiempo.*

NUEVAS PROPUESTAS PARA USO NACIONAL

Debido a la alta capacidad de producción del hexano es necesario encontrar nuevas alternativas de mercado para aprovechar la sobre producción es por ella que se realiza un proyecto para cumplir con la especificación en la industria alimenticia por ser este uno de los sectores de mayor trascendencia en el consumo de hexano a nivel nacional, el benceno en altas concentraciones puede ser cancerígeno. En su caso importar hexano de alta pureza para realizar una mezcla con el hexano nacional y así satisfacer al mercado nacional de la industria alimenticia. (32),(35)(36)(37)

Cumpliendo con la especificación internacional el hexano podrá ser exportado para cualquiera de los sectores de consumo mencionados en el capítulo 5.

7.1 REDUCCIÓN DEL CONTENIDO DE BENCENO EN EL HEXANO PARA CUMPLIR CON LA ESPECIFICACIÓN INTERNACIONAL.

En este punto se propone un sistema para disminuir el contenido de benceno presente en la corriente de hexanos que se produce actualmente en el sistema de refinerías de PEMEX, para cumplir con la especificación internacional de 10ppm máximas de este componente en el producto que se usa en procesos de extracción de aceites comestibles.

Durante el desarrollo se exploran la posibilidades de las diferentes fuentes de hexano crudo en los procesos aplicables, considerando la demanda del mercado nacional del producto.

Finalmente se hace una estimación del beneficio económico que se obtendrá con la aplicación del sistema que se propone "*proyecto para reducción del contenido de benceno en el hexano para cumplir con la especificación máxima de 10ppm, volumen de éste contaminante en el producto*".

El hexano que PEMEX comercializa se produce en las refinerías de Cadereyta, Tula y Minatitlán; sin embargo este producto presenta actualmente alto contenido de compuestos aromáticos, principalmente benceno, el cual no es apto para uso en la industria de aceites comestibles.

La especificación internacional actual del hexano para este servicio es de 10 ppm de benceno en el mismo, por lo que PEMEX-REFINACIÓN realiza esfuerzos para reducir el contenido de benceno en el hexano que produce, logrando el contenido del mismo desde el promedio de 2000ppm a 200ppm ajustando las condiciones de operación en la separación de este producto sin embargo no se alcanzó la especificación internacional, por lo que se inició un estudio tendiente a encontrar el método más práctico y económico para alcanzar este cometido.

Con el fin de establecer el volumen del hexano con contenido menor a 10ppm de benceno que debe producirse, se procedió a efectuar consultas con el área encargada de la comercialización de los productos correspondientes dentro de PEMEX llegándose a la conclusión de que se requieren 500 BPD del producto mencionado para el mercado nacional.

Para determinar la refinería donde debería efectuarse la purificación del hexano se consultó con personal del área operativa de refinerías para definir la composición promedio del hexano que se produce en las instalaciones de Minatitlán, Cadereyta y Tula, así como sus volúmenes.

Las producciones del hexano de las diferentes refinerías se tomaron del reporte acumulado del tablero de mando del mes de septiembre que incluye del 1° de enero al 31 de agosto e 1993, y el contenido de benceno del producto fue proporcionado por el departamento químico de refinerías encontrándose lo siguiente;

Producción de hexano:

Refinería de Cadereyta (contenido de benceno 3-4%)

Producción promedio = 1300BPD¹

Refinería de Minatitlán (contenido de benceno 2% max.)

Producción promedio = 720 BPD

Refinería de Tula (contenido de Benceno 3-4% max)

Producción promedio = 250 BPD

Total producido por día (promedio) = 2,270 BPD²

¹ En averiguaciones posteriores se informó que esta refinería produce actualmente una corriente de heptanos en lugar de hexanos para políticas operativas.

De lo anterior se concluye que la mejor opción será el instalar el sistema de purificación en la refinería de Minatitlán ya que es la que tiene menor contenido de benceno en el hexano y el requerimiento actual es menor que su producción.

