



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

ORÍGENES, EVOLUCIÓN Y PERSPECTIVAS DE LA
INDUSTRIA PETROQUÍMICA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

P R E S E N T A

DIEGO RODRÍGUEZ MAGALLANES



MÉXICO, D.F.

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor Eduardo Rojo y de Regil

VOCAL: Profesor Reynaldo Sandoval González

SECRETARIO: Profesor Alejandro Villalobos Hiriart

1er SUPLENTE: Profesor Euberto Hugo Flores Puebla

2° SUPLENTE: Profesor José Luis Zaragoza Gutiérrez

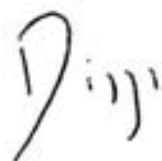
SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

Edificio E, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México

ASESOR: Reynaldo Sandoval González

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Reynaldo Sandoval González', written in a cursive style.

SUSTENTANTE: Diego Rodríguez Magallanes

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Diego Rodríguez Magallanes', written in a cursive style.

Quiero dedicar este trabajo a mis papás y a mi hermana, por todo el amor y el apoyo que me han brindado durante toda mi vida; a Marilú, por ayudarme a comprender el verdadero significado de la palabra amor, compartiendo juntos cada momento de nuestras vidas durante ya más de seis años; a mis amigos, de los que he aprendido cosas que no se enseñan en ninguna parte; a Reynaldo Sandoval y a Eduardo Rojo y de Regil, por toda la ayuda brindada durante la elaboración de este trabajo y a todas aquellas personas que han colaborado con mi crecimiento académico, profesional y personal.

Índice

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| Origen del Trabajo | 1 |
| Papel del Estudiante en el CNICIQ..... | 1 |
| Objetivo del Trabajo | 2 |
| CAPÍTULO 1. EL PETRÓLEO..... | 5 |
| Inicios de la Industria del Petróleo | 5 |
| John D. Rockefeller y la Standard Oil Company | 6 |
| Nacimiento de la Industria Petrolera en México | 7 |
| Principales Empresas Petroleras en México | 8 |
| El Conflicto de Orden Económico y la Expropiación Petrolera..... | 15 |
| La Industria Petrolera Mexicana Independiente | 19 |
| El Valor de los Bienes Expropiados..... | 20 |
| El Costo Real de la Expropiación Petrolera..... | 21 |
| CAPÍTULO 2. LA PETROQUÍMICA | 25 |
| Importancia de la Petroquímica | 25 |
| Nacimiento y Desarrollo de la Industria Petroquímica..... | 26 |
| Evolución de la Petroquímica en México | 28 |
| Materias Primas Iniciales de la Petroquímica..... | 36 |
| Gas Natural | 37 |
| Petróleo Crudo | 41 |
| Hidrocarburos Intermediarios..... | 42 |
| Parafinas | 42 |
| Olefinas | 44 |
| Dienos | 45 |
| Hidrocarburos Aromáticos | 46 |
| Fracciones Líquidas del Petróleo y Residuos..... | 47 |
| Procesos Productivos de las Materias Primas Iniciales de la Petroquímica | 48 |
| CAPÍTULO 3. LAS CADENAS PETROQUÍMICAS | 56 |
| Etileno | 56 |
| Propileno | 61 |
| Gas Natural | 68 |
| Aromáticos | 74 |
| Otros Hidrocarburos..... | 82 |
| CAPÍTULO 4. MARCO LEGAL DEL PETRÓLEO Y LA PETROQUÍMICA EN MÉXICO | 88 |
| Las Primeras Regulaciones y Leyes..... | 88 |
| La Ley Petrolera de 1901..... | 90 |
| Ley Minera del 25 de noviembre de 1909 | 92 |
| Los Gobiernos Revolucionarios y Posrevolucionarios..... | 93 |
| Artículo 27 Constitucional | 94 |
| Comisión Petroquímica y Permisos Petroquímicos..... | 96 |
| Legislación Petrolera y Petroquímica Vigente | 101 |
| Artículos 27 y 28 Constitucional..... | 102 |
| Artículo 90 Constitucional | 103 |
| Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo | 103 |
| Reglamento de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo | 106 |
| Ley Orgánica de la Administración Pública Federal | 106 |
| Ley Federal de las Entidades Paraestatales | 107 |
| Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios | 108 |
| CAPÍTULO 5. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PETROQUÍMICA | 111 |
| Panorama Internacional de la Industria Petroquímica..... | 111 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Metanol | 115 |
| Amoniaco | 117 |
| Etileno | 118 |
| Propileno | 123 |
| Aromáticos | 125 |
| Panorama Nacional de la Industria Petroquímica | 127 |
| Petroquímicos Intermedios | 132 |
| Situación Actual de PEMEX..... | 141 |
| Instalaciones | 142 |
| PEMEX Gas y Petroquímica Básica..... | 144 |
| Complejos Procesadores de Gas | 148 |
| PEMEX Petroquímica | 155 |
| Complejos Petroquímicos | 156 |
| Integración de la Petroquímica en México..... | 160 |
| Problemática de la Industria Petroquímica Mexicana..... | 169 |
| CAPÍTULO 6. PROYECTO FÉNIX | 172 |
| Ubicación del Proyecto Fénix | 176 |
| Estudio de Mercado | 184 |
| Oferta y Demanda de los Productos Principales del Proyecto Fénix | 193 |
| Desarrollo del Proyecto Fénix..... | 196 |
| CAPÍTULO 7. PERSPECTIVAS DE LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA | 210 |
| La Globalización..... | 210 |
| Recapitulación de la Evolución de la Industria Petroquímica Mexicana | 214 |
| Diagnóstico de la Industria Petroquímica Mexicana..... | 216 |
| Propuestas para el Desarrollo de la Industria Petroquímica Mexicana..... | 218 |
| La Reforma Energética de México..... | 226 |
| La Modernización de PEMEX | 229 |
| Fuentes Financieras Alternas para PEMEX | 233 |
| Fuentes Alternativas de Materias Primas para la Industria Petroquímica..... | 236 |
| Biotecnología | 238 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 244 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 248 |
| ANEXOS | 251 |
| Anexo A. Productos Producidos y Comercializados por PEMEX Petroquímica | 251 |
| Anexo B. Encuesta IRIP 2006 | 276 |

INTRODUCCIÓN

Origen del Trabajo

Desde el año 2000, llegó a la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México, a través del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos (IMIQ), la propuesta para la creación de un centro de información sobre la carrera de Ingeniería Química: el Centro Nacional de Información sobre la Carrera de Ingeniería Química. El objetivo principal de dicho centro es ocuparse del análisis, de la evaluación y de las tendencias de la profesión de Ingeniería Química a nivel nacional.

Dicha propuesta recibió un claro y comprometido apoyo por parte de la Facultad de Química. Se designó como sede para el proyecto a la Coordinación de la Carrera de Ingeniería Química, a cargo del Dr. Reynaldo Sandoval González, y desde sus inicios se contó con la colaboración del Ing. Eduardo Rojo y de Regil.

La principal aportación de la Facultad al centro, ha sido el enriquecer la información disponible por medio de la elaboración de tesis de licenciatura de la Carrera de Ingeniería Química con temas relacionados con el ámbito académico, con el papel que desempeña el Ingeniero Químico en la industria química, así como con estudios de diversos sectores de dicha industria. A partir de este proyecto general es que surge el trabajo que se desarrolla a continuación. Se considera de gran importancia documentar los orígenes y la historia en México, así como desarrollar posibles escenarios futuros, de una de las industrias más importantes para el Ingeniero Químico: la industria petroquímica.

Papel del Estudiante en el CNICIQ

El estudiante juega un papel definitivo en las aportaciones que la Facultad de Química ha hecho y está haciendo al Centro Nacional de Información sobre la Carrera de Ingeniería Química (CNICIQ). Ha sido el estudiante quien con esfuerzo y dedicación ha realizado proyectos de tesis que han enriquecido el acervo del CNICIQ.

Con el esfuerzo de los estudiantes y de los coordinadores del CNICIQ, se han logrado concluir los siguientes proyectos:

- Análisis Prospectivo de la Oferta y la Demanda de Ingenieros Químicos y Químicos en México
- Impacto de la Tecnología de Información en la Industria Química
- Estudio del Índice de Alumnos Titulados en la Licenciatura de Ingeniería Química en México de 1991 a 2000

- Análisis de los Planes de Estudio de la Carrera de Ingeniería Química
- La Enseñanza de la Ingeniería Química del Futuro ante los Retos de la Globalización
- Análisis de la Evolución Profesional de los Alumnos de Ingeniería Química Generación 1988
- Origen y Perspectivas del Postgrado en Ingeniería Química en México
- La Participación del Ingeniero Químico en la Industria Eléctrica en México
- Análisis de la Enseñanza Experimental de la Carrera de Ingeniería Química en Universidades de Canadá, Estados Unidos de América y México
- Las Disciplinas Sociales y de Humanidades en la Formación del Ingeniero Químico
- El Papel del Ingeniero Químico en la Problemática de Residuos Industriales
- La Participación del Ingeniero Químico en la Industria Farmacéutica
- Estudio Comparativo de la Formación de los Ingenieros Químicos en México y en Gran Bretaña
- La Participación del Ingeniero Químico en la Industria Alimenticia en México
- Las Materias Económico-Administrativas en los Planes de Estudio de Ingeniería Química
- Opinión de los Empleadores en Relación con los Egresados de la Carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Química de la UNAM
- La Participación del Ingeniero Químico en el Campo de la Informática en México
- Análisis de la Evolución Profesional de los Alumnos de Ingeniería Química Generación 1995
- Propuesta para Incorporar Conceptos de Calidad a los Planes de Estudio de la Facultad de Química
- La Ingeniería Química y la Biotecnología

Así, el papel del estudiante en el CNICIQ, es el de enriquecer el acervo de información por medio de trabajos de tesis.

Objetivo del Trabajo

El objetivo del presente trabajo es obtener un diagnóstico de la situación actual de la industria petroquímica mexicana y de los factores que influyen en ella, para que a partir de éste, se establezcan las acciones a desarrollar en el corto y mediano plazo para reactivar tan importante sector industrial. Es el momento indicado para reflexionar sobre el destino del sector petroquímico mexicano, ¿se buscará su reactivación o se permitirá su paulatina desaparición?

Adicionalmente, se pretende que este trabajo sea una referencia confiable para la obtención de información sobre la industria petroquímica en general.

Actualmente este sector representa alrededor del 70% de la industria química, por lo tanto se puede considerar como un campo laboral relevante para el ingeniero químico. Esta industria revolucionó, tanto en escala como en tecnología, la manera de obtener productos químicos para satisfacer las necesidades del hombre.

La industria petroquímica utiliza materias primas derivadas del petróleo y del gas natural para producir un gran número de productos que pueden ser utilizados como materias primas o como productos terminados. En realidad, esta industria surge por la necesidad de aprovechar los subproductos obtenidos de los procesos de las refinerías petroleras y de los pozos de extracción.

El *boom* del petróleo se presentó en el año de 1959 cuando George Bissell, fundador de la Pennsylvania Rock Oil Company, con la ayuda de Edwin L. Drake, perforó el primer pozo petrolero del mundo y descubrió las propiedades de éste como fuente de iluminación. Posteriormente John D. Rockefeller estructuró la industria petrolera y sentó las bases para la integración de este sector industrial.

Es posible separar a la industria petroquímica en cadenas que se caracterizan por tener un producto que las encabeza y a partir del cual se obtienen derivados. Estos productos son: etileno, propileno, amoníaco, metanol, benceno, tolueno y xileno.

La industria petroquímica nace en 1920 cuando la Standard Oil Company arranca una planta para producir isopropanol, pero es a partir de la Segunda Guerra Mundial cuando comienza el verdadero desarrollo de esta industria. Uno de sus principales objetivos fue desarrollar productos que sustituyeran a los naturales utilizados por el hombre, sin embargo no sólo logró conseguir este objetivo, sino el de desarrollar una gama de productos novedosos que aceleraron el avance científico y tecnológico, mediante los cuales fue posible encontrar nuevas aplicaciones que facilitaron la vida del hombre del siglo XX.

La industria petroquímica en México fue prácticamente inexistente hasta finales de la década de 1950. En 1951 se dieron los primeros pasos cuando PEMEX arrancó una planta de azufre, pero en realidad, se considera como la primera planta petroquímica en México a una de dodecibenceno, construida también por PEMEX a mediados de la década de 1950. A partir del surgimiento de la industria petroquímica y para evitar que las empresas extranjeras se apoderaran del sector petroquímico mexicano, como lo habían hecho con la industria petrolera, se creó una legislación en la cual se le cerraban las puertas a la inversión extranjera y se daba la exclusividad a PEMEX para la producción, comercialización y distribución de diversos productos; el sector privado solamente podía participar en la conocida petroquímica secundaria y con un permiso otorgado por consenso entre el Gobierno Federal, la Comisión Petroquímica Mexicana y PEMEX. La idea era que PEMEX estableciera el rumbo que debía seguir la

petroquímica mexicana y que fuera el proveedor de materias primas de los procesos con mayor valor agregado en los que podría participar la industria privada. Sin embargo, por diversas circunstancias nunca se alcanzó este objetivo y aunado a la falta de inversión, la producción nacional se fue rezagando frente a la demanda petroquímica de México.

Hoy en día la legislación establece que solamente ocho productos son considerados petroquímicos básicos exclusivos de PEMEX. Sin embargo, PEMEX aun controla la subrama de los petroquímicos intermedios debido a que no se han ejecutado proyectos de inversión ni del sector público ni del privado. Esto ha sido consecuencia de la poca rentabilidad de los mismos o bien de la poca disposición del Gobierno Federal para reactivar la industria petroquímica mexicana; tal es el caso del Proyecto Fénix, en el que no se autorizó un descuento en el precio de la materia prima para que éste fuera rentable.

La problemática actual de la industria petroquímica en México es grave, la balanza comercial de este sector en 2006 alcanzó un déficit de 11 mil millones dólares, valor que representó el 31.4% de la exportación total de crudo en ese mismo año. Es claro que el futuro de esta industria en el mediano plazo depende de las decisiones que se tomen hoy, ya que de no establecerse las líneas de acción adecuadas, lo más probable es que las importaciones de petroquímicos aumenten año tras año hasta alcanzar una cifra alarmante, e incluso podemos estar ante el comienzo del fin de la industria petroquímica mexicana, situación que resulta irónica al ser un país productor de petróleo.

En el largo plazo, esta industria deberá evolucionar ya que las materias primas que se utilizan no son renovables, por lo que será necesario encontrar nuevas materias primas que logren sustituir a las tradicionalmente empleadas. Esto implicará adecuaciones o desarrollo de nuevas tecnologías para procesarlas y obtener los productos necesarios para cubrir las necesidades actuales y futuras del hombre. Se debe tener en mente que esta industria puede llegar a ser desplazada por otro tipo de industria de la cual se puedan obtener los mismos productos. En los últimos años la industria biotecnológica ha avanzado aceleradamente, desarrollando procesos de los cuales se han podido obtener productos que generalmente se obtenían a partir de plantas petroquímicas. Por lo tanto, el reto al que se enfrentará la industria petroquímica es grande y necesitará estar preparada para afrontarlo. Lo que es seguro es que en los próximos años se deberá presentar un desarrollo tecnológico semejante al que se presentó con el *boom* del petróleo en el siglo XX.

CAPÍTULO 1. EL PETRÓLEO

Inicios de la Industria del Petróleo

Fue en 1854 cuando George Bissell y James Townsend decidieron realizar estudios sobre una sustancia conocida como “aceite mineral”.¹ Se creía que dicha sustancia podría explotarse en cantidades significativas y que podrían introducirla al mercado como una nueva fuente de iluminación barata y de calidad. Para este fin, contrataron a Benjamin Silliman Jr., quien fungía como profesor de química en la Universidad de Yale. Éstos fueron los hombres que sentaron las bases para una nueva era en la historia de la humanidad: la era del petróleo.

En 1853 existía ya una primitiva industria del petróleo en Pennsylvania, E.U.A. donde éste era colectado por medio de pedazos de tela. El uso principal del también llamado “aceite sénéca” era el de un medicamento que lo curaba todo, utilizado informalmente por nativos. Accidentalmente Bissell se enteró que el líquido negruzco era inflamable y fue entonces cuando concibió la idea de utilizarlo no como medicina, sino como una fuente de iluminación. Su expectativa sobre este producto era muy grande, pero tenía que estructurar un plan de acciones adecuado para entender el éxito y la rentabilidad de la nueva empresa que tenía en mente.

Como primer paso, se dio a la tarea de reunir a un grupo de inversionistas, entre los que se encontraba James Townsend, que pudiera financiar el proyecto. Una vez reunido el capital suficiente, contrató a Benjamin Silliman para realizar el análisis de las propiedades del aceite como fuente de iluminación y también como lubricante de las partes móviles de la maquinaria de la naciente era mecánica. El estudio realizado por el profesor de Yale fue una pieza fundamental del establecimiento de la industria del petróleo. Dicho informe estableció que el aceite mineral podía llevarse a diferentes puntos de ebullición con lo cual podía ser destilado en varias fracciones compuestas de carbono e hidrógeno. Silliman reportó que una de estas fracciones era un aceite inflamable de iluminación de muy buena calidad. Como parte de sus conclusiones, Silliman reportó que había muchos motivos para el ánimo ya que creía que tenían en su poder una materia prima de la que, mediante procesos sencillos y nada costosos, podrían obtener productos muy valiosos.

Paralelamente, otro grupo de inversionistas impulsó la investigación, definió el mercado y desarrolló la tecnología de refinación en la que más tarde se basaría el sector petrolífero. Abraham Gesner, geólogo canadiense, desarrolló un proceso para extraer un aceite del asfalto y refinarlo hasta obtener un aceite de iluminación de buena calidad. Bautizó este nuevo aceite con el nombre de *keroseno* y en 1854 se le otorgó la patente en E.U.A. para la fabricación del hidrocarburo líquido.

¹ Yergin, Daniel, La Historia del Petróleo, México, J. Vergara, 1992, 1227 p.

Bissell, tras recibir el optimista reporte de las investigaciones de Silliman, logró captar la atención de nuevos inversionistas. Gracias a esto, surgió la Pennsylvania Rock Oil Company, cuyo propósito era descubrir una nueva fuente de obtención de la materia prima del keroseno. El reto consistía en encontrar suficiente aceite mineral para captar el mercado de aceites de iluminación, ofreciendo una alternativa de mayor calidad y menor precio.

Tras intentos fallidos de excavaciones para obtener el aceite mineral, Bissell intentó adaptar la conocida técnica de perforación de tierras utilizada en la industria salina, para la explotación de su combustible. La Pennsylvania Rock Oil Company estaba convencida de que éste era el modo correcto para obtener su aceite en las cantidades adecuadas. Edwin L. Drake fue contratado (más tarde asociado) para llevar a cabo perforaciones en el pueblo de Titusville, Pennsylvania y no fue sino hasta el 27 de agosto de 1859 cuando sus repetidos esfuerzos rindieron frutos. La noticia se propagó rápidamente acelerando la adquisición de terrenos y la perforación en busca de petróleo.

La explotación fue tan acelerada que la oferta superó ampliamente a la demanda y el precio del petróleo descendió drásticamente. Sin embargo, poco después, el aceite mineral de Pennsylvania encontró salida al mercado de la iluminación transformado en keroseno.

John D. Rockefeller y la Standard Oil Company

En 1859 John D. Rockefeller y Maurice Clark fundaron en Cleveland, Ohio, una empresa dedicada al comercio principalmente de sal, trigo y cerdos. Dos años después del descubrimiento de Drake y Bissell, competían en la comercialización del petróleo.² Con la expansión ferroviaria, surgió un gran número de refinerías a lo largo de una nueva conexión entre Cleveland y Pennsylvania. Rockefeller decidió instalar una refinería como una ayuda para aumentar los rendimientos de su empresa. Después de un año y tras problemas entre Clark y Rockefeller, la sociedad se disolvió, dejando al primero con la unidad comercializadora y al segundo con la refinería de petróleo, la cual en ese momento era la mayor de las 30 refinerías de la zona.

A partir de entonces, Rockefeller se dedicó a fortalecer su negocio de refinación. En 1866 construyó una segunda refinería y organizó una empresa en Nueva York para controlar y abastecer el mercado de la costa atlántica de las exportaciones de keroseno. Integró el suministro y la distribución dentro de su misma empresa; adquirió sus propios terrenos en los que crecían robles de madera blanca para fabricar sus propios barriles y compró equipo de transporte y almacenamiento. Logró también crear y mantener una fuerte posición financiera que lo independizó de las instituciones crediticias. Como resultado, Rockefeller logró obtener, a finales de la década de 1860, la refinería más grande del mundo.

² Tablada Pérez, Carlos, Petróleo, Poder y Civilización, España, Popular, 2004, 271 p.

En 1867, Rockefeller se asoció con Henry Flagler, quien estructuró e implementó los planes que dieron a la empresa un poder decisivo frente a todos los competidores. A la vez, debido al exceso de producción de petróleo, existía inestabilidad en los precios de los productos provocando así continuas depresiones en este sector industrial. Fue entonces cuando Rockefeller decidió llevar a cabo una integración vertical de todo el negocio de la refinación. Para lograr sus objetivos era necesario contar con más capital, junto con Flagler, convirtieron a la empresa en una sociedad anónima por acciones, de tal forma obtendrían más capital y no perderían el control de la misma. El 10 de enero de 1870 se constituyó la Standard Oil Company que regiría las reglas del negocio de la explotación y la refinación del petróleo durante las siguientes décadas.

Para el año de 1872, Rockefeller, controlaba la mayoría de las refinerías en Cleveland y algunas refinerías de Nueva York. La estrategia de la Standard era sencilla: intentaba comprar las refinerías más destacadas de cada región concretando una negociación amistosa, si ésta no era satisfactoria, recurría a tácticas tales como la reducción de precios, que obligaba a la competencia a operar con pérdidas. Con la implementación de estas técnicas, en 1879, la Standard Oil controlaba el 90% del negocio de la refinación en Norteamérica.

A pesar de controlar el sector de la refinación, la Standard no participaba en el negocio de la producción de petróleo; fue hasta 1891, tras encontrarse campos petroleros en otras regiones de E.U.A., cuando la Standard decidió incursionar en este negocio logrando obtener la cuarta parte de la producción total del país.

Años más tarde la empresa que había fundado Rockefeller se vería envuelta en un conflicto político en donde la opinión pública criticaba las prácticas mediante las cuales se había consolidado el monopolio más grande de los E.U.A. Al mismo tiempo, harían acto de presencia nuevos empresarios y nuevas empresas, operando fuera del alcance de Rockefeller y en lugares tan lejanos como Bacú, Sumatra, Birmania y posteriormente Persia, para demostrar que Rockefeller tenía que enfrentarse aún a competidores duros y persistentes.