Para encontrar procesos que nos lleven a lograr la disminución del benceno en el hexano, se procedió a efectuar una investigación bibliográfica la cual dio como resultado básicamente 4 posibilidades

7.1.1 DESHIDROGENACIÓN DE BENCENO BÁSICAMENTE A CICLOHEXANO.

Se investigó en diferentes publicaciones especializadas en procesos encontrándose que aunque es posible la eliminación de benceno en corrientes de reformados ligeros por este método, se usa mayormente para ajustar la especificación de aromáticos en las gasolinas, que son mucho menos severas que las nos ocupa.

Los procesos de este tipo investigados bibliográficamente son conocidos como BEN-SAT y PENEX-PLUS del licenciador U.O.P., e hidrogenación catalítica de benceno en fase líquida del licenciador INSTITUTE FRANCAIS DU PETROLE.

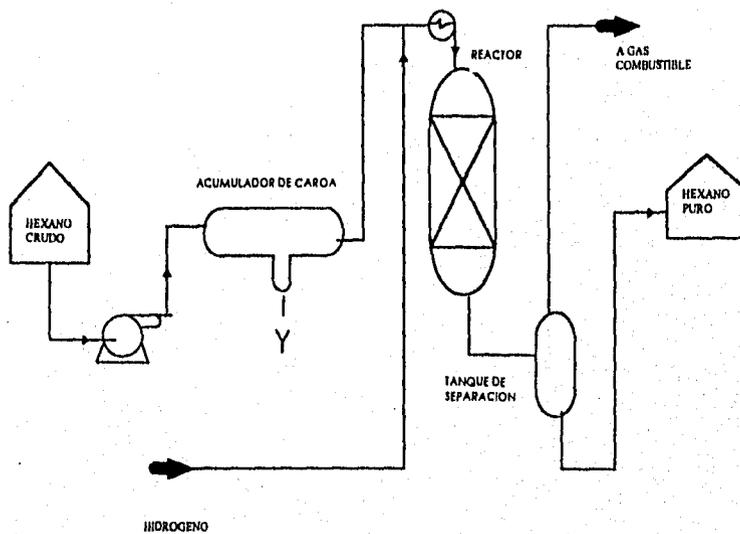
Para investigar la posibilidad de utilizar procesos parecidos que ya estén en uso en PEMEX, se sostuvieron conversaciones con personal involucrado en la operación de la planta de polietileno del complejo petroquímico Escolín, y con la planta de ciclohexano en Minatitlán.

En Escolín informaron que localmente usan un sistema de hidrogenación para el hexano, pero el benceno prácticamente no se afecta, siendo el contenido de olefinas el que se reduce o elimina, sin embargo se tiene un sistema de mallas moleculares del tipo malla 3CX incluido en el proceso que disminuye el contenido de benceno en el hexano que recircula en el mismo. En la planta de ciclohexano de Minatitlán, usan un reactor de lecho fijo para el producto terminado reduciendo el contenido de benceno en el ciclohexano de aproximadamente 2% hasta unas 70ppm

² Se considera la producción de Cadereyta como hexanos

Para determinar la posibilidad de eliminación de benceno por hidrogenación, se solicitó al INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO que efectuara un servicio técnico consistente en pruebas en planta piloto con diferentes catalizadores, usados en la planta de ciclohexano de Minatitlan y algunos otros que sugieran los fabricantes de dichos catalizadores, tomando como base inicial las condiciones de operación del reactor de hidrogenación de ciclohexano de dicha planta; en la figura 7.1 se presenta un diagrama simplificado del proceso.

figura 7.1 Diagrama simplificado para el proceso de deshidrogenación de benceno básicamente a ciclohexano



7.1.2. ELIMINACIÓN DEL BENCENO POR MALLAS MOLECULARES

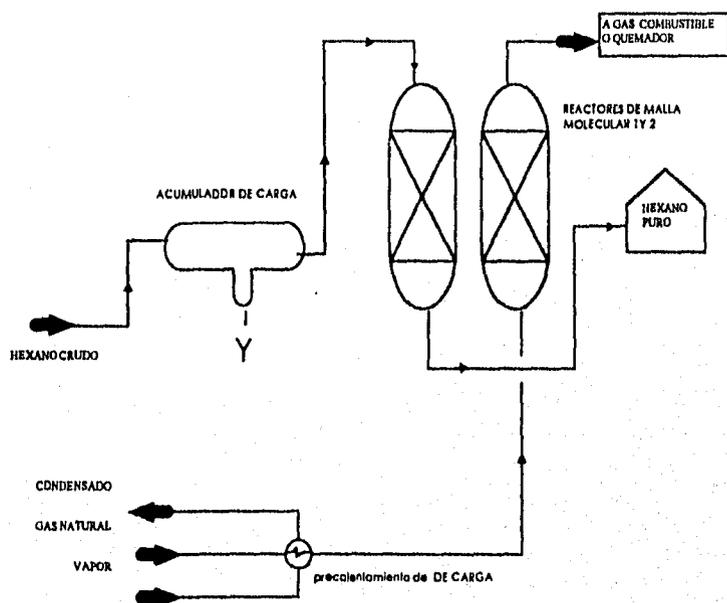
Para este procedimiento, se encontró información de la campaña GRACE DAVISON y otras, en la cual se mencionan diferentes tipos de mallas moleculares, con las cuales es posible separar parafinas de diferentes compuestas, siendo estas absorbidas en las mallas, y refiriéndose en general a C₁₅ y mayares; sin embargo esta información es antigua y como en el proceso de polietileno de Escalón se menciona una malla específica, se trató de encontrar mallas que pudieran cumplir con este servicio, para la cual se contactó a las campañas RHONE-POULENC, UNIÓN CARIBE Y ALCOA para obtener mayor información, con lo que se consiguieron datos de mallas moleculares del fabricante U.O.P. (Unión Caribe); asimismo RHONE POULENC ofreció un tipo de malla llamado 13-X el cual es el que presenta mejor comportamiento aplicado a la refinería de Minatitlán. En la figura 7.2 se presenta un diagrama de proceso simplificado.

7.1.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELIMINACIÓN DEL BENCENO POR MALLAS MOLECULARES

El hexano crudo proveniente del tanque de almacenamiento pasa a un separador de líquidos, por el fondo se extrae el agua residual, el hidrocarburo se alimenta al dama de la torre 1 la cual se encuentra empacada con malla molecular del tipo 13X, esta tiene como función llevar a cabo la absorción en un tiempo aproximado de 11 horas eliminándose en esta etapa la humedad y principalmente el contenido de benceno, obteniéndose este por el fondo de la torre, alimentada a un tanque de producto terminado (hexano puro), mientras es llevado a cabo el ciclo anterior, una corriente de vapor saturado intercambia calor con una corriente de gas natural elevando la temperatura durante 6 horas de 22°C a 210°C esta corriente se alimenta al fondo de la torre 2 con la finalidad de llevar a cabo el proceso de desorción por un tiempo aproximado de 12.5 horas.

El proceso de desorción consiste en hacer pasar el gas natural caliente a través de toda la cama de malla molecular durante un periodo aproximado de 1 hora con la cual se consigue reactivar la malla molecular y quedando posteriormente disponible esta torre de adsorción, el gas que pasó a través de las mallas ya saturado con benceno y humedad se alimenta a una corriente de gas combustible.

figura 7.2 Diagrama simplificado para el proceso de eliminación de benceno por mallos moleculares



7.1.3 ELIMINACIÓN DE BENCENO POR MEDIO DE SILICA GEL.

Dentro de la Información escrita encontrada, se localizó una que menciona a la silica gel como un producto que podría servir para eliminar benceno del hexano, sin embargo no es muy específica.

7.1.4 PURIFICACIÓN POR DESTILACIÓN

Se efectuaron simulaciones de torres de destilación, encontrándose que se forma un azeotropo para la pureza deseada, lo cual coincide con informaciones posteriormente localizadas, por lo que se desechó este procedimiento.

En la tabla 7.1A se presentan los resultados de la estimación de costos para comparaciones de los mismos.

Como puede observarse el proceso de menor costo es el de mallas moleculares 13-X de PROCATALYSE aplicado a Minatitlán, que adicionalmente es mas sencillo, seguro y rápido de implementar, ya que opera a bajas presiones y temperatura ambiente contra el hidrogeno que opera a 30 Kg/cm² y 170°C.