Nacimiento de la Industria Petrolera en México

En los primeros años del siglo XX el desarrollo de la industria petrolera en E.U.A. era tal que se comenzó a mirar más allá de las fronteras de dicho país. El estadounidense Edward L. Doheny y el inglés Weetman Pearson fueron los pioneros en establecer industrias petroleras en México: la *Huasteca Petroleum Co.* y la *Pearson & Son Limited* (que posteriormente se convertiría en "El Águila"). Doheny era un empresario petrolero californiano que llegó a México por invitación del presidente de los Ferrocarriles Estatales Mexicanos, para realizar exploraciones en busca de petróleo en México ya que se pretendía sustituir a la madera por el petróleo como combustible de los ferrocarriles mexicanos. Por otra parte, Pearson era un destacado ingeniero

de la época, llegó a México por invitación de Porfirio Díaz para realizar grandes obras de urbanización, pero en un viaje realizado a la ciudad de Laredo vio la gran oportunidad de explotar el petróleo mexicano. Pearson logró convencer a Díaz para que se le otorgaran concesiones sobre campos petrolíferos y para dicho efecto se promulgó la Ley del 24 de diciembre de 1901. A partir de ese momento comenzó la era de la explotación brutal del petróleo mexicano a manos de empresas petroleras extranjeras. Tanto las empresas fundadas por Doheny como las de Pearson fueron absorbidas posteriormente por los grandes monopolios petroleros transnacionales; la Standard Oil Company adquirió las propiedades del estadounidense y la Royal Dutch Shell hizo lo propio con las empresas de Pearson.

El 24 de diciembre de 1901³ se expidió lo que se conoce como la primera ley petrolera. En ésta se le otorgaba al Gobierno Federal la facultad de otorgar concesiones sobre el territorio nacional a toda empresa que encontrara petróleo. Tales concesiones incluían la expropiación a favor de las empresas de los terrenos petrolíferos encontrados y la importación libre de impuestos de maquinaria y equipo destinado a la explotación y refinación de petróleo.

Un ejemplo de estas concesiones es la otorgada a la compañía Pearson & Son Limited. En el año de 1906, se le permitió realizar exploraciones en el Estado de Veracruz, y en caso de encontrar fuentes de petróleo, se le permitía explotarlas. Gozaban también de la exportación libre de todo impuesto de todos los productos que procedieran de dicha explotación y la importación, también libre de gravámenes, del equipo y maquinaria necesarios. Además, se les otorgó el derecho de comprar los terrenos nacionales que requirieran a precios de terrenos baldíos y de tener oleoductos que pasaran por predios particulares. A cambio de esta concesión, la empresa debía pagar el 10% de las utilidades líquidas tanto al Gobierno Federal, como al Gobierno del Estado de Veracruz (7% y 3% respectivamente). Posteriormente, esta concesión fue modificada permitiendo la explotación y adquisición de terrenos particulares. El pago del 10% de las utilidades líquidas quedaba limitado sólo a la perforación de pozos en tierras baldías o nacionales, por lo cual la Pearson & Son optó exclusivamente por la explotación de los terrenos particulares, dejando al margen al Gobierno Federal y Estatal de Veracruz de participación alguna de las ganancias de la empresa.

Las concesiones otorgadas a otras empresas tenían semejanzas con la concesión a Pearson: existían grandes libertades, toda clase de privilegios e incumplimientos de varias cláusulas de los contratos celebrados.

Principales Empresas Petroleras en México

A pesar que tanto Pearson como Doheny comenzaron la actividad petrolera en México como empresarios independientes, pronto fueron absorbidos por los grandes monopolios petroleros

³ Andrade, Manuel, Codificación Petrolera, México, Secretaría de Gobernación, Dirección de Talleres Gráficos, 1920, 380 p.

que controlaban ya en la primera década del siglo XX la industria del petróleo. En Europa, un holandés llamado Deterding constituyó mediante la fusión de dos empresas, uno de los imperios petroleros más importantes del mundo hasta el día de hoy, la Royal Dutch Shell. A su vez, como se comentó anteriormente, Rockefeller fue el encargado de integrar la industria petrolera de los E.U.A. mediante la creación de la Standard Oil Company. Además surgieron en E.U.A. algunos grupos petroleros de menor importancia en comparación con la Standard Oil, sin embargo éstos jugarían un papel importante en la industria petrolera mexicana; dentro de estos grupos se encontraban el Grupo Sinclair, la Gulf Cities Services, el grupo Marland y el Grupo Imperio.

Al percatarse de la importancia de los yacimientos petroleros mexicanos, la Royal Dutch fue la primera en operar de forma sistemática en territorio mexicano absorbiendo los intereses del inglés Pearson. Posteriormente, al observar la riqueza de los campos manejados por Doheny a través de la Huasteca Petroleum Company, la Standard Oil Co., el Grupo Sinclair, la Mexican Gulf, el Grupo Imperio y el Grupo Marland, intervinieron en la exploración y explotación del crudo mexicano. Ya para el año de 1919 las zonas petroleras mexicanas estaban divididas entre estas empresas. En el norte del país, el Grupo Marland y el Grupo Sinclair exploraban cerca de la frontera de E.U.A.; en el estado de Tamaulipas, la Royal Dutch, a través de La Corona llevaba a cabo actividades de exploración. En los campos de Pánuco y Topila dominaban la Huasteca, la Standard, la Sinclair y la Gulf. En la denominada "Faja de Oro", la unión de la Huasteca y la Standard superaban los intereses de la Royal Dutch, representada por El Águila, a pesar de que esta última explotaba los ricos yacimientos "Naranjos" y "Potrero del Llano". En la región del Istmo, la Royal Dutch tenía un dominio casi absoluto de la zona.

El grupo Royal Dutch, dirigido por europeos y holandeses, se ha caracterizado por su perfecta organización, tanto en los aspectos técnicos como en los aspectos administrativos. Formaban parte de este grupo en la República Mexicana las siguientes empresas:⁴

- Compañía Mexicana de Petróleo "El Águila", S.A.
- Compañía Mexicana Holandesa "La Corona", S.A.
- Compañía Petrolera "El Centenario", S.A.
- P.J. Jonkers S. en C. Sucs.
- Román López Filigrana
- Metlac Pet. Co., S.A.
- Rafael Ortega, S. en C.
- Compañía Unida de Petróleo, S.A.
- Compañía Mexicana de Petróleo "San Cristóbal", S.A.
- Compañía Mexicana de Inmuebles, S.A.

⁴ La información presentada sobre la integración de los diversos grupos petroleros en México fue obtenida del Informe que rinde a la Junta Federal de Conciliación y Arbitraje la Comisión Pericial en el Conflicto de Orden Económico en la Industria Petrolera en el libro: Petróleos Mexicanos, El Petróleo de México, México, Petróleos Mexicanos, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 1988, 3 volúmenes, 1,077 p.

- Compañía Petrolera de Tierra Amarilla y Anexas

El grupo Standard no se presentó en forma metódica en México, más bien fue absorbiendo poco a poco empresas ya consolidadas en territorio mexicano. Las empresas que formaban parte de este grupo eran:

- Compañía Petrolera "El Agwi"
- La Atlántica, Compañía Prod. y Ref. de Petróleo
- Compañía de Inversiones Aztlán
- J.A. Brown, S. en C.
- California Standard Oil Co. of México, S.A.
- Capuchinas Oil Co.
- English Oil Co.
- Hunter S. Farrow
- E. Greaser, S. en C.
- Compañía Mexicana Refinadora "Island", S.A.
- Kern Mex Oil Fields, S.A.
- Compañía de Petróleo "Mercedes", S.A.
- Mexican Crude Oil Co.
- Compañía Mexicana de Combustibles, S.A.
- Compañía Mexicana de Gas, S.A.
- Compañía Petrolera Minerva, S.A.
- New England Fuel Oil Co.
- The New Mexican Oil Co.
- Pánuco Boston Oil Co.
- Richmond Pet. Co. of Mexico
- Theodore Rivers
- Utah Tropical Fruit Co.
- Compañía Terminal de Lobos, S.A.
- Compañía Petrolera Titanic, S.A.
- Compañía Transcontinental de Petróleo, S.A.

El grupo Huasteca organizado por Doheny tomó gran importancia debido a la riqueza que le dieron sus campos productivos. Este grupo constituyó el núcleo de la resistencia en contra de la política de nacionalización del petróleo presentada por el gobierno mexicano en 1917. Posteriormente este grupo fue absorbido por la Standard y perdió la importancia que alguna vez adquirió. Formaban parte de este grupo las siguientes empresas:

- Congregación de Juan Felipe
- Doheny Bridge y Compañía, S. en C.
- Green y Compañía, S. en C.

- Huasteca Petroleum Company
- Mexican Pet. Co. of California
- Tamiahua Pet Co.
- Tuxpan Pet. Co.
- Ulises Pet. Co.
- Compañía Tancasneque y Anexas, S.A.

El grupo Sinclair inició sus actividades en el Pánuco y en la “Faja de Oro” desde los inicios de la explotación petrolera en México. Las empresas que formaban a este grupo eran:

- Compañía Mexicana de Petróleo “El Charro”, S.A.
- American International Fuel and Ref. Co.
- Cortez-Agnada Pet. Co.
- Internacional de Pet. y Oleoductos
- Internacional Pet. Co.
- Mexican Sinclair Pet. Corp.
- Noland S. Von Phul, S. en C.
- The Ohio Mexico Oil Co.
- Penn Mex Fuel Co.
- Pierce Oil Company
- Standford y Cía, S. en C.
- Jones y Cía.

El grupo Imperio trabajó en la región de Pánuco desde un principio; no fue hostil hacia el gobierno mexicano pero tampoco manifestó deseos en ampliar sus actividades por lo que para el año de 1933 representaba un papel secundario en comparación con otras empresas. Las empresas pertenecientes a este grupo eran:

- Compañía de Gas y Combustible “Imperio”, S.A.
- Compañía Mexicana de Oleoductos “Imperio”, S.A.
- Compañía Terminal “Imperio”, S.A.
- Mexico Eastern Oil Co.
- Tampascas Oil Co.
- México-Texas Pet. and Asphalt Co.
- Sabino Gordo Pet. Co.
- Sara Sánchez de Cervi
- Southern Fuel and Ref. Co.
- Gulf Coast Corp.

El grupo Mexican Gulf, al igual que el grupo Imperio había pasado a segundo plano para el año de 1933, sin embargo en los inicios de la explotación petrolera tuvo gran importancia al conseguir predios muy ricos en la región de Toteco. Formaban parte de este grupo:

- Continental Mex. Pet. Co.
- Hamilton y Devine, S. en C.
- Compañía Metropolitana de Oleoductos, S.A.
- Mexican Gulf Oil Co.

El grupo Marland presentó la particularidad de proceder siempre con una limpieza absoluta en sus procedimientos respetando siempre las leyes dictadas en la República Mexicana. Sin embargo, tras no alcanzar el éxito esperado en los trabajos de exploración se retiró del país. Lo integraban las siguientes dos empresas:

- Compañía Petrolera Franco-Española
- Consolidated Oil Co. of Mexico, S.A.

Además de estos principales grupos petroleros, en México operaban alrededor de 109 compañías independientes que a su vez dependían totalmente de los grandes grupos para comercializar sus productos ya que no contaban con oleoductos propios para el transporte de los mismos.

El orden de importancia de estos grupos, en lo referente a la producción para el año de 1933 era:

1. Royal Dutch
2. Huasteca
3. Standard
4. Sinclair
5. Independientes
6. Mexican Gulf
7. Imperio
8. Marland

A continuación se presenta información sobre la producción total de crudo en México (1901-1933) y los ingresos que el gobierno mexicano obtuvo a partir de la misma.

Tabla 1 Producción Total de Crudo en México

| Año | Metros Cúbicos | Barriles |
|------------|-----------------------|-----------------|
| 1901 | 1,643 | 10,345 |
| 1902 | 6,388 | 40,200 |
| 1903 | 11,977 | 75,375 |
| 1904 | 19,962 | 125,625 |
| 1905 | 39,924 | 251,250 |
| 1906 | 79,847 | 502,500 |
| 1907 | 159,694 | 1,005,000 |
| 1908 | 624,968 | 3,932,900 |
| 1909 | 431,175 | 2,713,500 |
| 1910 | 577,455 | 3,634,080 |
| 1911 | 1,994,640 | 12,552,798 |
| 1912 | 2,631,100 | 16,558,215 |
| 1913 | 4,083,141 | 25,696,291 |
| 1914 | 4,168,805 | 26,235,403 |
| 1915 | 5,229,480 | 32,910,508 |
| 1916 | 6,445,957 | 40,545,712 |
| 1917 | 8,790,583 | 55,292,770 |
| 1918 | 10,147,587 | 63,828,326 |
| 1919 | 13,843,077 | 87,072,954 |
| 1920 | 24,971,173 | 157,068,678 |
| 1921 | 30,746,834 | 193,397,587 |
| 1922 | 28,979,087 | 182,278,457 |
| 1923 | 23,781,376 | 149,584,856 |
| 1924 | 22,206,406 | 139,678,294 |
| 1925 | 18,364,817 | 115,514,700 |
| 1926 | 14,375,353 | 90,420,973 |
| 1927 | 10,194,140 | 64,121,142 |
| 1928 | 7,973,070 | 50,150,610 |
| 1929 | 7,104,591 | 44,687,879 |
| 1930 | 6,284,563 | 39,529,901 |
| 1931 | 5,252,600 | 33,038,853 |
| 1932 | 5,215,500 | 32,805,496 |
| 1933 | 5,405,537 | 34,000,830 |

Fuente: Petróleos Mexicanos, El Petróleo de México, México, Petróleos Mexicanos, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 1988, 3 volúmenes, 1,077 p.

Tabla 2 Ingresos Derivados de la Producción y Comercialización de Crudo

| Año | Impuesto sobre la Producción | | Impuesto sobre la Exportación | | Impuesto de Barra sobre la Exportación | | Consumo de Gasolina | | Infalsificable | | Total (\$) |
|------|------------------------------|------|-------------------------------|-----|----------------------------------------|----|---------------------|-----|----------------|----|---------------|
| | (\$) | % | (\$) | % | (\$) | % | (\$) | % | (\$) | % | |
| 1912 | 494,275 | 100% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | 494,275 |
| 1913 | 767,043 | 100% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | 767,043 |
| 1914 | 1,232,931 | 100% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | 1,232,931 |
| 1915 | 1,942,687 | 99% | - | 0% | 11,387 | 1% | - | 0% | - | 0% | 1,954,074 |
| 1916 | 3,088,368 | 92% | - | 0% | 267,027 | 6% | - | 0% | - | 0% | 3,355,395 |
| 1917 | 7,074,968 | 94% | - | 0% | 478,327 | 6% | - | 0% | - | 0% | 7,553,295 |
| 1918 | 11,480,964 | 96% | - | 0% | 527,101 | 4% | - | 0% | - | 0% | 12,008,065 |
| 1919 | 16,690,622 | 96% | - | 0% | 630,920 | 4% | - | 0% | - | 0% | 17,321,542 |
| 1920 | 45,479,168 | 89% | - | 0% | 1,286,472 | 3% | - | 0% | 4,547,917 | 9% | 51,313,557 |
| 1921 | 50,604,049 | 73% | 12,120,455 | 18% | 1,494,215 | 2% | - | 0% | 4,809,992 | 7% | 69,028,711 |
| 1922 | 58,374,156 | 67% | 27,605,989 | 31% | 1,798,046 | 2% | - | 0% | - | 0% | 87,778,191 |
| 1923 | 42,152,722 | 68% | 18,382,917 | 29% | 1,857,718 | 3% | - | 0% | - | 0% | 62,393,357 |
| 1924 | 38,952,736 | 69% | 15,669,256 | 26% | 1,845,595 | 3% | - | 0% | - | 0% | 56,467,587 |
| 1925 | 30,366,064 | 65% | 11,778,484 | 25% | 1,474,622 | 3% | 3,179,142 | 7% | - | 0% | 46,798,312 |
| 1926 | 24,697,472 | 60% | 10,124,000 | 24% | 1,222,508 | 3% | 5,394,361 | 13% | - | 0% | 41,438,341 |
| 1927 | 13,264,873 | 52% | 5,759,865 | 23% | 740,997 | 3% | 5,772,219 | 23% | - | 0% | 25,537,974 |
| 1928 | 7,153,561 | 39% | 4,122,811 | 22% | 502,597 | 3% | 6,579,713 | 36% | - | 0% | 18,358,682 |
| 1929 | 5,259,156 | 27% | 3,358,727 | 17% | 400,752 | 2% | 10,371,497 | 53% | - | 0% | 19,390,132 |
| 1930 | 5,317,220 | 24% | 3,596,077 | 16% | 400,158 | 2% | 13,058,798 | 58% | - | 0% | 22,372,253 |
| 1931 | 3,964,445 | 18% | 2,453,574 | 11% | 336,208 | 2% | 15,481,987 | 70% | - | 0% | 22,236,214 |
| 1932 | 4,971,894 | 21% | 2,463,561 | 10% | 337,304 | 1% | 16,438,606 | 68% | - | 0% | 24,211,365 |
| 1933 | 5,544,390 | 20% | 2,442,314 | 9% | 329,053 | 1% | 19,619,166 | 70% | - | 0% | 27,934,923 |

Fuente: Meyer, Lorenzo, México y Estados Unidos en el Conflicto Petrolero, 1917-1942, Edición Conmemorativa, México, Petróleos Mexicanos, 1988, 242 p.

Para el año de 1936, todas las compañías petroleras pertenecían a grupos que controlaban todo el sector petrolero mexicano. Estos grupos eran:⁵

1. Royal Dutch Shell. Por medio de la Compañía Mexicana de Petróleo "El Águila", S.A. operaban nueve filiales y cinco subsidiarias económicas.
2. Standard Oil Co. of New Jersey. Por medio de la Huasteca Petroleum Co. operaban quince filiales y dos subsidiarias económicas.
3. Standard Oil Co. of New York. Operaban tres filiales de las cuales la New England Fuel Oil Co. era la más importante.
4. Standard Oil Co. of California. Operaban dos filiales de igual importancia, la California Standard Oil Co. of Mexico y la Richmond Petroleum.
5. Cities Service of New York. Operaban nueve filiales siendo la Compañía de Gas y Combustible Imperio la más importante.
6. Continental Oil Co. La Consolidated Oil Company of Mexico, S.A. era la más importante de sus tres filiales.
7. Consolidated Oil Corp. of New York. Operaban cinco filiales dentro de las cuales se encontraban la Mexican Sinclair Petroleum Corporation y la Sinclair Pierce Oil Co.
8. Gulf Oil Corporation of Penn. Operaban tres filiales, la más importante era la Mexican Gulf Oil Co.
9. The Texas Co. Contaba únicamente con una filial, The Texas Co. of Mexico, S.A.
10. Oil Exploration Co. of New York. Operaba con una sola filial, la Otontepec Petroleum Co.

⁵ Petróleos Mexicanos, La Verdad sobre la Expropiación de las Empresas Petroleras, México, Petróleos Mexicanos, 1988, 127 p.

11. General Petroleum Co. of Cal. Operaba con la Continental Mexican Petroleum Co., su única filial.
12. Intercontinental Petroleum Co. of New York. Operaba con su única filial The English Oil Co.
13. Seaboard Oil Co. of Del. La International Petroleum Co. era la más importante de sus dos filiales.
14. Kern River Oil Fields of California Ltd. La Kern Mex Oilfields era su única filial.
15. South Penn Oil Co. Operaba mediante su filial Penn Mex. Fuel Co.
16. American Foreign Oil Co. Compañía Mexicana de Petróleo "El Sol" era su filial.
17. Ohio Oil Co. Su única filial era The Ohio Mexico Oil Co.
18. Gobierno de la Federación. La Administración General del Petróleo Nacional era su único órgano en la industria petrolera.

Tabla 3 Producción Petrolera en México en el Año de 1936

| Grupo | Barriles | % |
|----------------------------------------------|-----------------|----------|
| Royal Dutch Shell | 24,449,337 | 59.59% |
| Standard Oil of New Jersey | 4,911,665 | 11.97% |
| Standard Oil of New York | 120,082 | 0.29% |
| Standard Oil of California | 975 | 0.00% |
| Cities Service of New York | 2,241,116 | 5.46% |
| Continental Oil Co. | 13,046 | 0.03% |
| Consolidated Oil Corp. Of New York | 3,594,646 | 8.76% |
| Gulf Oil Corp. Of Penn | 1,831,000 | 4.46% |
| Texas Co. | 204,557 | 0.50% |
| Oil Exploration Co. of New York | 1,170 | 0.00% |
| General Petroleum | 4,963 | 0.01% |
| Intercontinental Petr. Corp. | 8,926 | 0.02% |
| Seaboard Oil Co. of Del. | 1,241,564 | 3.03% |
| Kern River Oil Fields of Cal. | 85,412 | 0.21% |
| South Penn Oil Co. | 723,671 | 1.76% |
| American Foreign Oil | 6,831 | 0.02% |
| Independientes (Incluye al Gobierno Federal) | 1,588,954 | 3.87% |

Fuente: Silva Herzog Jesús, Historia de la Expropiación de las Empresas Petroleras, 4ª Edición, México, Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas, 1973, 301 p.

Como se muestra en la tabla anterior, los grandes monopolios petroleros, la Royal Dutch Shell y la Standard Oil, controlaban casi tres cuartas partes de la producción petrolera mexicana.

El Conflicto de Orden Económico y la Expropiación Petrolera

A pesar de la oposición que mostraron las empresas ante la organización de los trabajadores, para el año de 1935 no había una sola compañía petrolera en la que no existiera un sindicato. A principios de 1936 los distintos sindicatos decidieron formar una sola entidad representativa formando así el Sindicato de Trabajadores Petroleros de la República Mexicana, cuya primera acción fue presentar a las empresas un proyecto de contrato colectivo de trabajo. En un

principio las empresas estuvieron de acuerdo con este proyecto pero al conocer las demandas presentadas en dicho contrato se retractaron. En el mes de noviembre ante la imposibilidad de llegar a un acuerdo, estuvo a punto de estallar una huelga general en la industria del petróleo y fue entonces cuando el Gobierno Federal intervino en el conflicto, consciente de las consecuencias de una huelga en tan importante sector industrial. Se llevó a cabo una Convención Obrero-Patronal que tuvo una duración de 120 días durante los cuales no se logró acuerdo alguno. La huelga estalló el 28 de mayo de 1937.