Como se mencionó al inicio de este capítulo, PEMEX-REFINACIÓN efectuó esfuerzos durante el desarrollo del estudio para disminuir el contenido de benceno de su hexano producto, logrando reducirlo hasta 200ppm según se aprecia en la tabla 7.1B, sin embargo, al considerar el estudio para su aplicación, se efectuaron los siguientes ajustes:

- Se consideró que la capacidad sería para toda la producción de hexanos (750BPD) para dar flexibilidad a la operación.
- El paquete de purificación se construirá en línea con la salida de la planta, y no tomando el hexano crudo de tanques, por lo que la humedad del producto se consideró de 600ppm máximo.
- Se determinó que el contenido de benceno para el dimensionamiento final de los equipos fuera de 800ppm considerando los posibles descontrolés de la planta.
- Se determinó que el medio de calentamiento para la regeneración del adsorbente fuera vapor saturado de 30 kg/cm² máximo.

ESTIMACIÓN DE COSTOS DE PURIFICACIÓN DE HEXANOS ACTUALES POR LOS DIVERSOS FABRICANTES

(Todo está en N\$/BL de producto)

TABLA 7.1A

| | MINATITLAN | | | TULA | |
|-----------------------|------------|---------|--------|-----------|---------|
| | HIDROG. | MALLAS | | HIDROG. | MALLAS |
| | U.C.I | U.O.P | PROCAT | U.C.I | U.O.P |
| | C-46-7-03 | ARG-429 | 13-X | C-46-7-03 | ARG-429 |
| COSTO CATALIZADOR | 0.069 | | | 0.069 | |
| COSTO MALLA MOLE. | | 0.37 | 0.18 | | 2.81 |
| COSTO GAS REGENERAC. | | 8.15 | 1.47 | | 60.07 |
| COSTO HIDROGENO | 1.56 | | | 5.26 | |
| COSTO CALOR | | 2.33 | | 0.74 | 0.09 |
| DEPREC. INSTALACIONES | 1.65 | 0.069 | 0.09 | 0.069 | 0.55 |
| TOTAL (N\$/BL) | 2.35 | 8.62 | 1.74 | 6.19 | 63.56 |

TABLA 7.1B

| CONTAMINANTE (PPM) | HEXANO DE ALMACENAMIENTO | | HEXANO DE PLANTAS | |
|--------------------|--------------------------|------------------|-------------------|---------------|
| | OCT 1993 | DE ABRIL DE 1994 | OCT DE 1993 | ABRIL DE 1194 |
| | 200 | 330 | 230 | 200 |
| | 207 | 140 | 557 | 181 |

En la tabla 7.2 se presenta el cálculo en hoja electrónica del costo actual estimado y las dimensiones de los eliminadores de mallas para la purificación del hexano en las condiciones anteriores, el cual es de 2.77N\$/BL, sumando este costo al precio actual de venta del hexano crudo de N\$190.40 nos da un costo total estimado para el hexano refinado

de 193.17N\$/BL que comparado con el precio del hexano de importación de 354.19N\$/BL nos resulta en un beneficio estimado total de 121568.9815N\$ por día considerando la producción total de hexano de Minatitlán.

Considerando el caso de 0.08% de benceno en el hexano y 600 ppm de agua en el caso de Minatitlán observar la siguiente hoja de cálculo.