Al paso de los días, el combustóleo, el gasóleo y la gasolina escaseaban en algunos puntos de la República. La situación se tornaba crítica e insostenible, las compañías aseguraban que era imposible cumplir con las demandas de sus trabajadores ya que eran excesivas y sobrepasaban su capacidad económica. Al darse cuenta que la situación era cada día más grave ya que la huelga en la industria petrolera significaba un problema tanto económico como social, los dirigentes del sindicato decidieron cambiar de táctica: se levantó la huelga después de doce días y se presentó un Conflicto de Orden Económico.⁶

La Junta Federal de Conciliación y Arbitraje designó a Efraín Buenrostro, Subsecretario de Hacienda y Crédito Público, Mariano Moctezuma, Subsecretario de Economía y a Jesús Silva Herzog para formar la comisión de peritos encargada de dictaminar la resolución en el Conflicto de Orden Económico presentado por el sindicato petrolero. El informe presentado por dicha comisión, con una extensión de 2,700 cuartillas, presentaba el análisis de los estados financieros de las empresas, la situación mundial de los mercados, las condiciones técnicas, los antecedentes históricos y todos los aspectos necesarios para realizar un estudio completo del sector petrolero mexicano. El dictamen presentado ante la Junta Federal de Conciliación y Arbitraje contenía 40 conclusiones derivadas del informe antes mencionado. A continuación se presenta la conclusión número 40 en la cual se resume el dictamen de la comisión de peritos: “Las compañías petroleras demandadas han obtenido en los tres últimos años (1934-1936) utilidades muy considerables, su situación financiera debe calificarse de extraordinariamente bonancible y, en consecuencia, puede asegurarse que, sin perjuicio alguno para su situación presente ni futura por lo menos durante los próximos años, están perfectamente capacitadas para acceder a las demandas del Sindicato de Trabajadores Petroleros de la República hasta por una suma anual de 26 millones de pesos.”⁷

Después de haber estudiado el informe y el dictamen presentado por la comisión de peritos, la Junta de Conciliación y Arbitraje dictó el laudo tal y como lo marca la Ley, el 18 de diciembre de

⁶ El Conflicto de Orden Económico es aquel que se presenta cuando en un conflicto Obrero-Patronal, no se logra llegar a acuerdo alguno debido a que la empresa afirma que no tiene la capacidad económica para satisfacer las demandas de sus trabajadores; cuando se presenta un conflicto de esta índole, la Junta de Conciliación y Arbitraje es la encargada de designar un equipo de peritos el cual será responsable de llevar a cabo el análisis de las condiciones financieras de la empresa o, como lo fue en este caso, del sector industrial en conflicto para dictaminar si realmente las demandas de sus trabajadores sobrepasan su capacidad económica.

⁷ Petróleos Mexicanos, El Petróleo de México, México, Petróleos Mexicanos, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 1988, 3 volúmenes, 1,077 p.

1937, respetando casi en su totalidad las opiniones presentadas en el dictamen. Ante esta situación las compañías acudieron a la Suprema Corte de Justicia de la Nación, el 2 de enero de 1938, para interponer una demanda de amparo ante el laudo dictado, misma que les fue negada. Las compañías petroleras declararon su inconformidad ante esta situación y se negaron a acatar la sentencia de la máxima autoridad del país, misma que confirmó el laudo dictado por la Junta de Conciliación y Arbitraje el 1 de marzo de 1938. El 8 de marzo de 1938 se llevó a cabo una reunión entre los representantes de las compañías petroleras y el Presidente Lázaro Cárdenas, en la cual éste último aseguró a las compañías que no pagarían más de los 26 millones de pesos estipulados en el dictamen y manifestó que interpondría toda la autoridad del gobierno para evitar que la ejecución del laudo diera origen a futuras dificultades entre empresas y trabajadores.

Sin embargo, las empresas manifestaron estar imposibilitadas para cubrir el monto establecido en el laudo, y que solamente podrían aumentar en 22.4 millones de pesos las prestaciones de 1936. Ante esto, los trabajadores no tuvieron opción alguna y solicitaron la anulación de los contratos que habían regido sus relaciones con las empresas hasta esos momentos. El Comité Ejecutivo General del Sindicato ordenó que se suspendieran las labores en toda la industria petrolera el 18 de marzo de 1938.

Ante esta situación, el Gobierno Federal se vio obligado a tomar una resolución drástica, energética y definitiva; no estaba dispuesto a que todo el país se inmovilizara debido a una nueva huelga en el sector petrolero. A las diez de la noche del 18 de marzo de 1938 el Presidente Lázaro Cárdenas, anunció, a través de todas las estaciones de radio de la República Mexicana, la expropiación de los bienes de las empresas petroleras. Minutos antes de la transmisión del mensaje las compañías petroleras habían accedido a pagar los 26 millones de pesos establecidos en el laudo, sin embargo, su oferta llegó demasiado tarde.

La Ley de Expropiación fue promulgada el 6 de octubre de 1936, muchos meses antes de que se decretara la expropiación petrolera; en el primer artículo de esta ley se enumeran las causas de utilidad pública mediante las cuales se justifica la expropiación de bienes materiales. A continuación se presentan algunas de éstas:

Artículo 1º. Se consideran causas de utilidad pública:

Fracción V.- La satisfacción de necesidades colectivas en caso de guerra o trastornos interiores; el abastecimiento de ciudades o centros de población de víveres o de otros artículos de consumo necesario, y los procedimientos empleados para combatir o impedir la propagación de epidemias, epizootias, incendios, plagas, inundaciones u otras calamidades públicas.

Fracción VI.- Los empleados para la defensa nacional o para el mantenimiento de la paz pública.

Fracción VII.- La defensa, conservación, desarrollo o aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de explotación.

Fracción VIII.- La equitativa distribución de la riqueza acaparada o monopolizada con ventaja exclusiva de una o varias personas y con perjuicio de la colectividad en general, o de una clase en particular.

Fracción IX.- La creación, fomento o conservación de una empresa para beneficio de la colectividad.

Fracción X.- Las medidas necesarias para evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la colectividad.

La expropiación petrolera que llevó a cabo el Presidente Lázaro Cárdenas se encontraba justificada por varias de las fracciones del artículo anterior. Con respecto a ésta, Jesús Silva Herzog opinaba que: "por fin se daba término a treinta y ocho años de explotación inicua, de explotación ingrata y cruel; al fin se iniciaba la independencia económica de México, sin la cual es mentira, es una mera ficción la independencia política."⁸

A continuación se presenta el listado de las compañías petroleras expropiadas:

1. Compañía Mexicana de Petróleo "El Águila", S.A.
2. Huasteca Petroleum Company⁹
3. Pierce Oil Company, S.A.
4. California Standard Oil Company of Mexico
5. Compañía Petrolera "El Agwi", S.A.
6. Penn Mex Fuel Oil Company
7. Stanford y Compañía
8. Richmond Petroleum Company of Mexico
9. Compañía Explotadora de Petróleo "La Imperial", S.A.
10. Compañía de Gas y Combustible "Imperio"
11. Mexican Sinclair Petroleum Corporation
12. Consolidated Oil Company of Mexico, S.A.
13. Compañía Naviera "San Cristobal", S.A.
14. Compañía Naviera "San Antonio", S.A.
15. Compañía Naviera "San Ricardo", S.A.
16. Sabalo Transportation Company of Mexico

⁸ Silva Herzog Jesús, Historia de la Expropiación de las Empresas Petroleras, 4ª Edición, México, Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas, 1973, 301 p.

⁹ Se considera a sus once compañías subsidiarias.

La Industria Petrolera Mexicana Independiente

Posterior a la sorpresa causada por la decisión tomada por el Gobierno de México, las empresas petroleras se encargaron de difundir su opinión sobre el futuro de la industria petrolera mexicana. Aseguraban que el gobierno y los trabajadores no serían capaces de sostener tan complejo sector industrial por un periodo mayor a treinta días, después del cual, el gobierno acudiría a éstas para que se hicieran cargo de la explotación de los campos, la elaboración de los productos derivados y la distribución de los mismos.

Las empresas tenían fundamentos sólidos para sostener esta opinión, el Gobierno de México y los trabajadores de la industria petrolera tenían un gran reto que superar en un corto periodo de tiempo. Se presentaron problemas en el área de producción, de suministros, de distribución y de comercialización. Por ejemplo, en el área de producción, las refinerías se hallaban en pésimas condiciones por falta de mantenimiento; en el área de suministros era imposible conseguir las materias primas y las refacciones necesarias para la refinación y elaboración de productos derivados del petróleo; las casas vendedoras se negaban a abastecer a México de tales insumos bajo amenaza de la Standard Oil y la Royal Dutch Shell. En lo que se refiere a la distribución de los productos, las empresas extranjeras tomaron la precaución de enviar un gran número de carro-tanques, indispensables para la distribución en el territorio nacional, a los Estados Unidos; además no había barcos disponibles para la distribución de los productos desde Tampico hacia los puertos del Golfo de México, de donde se distribuían hacia la costa occidental de la República. El único barco expropiado, "San Ricardo", que se encontraba en reparación en Mobile, Alabama, había sido embargado por el Gobierno de E.U.A. No se podía exportar petróleo ya que cada posible cliente había sido amenazado por los grandes monopolios petroleros antes mencionados, además, ningún armador tenía confianza en la nueva institución petrolera para acceder a la renta de barcos.¹⁰

El Consejo de Administración del Petróleo, que sustituyó a las empresas extranjeras, tenía una tarea extremadamente difícil ante sí. Afortunadamente, se contó con la ayuda de los trabajadores ferrocarrileros en el movimiento de tanques, evitando así la escasez de productos petroleros; se adquirió un pequeño buque-tanque, con una capacidad de 6,000 barriles, con el cual fue posible distribuir los productos desde Tampico hacia los diversos puertos del Golfo; después de varios meses se ganó el litigio del "San Ricardo", mismo que fue rebautizado con el nombre "18 de Marzo". Poco a poco se desvaneció la resistencia, en contra del abastecimiento, que las casas vendedoras de refacciones y materiales mantenían en contra de México; al mismo tiempo, algunas naciones europeas, como Alemania e Italia, comenzaron a importar petróleo mexicano.

¹⁰ Petróleos Mexicanos, *op. cit. supra*, nota 7.

El Valor de los Bienes Expropiados

Las empresas expropiadas rechazaron una invitación realizada por el Presidente de México el 13 de abril de 1938, para llevar a cabo una reunión en la que se fijaría el monto de la indemnización y la forma de pago correspondiente. En su lugar se dedicaron a realizar una campaña en contra de Lázaro Cárdenas, de su gobierno y de México. Las compañías aseveraban que el valor de los bienes expropiados ascendía a la extraordinaria cifra de 450 millones de dólares y que México no tenía la capacidad económica para saldar la deuda.

A continuación se presenta el activo consolidado de las empresas expropiadas al 31 de diciembre de 1936, obtenido a partir del informe realizado por la Comisión de Peritos asignada para resolver el Conflicto de Orden Económico, a través del cual se obtiene una cifra estimada del valor de los bienes expropiados:¹¹

Cifras en miles de pesos corrientes de 1936

Activo Circulante

| | |
|-------------------------------------------------|--------------------------|
| • Caja y Bancos..... | \$ 9,492,237.24 |
| • Existencia de Petróleo Crudo y Derivados..... | \$ 33,805,074.82 |
| • Materiales..... | \$ 31,812,976.42 |
| • Cuentas por Cobrar..... | \$ 41,815,332.64 |
| • Otros..... | <u>\$ 41,894,160.88</u> |
| | \$ 158,819,782.00 |

Activo Fijo

| | |
|-------------------------------------------------------|--------------------------|
| • Terrenos..... | \$ 142,480,569.54 |
| • Edificios, Refinerías, Plantas e Instalaciones..... | \$ 229,068,226.55 |
| • Oleoductos y Estaciones de Bombeo..... | \$ 62,132,845.76 |
| • Embarcaciones..... | \$ 5,947,670.89 |
| • Muebles y Útiles..... | \$ 22,385,940.47 |
| • Otros Bienes Fijos..... | <u>\$ 65,883,811.39</u> |
| | \$ 527,899,064.60 |

Depreciación y Amortización

| | |
|--------------------------------------------------|-------------------|
| • Reservas para Depreciación y Amortización..... | \$ 371,773,912.05 |
|--------------------------------------------------|-------------------|

Activo Diferido

| | |
|-------------------------|------------------------|
| • Cargos Diferidos..... | <u>\$ 8,922,270.12</u> |
|-------------------------|------------------------|

Total Activo **\$ 323,867,204.67**

¹¹ Petróleos Mexicanos, *op. cit. supra*, nota 7.

Como deben descontarse los bienes capitales circulantes ya que tales bienes no son objeto de una expropiación, el valor aproximado del activo expropiado es:

| | |
|-------------------------------------------------------|--------------------------|
| • Terrenos..... | \$ 142,480,569.54 |
| • Edificios, Refinerías, Plantas e Instalaciones..... | \$ 229,068,226.55 |
| • Oleoductos y Estaciones de Bombeo..... | \$ 62,132,845.76 |
| • Embarcaciones..... | \$ 5,947,670.89 |
| • Muebles y Útiles..... | \$ 22,385,940.47 |
| • Otros Bienes Fijos..... | \$ 65,883,811.39 |
| • Existencia de Petróleo Crudo y Derivados..... | \$ 33,805,074.82 |
| • Materiales..... | \$ 31,812,976.42 |
| • Otros Bienes..... | \$ 78,823.00 |
| • Reservas para Depreciación y Amortización..... | <u>\$ 371,773,912.05</u> |
| | \$ 221,822,026.79 |

A esta cifra habría que descontarle 25 millones de pesos por adeudos fiscales; además la indemnización a los obreros por la ruptura de los contratos de trabajo no sería inferior a los 50 millones de pesos. En resumen México debía a las empresas extranjeras por concepto del valor de los bienes expropiados una cantidad aproximada de 150 millones de pesos. Tomando como base el valor de los activos presentado anteriormente, el juez asignado para el avalúo de los bienes expropiados, bajo el consejo de un grupo de expertos en cuestiones petroleras designado por el Gobierno Federal, fijó el valor de los bienes expropiados en \$233,878,185.79.¹²

El Costo Real de la Expropiación Petrolera

Una vez declarada la expropiación de los bienes de las empresas extranjeras que operaban en México, éstas se dedicaron a luchar con todas sus fuerzas y, en algunos casos, con la ayuda del gobierno del país de origen de las mismas, para recuperar lo que les había sido expropiado.

Unas cuantas semanas después de haberse llevado a cabo la expropiación, llegó a la Secretaría de Relaciones de México una nota del gobierno inglés; en dicha nota, cuyo tono se apartaba de la medida habitual utilizada en documentos de este género, se reclamaba al gobierno mexicano por la expropiación de la Compañía Mexicana de Petróleo "El Águila". Después de la respuesta de México y la recepción de una nueva nota inglesa en la que no se

¹² Esta cifra no incluye los bienes de las siguientes empresas: Pierce Oil Company, S.A., Mexican Sinclair Petroleum Corporation, Standford y Compañía y Compañía Terminal de Lobos. Esto se debe a que las acciones de estas empresas pertenecían a Consolidated Oil Company of Mexico, S.A., misma que celebró un arreglo el 1° de mayo de 1940 con el Gobierno Federal; la compensación pagada a estas empresas se calculó en \$30,700,000, cantidad que sumada a la cifra obtenida anteriormente dan como resultado \$264,578,185.79

aceptaba la respuesta que México había enviado, el Gobierno de la República decidió retirar al ministro mexicano de la Gran Bretaña y clausurar la Legación Mexicana en Londres.

Por otra parte, a finales de 1938, la Standard Oil de New Jersey designó al abogado Donald Richberg para que éste se acercara al embajador de México en E.U.A. y explorara la posibilidad de llegar a un acuerdo económico con el gobierno mexicano. Dicho acercamiento culminó en la celebración de tres conferencias los días 8, 9 y 10 de marzo de 1939 de las cuales se dijo entonces que se habían logrado avances significativos que marcarían el camino hacia una solución mutuamente satisfactoria. Sin embargo, esta solución nunca llegó, el Gobierno de México estaba dispuesto a indemnizar inmediatamente los bienes expropiados, a celebrar un contrato a largo plazo mediante el cual la empresa estadounidense se vería involucrada en los futuros proyectos petroleros de México; la idea era formar una nueva unidad económica entre el gobierno mexicano y las empresas expropiadas, teniendo el Gobierno de México el control administrativo pero con la intervención directa de las empresas extranjeras en todos los sectores de la industria. Sin embargo, las empresas no estaban dispuestas a llegar a un acuerdo, lo que realmente querían era que sus bienes les fueran devueltos. En realidad la Standard Oil de New Jersey había contratado a Richberg para que éste recuperara sus bienes, no para llegar a un acuerdo. Richberg fracasó rotundamente en su objetivo ya que el gobierno mexicano no tenía ni la menor intención de devolver los bienes expropiados.

Inmediatamente después del fracaso de la Standard Oil de New Jersey, el coronel Patrick Hurley del Grupo Sinclair, se acercó al embajador Castillo Nájera, sugiriendo la posibilidad de un arreglo por separado con el Gobierno de México. Las primeras conversaciones se llevaron a cabo en los meses de octubre y noviembre de 1939. Inicialmente el Grupo Sinclair pedía como indemnización 40 millones de barriles de crudo proveniente de Poza Rica, dicha indemnización era totalmente injustificada ya que si se calcula a 80 centavos de dólar el barril (precio promedio del crudo en 1939), esta cantidad de barriles equivaldría a 32 millones de dólares, suma que ni siquiera estaba cerca del valor de los bienes expropiados a este grupo. En enero de 1940, los representantes mexicanos lograron que el Grupo Sinclair redujera sus pretensiones a 14 millones de dólares, cifra que aún estaba muy por encima del valor real, sin embargo lo importante de este suceso era la disposición del Grupo Sinclair para negociar.

A mediados de marzo, el embajador Castillo Nájera presentó al presidente Cárdenas una propuesta concreta por parte del Grupo Sinclair; en ésta, se pedía como indemnización de los bienes la cantidad de 9 millones de dólares y la firma de un contrato de compra-venta de 20 millones de barriles de crudo en un periodo de cuatro años a un precio muy por debajo del precio de mercado. En los primeros días de abril se reiniciaron las negociaciones con el grupo logrando reducir el monto de indemnización a 8.5 millones de dólares, mismos que serían cubiertos en partidas de 1 millón de dólares en un plazo de tres años. Además se logró negociar el precio por barril, el cual se establecería con una escala móvil dependiente del

precio de mercado. Todo parecía indicar que pronto se llegaría a un acuerdo satisfactorio con el Grupo Sinclair; inesperadamente el 4 de abril, el Departamento de Estado de E.U.A. entregó una nota al embajador de México en la cual se refería a la expropiación de los bienes de las empresas petroleras principalmente, argumentando que la legalidad de una expropiación es inseparable del pago de compensación pronta, adecuada y efectiva. Afortunadamente dicha nota no tuvo efecto alguno en las negociaciones entre el gobierno mexicano y el Grupo Sinclair; el único problema que se presentaba en esta negociación era que el grupo pretendía que en el documento que se firmara apareciera como causa del pago la compra de sus bienes y no la expropiación de los mismos. Finalmente, Sinclair aceptó que se estipulara que el pago correspondía a la expropiación de sus bienes y fue así como el 1° de mayo de 1940 fue comunicado al Gobierno de E.U.A., como respuesta a la nota recibida, el acuerdo concretado con el Grupo Sinclair y la disposición de negociar con las demás empresas; este grupo representaba el 40% de las inversiones petroleras estadounidenses en México y el 15% en las totales.¹³

Debido a que el resto de las empresas estadounidenses se negaban a celebrar arreglo alguno, los gobiernos de México y E.U.A. nombraron a representantes plenipotenciarios, y se comprometieron a que acatarían la conclusión a la que éstos llegasen. El gobierno mexicano designó a Manuel J. Zevada como su representante y el Gobierno de E.U.A. hizo lo propio al designar a Morris L. Cooke. El 17 de abril de 1942 concluyeron que el valor de las empresas aun no indemnizadas, incluida la Huasteca Petroleum Company, era de \$23,996,000 dólares. El total pagado a las empresas petroleras de E.U.A. por concepto de indemnización ascendió en números redondos a 35 millones de dólares.

A pesar de que había sido cubierta la indemnización de todas las empresas estadounidenses, todavía estaba pendiente el arreglo con la más poderosa de las compañías que operaban en México, la Compañía Mexicana de Petróleo "El Águila". El 29 de agosto de 1947 se firmó un convenio con dicha compañía, en el cual se establecía que el valor de los bienes expropiados a esta empresa era de \$81,250,000 dólares. México se comprometió no sólo a pagar estos 81 millones dólares, sino también a pagar otros \$25,594,000 dólares por concepto de intereses sobre la indemnización que comprendían el periodo de tiempo entre el 18 de marzo de 1938 y el 17 de septiembre de 1948. Además se pagaron \$23,405,000 dólares por concepto de intereses insolutos del 18 de septiembre de 1948 al 17 de septiembre de 1962. En total la deuda adquirida con "El Águila" alcanzó los \$130,339,000 dólares por pagarse en 15 anualidades a partir del 18 de septiembre de 1948.

En resumen, los bienes expropiados alcanzaron la cifra de 165 millones de dólares, cifra considerablemente menor a los 450 millones que argumentaban las empresas como valor de

¹³ Meyer, Lorenzo, México y Estados Unidos en el Conflicto Petrolero, 1917-1942, Edición Conmemorativa, México, Petróleos Mexicanos, 1988, 242 p.

sus bienes. En septiembre de 1962, se cubrió el último pago por la expropiación de los bienes de la Compañía Mexicana de Petróleo “El Águila”.

CAPÍTULO 2. LA PETROQUÍMICA

Importancia de la Petroquímica

A partir de 1950 y hasta la fecha se han creado numerosos productos y los procesos correspondientes a su producción, utilizando los hidrocarburos provenientes de la refinación del petróleo como materia prima. Estos productos surgieron a partir de la necesidad de sustituir algunos de los materiales naturales escasos por diferentes razones (guerras, sobreexplotación, alta demanda), utilizados en la vida diaria del hombre del siglo XX; sin embargo, además de sustituir a algunos materiales naturales, se ha conseguido producir novedosos materiales sintéticos como los plásticos, los adhesivos y muchos otros más con propiedades sorprendentes, que han facilitado el avance del conocimiento científico y tecnológico del hombre.