TABLA 7.2

| Flujo de hexano con 0.08% vol. de benceno | 750.00 BPD | |
|---|-----------------------------|-------------|
| Volumen total malla 13-X (PROCATALISE) | 138.16 ft ³ | |
| Volumen de una cama | 69.08 ft ³ | |
| Gas Natural estimado | 8.48M ft ³ std/h | |
| calor necesario | 787.30M kcal | |
| Volumen ft ³ | Diámetro ft | Longitud ft |
| 69.0.7804 | 1 | 88.00 |
| 69.0.7804 | 2 | 22.00 |
| 69.0.7804 | 3 | 9.78 |
| 69.0.7804 | 4 | 5.50 |
| 69.0.7804 | 5 | 3.52 |
| 69.0.7804 | 6 | 2.44 |
| 69.0.7804 | 7 | 1.80 |
| 69.0.7804 | 8 | 1.37 |
| 69.0.7804 | 9 | 1.09 |
| 69.0.7804 | 10 | 0.88 |
| Costo de la malla molecular | 56.92M N\$ | |
| Costo de malla (3 años) | 0.069 N\$ | |
| Depreciación instalaciones (15 años) | 0.023 N\$/BL | |
| Costo de gas de regeneración | 2.63 N\$/BL | |
| Costo de vapor de calentamiento | 0.046 N\$/B | |

Costo total adicional de purificación 2.77 N\$/BL

7.2 IMPORTACIÓN DE HEXANO PARA LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

El objetivo de la importación es apoyar el mercado nacional de hexano grado alimenticio, que demanda un producto con un contenido mínimo de benceno; por ser éste cancerígeno en altas concentraciones.

Se deberá tener un costo que beneficie económicamente a PEMEX, para poder importar, almacenar y transportar el hexano.

PEMEX siempre procura que sus productos que comercializa sea de la calidad que satisfaga los consumidores.

Tomando en cuenta que la industria acellera y farmacéutica consumen un 30% del total de las ventas es de vital importancia desarrollar alternativas para abastecer el mercado y no perderlo.

PEMEX GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA es el encargado de comercializar el hexano por lo que se debe asegurar el abastecimiento en el mercado para obtener beneficios económicos.

Controlar el abasto de hexano con un menor contenido de benceno, y así mejorar la calidad, que aprovecharía el sector industrial que elabora productos de consumo humano que beneficiará al consumidor final.

Desarrollando un proyecto de alternativas para adquirir el hexano mediante importación se consideran los siguientes puntos.

1. Demanda nacional, (hexano consumo humano)
2. Ubicaciones y cotizaciones (renta de tanques de almacenamiento)
3. Costo de transporte por buquetanque
4. Cotizaciones de precios en el extranjero

7.3 EXPORTACIÓN DE HEXANO PARA LOS DIFERENTES SECTORES DE CONSUMO.

El hexano es un petroquímico básico que está llamado a cumplir un importante papel para estimular la eficiencia e integración de la cadena productiva del país, ya que esta rama es un proveedor estratégico de los insumos que requiere la Industria nacional que presenta posibilidades de exportación.

En el contexto actual de libre comercio y de una nación integrada a los flujos comerciales internacionales, el esfuerzo de nuestro país tiene que dirigirse a lograr que la industria mexicana alcance el nivel de competitividad que se necesita para consolidar su participación tanto en el mercado interno como en los mercados de exportación.

Dada la importancia de este sector y con el propósito de poder ofrecer financiamiento adecuado para fortalecer las actividades de exportación que realiza, Bancomext efectuó un estudio sobre esta industria, el cual dio como resultado una propuesta para llevar a cabo diversas acciones, dirigidas a incrementar su nivel de competitividad.

Se precisa que las empresas mejoren sus estrategias para optimar sus operaciones de importación y exportación, agrupándose para consolidar sus compras en el extranjero, con el fin de obtener financiamiento en mejores condiciones en el mediano y largo plazos, con la consecuente generación de ventajas como país, al diferirse la salida de divisas y, como empresas, al optimar sus flujos de efectivo.

Se requiere que se invierta en la construcción y desarrollo de terminales terrestres y portuarias para hacer más eficiente la carga, descarga y almacenamiento de los productos, así como invertir en equipo de transporte, adquiriendo barcos, furgones y/o tractocamiones.

Es indispensable mejorar las condiciones tecnológicas del sector, a través de optimar los procesos actuales, la capacitación intensiva del personal y el establecimiento de un sistema permanente de seguimiento tecnológico y estratégico sobre los líderes de la industria mundial y los principales competidores.