La tecnología utilizada en la industria petroquímica es heredera de dos tecnologías con características diferentes: la de refinación del petróleo y la de la química orgánica tradicional.¹⁴ El objetivo primario de la refinación del petróleo es la de obtener grandes volúmenes de producción, el grado de pureza de los productos obtenidos de esta industria no es factor clave en la producción de los mismos; en cambio, la industria de la química orgánica busca sintetizar moléculas muy específicas con un alto grado de pureza. Utilizando los hidrocarburos derivados de la refinación del petróleo como materia prima, la petroquímica encontró una fuente de materias primas con gran potencial para la producción de grandes volúmenes de moléculas muy específicas con un alto grado de pureza; adaptando la metodología de la tecnología de la industria química, se crearon procesos en una amplia gama de condiciones de operación y tamaño de plantas para obtener la calidad necesaria de los productos finales. Debido a las condiciones de reacción tan específicas necesarias para la producción petroquímica, se desarrollaron instrumentos de medición y control automatizados y computarizados, dando como resultado un menor requerimiento de mano de obra en las plantas petroquímicas, una nueva rama de conocimiento tecnológico y la elevada inversión necesaria en la instalación de una planta petroquímica.

Las plantas petroquímicas que inician las diversas cadenas de la petroquímica requieren fuertes inversiones de capital, la magnitud de éstas es comparable con las requeridas en el sector petrolero. El costo de este tipo de plantas petroquímicas no deriva únicamente del tamaño de éstas, sino de los materiales de construcción necesarios para evitar la corrosión prematura y reducir el riesgo de accidentes y de la automatización computarizada de los sistemas de control necesarios para la obtención de la calidad requerida; ambas características

¹⁴ Chapman, Keith, The International Petrochemical Industry: Evolution and Location, E.U.A., Editorial Blackwell, 1991, 322 p.

son indispensables en la producción petroquímica, sin embargo ninguna de las dos contribuye a la obtención de un mayor volumen de producción.

Debido a la magnitud de dichas inversiones, existen solamente dos tipos de empresas con la capacidad económica para efectuarlas: las grandes empresas químicas y las empresas petroleras. Las grandes empresas químicas fueron las pioneras en la instalación de plantas petroquímicas, sin embargo tras observar el éxito obtenido, las empresas petroleras decidieron incursionar en el negocio; las empresas petroleras además de contar con la ventaja de disponer de las materias primas, tenían gran experiencia en la operación de plantas de gran tamaño y conocimiento de los mercados de los productos derivados del petróleo. Estas características ayudaron a consolidar la hegemonía de las empresas petroleras en la industria petroquímica, tanto en países industrializados como en países subdesarrollados.

La industria petroquímica revolucionó la producción de la química orgánica en el mundo entero. En Europa, la participación de la petroquímica en la producción de productos químicos orgánicos creció del 10% en el año de 1955 a más del 90% en 1975. En E.U.A., origen de la industria petrolera y petroquímica, se presentaron condiciones similares a las europeas, la participación de la petroquímica en el mercado de la química orgánica era del 50% en 1950, cifra que para el año de 1975 era igual al 95%.¹⁵ En países en los cuales no existía una industria química orgánica establecida antes de la llegada de la petroquímica, como lo fue el caso de México, esta última ha cubierto en su totalidad la necesidad de las materias primas orgánicas indispensables en los diversos sectores industriales.

La petroquímica ha proporcionado a la química orgánica tradicional ventajas tecnológicas, teniendo un fuerte impacto tanto en el costo de producción como en la facilidad de transformación de las materias primas; ha proporcionado las materias primas en cantidades suficientes para cubrir las necesidades del mercado y ha introducido productos sintéticos novedosos con un sin fin de aplicaciones que transformaron la vida del hombre del siglo XX. Es así como la industria química de México,¹⁶ compite actualmente por el segundo lugar de las industrias de la rama de la transformación, teniendo como principal competidor a la rama de productos metálicos, maquinaria y herramientas. Los valores de producción de ambas ramas son muy cercanos entre sí y no son muy lejanos a aquellos de la industria de alimentos, bebidas y tabaco que ocupa el primer lugar de los sectores industriales del país.

Nacimiento y Desarrollo de la Industria Petroquímica

Como se mencionó anteriormente, la industria petroquímica surge a partir de la fusión de dos sectores industriales, el de la química orgánica y el del petróleo. El nacimiento de este sector

¹⁵ Chow Pangtay, Susan, Petroquímica y Sociedad, 3ª Edición, México, SEP:FCE, 2002, 193 p.

¹⁶ Incluye los productos derivados de la refinación, los hules y los plásticos.

industrial data de la década de 1920, cuando la Standard Oil Company logró producir alcohol isopropílico mediante la hidratación del propileno.

Las primeras plantas petroquímicas se instalaron en E.U.A, país que en la tercera década del siglo XX contaba con una industria petrolera establecida y desarrollada; no obstante que se instalaron algunas plantas petroquímicas en esta década, el verdadero desarrollo de la industria petroquímica, tanto en volumen de producción como en número de procesos, tuvo lugar durante la Segunda Guerra Mundial. Fue la necesidad de sustituir el hule natural proveniente del lejano oriente lo que impulsó la investigación de procesos industriales mediante los cuales fuera posible obtener un hule sintético con las propiedades tanto físicas como químicas del hule natural. El resultado de esta investigación fue el programa de producción más grande de hule sintético que se haya conocido; en el periodo de 1942 - 1945 se instalaron catorce plantas de hule estireno-butadieno obteniendo una capacidad de 700,000 toneladas por año. La producción de amoniaco a partir del gas natural, la producción de negro de humo y la producción de aromáticos son ejemplos de procesos y productos, que al igual que el hule sintético, se desarrollaron en el transcurso de la Segunda Guerra Mundial.

Se conoce como la etapa introductoria de la industria petroquímica al periodo comprendido entre los años 1950-1970. La producción petroquímica se concentraba en los países desarrollados, sobre todo en E.U.A. y Europa Occidental; durante esta etapa la producción petroquímica aumentó de 3.7 millones de toneladas en 1950 a 60.5 millones de toneladas en 1970,¹⁷ presentando así un crecimiento anual del 15%.

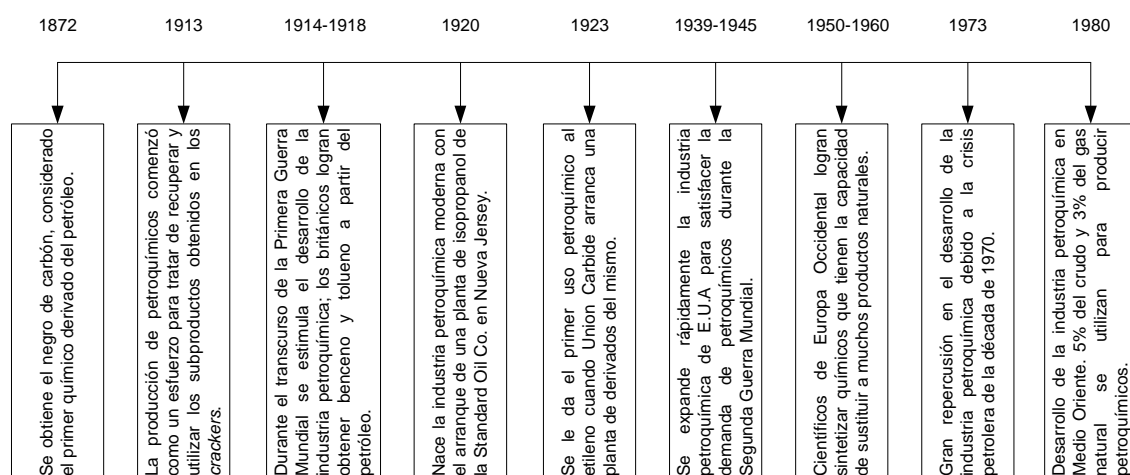
Durante 1960-1970 se desarrolló la industria petroquímica en la Unión Soviética y Europa Oriental, así como en algunos países en vías de desarrollo, principalmente en aquellos que contaban ya con una industria petrolera establecida, como fue el caso de México. En la década de 1970, se presentó una crisis en la industria petrolera a nivel mundial, provocando importantes incrementos en los precios del petróleo. Dicha crisis tuvo gran repercusión en la industria petroquímica de los países importadores de petróleo, la rentabilidad del negocio estaba en riesgo debido a los precios tan elevados de las materias primas y los energéticos utilizados en los diversos procesos. Ya en la década de 1980 se logró la estabilización de los precios de los hidrocarburos, sin embargo los precios se estabilizaron en niveles mucho mayores a los existentes antes de la crisis de 1973.¹⁸ El aumento del costo de las materias primas provocó un cambio en la estructura de los costos de producción; por ejemplo, la contribución al costo de producción de la materia prima en una planta de nafta, aumentó del 34% antes de 1973 al 63% en la década de 1980.

¹⁷ Montaña Aubert, Eduardo, Integración de la Petroquímica en México, México, Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial, UNAM, 2001, 301 p.

¹⁸ El precio del crudo a nivel mundial en 1973 oscilaba entre \$2 y \$3 dólares por barril; en 1980 el precio se encontraba entre \$12 y \$22 dólares por barril.

Se presentaron dos efectos inmediatos al incremento de los precios. Los países importadores de petróleo y los países desarrollados se centraron en la investigación de procesos en los que se lograra reducir el consumo de petróleo tanto como materia prima como energético. Por otra parte, en los países subdesarrollados que contaban con industria propia de petróleo, no se consideró mejorar la eficiencia de los procesos productivos; como existía disponibilidad de materia prima se instalaron grandes plantas petroquímicas, la idea era disminuir el costo de producción mediante la producción masiva. Hoy en día se ha comprobado que la ventaja de contar con materia prima a bajo costo no compensa la falta de tecnología destinada al ahorro, obteniendo como resultado una pobre capacidad competitiva.

Figura 1 Cronología de la Petroquímica Mundial



Fuente: Elaboración Propia

Evolución de la Petroquímica en México

A pesar de la intensa actividad petrolera en México desde principios del siglo XX, la industria petroquímica fue prácticamente inexistente hasta finales de la década de 1950. Durante el periodo de tiempo comprendido entre 1920-1940, a pesar de que la industria química de México era casi nula, se estableció la infraestructura necesaria para el desarrollo de tan importante rama industrial. En la década de 1940 se desarrolló aceleradamente la producción química de México debido a la escasez de productos, consecuencia de la Segunda Guerra Mundial. Sin embargo, en 1950, cuando la guerra había culminado, se reanudó la importación de productos químicos.¹⁹ Afortunadamente, las oficinas públicas relacionadas con el fomento y la regulación industrial fueron tomadas por un grupo visionario de empresarios químicos y economistas que buscaban el desarrollo industrial del país. Simultáneamente en PEMEX, tras años de experiencia, se formaban técnicos con gran capacidad, dispuestos a incursionar en nuevos proyectos que beneficiaran al sector petrolero.

¹⁹ Albina Garavito, Rosa y Manzo Yépez, José Luis, La Petroquímica Mexicana: Industria Estratégica o Subordinada, México, Editorial Nuestro Tiempo, 1996, 170p.

En el año de 1951, se dieron los primeros pasos en el sector petroquímico, cuando PEMEX arrancó una planta de azufre cuya materia prima provenía de la recuperación del ácido sulfhídrico del gas natural; esta planta se ubicaba en Poza Rica, Veracruz, y comenzó a operar en un periodo de escasez mundial de azufre. El gobierno mexicano decidió suministrar este producto al mercado nacional a precios subsidiados e incluso gratuitamente a la empresa estatal Guanos y Fertilizantes de México, S.A. durante tres años. Con estos subsidios se buscaba desarrollar la industria de los fertilizantes y por lo tanto la de la agricultura, mediante la producción de amoníaco y sulfato de amoníaco.

Durante esta época, la industria petroquímica en el mundo se encontraba en una fase de intenso desarrollo, el número de nuevos productos provenientes de la tecnología petroquímica era impresionante, se lograron obtener desde fertilizantes hasta productos plásticos y fibras sintéticas. En México se tenía cierta preocupación ya que apenas se habían superado los obstáculos generados a partir de la expropiación petrolera, y ya se vislumbraba la intención de las empresas extranjeras para participar en el sector petroquímico mexicano.

Por esta razón se promulgó en 1958 la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo, en la cual se creaba un sector petroquímico mexicano restringido a los inversionistas extranjeros.²⁰ Además convirtió a PEMEX en una de las empresas petroleras con mayor integración en el mundo; esta integración se logró gracias al dominio y control sobre los recursos petroleros, que se extendía hasta el área de la petroquímica básica, establecidos en dicha ley. Desde esta fecha, la industria petroquímica ha sido considerada como un área estratégica de la economía nacional; algunos de los factores que influyen para que este sector industrial sea considerado como estratégico son:

- Ofrecer la posibilidad de sustituir importaciones.
- Proporcionar las materias primas principales a un extenso conjunto de actividades industriales.
- Crear valor agregado a los hidrocarburos.

El objetivo que se pretendía alcanzar al establecer que el Estado fuese el encargado de la producción de los productos petroquímicos básicos, era el de orientar y favorecer el crecimiento de la industria petroquímica en su conjunto.

Sin embargo, para estas fechas ya existían algunas empresas petroquímicas extranjeras establecidas en el país. Celanese Mexicana inició operaciones en el año de 1947 produciendo rayón y poco tiempo después acetato de celulosa; Union Carbide inició la producción de resinas ureicas y fenólicas en 1949, y en ese mismo año, Monsanto Mexicana arrancó la producción de poliestireno seguida de la de cloruro de polivinilo. Celulosa y Derivados inició el

²⁰ Diario Oficial de la Federación, Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo, 29 de noviembre de 1958.

desarrollo químico del norte del país con la producción de acetato de celulosa, rayón, cloro, ácido sulfúrico y bisulfuro de carbono en la década de 1950.²¹

Por lo tanto, era apreciable el desarrollo de la industria petroquímica nacional a finales de la década de 1950; con la promulgación de la ley reformativa del Artículo 27 Constitucional, el capital extranjero no abandonó el país, pero tampoco dominó por completo el desarrollo previsto, una buena proporción de la inversión total fue realizada por capital nacional. La ley establecía que PEMEX tenía exclusividad para la producción y la venta de un gran número de productos, entre ellos el etileno, el propileno, el benceno, el polietileno, el amoníaco y otros más que en total sumaban alrededor de 30 productos.

A mediados de los años cincuenta, directivos y técnicos de PEMEX estudiaron la factibilidad de sustituir la importación de algunos productos petroquímicos, instalando las plantas necesarias para la fabricación de los mismos. El primer paso era buscar cuál sería el primer producto petroquímico producido por la industria mexicana. Se eligió el dodecilbenceno ya que se obtenía a partir de una alquilación, proceso conocido por PEMEX empleado en la producción de isooctano. Una vez elegido el producto, los ingenieros de PEMEX intentaron comprar la tecnología para la producción de dodecilbenceno; todos los proveedores de tecnología se negaron a negociar con México como consecuencia de la amenaza que representaba que entrara un nuevo competidor en el mercado petroquímico. Fue entonces cuando se decidió que si no era posible comprar tecnología, se debía desarrollar la planta de dodecilbenceno con tecnología propia; gracias a la experiencia de los técnicos mexicanos en la construcción y operación de plantas fue posible operar exitosamente esta planta desde el arranque de la misma.

PEMEX arrancó la primera planta petroquímica de México en 1959. Se instaló dentro de la Refinería de Azcapotzalco en el Distrito Federal y se destinó a la producción de dodecilbenceno, materia prima principal de los detergentes comerciales. Algunas personas consideran que la primera planta petroquímica de México fue la planta recuperadora de azufre antes mencionada. Sin embargo, tanto PEMEX como la empresa proveedora de la tecnología de la planta, no consideraban que dicha planta fuese una planta petroquímica. El principal objetivo de dicha planta era recuperar azufre para mejorar la calidad de la gasolina y de otros combustibles, no la de obtener azufre para el mercado petroquímico. En cambio, la planta de dodecilbenceno representaba una verdadera amenaza al mercado internacional de la petroquímica controlado por los grandes monopolios petroleros. La amenaza no se centraba en la planta en sí, sino en la posibilidad de que México multiplicara su producción petroquímica.

Debido al éxito obtenido en la producción de dodecilbenceno, la posición de los proveedores frente a la negativa de venta de tecnología a México cambió repentinamente; este cambio es

²¹ Bucay, Benito, Apuntes de Historia de la Química Industrial de México, México, 2003, 11 p.

atribuible a que el desarrollo de tecnología propia representaba un mayor riesgo. Si permitían que se llevaran a cabo más proyectos como éste, en un futuro no muy lejano se enfrentarían probablemente a un competidor en el mercado petroquímico con procesos más eficientes que los propios y con disponibilidad de materia prima. Con la posibilidad de compra de tecnología, PEMEX se dedicó en los años sesenta a comprar toda la tecnología necesaria para la instalación de las nuevas plantas petroquímicas; este hecho provocó que se dejara a un lado el desarrollo de tecnología propia, limitándose simplemente a la operación de las plantas, situación que a la fecha repercute en la competitividad de la industria petroquímica mexicana. En 1959 se publicó el reglamento de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo, en éste se estableció un sistema de permisos mediante el cual, se regularía la industria petroquímica en la que podía participar el sector privado, para que éste actuara de acuerdo a los lineamientos establecidos por PEMEX, el Gobierno Federal y la Comisión Petroquímica Mexicana.

A principios de la década de los sesenta, para cumplir los objetivos que se establecían en la ley de 1958, se incluyó el desarrollo de la industria petroquímica dentro de las prioridades de PEMEX; Pascual Gutiérrez Roldán, director general de PEMEX, anunció la existencia de un programa de petroquímica básica y fertilizantes, el cual contaba en una primera etapa con una inversión de 450 millones de pesos y 1,000 millones de pesos para la segunda etapa. Dentro de este programa se consideraba la construcción de 28 plantas petroquímicas que culminaría en un plazo no mayor a cinco años; este programa fue considerado como el esfuerzo industrial de mayor alcance realizado hasta entonces en el país.

Para el año de 1964, pese a los retrasos en el programa, tanto por razones financieras como por la falta de realismo en cuanto a los tiempos de ejecución de los proyectos, el establecimiento de la industria petroquímica mexicana era ya una realidad. PEMEX operaba la mayoría de las plantas petroquímicas de México. Las primeras dos plantas de amoníaco, instaladas por PEMEX, iniciaron operaciones en Cosoleacaque, Veracruz y Salamanca, Guanajuato en los años 1962 y 1963 respectivamente. En 1964 comenzó la producción mexicana de aromáticos en Minatitlán, Veracruz; en 1965 arrancó la segunda planta de dodecibenceno en Ciudad Madero, Tamaulipas; la primera planta de polietileno de baja densidad se construyó en Reynosa, Tamaulipas en 1966; arrancaron en 1967 las plantas de etano, etileno, dicloroetano, cloruro de vinilo y estireno al iniciar operaciones el complejo petroquímico Pajaritos. En los dos últimos años de esta década, se instalaron plantas de acetaldehído en 1968 y ciclohexano en 1969.

El régimen de los permisos petroquímicos inició en 1961 con la producción de negro de humo por parte de Negromex y de polibutadieno y estireno-butadieno de Hules Mexicanos. En 1963 Celanese reproduce en Guanajuato y a menor escala su notable complejo de Bishop, Texas, en donde se producían derivados del acetaldehído como el ácido y el anhídrido acéticos, sus

respectivos ésteres, el óxido de mesitilo y el alcohol diacetona. El sistema de permisos se convirtió en un mecanismo para regular la inversión extranjera y para obtener “exclusividad” para un determinado producto para el inversionista; además, durante algunos años el comercio de estos permisos se convirtió en un negocio muy lucrativo. Sin embargo, el verdadero impulso al desarrollo del sector privado en la industria petroquímica tuvo origen en 1963 cuando se firmó un protocolo financiero Franco – Mexicano, cuyo objetivo era impulsar el desarrollo de las primeras industrias petroquímicas mexicanas independientes de PEMEX. Industrias Derivadas del Etileno recibió un aval de 13.5 millones de pesos para concretar sus proyectos de aminas y glicoles. Se otorgó otro aval de 16.2 millones de pesos a Síntesis Orgánicas para impulsar la producción de anhídrido ftálico. Se presentó una reestructuración en Industria Nacional Química-Farmacéutica, su nombre cambió a Industria Petroquímica Nacional y recibió un aval de 25.7 millones de pesos para la construcción de una planta de metanol en San Martín Texmelucan, Puebla, la cual fue adquirida posteriormente por PEMEX. A este protocolo francés de 1963 se le unieron otros préstamos: el de Inglaterra por 310 millones de pesos, el de Alemania por 62.5 millones de pesos y el de Japón por 528 millones de pesos. Se buscaba evidentemente que las empresas beneficiadas por estos protocolos adquirieran la tecnología y el equipo necesario en los países correspondientes a los mismos.

Para el año de 1970, la inversión acumulada en plantas e instalaciones petroquímicas alcanzó los 3,060 millones de pesos;²² estas inversiones significaron una restricción para utilizar recursos en otras áreas de la industria petrolera no menos prioritarias; sin embargo, la inversión realizada en el establecimiento de la industria petroquímica mexicana, se justifica ya que en el mismo periodo de tiempo, permitió la sustitución de importaciones con un valor de 4,700 millones de pesos. Como resultado del programa desarrollado en los años sesenta, en 1970 la capacidad instalada alcanzaba los 2.4 MMton/año, distribuidas en 37 plantas. Estas plantas se agrupaban en 11 complejos petroquímicos, en función de las materias primas utilizadas y del mercado al que se dirigían los productos elaborados en ellas. Seis de estos complejos estaban integrados con centros de refinación y tres se encontraban en la proximidad de una refinería. Entre los principales complejos destacaban el de Minatitlán, Veracruz, que contaba con siete plantas productoras de aromáticos a partir de naftas, y el complejo de Pajaritos localizado en Coatzacoalcos, Veracruz destinado a la producción de etileno y sus derivados con cinco plantas en operación y seis en construcción. De 1960 a 1970 la producción petroquímica aumentó de 57 Mton y sólo cinco productos elaborados a 1.9 MMton y 26 productos elaborados. En 1970 la producción petroquímica de PEMEX permitió que se cubriera el 87% del consumo aparente nacional de petroquímicos, presentando un fuerte cambio en comparación con la situación presentada en el año de 1960, cuando solamente se satisfacía el 37% del mercado nacional.

²² Lombardo Pérez Salazar, Horacio, La Petroquímica en México, México, Celanese Mexicana, 1990, 124 p.

Tabla 1 Producción y Consumo de los Principales Petroquímicos en 1970

| | | | Datos | | | | |
|----------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|------------|
| Grupo | Subgrupo | Producto | Producción (Mton) | Importación (Mton) | Exportación (Mton) | Consumo Apoyante (Mton) | |
| Gas Natural | Derivados del Metano | Amoníaco | 454 | 74 | - | 528 | |
| | | Anhídrido Carbónico | 148 | 2 | - | 148 | |
| | | Metanol | 19 | - | - | 19 | |
| | Total Derivados del Metano | | | 619 | 76 | - | 695 |
| | Derivados del Etano | Acetaldehído | 17 | 25 | - | 42 | |
| | | Cloruro de Vinilo | 19 | 18 | - | 37 | |
| | | Dicloroetano | 36 | - | - | 36 | |
| | | Etileno | 60 | - | - | 60 | |
| | | Óxido de Etileno | - | 12 | - | 12 | |
| | | Percloroetileno | - | 5 | - | 5 | |
| | | Poliétileno Alta Densidad | - | 15 | - | 15 | |
| | | Poliétileno Baja Densidad | 25 | 25 | - | 52 | |
| | Total Derivados del Etano | | | 158 | 101 | - | 259 |
| | Derivados del Propano | Acetonitrilo | - | 8 | - | 8 | |
| | | Dodecibenceno | 49 | - | 1 | 48 | |
| Isopropanal | | 3 | 4 | - | 7 | | |
| Polipropileno | | - | 9 | - | 9 | | |
| Propileno | | 46 | - | - | 46 | | |
| Total Derivados del Propano | | | 98 | 21 | 1 | 118 | |
| Derivados del Butano/Butenos | Butadieno | - | 44 | - | 44 | | |
| Total Derivados del Butano/Butenos | | | - | 44 | - | 44 | |
| Derivados del Ácido Sulfhídrico | Azufre | 60 | - | - | 60 | | |
| Total Derivados del Ácido Sulfhídrico | | | 60 | - | - | 60 | |
| Total Gas Natural | | | 935 | 242 | 1 | 1,176 | |
| Naftas | Aromáticos | Aromáticos Pesados | 30 | - | - | 30 | |
| | | Benceno | 77 | - | 38 | 39 | |
| | | Estréno | 29 | 4 | - | 32 | |
| | | Hexano | 14 | - | - | 14 | |
| | | Orto-Xileno | 14 | 2 | - | 16 | |
| | | Tolueno | 89 | - | 1 | 88 | |
| | | Xilenos | 42 | 2 | 26 | 18 | |
| Total Aromáticos | | | 302 | 8 | 65 | 245 | |
| Total Naftas | | | 302 | 8 | 65 | 245 | |
| Total general | | | 1,237 | 250 | 66 | 1,421 | |

Fuente: Snoeck, Michèle, La Industria Petroquímica Básica en México, 1970-1982, México, El Colegio de México, Programa de Energéticos, 1986, 184 p.

Durante el periodo de tiempo comprendido entre 1970-1980, el objetivo principal de la industria petroquímica mexicana fue el de alcanzar la autosuficiencia en la mayoría de los productos básicos que sirven como materia prima para la petroquímica secundaria y otros sectores productivos. A pesar del incremento de las inversiones en este sector, no fue posible alcanzar tal objetivo, en parte por el fuerte incremento en la demanda de dichos productos. Se pueden distinguir dos fases en este periodo, la primera de éstas, de 1970 a 1973, que se caracteriza por un crecimiento moderado pero sostenido de la capacidad instalada, evidenciando el escaso capital disponible; en contraste, en la segunda etapa que va de 1974 a 1980, la capacidad instalada se triplicó. Los descubrimientos de nuevos yacimientos en el sur del país y la elevación de los precios internos de los productos de PEMEX, proporcionaron el capital necesario para que se llevase a cabo esta segunda etapa.

La política petrolera durante la primera etapa incluía, entre sus principales objetivos, seguir impulsando el desarrollo de la industria petroquímica para lograr la autosuficiencia de la misma y disponer de excedentes temporales exportables. Sin embargo, la economía mexicana se encontraba en un estado de deterioro que se reflejaba principalmente en el poco dinamismo de la actividad productiva, en la profundización de la dependencia exterior, en el debilitamiento de la tasa de inversión privada y en el rezago social. La difícil situación financiera de PEMEX limitó el capital disponible para inversión, el cual fue utilizado para resolver problemas de escasez interna de crudo.

Como se mencionó, los factores que dieron un nuevo impulso a partir de 1974 a la industria petroquímica fueron la mayor disponibilidad de materia prima, particularmente gas natural asociado proveniente de los nuevos yacimientos del sureste, y el incremento de recursos disponibles para PEMEX, derivado del alza de precios que presentaron los productos petrolíferos y petroquímicos en 1973. Ante la mayor disponibilidad de recursos, las economías de escala que podían derivarse de la producción a gran escala, comenzaron a cobrar mayor importancia entre los criterios de selección de la capacidad a instalarse. Con la construcción de complejos petroquímicos comparables a los grandes complejos del mundo no sólo se podría lograr la tan anhelada autosuficiencia, sino además disponer de importantes excedentes para exportación. De esta forma fue concebido el Complejo Petroquímico La Cangrejera, localizado en Coatzacoalcos, Veracruz; el complejo tendría un costo de 7,800 millones de pesos y sería el mayor en su tipo en América Latina y uno de los más grandes a nivel mundial; permitiría la elaboración de una veintena de productos utilizando tecnología de punta en cada una de las plantas que integrarían este complejo.

En el Programa Sexenal de Petroquímica Básica 1977-1982 se esperaba alcanzar una capacidad instalada de 20 MMton/año, triplicando así la capacidad instalada de 5 MMton/año existente en 1976.²³ Se esperaba que la capacidad instalada del amoníaco pasara de 905 Mton/año a casi 3 MMton/año; en etileno se pretendía aumentar la capacidad instalada de 206 Mton/año a 2 MMton/año, con lo cual México produciría más etileno que toda América Latina en conjunto, además de que se podrían producir grandes volúmenes de sus derivados como el cloruro de vinilo, el óxido de etileno, el acetaldehído y el estireno; derivado del mayor volumen disponible de naftas de acuerdo al programa de producción petrolera, se incrementaría la producción de aromáticos de 310 Mton/año a 2.4 MMton/año; finalmente se consideraba que la producción de gas natural permitiría obtener suficiente propano para cubrir la demanda interna de gas licuado, dejando importantes excedentes que se aprovecharían para producir 300 Mton/año de propileno, el cual junto con el obtenido en las desintegradoras catalíticas, permitiría por vez primera, el desarrollo masivo de los productos derivados del propano como lo son el propileno, el isopropanol, el acrilonitrilo, el dodecibenceno y el óxido de propileno. La Cangrejera, con una capacidad prevista de 3.5 MMton/año, era considerada como un eslabón clave para la expansión de la industria petroquímica nacional y como el primero de una serie de complejos de PEMEX de este tipo.

En el año de 1981, el Gobierno Federal, deslumbrado por la aparente riqueza petrolera, decidió otorgar estímulos fiscales para que las empresas del sector petroquímico privado instalaran plantas localizadas en uno de los cuatro polos de desarrollo designados y cuya producción se orientara al mercado de exportación. Es importante mencionar que de estos cuatro polos de desarrollo solamente se desarrollaron dos de ellos, Coatzacoalcos, Veracruz y Altamira, Tamaulipas. Con los estímulos fiscales se comenzaron a construir grandes y modernas

²³ Snoeck, Michèle, La Industria Petroquímica Básica en México, 1970-1982, México, El Colegio de México, Programa de Energéticos, 1986, 184 p.

instalaciones que se vieron azotadas a medio camino por el colapso financiero que se presentó en 1982 y la crisis provocada por éste.

Los resultados alcanzados en 1982 por PEMEX en el área de petroquímica, a pesar de ser impresionantes en comparación con la situación en 1976, no fueron suficientes para lograr ninguna de las metas establecidas. En ese año la industria petroquímica dependía del exterior para más de veinte productos, importando alrededor del 13.5% del consumo nacional aparente; las exportaciones se centraban solamente en dos productos (y no en los 21 previstos) y la balanza comercial de PEMEX tenía un déficit de 12 mil millones de pesos. Por lo tanto no se cumplieron los dos objetivos principales del sexenio en materia petroquímica: autosuficiencia y diversificación de las exportaciones. Este fracaso fue consecuencia principalmente de los retrasos en la ejecución del programa sexenal, particularmente en el caso de la construcción del Complejo La Cangrejera. Este complejo constituyó el esfuerzo integral más ambicioso de PEMEX en el campo de la petroquímica; teniendo en cuenta su complejidad y la falta de recursos financieros en algunos años, no es sorprendente que el proyecto haya requerido diez años para su culminación, desde su planeación hasta el arranque de operaciones, en lugar de los tres o cuatro años previstos. A partir de los resultados obtenidos en este proyecto se comenzó a cuestionar la ejecución de proyectos de esta índole ya que la selección de plantas de menor capacidad, establecidas en un tiempo relativamente corto, al traer beneficios económicos más inmediatos, podría representar una opción más viable.

PEMEX, además de La Cangrejera construyó el complejo petroquímico Morelos para satisfacer la demanda de la nueva generación de plantas petroquímicas. Sin embargo, la situación se complicó con la crisis global de la industria petroquímica que abarcó el periodo de tiempo comprendido entre 1983 y 1987; esta crisis a nivel mundial se presentó debido a la sobrecapacidad, fenómeno que genera la famosa ciclicidad de esta industria.

Dicha ciclicidad, cuya duración aproximada es de ocho años y que tanto afecta a la industria, es el resultado de que la tecnología no ha podido superar, a diferencia de otros sectores industriales, el problema de la escala. Para ser competitivo a nivel mundial, es necesario construir plantas que representan entre el 1% y el 3% de la demanda mundial total; por lo tanto, si en un corto periodo de tiempo se construyen dos o tres plantas de estas características, el equilibrio oferta/demanda del mercado se verá afectado, obligando a los productores a disminuir los precios de venta y aquellos productores menos eficientes tenderán a desaparecer. Hasta que este problema no sea resuelto la industria petroquímica, incluyendo a la mexicana, seguirá presentando estos desajustes que tanto daño le provocan.

Tras diversos problemas, crisis económicas y la desregulación y apertura comercial de muchos productos petroquímicos en la década de 1990, PEMEX dejó de interesarse por el sector petroquímico colocándolo en un segundo plano. Es importante mencionar que este hecho por

sí sólo no era perjudicial, algunas petroleras han hecho lo mismo al no encajar este segmento dentro de sus planes estratégicos. El verdadero problema que se presentó en México ante esta situación fue la falta de planeación, entre el gobierno y la industria privada, para el desarrollo de una nueva industria petroquímica. Como PEMEX era el proveedor de materias primas, al tomarse esta decisión, se presentó una grave situación para los procesos productivos de mayor valor agregado que estaban en manos del sector privado; la demanda seguía creciendo pero ante la falta de inversión de PEMEX la petroquímica secundaria no podía concebir la construcción de nuevas plantas e incluso muchas de las existentes operaban a menos de la mitad de su capacidad.

En 1996 PEMEX se segmentó en los cuatro organismos subsidiarios que hasta la fecha persisten: PEMEX Exploración y Producción (PEP), PEMEX Refinación (PR), PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB) y PEMEX Petroquímica (PPQ). En el caso de PEMEX Petroquímica la fragmentación fue aún mayor ya que cada complejo petroquímico se convirtió en una sociedad anónima independiente. La verdadera intención de la fragmentación de PPQ era la de promover la venta de sus complejos petroquímicos a la iniciativa privada;²⁴ sin embargo, ésta nunca se realizó ya que solamente se vendería el 49% de las acciones, es decir, PEMEX sería el socio mayoritario de las nuevas empresas creadas, además la venta incluiría el contrato sindical, obviamente a ningún inversionista le pareció atractiva esta oferta. Operativamente esta fragmentación provocó ineficiencias y en más de un caso la duplicación de costos y problemas con los precios de transferencia, ya que cada complejo, al ser una sociedad anónima independiente de las demás buscaba su propio beneficio y no el bien común de la industria petroquímica. Además en algunos casos las filiales de PPQ decidían cerrar plantas sin importarles el daño que causarían a las empresas privadas que utilizaban las materias primas que ellas producían; tal fue el caso de Resistol, empresa que producía fenol a partir del cumeno suministrado por PEMEX, cuando la filial de PPQ decidió cerrar su planta de cumeno, Resistol se vio en la necesidad de importar la materia prima lo cual resultó ser poco rentable y como consecuencia poco tiempo después tuvieron que cerrar la planta. En 2006 se disolvieron estas sociedades anónimas y PPQ opera hoy en día como un conjunto, pero aún no se han superado los obstáculos generados a partir de esta fragmentación.

Materias Primas Iniciales de la Petroquímica

Las materias primas utilizadas en la producción de productos petroquímicos son el gas natural y el petróleo crudo. La industria petroquímica se basa principalmente en tres tipos de productos intermediarios derivados de las materias primas antes mencionadas: las olefinas (C₂-C₄), los hidrocarburos aromáticos (C₆-C₈) y el gas de síntesis (mezcla de H₂/CO).

²⁴ Chávez Hoyos, Marina, Petróleo y Petroquímica, México, Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, 1997, 54p.

Gas Natural

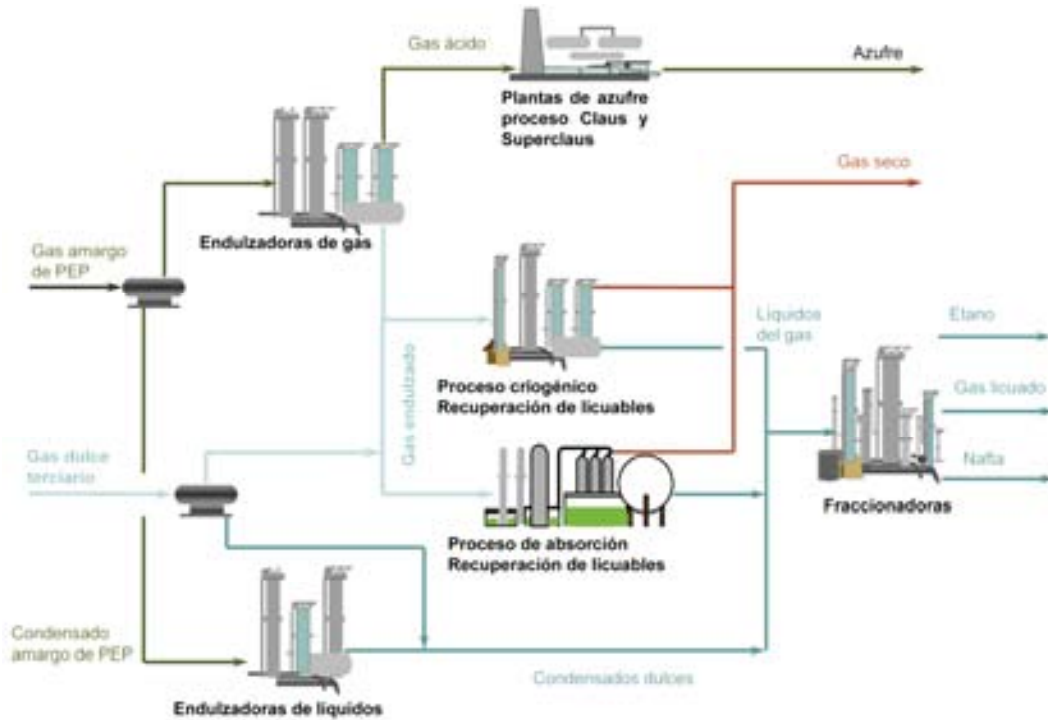
En plantas ubicadas en las cercanías de los pozos de extracción se separa el crudo líquido del gas, mejor conocido como gas natural; posteriormente el crudo es enviado a las refinerías y el gas natural es sometido a diversos procesos. En primer lugar, el gas natural es enviado a las plantas endulzadoras en donde se separan los gases ácidos que éste contiene; el gas dulce obtenido es separado en tres corrientes distintas: metano, etano y parafinas más pesadas (licuables). Para lograr esta separación el gas dulce es enviado a las plantas criogénicas donde se obtienen dos corrientes, la primera de metano seco (gas natural comercial) que se utilizará como materia prima de la petroquímica (producción de amoníaco y metanol), o bien como combustible para el sector industrial y/o doméstico; la segunda corriente se denomina líquidos del gas natural, los cuales son enviados a las plantas fraccionadoras en donde se separa el etano, que será utilizado como materia prima de las plantas de etileno, de los otros hidrocarburos licuables (propano y butano) utilizados como combustible doméstico y alrededor del 20% como gasolina natural.

La composición del gas natural varía mucho de un yacimiento a otro, sin embargo el metano siempre es el componente principal, constituyendo alrededor del 75% del volumen total del gas natural; el 25% restante está constituido, en proporciones muy diversas por etano, propano, butano, pentano, nitrógeno, anhídrido carbónico, ácido sulfhídrico, helio y trazas de otros gases inertes. Del gas natural en México, se obtienen dos de los hidrocarburos más importantes de la petroquímica que actuarán como cabeza de grupos petroquímicos, el metano y el etano. En países en los que no se cuenta con una fuente importante de gas natural o el disponible tiene un pobre contenido de etano y parafinas licuables, todos los hidrocarburos olefinicos se obtienen a partir de la desintegración de naftas, presentando un rendimiento mucho menor en comparación al obtenido en la desintegración térmica (*cracking*) del etano.

A continuación se presentan los procesos²⁵ involucrados en la obtención de los productos antes mencionados a partir del gas natural:

²⁵ Procesos obtenidos de la página *web* PEMEX GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA: www.gas.pemex.com

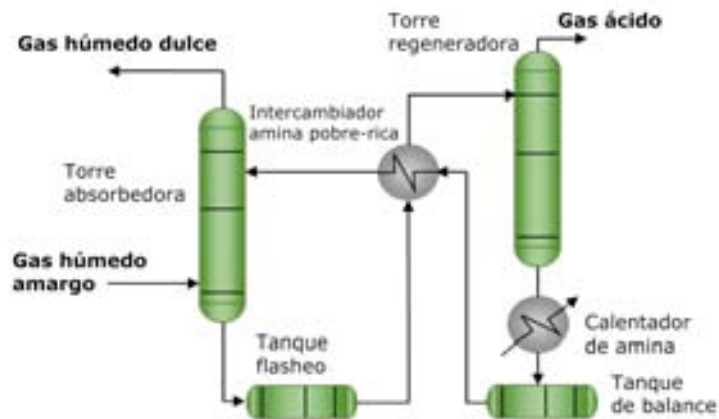
Figura 2 Procesos Industriales de un Complejo de Procesamiento de Gas



Fuente: www.gas.pemex.com (PEMEX Gas y Petroquímica Básica)

1. Endulzamiento de Gas

Figura 3 Proceso de Endulzamiento del Gas Natural



Fuente: www.gas.pemex.com (PEMEX Gas y Petroquímica Básica)

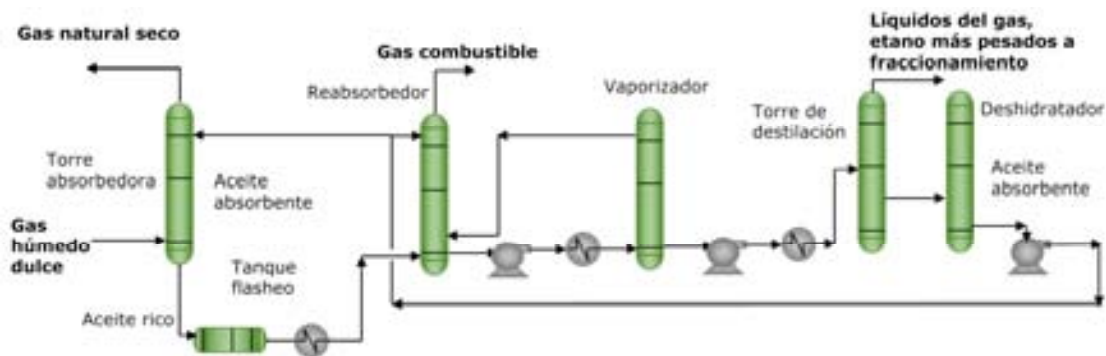
El proceso de endulzamiento de gas consiste en remover los contaminantes, H_2S (ácido sulfhídrico) y CO_2 (bióxido de carbono), del gas húmedo amargo recibido de los pozos productores. Este proceso consiste en la absorción selectiva de los contaminantes mediante una solución acuosa a base de una formulación de amina, la cual circula en un circuito cerrado donde es regenerada para su continua utilización.

2. Endulzamiento de Líquidos

El proceso de endulzamiento de condensado amargo consiste en remover los contaminantes, H_2S (ácido sulfhídrico) y CO_2 (bióxido de carbono), de una corriente líquida de condensado amargo recibida de los pozos productores. El proceso es similar al de endulzamiento de gas con la diferencia de que se introduce al proceso una corriente líquida y no gaseosa. El condensado sin contaminantes se denomina condensado dulce, el cual es el producto principal que sirve para la carga de las fraccionadoras. Adicionalmente, se obtiene una corriente compuesta por el H_2S y el CO_2 conocida como gas ácido, subproducto utilizado en la obtención de azufre.