Se necesitan desarrollar canales de comercialización para hacer más eficiente el proceso de venta de los bienes de la industria, creando oficinas de representación en los mercados de destino y almacenes de depósito.

con el fin de atender en forma inmediata los pedidos de los compradores extranjeros. Asimismo, se requiere establecer empresas comercializadoras especializadas en este tipo de productos, buscando la agrupación de las propias compañías exportadoras, con el propósito de crear condiciones más atractivas de comercialización.

Ante las nuevas condiciones internacionales, la asociación con empresas extranjeras, mediante acuerdos de coinversión, adquiere gran importancia para lograr la incorporación de nuevas tecnologías, la obtención de recursos adicionales, el seguimiento de suministro de materia prima y la apertura de nuevos canales de comercialización.

Se reconoce que el apoyo financiero es un elemento fundamental para el desarrollo de este tipo de empresas y de su competitividad.

En este sentido y con el objeto de consolidar el crecimiento y diversificación de las exportaciones no petroleras de bienes y servicios nacionales, Bancomext, en su totalidad la banca de desarrollo, ha estructurado programas integrales de apoyo financiero, a través de los cuales se pueden apoyar las diferentes etapas de actividades que las empresas tienen que realizar para lograr el acceso y su fortalecimiento en los mercados del exterior.

Se financia desde la gestión de un proyecto de inversión, hasta la producción, comercialización, promoción y venta final de un producto exportable; basándose cada vez más en el otorgamiento de los apoyos, en la viabilidad de los proyectos, y menos en las garantías que pueda ofrecer la propia empresa.

De acuerdo a los programas de Bancomext, los apoyos crediticios y promocionales se pueden otorgar a empresas productoras y/o comercializadoras establecidas en el país, que directa o indirectamente generan divisas, sin considerar su estructura de capital social.

A través de estos programas las empresas continuarán recibiendo créditos de capital de trabajo a corto plazo, que les permitan cumplir con las etapas de producción, acopio y mantenimiento de existencias en el país y/o en el extranjero, así como las ventas de sus productos al exterior.

Para exportación de hexano se propone purificarlo y así cumplir con la norma internacional la purificación la puede hacer tanto PEMEX como un particular, otra alternativa sería que un particular lo compre tal cual a PGPQB y asociado a un extranjero lo exporte, el hexano exportado se le podrá dar el uso que al interesado le convenga.

Gabriela Becerril Escamilla

PANORAMA Y PERSPECTIVAS NACIONALES DEL

HEXANO:

PRODUCCIÓN Y NUEVAS APLICACIONES

CAPITULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

*Abejas que llevan el
polen de una
inteligencia a otra,
Esos son los libros.*

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En esta tesis, se ha presentado una panorámica completa del hexano a nivel nacional, incluyendo sus propósitos termodinámicos, procesos de obtención capacidades instaladas y expectativas a futuro.

Así mismo se estableció su importancia técnica y comercial actual, definiendo productores y consumidores nacionales.

Se hizo énfasis en que el hexano utilizado en el procesamiento de aceites comestibles debe tener un máximo de 10ppm de benceno para ser considerado un producto de alta calidad de exportación.

PEMEX haciendo consciencia de lo anterior ha dispuesto que la producción de hexano de alta calidad y pureza, se efectúe en sus instalaciones de Minatitlán Veracruz, donde en la actualidad, se encuentra en construcción un paquete de purificación con ese fin.

Finalmente considerando el incierto futuro que pudiera tener la petroquímica en México, se recomienda ampliamente a los inversionistas, se recomienda ampliamente a los inversionistas y profesionales involucrados en la producción nacional de hexano de alta pureza, considerar a este producto susceptible de mejoras y por lo tanto, mucho más adecuado en esas condiciones para el consumo nacional y exportación.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Bill D. Berger & Kenneth E. Anderson, *Petróleo Moderno Introducción Básica a la Industria del Petróleo*, Ed., Books, USA 1980.
- (2) Katz Donald L., *HandBook of Natural Gas Engineering*, Ed., McGraw-Hill, Book Company, USA, 1959.
- (3) *Chemical Abstracts*, Volumen 32.
- (4) Artículo, *Industria Química y Petroquímica ante el Tratado de Libre Comercio*, 1992.
- (5) Roberto Centeno, *Economía del Petróleo y del Gas Natural*, Ed., Tecnos, Madrid, 1974.
- (6) Kirk-Othmer, *Encyclopedia of Chemical Technology*, third edition, 1984.
- (7) *Anuario Estadístico de PEMEX 1995*.
- (8) James H. Gary, Glenn E. Handwerk, *Refino de Petróleo*, Ed., Reverté, México 1980.
- (9) *Manual de Refinerías*, PEMEX.
- (10) Bacher Richar G., *Hexane Isomeritazion*, Ed., Degrace Date, 1967.
- (11) *The Merck Index*, Eleventh Ed. Merck&co Inc., 1989.
- (12) E. G. Smith, P. A. Baker, "The Weiswesser Line-Formula Chemical Notation", Third Ed., *Chemical Information Management*, Inc. Cherry Hill, N.Y. 1975.