3. Absorción

Figura 4 Proceso de Absorción del Gas Natural

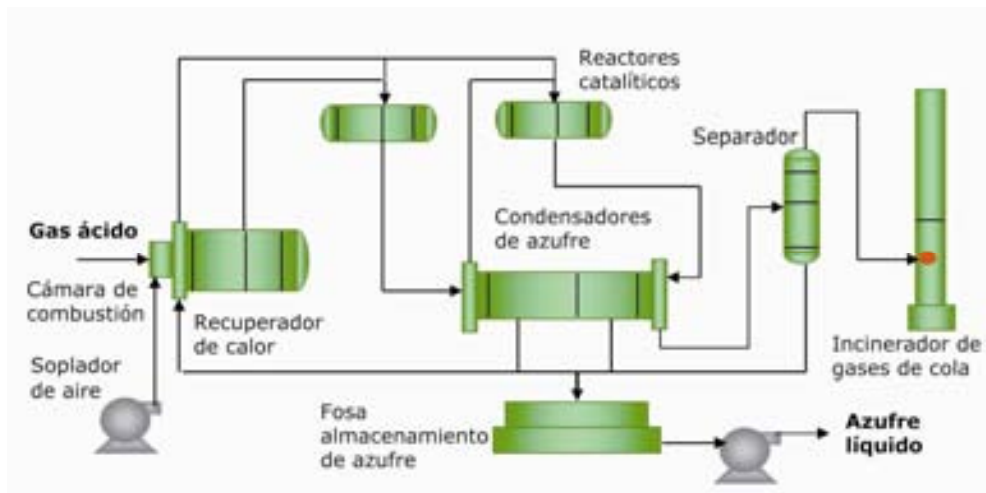


Fuente: www.gas.pemex.com (PEMEX Gas y Petroquímica Básica)

La absorción de licuables se realiza en trenes absorbedores utilizando un aceite absorbente de elevado peso molecular, el cual después de la sección de absorción donde se obtiene el gas natural seco, pasa a un reabsorbedor donde se produce gas combustible por la parte superior y el aceite con los líquidos absorbidos por la parte inferior. Posteriormente esta última corriente pasa a una sección de vaporización y finalmente a la sección de destilación donde se separan los hidrocarburos, obteniéndose al final una corriente de etano e hidrocarburos pesados, similar a la obtenida en las plantas criogénicas, la cual pasa a las plantas fraccionadoras. Por el fondo de la torre de destilación se obtiene el aceite absorbente pobre, que pasa a un proceso de deshidratación para regresar nuevamente a la torre absorbidora y reabsorbedora.

4. Recuperación de Azufre

Figura 5 Proceso de Recuperación de Azufre

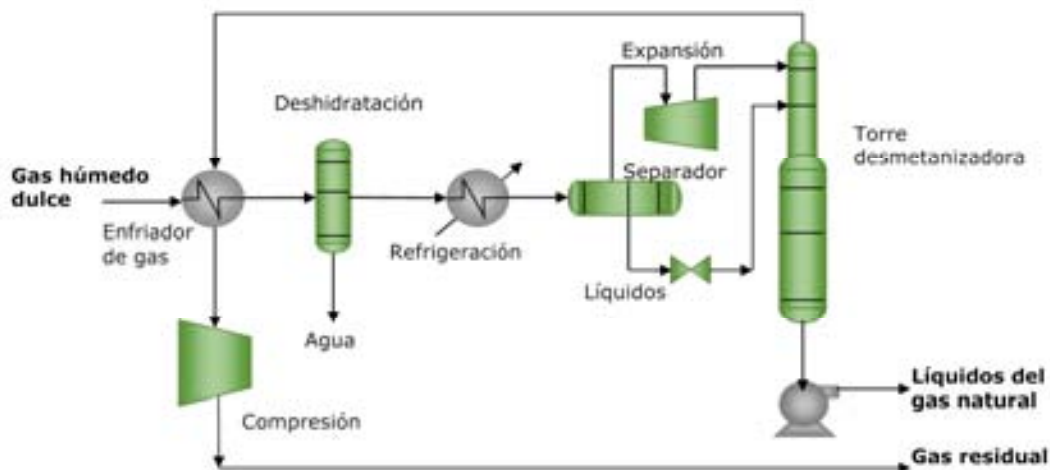


Fuente: www.gas.pemex.com (PEMEX Gas y Petroquímica Básica)

El gas ácido ($H_2S + CO_2$), proveniente del proceso de endulzamiento (tanto de gas como de líquido), pasa por un reactor térmico (cámara de combustión) y posteriormente a dos reactores catalíticos, donde finalmente se consigue la conversión de ácido sulfhídrico a azufre elemental. El azufre elemental se almacena, transporta y entrega en estado líquido.

5. Criogénico

Figura 6 Proceso Criogénico



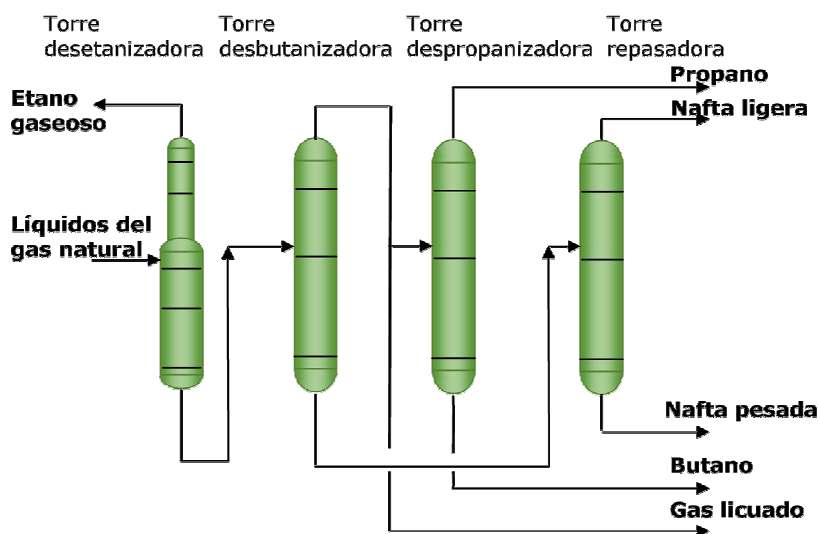
Fuente: www.gas.pemex.com (PEMEX Gas y Petroquímica Básica)

El proceso criogénico recibe gas dulce húmedo de las plantas endulzadoras de gas y en algunos casos directamente de los campos productores, el cual entra a una sección de deshidratación donde se remueve el agua casi en su totalidad; posteriormente es enfriado por corrientes frías del proceso y por un sistema de refrigeración mecánica externo. Mediante el enfriamiento y la alta presión del gas es posible la condensación de los hidrocarburos pesados (etano, propano, butano, etc.), los cuales son separados y enviados a rectificación en la torre

desmetanizadora. El gas obtenido en la separación pasa a un turboexpansor, donde se provoca un diferencial de presión (expansión) súbito, enfriando aún más esta corriente, la cual se alimenta a la parte superior de la torre desmetanizadora. El producto principal de esta planta es el gas residual (gas natural, básicamente metano, listo para su comercialización). No menos importante es el producto denominado líquidos del gas natural, el cual es una corriente en estado líquido constituida por hidrocarburos licuables, que se utiliza como materia prima de las plantas fraccionadoras.

6. Fraccionamiento

Figura 7 Proceso de Fraccionamiento de los Líquidos del Gas Natural



Fuente: www.gas.pemex.com (PEMEX Gas y Petroquímica Básica)

El proceso de fraccionamiento recibe líquidos de los siguientes procesos: criogénico, endulzamiento de líquidos y absorción. Consiste en varias etapas de separación que se llevan a cabo a través de la destilación. En la primera columna se separa el etano, en la segunda el gas licuado (propano y butano); en caso de ser necesario, en la tercera columna (despropanizadora) se puede separar el propano y el butano y finalmente en la cuarta columna se obtiene la nafta pesada y la nafta ligera.

Petróleo Crudo

El petróleo es un líquido inflamable cuyo color varía desde distintas tonalidades del color café hasta el color negro. El petróleo se encuentra principalmente en yacimientos asociados con rocas sedimentarias debajo de la superficie terrestre. A pesar de que no se ha establecido oficialmente cómo se originó el petróleo, la idea más aceptada hoy en día es que se produjo a partir de la exposición a altas temperaturas y presiones de los restos de animales y plantas depositados en capas inferiores de la corteza terrestre. El petróleo está constituido principalmente por hidrocarburos, mezclados con cantidades variables de azufre, nitrógeno, oxígeno y otros compuestos como son trazas de metales en forma de sales inorgánicas.

El petróleo no puede ser utilizado directamente como combustible o como materia prima para la producción de productos químicos, hecho derivado de su compleja composición y de las impurezas que lo acompañan. El objetivo de la refinación del petróleo es el de separarlo en fracciones más simples que puedan ser utilizadas como combustibles, lubricantes o materias primas para la industria petroquímica.

Existen diferencias importantes en la composición de los crudos de diferentes regiones del planeta. Se puede utilizar un criterio simple para agruparlos de acuerdo a sus características; este criterio es la composición de los hidrocarburos predominantes, de esta forma se pueden clasificar en tres grupos:²⁶

- Parafínicos: la cantidad de hidrocarburos parafínicos es alta en comparación con los hidrocarburos aromáticos y los hidrocarburos nafténicos (cicloparafínicos).
- Nafténicos: la cantidad de hidrocarburos nafténicos y aromáticos es mayor a la encontrada en los crudos parafínicos.
- Asfálticos: gran cantidad de hidrocarburos aromáticos polinucleares, alto contenido de asfaltenos y menor cantidad de parafinas en comparación con los crudos parafínicos.

Hidrocarburos Intermediarios

El gas natural y el petróleo crudo son las principales fuentes de obtención de los hidrocarburos intermediarios o las materias primas secundarias para la producción de productos petroquímicos. Del gas natural se recuperan el etano y los licuables del gas para la producción de olefinas y diolefinas; además algunos químicos importantes como el metanol y el amoníaco se producen a partir del metano obtenido del gas natural. Por otra parte, del petróleo se utilizan algunos gases de refinación provenientes de diferentes procesos de la refinación para la producción de olefinas y gases licuables; utilizando procesos de *cracking* y reformado, algunos destilados y residuos del crudo son precursores de olefinas y aromáticos

Parafinas

Los hidrocarburos parafínicos utilizados en la producción de petroquímicos incluyen desde el hidrocarburo más sencillo, el metano, hasta gases y mezclas líquidas de hidrocarburos más pesados presentes en algunas fracciones y residuos del crudo. Las parafinas son relativamente inactivas comparadas con las olefinas, diolefinas y los aromáticos; se pueden obtener pocos productos de la reacción directa de las parafinas con algún reactivo. Sin embargo, a través de estos compuestos y de un proceso de *cracking* es posible obtener olefinas. Por otra parte, las parafinas C₆-C₉ y las cicloparafinas son de gran importancia en la producción de aromáticos a través del proceso de reformado.

²⁶ Domínguez Esquivel, José Manuel, La Transformación del Petróleo, México, Instituto Mexicano del Petróleo: Litoral, 2005, 48 p.

El metano (CH_4) es el primer miembro de la familia de los alcanos y es el componente principal del gas natural. Es un gas incoloro, inodoro más ligero que el aire; como compuesto químico es poco reactivo, no reacciona con ácidos ni con bases en condiciones normales, pero reacciona con oxígeno y cloro bajo ciertas condiciones específicas. Puede oxidarse parcialmente con una cantidad limitada de oxígeno para formar una mezcla de monóxido de carbono/hidrógeno conocida como gas de síntesis, a partir de la cual se obtienen el metanol y el amoníaco. Se utiliza principalmente como combustible teniendo un poder calorífico aproximado de 1,000 BTU/ft³.

El etano ($\text{CH}_3\text{-CH}_3$) es uno de los hidrocarburos parafínicos más importantes en la producción de olefinas, sobre todo en la producción de etileno. Es el segundo miembro de los alcanos y se recupera principalmente de los líquidos del gas natural. Al igual que el metano, es un gas incoloro e insoluble en agua. No reacciona con ácidos ni con bases, y no es demasiado reactivo frente a muchos reactivos. La combustión del etano en exceso de aire arroja un poder calorífico aproximado de 1,800 BTU/ft³, casi el doble que el producido por el metano. Como el etano se encuentra en el gas natural, muchas veces se quema junto con el metano como gas combustible. La relación del etano con la petroquímica se deriva del *cracking* de éste para la obtención de etileno. En E.U.A., la mayoría del etano disponible se utiliza en la producción de etileno, situación que contrasta con Europa Occidental en donde solamente el 5% del etano disponible se utiliza para la producción de etileno.

El propano ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$) es una parafina más reactiva que el metano y el etano. Esto se debe a la presencia de dos hidrógenos secundarios que pueden ser sustituidos fácilmente. Se obtiene a partir de los líquidos del gas natural o de algunas corrientes gaseosas de las refinerías. El gas licuado es una mezcla de propano y butano que se utiliza principalmente como combustible pero también se utiliza como materia prima en la producción de olefinas. El poder calorífico del propano es de 2,300 BTU/ft³ aproximadamente. En estado líquido, el propano es un solvente selectivo de hidrocarburos utilizado para separar los hidrocarburos parafínicos de los compuestos asfálticos; también se utiliza como refrigerante en la licuefacción del gas natural y en la recuperación de hidrocarburos condensables del gas natural. Son pocos los productos químicos obtenidos directamente del propano, pero como se mencionó se utiliza como materia prima para la producción de olefinas. A pesar de que existe un proceso de deshidrogenación del propano para la obtención de propileno, históricamente éste último se ha obtenido como un subproducto en la producción de etileno a través del proceso de *cracking* con vapor.

Al igual que el propano, los butanos (C_4H_{10}) se obtienen de los líquidos del gas natural y de algunas corrientes provenientes de las refinerías. Existen dos isómeros: el n-butano y el isobutano con propiedades tanto físicas como químicas muy diferentes. Se utilizan principalmente como gas combustible en la mezcla de gases licuados. Al igual que el etano y el

propano, el uso químico más importante del butano es como materia prima de los *crackers* de vapor para la producción de olefinas. La deshidrogenación del n-butano, para obtener butenos y butadienos, es una ruta importante para la elaboración de hule sintético. El n-butano también es la materia prima en la producción del ácido acético y del anhídrido maléico. Debido a su mayor reactividad, el isobutano se utiliza como un agente alquilador de olefinas ligeras para la producción de alquilatos (mezcla de hidrocarburos ramificados con alto octanaje). Mediante la deshidrogenación del isobutano se obtiene el isobuteno, que se utiliza en la síntesis del metil terbutil éter (MTBE), sustituto del tetraetilo de plomo como antidetonante en las gasolinas.

Olefinas

Las olefinas más importantes utilizadas en la producción de productos petroquímicos son el etileno, el propileno, los butilenos y el isopreno. Se producen simultáneamente mediante el *cracking* con vapor del etano, del gas licuado, de algunas fracciones líquidas y residuos del petróleo. Se caracterizan por una mayor reactividad en comparación con las parafinas; reaccionan fácilmente con reactivos como el agua, el oxígeno, el cloro y el ácido clorhídrico para obtener productos químicos de importante valor comercial; además se producen importantes polímeros como el polietileno y el polipropileno a partir de estas olefinas.

El etileno ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$) es el primer miembro de los alquenos, es un gas incoloro con olor dulce, ligeramente soluble en agua y en alcohol. Es un compuesto muy reactivo que reacciona mediante el mecanismo de adición con distintos reactivos; por ejemplo, reacciona con el agua para formar alcohol etílico; el dicloroetano se sintetiza a partir del etileno y el cloro, de éste se obtiene el cloruro de vinilo, importante precursor de los plásticos; la alquilación del benceno con el etileno da como resultado el etilbenceno, que se deshidrogena para obtener estireno, un monómero utilizado en la producción de diversos polímeros y copolímeros comerciales. El etileno también puede ser polimerizado para obtener diferentes grados de polietilenos o puede ser copolimerizado con otras olefinas. Mediante la oxidación catalítica del etileno se produce el óxido de etileno, que posteriormente se hidroliza para producir etilenglicol, monómero utilizado en la elaboración de fibras sintéticas. El etileno está presente en los gases provenientes de las refinerías, particularmente en los que se producen en los *crackers* catalíticos. Sin embargo, la principal fuente de obtención de etileno son los *crackers* de vapor de hidrocarburos.²⁷

Como el etileno, el propileno ($\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$) es un alqueno reactivo que se puede obtener a partir de las corrientes gaseosas de las refinerías, en particular aquellas provenientes de procesos de *cracking*, pero su principal fuente de obtención son los *crackers* de vapor de hidrocarburos en los cuales se coproduce con el etileno. No existe ningún proceso especial para la producción del propileno a excepción de la deshidrogenación del propano el cual es un proceso poco rentable. El propileno puede ser polimerizado solo o copolimerizado con otros

²⁷ Matar, Sami y Hatch Lewis Frederic, Chemistry of Petrochemical Processes, 2ª Edición, E.U.A., Editorial Gulf, 2001, 392 p.

monómeros como el etileno. El isopropanol, el acrilonitrilo y el glicerol son sólo algunos de los derivados más importantes del propileno.

Los butilenos o butenos (C_4H_8) son subproductos de los procesos de *cracking* de las refinerías y de los *crackers* de vapor en la producción de etileno. La deshidrogenación de los butanos es una fuente secundaria para la obtención de estos productos, sin embargo este método ha cobrado importancia recientemente porque la demanda del isobutileno (un isómero de los butilenos) para la producción de alquilatos, se ha incrementado considerablemente. Existen cuatro isómeros de los butilenos: tres de ellos lineales (butenos “normales”) y uno ramificado (isobuteno).

Dienos

Son compuestos alifáticos que tienen dos dobles ligaduras. Cuando éstas están separadas solamente por una ligadura sencilla se conocen como dienos conjugados o diolefinas conjugadas; las diolefinas no conjugadas tienen las dobles ligaduras separadas por más de una ligadura sencilla, esta clase de dienos carecen de importancia industrial o comercial. Una diferencia importante entre los dienos conjugados y los no conjugados, es la capacidad de los primeros para reaccionar con reactivos como el cloro y obtener productos de adición 1,2 y 1,4. En la polimerización de dienos se utilizan catalizadores de coordinación para que de la reacción se obtengan polímeros de adición 1,4.

El butadieno es el monómero más importante en la producción de hule sintético. Puede polimerizarse para producir polibutadieno o copolimerizarse con el estireno para obtener el hule estireno-butadieno. Otros derivados de este dieno son la hexametildiamina y el ácido adípico, monómeros utilizados en la producción de nylon; el cloropreno es otro derivado del butadieno que se utiliza en la síntesis del neopreno. La importancia del butadieno sobre otros dienos conjugados recae en su alta reactividad y su bajo costo de producción. El butadieno se obtiene principalmente como un subproducto, junto con otras olefinas ligeras de los *crackers* de vapor de etileno. Otras fuentes de obtención del butadieno son la deshidrogenación catalítica de los butanos y butenos y la deshidratación del 1,4 butandiol. El butadieno es un gas incoloro con un ligero olor aromático.

El isopreno (2-metil-1,3-butadieno) es un líquido incoloro, soluble en alcohol pero no en agua. Es el segundo dieno más importante en la producción de hule sintético. Se obtiene principalmente de la deshidrogenación de las olefinas C_5 obtenidas de la extracción de una fracción de C_5 proveniente de los *crackers* catalíticos; también se puede sintetizar por otras rutas utilizando reactivos químicos como isobuteno, formaldehído y propeno. El uso principal del isopreno es la producción de poliisopreno, pero también se utiliza como comonómero con el isobuteno para producir hule butílico.

Hidrocarburos Aromáticos

El benceno, el tolueno, los xilenos (BTX) y el etilbenceno son los hidrocarburos aromáticos con mayor uso en la industria petroquímica. Son precursores de una gran variedad de químicos y polímeros como el fenol, el trinitrotolueno (TNT), los diferentes tipos de nylon y algunos plásticos. Se caracterizan por tener una estructura estable tipo anillo derivada de la sobreposición de los orbitales π (resonancia). No reaccionan fácilmente con reactivos como halógenos y ácidos tal como lo hacen los alquenos, sin embargo son susceptibles a reacciones de sustitución electrofílica en presencia de un catalizador. Los hidrocarburos aromáticos son por lo general no polares, no son solubles en agua pero se disuelven en solventes orgánicos como el hexano, el éter dietílico y el tetracloruro de carbono.

La mezcla BTX y el etilbenceno se obtienen principalmente de la reformación catalítica de las naftas pesadas. El producto de la reformación es rico en hidrocarburos aromáticos C_6 , C_7 y C_8 que pueden ser extraídos mediante el uso de solventes como el etilenglicol. El benceno y el tolueno se recuperan por separado, a la vez que el etilbenceno y los xilenos se obtienen como una mezcla de C_8 ; debido a la cercanía de los puntos de ebullición de los aromáticos C_8 , no es posible llevar a cabo la separación de éstos utilizando la destilación fraccional, en su lugar se utiliza una técnica de destilación superfraccional para separar el etilbenceno de la mezcla de xilenos.

El benceno (C_6H_6) es el hidrocarburo aromático más simple y sin duda alguna el de mayor grado de utilización.²⁸ Se obtiene principalmente de la reformación catalítica de naftas pero es posible obtenerlo a través de la pirólisis de gasolinas. El benceno tiene una estructura única debido a la presencia de seis electrones π deslocalizados que rodean a los seis átomos de carbono del anillo hexagonal. Estos electrones deslocalizados son los responsables de las propiedades especiales de los hidrocarburos aromáticos; tienen las propiedades de los compuestos de ligadura sencilla como los hidrocarburos parafínicos y también las propiedades de los compuestos de dobles ligaduras como las olefinas, así como muchas otras propiedades inherentes a este tipo de hidrocarburos. Al igual que las parafinas, los aromáticos reaccionan por sustitución utilizando un mecanismo de reacción diferente y bajo condiciones más moderadas; solamente bajo condiciones muy severas reaccionan por adición. La monosustitución puede ocurrir en cualquiera de los seis carbonos equivalentes del anillo. Los bencenos monosustituídos más importantes son el tolueno (metilbenceno), el fenol (hidroxibenceno) y la anilina (aminobenceno). Cuando se sustituyen dos hidrógenos del anillo por el mismo reactivo, se pueden formar tres isómeros diferentes; los prefijos orto, meta y para se utilizan para indicar la localización de las sustituciones en las posiciones 1,2, 1,3 o 1,4. El benceno es un intermediario químico muy importante, precursor de muchos químicos y

²⁸ Montañó Aubert, Eduardo, *op. cit. supra*, nota 17.

polímeros de valor comercial como el fenol, el estireno y la caprolactama utilizada en la producción de nylon 6.

El etilbenceno es uno de los componentes de las naftas reformadas y de las gasolinas de pirólisis. Se puede obtener a partir del fraccionamiento intensivo de la mezcla de aromáticos, sin embargo solamente se puede producir una pequeña cantidad que no cubre la demanda de este producto. La mayoría del etilbenceno se obtiene mediante la alquilación del benceno con etileno. Casi en su totalidad, el etilbenceno se utiliza en la producción de estireno.

Los metilbencenos se encuentran en pequeñas cantidades en las naftas y fracciones más pesadas del petróleo. Los metilbencenos de importancia comercial son el tolueno, el orto-xileno y el para-xileno. Al igual que los demás hidrocarburos aromáticos, la principal fuente de obtención de éstos son los reformados de las unidades de reformación catalítica, así como las gasolinas de pirólisis. Es importante mencionar que solamente una pequeña cantidad del tolueno y los xilenos disponibles es separado y utilizado para producir productos petroquímicos. El tolueno y los xilenos tienen características similares a las del benceno, pero éstas son modificadas por la presencia del grupo metilo; a pesar de que esta modificación activa el anillo, el tolueno y los xilenos tienen un menor número de derivados en comparación con el benceno. Esto se hace evidente al descubrir que el uso principal del tolueno es convertirlo en benceno. El para-xileno se utiliza principalmente en la producción del ácido tereftálico para la elaboración de poliéster, y el orto-xileno se utiliza en la obtención de anhídrido ftálico para producir plastificantes.

Fracciones Líquidas del Petróleo y Residuos

Las fracciones líquidas del petróleo son las naftas ligeras, las naftas pesadas, el keroseno y el gasóleo. A partir de estas fracciones es posible obtener algunos intermediarios de la industria petroquímica. De las naftas pesadas es posible obtener hidrocarburos aromáticos mediante la reformación catalítica y olefinas a partir de las unidades de *cracking* con vapor; el gasóleo es una fuente para la obtención de olefinas a través de procesos de *cracking* y de pirólisis.

Nafta es un término genérico utilizado en la industria de la refinación del petróleo para nombrar a la fracción líquida del destilado obtenido en las unidades de destilación atmosférica. El rango del punto de ebullición de las conocidas naftas ligeras va de los 35 a los 90 °C, para las naftas pesadas este rango comienza en los 80 °C y termina en los 200 °C. Las naftas también se pueden obtener de otras unidades de proceso de las refinerías como lo son los *crackers* catalíticos. La composición de las naftas depende tanto del tipo de crudo utilizado como de la unidad de proceso de la que provienen; las naftas provenientes de la destilación atmosférica se caracterizan por la ausencia de compuestos olefínicos, están compuestas principalmente por parafinas lineales y ramificadas, cicloparafinas e hidrocarburos aromáticos. Por otra parte,

las naftas obtenidas de los *crackers* catalíticos contienen olefinas, una mayor cantidad de aromáticos y parafinas ramificadas. La nafta se utiliza principalmente en la producción de gasolina; la nafta ligera generalmente se mezcla con gasolina reformada para incrementar su volatilidad y reducir el contenido de aromáticos de la misma; como la nafta pesada tiene un octanaje relativamente alto, se alimenta a las unidades de reformación catalítica, en las cuales se obtiene un reformado con alto octanaje rico en aromáticos y parafinas ramificadas. Este reformado es la fuente principal para la obtención de los hidrocarburos aromáticos utilizados en la industria petroquímica. La nafta también es utilizada como materia prima de los *crackers* de vapor para la producción de olefinas. Esta ruta para obtener olefinas es de gran importancia en regiones como Europa, en donde el gas natural disponible tiene un bajo contenido de etano.

El keroseno, fracción más pesada que la nafta, se obtiene principalmente de la destilación de crudo a presiones atmosféricas. También se obtiene a partir del *cracking* térmico y catalítico. Los kerosenos provenientes de las unidades de *cracking* son por lo general menos estables que aquellos producidos en la destilación atmosférica debido a la presencia de compuestos olefínicos. Los kerosenos con un alto contenido de parafinas normales se utilizan para la extracción de las n-parafinas C₁₂-C₁₄, utilizadas en la producción de detergentes biodegradables. Antes de la era de la electricidad, el keroseno se utilizaba en las lámparas de combustible; actualmente se utiliza principalmente como combustible para *jets*.

El gasóleo es una fracción del petróleo más pesada que el keroseno. Se obtiene a partir de la destilación atmosférica del crudo, de la destilación al vacío y de algunos *crackers*. El uso principal del gasóleo es como combustible de motores diesel; otro uso importante de este producto es como materia prima de las unidades de *cracking* e *hidrocracking*, de las cuales se obtienen gases que se utilizan como materias primas para obtener olefinas ligeras y gas licuado; a su vez este gas licuado puede ser utilizado como combustible o como materia prima de los *crackers* de vapor para la producción de olefinas o como materia prima del proceso Cyclar para la producción de aromáticos.

Procesos Productivos de las Materias Primas Iniciales de la Petroquímica

Algunos de los hidrocarburos intermediarios utilizados como materias primas de la petroquímica, se producen a partir del procesamiento y refinación del crudo. En primer lugar, el crudo se somete a una destilación primaria en la cual la compleja mezcla es separada en fracciones más simples. Estas fracciones se utilizan principalmente como combustibles, sin embargo, un pequeño porcentaje de éstas se utiliza para la producción de olefinas, diolefinas y aromáticos para la industria petroquímica. A pesar de que es posible obtener olefinas a partir de algunas corrientes de *crackers* catalíticos y térmicos provenientes de las refinerías de crudo, la cantidad obtenida de estos procesos no satisface la demanda de los mismos; la mayor parte de las olefinas se producen mediante el *cracking* con vapor.

Destilación Atmosférica

Mediante la destilación atmosférica se separa la compleja mezcla de crudo en diferentes fracciones que se caracterizan por tener rangos de puntos de ebullición relativamente estrechos.

El proceso comienza con el precalentamiento de la corriente de alimentación mediante el intercambio de calor con las corrientes calientes de los productos obtenidos; posteriormente, esta corriente se calienta hasta alcanzar los 320 °C y se introduce a la torre fraccionadora, que por lo general contiene entre 30 y 50 platos. Se introduce vapor por la parte inferior de la columna para agotar los componentes más ligeros. La eficiencia de la separación depende de la cantidad de los platos teóricos de la columna y de la relación del reflujo utilizado.

Por la parte superior de la columna, se separan los gases no condensados de la nafta ligera condensada. A lo largo de la torre de destilación se extraen diversas corrientes que contienen las fracciones del crudo como la nafta pesada, el keroseno y el gasóleo. Los fondos que se obtienen de la destilación atmosférica pueden ser utilizados como combustible o bien utilizarse como corriente de alimentación de una torre de destilación al vacío o de un proceso de *cracking* catalítico o térmico.

Tabla 2 Rangos de Puntos de Ebullición de las Fracciones del Petróleo

| Fracción | °F | °C |
|---------------------|-----------|---------|
| Nafta Ligera | 85-210 | 30-99 |
| Nafta Pesada | 190-400 | 88-204 |
| Keroseno | 340-520 | 171-271 |
| Gasóleo Atmosférico | 540-820 | 288-438 |
| Gasóleo al Vacío | 750-1,050 | 399-566 |
| Residuo al Vacío | 1,000+ | 538+ |

Fuente: Matar, Sami y Hatch Lewis Frederic, Chemistry of Petrochemical Processes, 2ª Edición, E.U.A., Editorial Gulf, 2001, 392 p.

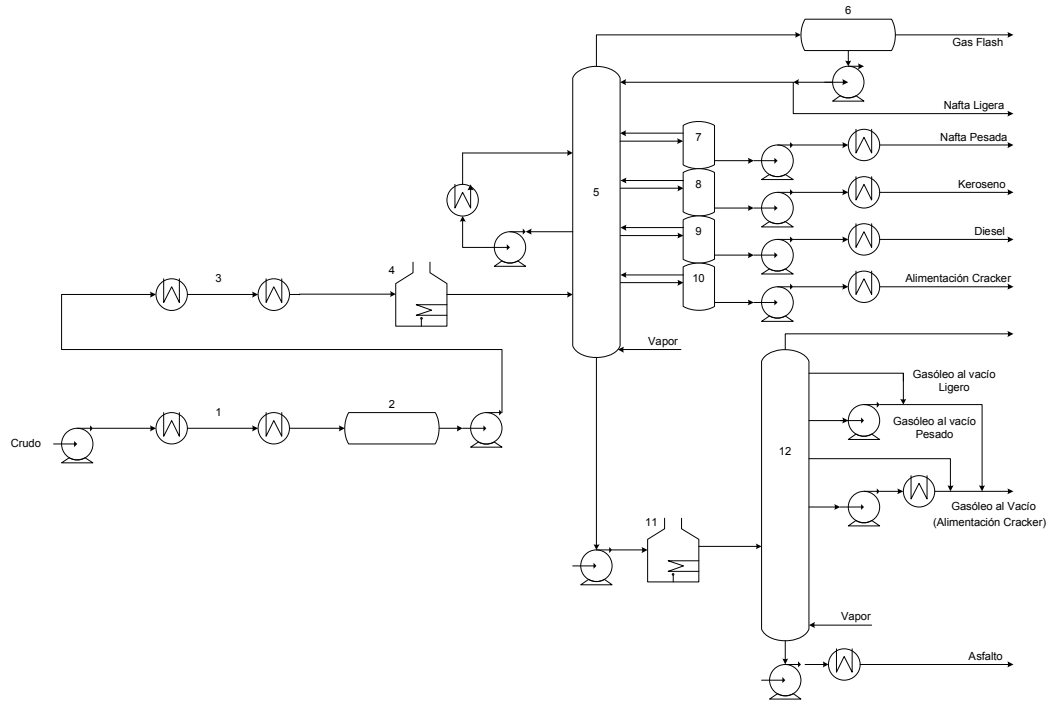
Destilación al Vacío

La destilación al vacío incrementa la cantidad de destilados intermedios y produce aceites lubricantes y asfalto. Se utilizan presiones reducidas para evitar la descomposición de los hidrocarburos de cadenas largas presentes en la alimentación.

La corriente de alimentación se precalienta con las corrientes de los productos, se calienta en un horno y se introduce a la torre de destilación al vacío en una atmósfera de vapor sobrecalentado. El uso de vapor sobrecalentado es de gran importancia ya que reduce la presión parcial de los hidrocarburos evitando así la formación de coque en los tubos del horno.

Esta destilación se lleva a cabo a una temperatura entre los 400-440 °C y a una presión absoluta de 25-40 mmHg. El diámetro de una torre de destilación al vacío es mayor en comparación con una torre de destilación atmosférica, ya que la relación vapor/alimentación es mucho mayor en este tipo de destilación. Los productos obtenidos de la destilación al vacío son el gasóleo al vacío, aceites lubricantes y asfalto.

Figura 8 Refinación del Petróleo



(1,3) Intercambiadores de calor, (2) desalinizador, (4) calentador de la columna atmosférica, (5) columna de destilación atmosférica, (6) condensador, (7-10) corrientes de salida de la columna atmosférica, (11) calentador de la torre de vacío, (12) torre de vacío.

Fuente: Matar, Sami y Hatch Lewis Frederic, Chemistry of Petrochemical Processes, 2ª Edición, E.U.A., Editorial Gulf, 2001, 392 p.

Reformación Catalítica

El objetivo principal de este proceso es el de mejorar el número de octano de las naftas. En general, los aromáticos y las parafinas ramificadas tienen un octanaje mayor al de las parafinas y las cicloparafinas. El número de octano de una mezcla de hidrocarburos es función del número de octano de los diferentes componentes y su relación en la mezcla. Para mejorar el octanaje de una mezcla, es necesario cambiar la estructura molecular de los componentes con un bajo octanaje. Algunas de las reacciones involucradas en este cambio son la deshidrogenación de los naftenos y la deshidrociclización de las parafinas. La reformación catalítica es un proceso clave en la obtención del benceno, tolueno y xilenos (BTX), intermediarios importantes para la producción de un gran número de productos químicos.

La fracción de nafta pesada obtenida en las unidades de destilación atmosférica, es la principal corriente utilizada como alimentación a los reformadores catalíticos. Sin embargo, antes de introducirse a este reformador debe ser tratada; los compuestos olefínicos deben ser eliminados ya que son precursores de coque, el cual desactiva el catalizador utilizado. Además se deben eliminar los compuestos de azufre y nitrógeno ya que la atmósfera reductora en la reformación catalítica promueve la formación de ácido sulfhídrico (H_2S) y amoníaco, que también provocan la desactivación del catalizador.

Para la reformación catalítica se utilizan catalizadores que proveen dos clases de sitios catalíticos, sitios de hidrogenación-deshidrogenación y sitios ácidos. El platino es utilizado para proveer los primeros a su vez que los compuestos de aluminio proveen los sitios ácidos.

Dentro del reformador catalítico se llevan a cabo muchas reacciones dentro de las cuales se encuentran las de aromatización, en las que se producen aromáticos, las de isomerización, en las que se producen parafinas ramificadas y otras como las de *hidrocracking* e hidrodeshidrogenación en las que no se involucra la formación de aromáticos. Las dos reacciones responsables del enriquecimiento de aromáticos de las naftas son la deshidrogenación de naftenos y la deshidrociclización de las parafinas; estas dos reacciones producen hidrógeno y se favorecen con una baja presión parcial del hidrógeno.

Los reformadores catalíticos por lo regular tienen una serie de reactores que contienen cantidades diferentes de catalizador. Este arreglo es importante ya que la deshidrogenación de los naftenos alcanza el equilibrio más rápidamente que las otras reacciones de la reformación. La deshidrociclización es una reacción mucho más lenta que llega al equilibrio a la salida del tercer reactor. El segundo y tercer reactor contienen una mayor cantidad de catalizador en comparación con el primero para promover las reacciones lentas y favorecer una mayor producción de aromáticos y parafinas ramificadas. Debido a que la deshidrogenación de naftenos y la deshidrociclización de parafinas son altamente endotérmicas, la temperatura a la salida del reactor es menor a la de alimentación; el efluente tanto del primer como del segundo reactor se calienta para compensar esta pérdida de calor.

Los reformadores catalíticos operan a una temperatura aproximada que se encuentra entre los 500-525 °C y a una presión de 100-300 psig. La regeneración del catalizador puede ser continua en aquellos procesos diseñados para permitir la remoción y el reemplazo del catalizador durante la operación; en otros procesos, se utiliza un reactor adicional (reactor swing).

El producto principal obtenido del proceso de reformación catalítica, el reformado, es en realidad una mezcla de aromáticos, parafinas y cicloparafinas que se encuentra en el rango de los C_6-C_8 . Esta mezcla tiene un alto octanaje debido al alto contenido de aromáticos y parafinas

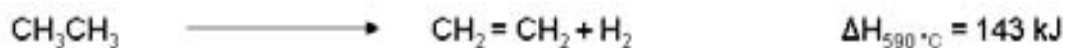
ramificadas. A través de la extracción de la mezcla utilizando un solvente, se obtiene un producto rico en aromáticos, que es procesado posteriormente para separar los componentes de la mezcla BTX.

Cracking con Vapor (Producción de Olefinas)

Las olefinas más importantes en la producción de petroquímicos son el etileno, el propileno, los butilenos y el butadieno. A pesar de que se pueden obtener a partir de las corrientes provenientes de los *crackers* térmicos y catalíticos, su principal fuente de obtención son los *crackers* de vapor de hidrocarburos.

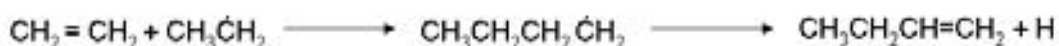
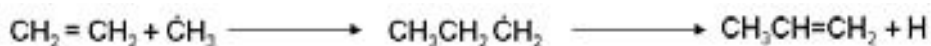
Existen diversas corrientes de alimentación de un cracker de vapor, desde hidrocarburos parafínicos ligeros hasta diversas fracciones del petróleo, inclusive es posible utilizar los residuos provenientes de la destilación del crudo. Las reacciones de *cracking* se basan principalmente en la ruptura de enlaces y requieren una cantidad considerable de energía para encaminar la reacción hacia la producción de olefinas.

La parafina más simple y una de las corrientes de alimentación más utilizada en la producción de etileno es el etano; el etano se obtiene a partir del procesamiento del gas natural. El *cracking* de etano es una reacción de deshidrogenación vía radicales libres en donde se coproduce hidrógeno:



Esta reacción es altamente endotérmica, por lo tanto se favorece con altas temperaturas y bajas presiones. Se utiliza vapor sobrecalentado para reducir la presión parcial de los hidrocarburos involucrados en la reacción y así reducir la producción de carbón que se obtiene en la pirólisis de los hidrocarburos a altas temperaturas. La presencia de vapor también reduce la posibilidad de que los hidrocarburos entren en contacto con las paredes del reactor; los depósitos de coque en las paredes del reactor reducen la transferencia de calor, el vapor reacciona con estos depósitos para obtener monóxido de carbono e hidrógeno.

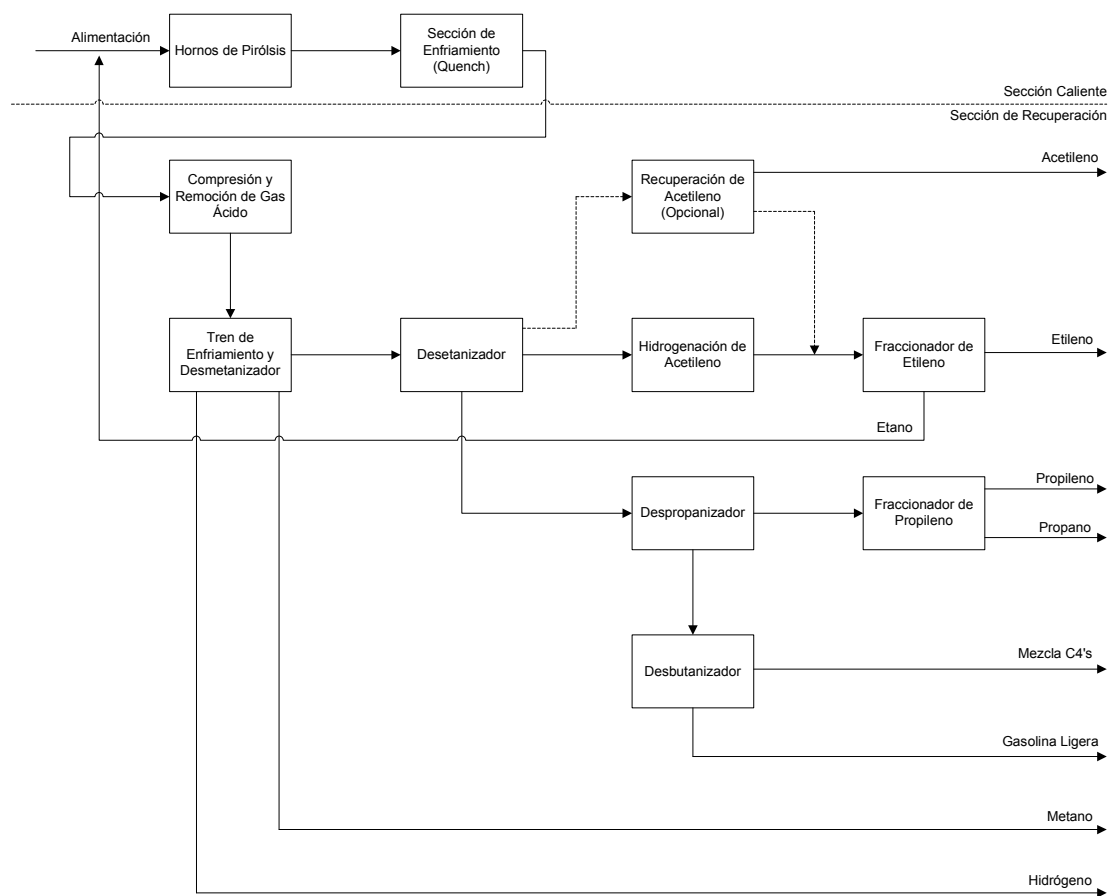
Muchas reacciones se llevan a cabo durante el *cracking* del etano, produciendo simultáneamente etileno, propileno y el butileno. Una probable secuencia de las reacciones que se efectúan en este proceso podría representarse de la siguiente manera:



Cuando se utilizan hidrocarburos líquidos como las naftas o el gasóleo para producir olefinas, muchas otras reacciones se llevan a cabo.

En el proceso de *cracking* con vapor, la alimentación fresca y el etano reciclado se craquean térmicamente en presencia de vapor en un banco de hornos de pirólisis. El gas efluente rico en olefinas pasa a la sección de enfriamiento (*quench*) en donde es enfriado progresivamente mediante la generación de vapor y el contacto directo con aceite y/o agua. Posteriormente el efluente se comprime en un compresor centrífugo de cuatro o cinco etapas, se remueven los gases ácidos con MEA o sosa cáustica y se seca esta corriente sobre un tamiz molecular. La recuperación de los productos se lleva a cabo bajo condiciones criogénicas en sistemas fraccionadores refrigerados. Los compuestos de acetileno se hidrogenan en presencia de un catalizador y se recuperan el metano y el hidrógeno en la torre desmetanizadora. El etileno y el propileno grado polímero se obtienen en torres súper-fraccionadoras que están integradas para reducir considerablemente el consumo de energía. Se coproducen en este proceso una mezcla de C4's y gasolina de pirólisis, productos que se recuperan en la torre desbutanizadora.

Figura 9 Proceso de *Cracking* con Vapor



Fuente: www.lummus.cbi.com

Las variables más importantes en la producción de olefinas son la temperatura del reactor, el tiempo de residencia y la relación vapor/hidrocarburos. Las características de la corriente de alimentación también deben ser consideradas ya que tienen una influencia importante en la severidad del proceso.

Las reacciones de *cracking* son altamente endotérmicas. El incremento de la temperatura favorece la formación de olefinas y aromáticos. Se seleccionan temperaturas óptimas para maximizar la producción de olefinas y minimizar la formación de depósitos de carbón. La temperatura del reactor depende de la corriente de alimentación utilizada. Por lo general, los hidrocarburos con mayor peso molecular se *crackean* a una menor temperatura. La temperatura de salida de un horno para *crackear* etano es de aproximadamente 800 °C, mientras que para un horno de naftas o gasóleo, la temperatura de salida se encuentra entre los 675-700 °C.

Las olefinas son el producto principal en el proceso de *cracking* con vapor. Los aromáticos e hidrocarburos más pesados se obtienen a partir de reacciones secundarias de las olefinas formadas. De acuerdo con lo anterior, se requieren tiempos de residencia cortos para obtener un alto rendimiento de olefinas. Cuando se utiliza etano o gases de hidrocarburos ligeros como materia prima, se utilizan tiempos de residencia más cortos, entre los 0.5-1.2 segundos, para maximizar la producción de olefinas y minimizar la formación de BTX e hidrocarburos líquidos. Los procesos que utilizan corrientes de alimentación líquidas con el doble propósito de producir olefinas y productos aromáticos (BTX), requieren de un mayor tiempo de residencia. Sin embargo, el tiempo de residencia depende de la temperatura utilizada.