BIBLIOGRAFÍA

- (13) Lide R. David, Handbook of Chemistry and Physics, 72nd Ed., C.R.C Press 1991.
- (14) Organic Solvents, Physical Properties and Methods of Purification, 3rd Ed., Techniques of Chemistry Vol II .
- (15) Reid R. C., Prausnitz J. M., Sherwood T. K., The Properties of Gases and Liquids, Mc. Graw Hill N. Y. 1961.
- (16) Productos Químicos, Hexano, Base de Datos en Línea INTERNET 1996.
- (17) Diccionario de Química.
- (18) Mellan, I., Industrial Solvents Handbook, Noyes Data Corporation, Newark, New Jersey, 1970.
- (19) Reynolds, W.W., Physical Chemistry of Petroleum Solvents, Reinhold, New York, 1963.
- (20) Hazardous Chemicals Data Book 2nd Ed.
- (21) Sax N. I. Dangerous Properties of Industrial Materials. Sixth Ed., Van Nostrand Reinhold, 1984.
- (22) Instructivo No. 10 relativo a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo, donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación con el medio laboral. Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 1990.
- (23) Boletín de Seguridad Industrial No. 65. Reglamento de Seguridad para el manejo, transporte y almacenamiento de mexolina, supermexolina, gasolmex y Pemex 100. Pemex 1973.
- (24) Boletín No. 14 Recomendaciones para el uso, manejo y almacenamiento de pequeñas cantidades de productos inflamables. Petróleos Mexicanos, 2a de México, 1974.

BIBLIOGRAFÍA

- (25) Norma Oficial Mexicana NOM-k-567-1982 Solventes Industriales Hidrocarburos no aromáticos monocíclicos. Cromatografía de gases determinación. Dirección General de Normas. Secretaría de Comercio y fomento Industrial.
- (26) Verschueren Karl, Handbook of Enviromental Data on Organic Chemicals, Van Nostrand Reinhold, N.Y.
- (27) Diario Oficial Mexicano, 12 de agosto de 1992.
- (28) La industria Química en México, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Información, Talleres INEGI 1994
- (29) La Industria Petrolera En México 1991, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Información, Talleres INEGI 1992
- (30) Norma Oficial Mexicana NOM-k-577-1986 Solventes orgánicos Especificaciones del Hexano. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, equivalente a la de PEMEX.
- (31) Especificaciones Pemex No. 207 del hexano, equivalente a la norma NOM-k-577-1988.
- (32) Información directa de PEMEX
- (33) Métodos ASTM, Propiedades Físicas y Químicas, Tercera Edición.
- (34) Terrones Langone José, Aspectos Técnicos y Económicos de la Industria Aceitera.
- (35) Robert B. Stobaugh, Jr , Petrochemical Manufacturing and Marketing Guide, Vol , Aromatic and derivates, USA.
- (36) Hydrocarbon Processing, November 1992.
- (37) Hydrocarbon Processing, Petrochemical Handbook, 1993.

BIBLIOGRAFÍA

- (38) Hydrocarbon Processing, 1987.
- (39) Barragán Cardenas H., Industrias Petroquímicas en México, Trabajo Inédito.
- (40) Corredor Estoana J, Nov 1980, El Petróleo en México, Resumen de Información relevante. Trabajo Inédito