Una alta relación vapor/hidrocarburos favorece la formación de olefinas. El vapor reduce la presión parcial de la mezcla de hidrocarburos e incrementa el rendimiento de olefinas. Las corrientes de alimentación de hidrocarburos pesados requieren más vapor en comparación con las corrientes gaseosas para reducir adicionalmente el depósito de coque en los tubos del horno. La relación vapor/hidrocarburos varía desde 0.2-1 para etano hasta 1-1.2 para corrientes líquidas.

Cuando se pasa del etano a fracciones más pesadas con relaciones H/C menores, el rendimiento hacia la producción de etileno disminuye y la producción de aromáticos y líquidos más pesados aumenta.

Tabla 3 Rendimientos del Cracking con Vapor Utilizando Diversas Materias Primas

| Rendimiento, % peso | Etano | Propano | Butano | Nafta | Gasoleo | LGN |
|----------------------------------|-------|---------|--------|-------|---------|-----|
| H ₂ + CH ₄ | 13 | 28 | 24 | 26 | 18 | 23 |
| Etileno | 80 | 45 | 37 | 30 | 25 | 50 |
| Propileno | 2.4 | 15 | 18 | 13 | 14 | 12 |
| Butadieno | 1.4 | 2 | 2 | 4.5 | 5 | 2.5 |
| Mezcla de Butenos | 1.6 | 1 | 6.4 | 8 | 6 | 3.5 |
| C ₅ ⁺ | 1.6 | 9 | 12.6 | 18.5 | 32 | 9 |

Fuente: Matar, Sami y Hatch Lewis Frederic, Chemistry of Petrochemical Processes, 2ª Edición, E.U.A., Editorial Gulf, 2001, 392 p.

La materia prima más utilizada en la producción de etileno es el etano. Sin embargo, también se utiliza propano, butano o la mezcla de éstos, en especial cuando se desea obtener como subproductos el propileno, el butadieno y los butenos. La principal ventaja de utilizar etano como materia prima es su alto rendimiento hacia la producción de etileno con un mínimo de subproductos. El *cracking* del propano es similar al del etano excepto por la menor temperatura del reactor; como se mencionó, se forman más subproductos por lo que la sección de separación es más compleja.

CAPÍTULO 3. LAS CADENAS PETROQUÍMICAS

Los productos petroquímicos se dividen en las siguientes cadenas productivas:²⁹

- Etileno
- Propileno
- Gas Natural
- Aromáticos
- Otros hidrocarburos

A continuación se presenta una descripción de cada una de las cadenas petroquímicas y los derivados que se obtienen de cada una de ellas.³⁰

Etileno

El etileno es conocido popularmente como el “rey de los petroquímicos” ya que es el precursor con mayor número de derivados; esta situación se debe a diversas propiedades inherentes de la molécula de etileno así como a factores técnicos y económicos. Algunos de estos factores son.³¹

- Estructura simple y de alta reactividad.
- Compuesto relativamente barato.
- Se produce fácilmente a partir de una fuente de hidrocarburos mediante el *cracking* con vapor, obteniendo altos rendimientos.
- Se generan menos subproductos en las reacciones que utilizan etileno como reactivo en comparación con el uso de otras olefinas.

El etileno reacciona mediante el mecanismo de adición ante muchos reactivos relativamente baratos como el agua, el cloro, el ácido clorhídrico y el oxígeno para producir químicos de alto valor comercial. La reacción puede ser iniciada por medio de radicales libres o con el uso de catalizadores de coordinación para producir polietileno, el polímero termoplástico con mayor producción en el mundo. También puede ser copolimerizado con otras olefinas para producir polímeros con propiedades especiales.

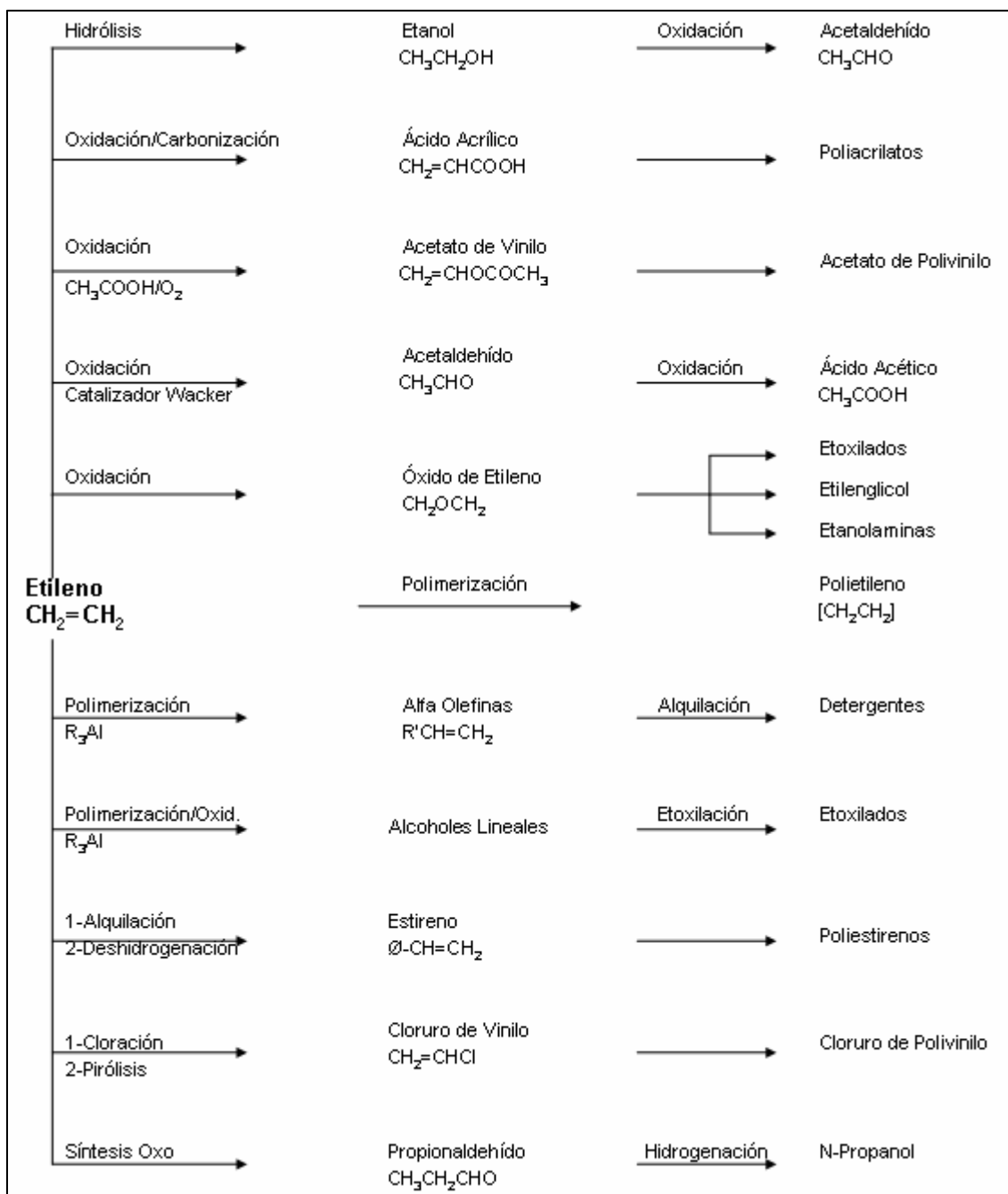
A continuación se presenta un diagrama de los químicos más importantes que se producen a partir del etileno.

²⁹ Idem.

³⁰ Todas las reacciones químicas y las características de las mismas se obtuvieron del libro: Matar, Sami y Hatch Lewis Frederic, *Chemistry of Petrochemical Processes*, 2ª Edición, E.U.A., Editorial Gulf, 2001, 392 p.

³¹ Matar, Sami y Hatch Lewis Frederic, *op. cit. supra*, nota 27

Figura 1 Productos Derivados del Etileno



Fuente: Matar, Sami y Hatch Lewis Frederic, *Chemistry of Petrochemical Processes*, 2ª Edición, E.U.A., Editorial Gulf, 2001, 392 p.

El etileno puede ser oxidado para producir una variedad de químicos de importancia comercial. Los productos obtenidos dependen tanto del catalizador utilizado como de las condiciones de reacción. El óxido de etileno es el producto más importante obtenido a través de la oxidación del etileno. El acetaldehído y el acetato de vinilo también pueden obtenerse por medio de esta vía bajo condiciones de reacción especiales.

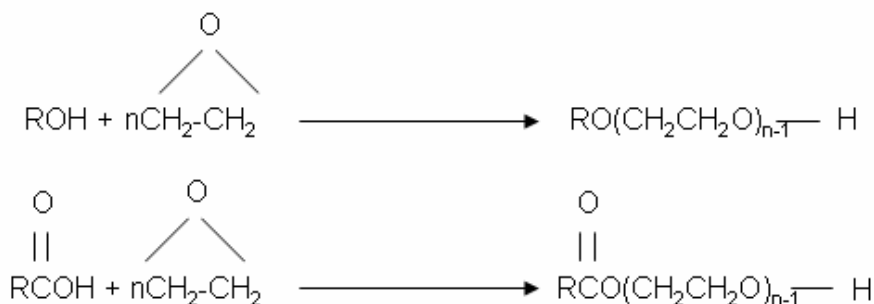
El óxido de etileno (CH_2OCH_2) es un gas incoloro que se licua cuando se enfría por debajo de los $12\text{ }^\circ\text{C}$. Es muy soluble en agua y en algunos solventes orgánicos. Este producto se utiliza en la producción de etilenglicoles, etanolaminas y etoxilados de alcoholes. Se obtiene a partir de la oxidación con aire del etileno sobre un catalizador de plata; la reacción es exotérmica por lo que el control de calor es importante. El óxido de etileno es un intermediario muy reactivo, reacciona con compuestos que tienen un hidrógeno lábil como el agua, los alcoholes, los ácidos orgánicos y las aminas.



El etilenglicol es un líquido incoloro muy soluble en agua. Se utiliza principalmente en la producción de resinas de polietileno tereftalato (PET), que se utilizan en la elaboración de fibras, películas y botellas; también se utiliza en la producción de anticongelantes. Se obtiene a partir de la hidratación del óxido de etileno en presencia de ácido sulfúrico diluido. Se obtienen tres productos de la reacción: monoetilenglicol (producto principal), dietilenglicol y trietilenglicol (subproductos). Se utiliza por lo general una relación de agua/óxido de etileno igual a 10 con la que se consigue un rendimiento del 90% de monoetilenglicol.

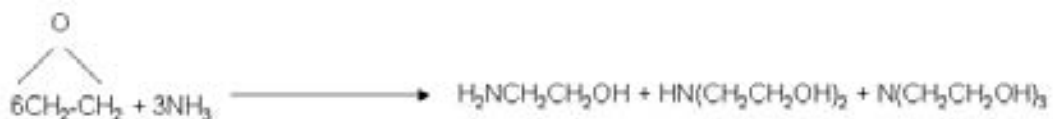


La reacción que ocurre entre el óxido de etileno y alcoholes grasos de largas cadenas o ácidos grasos se denomina como etoxilación. La etoxilación de alcoholes lineales C_{10} - C_{14} y de alquilfenoles lineales produce detergentes no iónicos. Similarmente, los ácidos grasos de C_{12} - C_{18} como el oleico, el palmítico y el esteárico se etoxilan con óxido de etileno para producir detergentes no iónicos y emulsificantes.

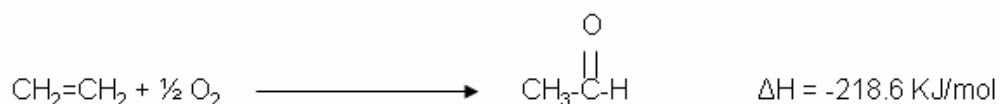


Una mezcla de mono, di y trietanolamina se obtiene a partir de la reacción entre el óxido de etileno y el amoníaco acuoso. La proporción de cada una de las aminas obtenidas depende principalmente de la relación óxido de etileno/amoniaco que se utilice; si esta relación es baja se incrementa el rendimiento de la monoetanolamina. Las etanolaminas son de gran

importancia en la absorción de los gases ácidos del gas natural; también se utilizan en la producción de surfactantes.



El acetaldehído es un líquido incoloro con olor picante. No tiene ningún uso directo, solamente es un intermediario para la síntesis de otros compuestos. Se puede oxidar para producir ácido acético y anhídrido acético; se utiliza como materia prima en la producción de 2-etilhexanol, utilizado en la obtención de plastificantes; también se utiliza en la producción del pentaeritritol que es un compuesto polihídrico utilizado en las resinas alquidales. Hay muchas vías para obtener acetaldehído, actualmente una de las más empleadas es a través de la oxidación del etileno con un catalizador homogéneo (catalizador Wacker), mediante esta reacción se obtiene un rendimiento de alrededor del 95% de acetaldehído. Algunos de los subproductos de este proceso son el ácido acético, el cloroetilo el cloroacetaldehído y el dióxido de carbono.



El ácido acético puede obtenerse de diversas fuentes; la carbonización del metanol es actualmente la ruta más utilizada; la oxidación de butanos y butenos también es una fuente importante para su obtención. Otra de las vías mediante la cual se produce el ácido acético es la oxidación catalizada del acetaldehído.



El acetato de vinilo es un líquido incoloro que se polimeriza fácilmente si no es estabilizado. Es un monómero importante en la producción del acetato de polivinilo, alcohol polivinílico y copolímeros a base de acetato de vinilo. Actualmente se produce mediante la oxidación catalítica del etileno con oxígeno y ácido acético junto con un catalizador de paladio. El proceso mediante el cual se obtiene es similar al utilizado en la oxidación del etileno para producir acetaldehído, de hecho la única diferencia entre ambos procesos es la presencia de ácido acético como reactivo y se obtiene acetaldehído como subproducto de la oxidación en cuestión.



A pesar de que la ruta principal para la producción del ácido acrílico es mediante la oxidación del propileno, es importante mencionar que también puede obtenerse a través de la carbonización oxidativa del etileno. En esta última vía la reacción entre el etileno, el monóxido de carbono y el oxígeno se lleva cabo en fase líquida sobre un catalizador de $\text{Pd}^{2+}/\text{Cu}^{2+}$, este

catalizador es similar al catalizador Wacker utilizado en la oxidación del etileno para producir acetaldehído.



La adición directa de cloro al etileno produce dicloruro de etileno (1,2 dicloroetano), materia prima principal del cloruro de vinilo, monómero de gran importancia en la producción de plásticos y resinas de cloruro de polivinilo. Otro uso relevante del dicloruro de etileno es en la formulación de soluciones de tetraetilo y tetrametilo de plomo que se utilizan como agentes desengrasantes y como intermediarios en la síntesis de muchos derivados del etileno.

El cloruro de vinilo es un gas soluble en alcohol pero poco soluble en agua. Es el monómero vinílico más importante en la industria de los polímeros. La producción de este producto vía etileno es un proceso de tres pasos; en el primero de ellos se adiciona cloro al etileno para producir bicloruro de etileno:



El segundo paso consiste en la deshidrocloración del cloruro de etileno para obtener cloruro de vinilo y ácido clorhídrico mediante una reacción de pirólisis.

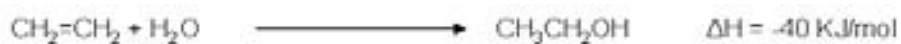


El tercer y último paso utiliza el ácido clorhídrico producido en el segundo paso para producir más bicloruro de etileno.



El precloroetileno es otro derivado del bicloruro de etileno. Se obtiene mediante el proceso de oxiclорación/oxihidrocloración. El percloroetileno es un solvente que se utiliza como desengrasante.

La fermentación de carbohidratos es hoy en día la ruta principal para obtener alcohol etílico, principalmente en los países con fuentes abundantes de azúcar y granos. Sin embargo se puede obtener alcohol etílico sintético, conocido como etanol para diferenciarlo de alcohol obtenido por fermentación, de la hidratación directa del etileno con agua. Se utiliza ácido fosfórico sobre tierra diatomeas como catalizador, pero solamente se convierte alrededor del 5% del etileno en alcohol, el etileno que no reacciona es reciclado. Los usos del etanol se dividen en dos grandes grupos, el grupo de solventes y el grupo de usos químicos. Como solvente, el etanol disuelve muchos compuestos orgánicos como las grasas, los aceites y los hidrocarburos. Como intermediario químico es el precursor del acetaldehído, del ácido acético y del dietil éter y también se utiliza en la producción de dietilenglicol éteres, etilaminas y muchos ésteres etílicos.



La adición de una molécula de olefina a una segunda, a una tercera y así sucesivamente, para formar un dímero, un trímero, etc. se conoce como oligomerización. La oligomerización del etileno produce una olefina lineal alfa en el rango de los C₁₂-C₁₆ mediante el mecanismo de inserción; estas olefinas se utilizan en la producción de detergentes biodegradables. La dimerización del etileno para formar 1-buteno es importante ya que este producto se utiliza como comonomero junto con el etileno para producir polietileno lineal de baja densidad.

Los alcoholes lineales (C₁₂-C₂₆) se utilizan en la producción de plastificantes, detergentes y solventes. Pueden obtenerse de la oligomerización del etileno utilizando trietil aluminio como catalizador. Los alcoholes lineales en el rango de los C₁₀-C₁₂ se utilizan para elaborar plastificantes; los que se encuentran en el rango de los C₁₂-C₁₆, para producir detergentes biodegradables; aquellos en el rango de los C₁₆-C₁₈ se utilizan como aditivos de polímeros y los C₂₀-C₂₆ son lubricantes sintéticos.

El etileno es un buen agente alquilador. Se puede utilizar para alquilar compuestos aromáticos utilizando catalizadores del tipo Friedel-Crafts. Comercialmente, el etileno se utiliza para alquilar benceno para la producción del etilbenceno, precursor del estireno.

En lo que respecta al polietileno, el de baja densidad se utiliza en la obtención de películas para bolsas, envases de plástico y juguetes; a su vez el polietileno de alta densidad se utiliza para la fabricación de plásticos resistentes.

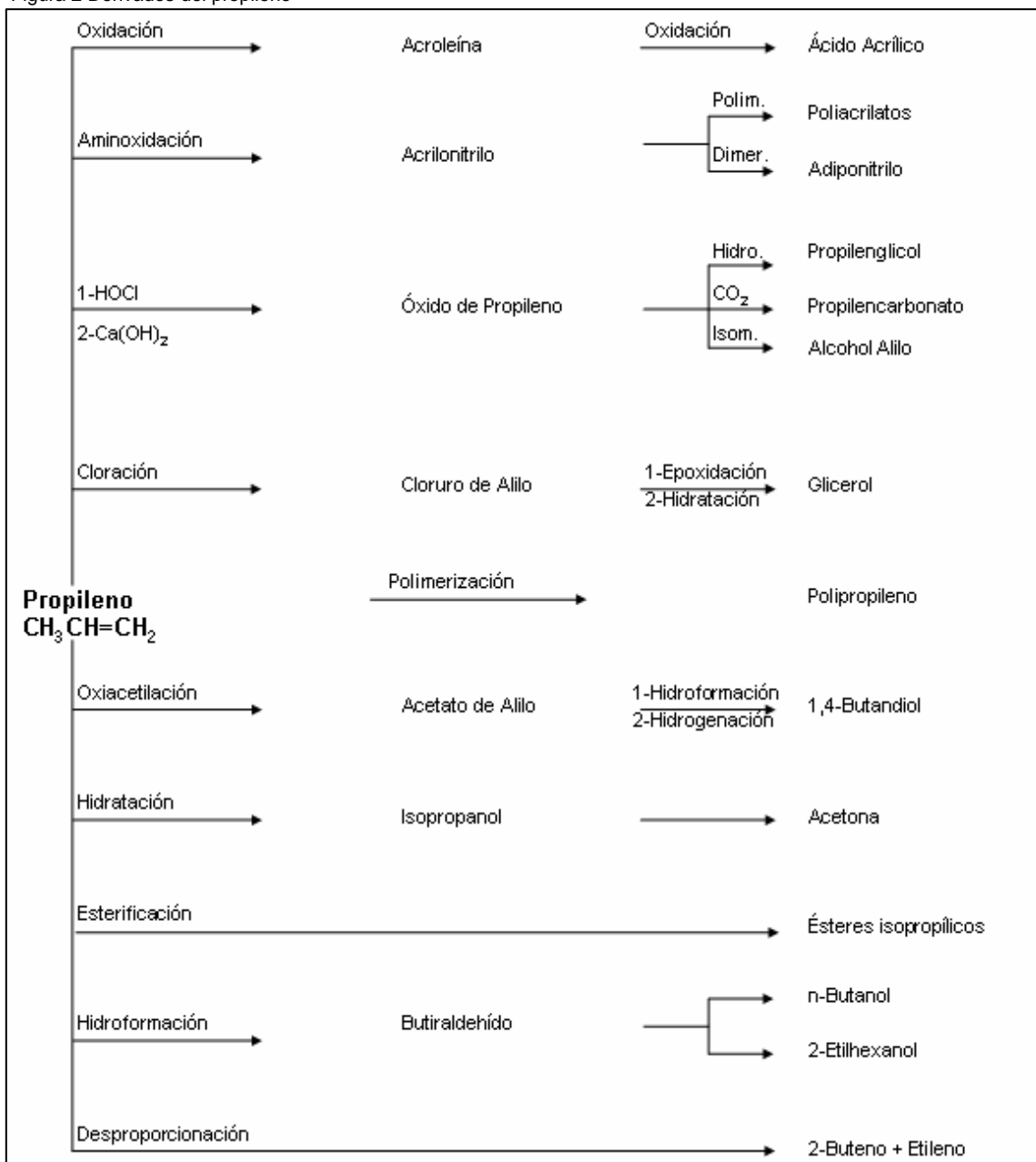
Propileno

El propileno ocupa el segundo puesto como hidrocarburo base de la petroquímica.³² Siendo una olefina, el propileno puede reaccionar con muchos de los reactivos con los que reacciona el etileno como son el agua, el cloro y el oxígeno. Sin embargo, derivado de las diferencias estructurales, no presentan la misma reactividad; por ejemplo, la oxidación directa del propileno con oxígeno no produce óxido de propileno, en su lugar se obtiene acroleína, un aldehído insaturado. El hecho de que el propileno ocupe el segundo lugar de los petroquímicos es un poco sorprendente ya que la mayor complejidad de la molécula del propileno, en comparación con la del etileno, debería permitir una gama más amplia de productos terminados y mercados; sin embargo esto se explica por la obtención de muchos subproductos no deseados en la obtención de derivados del propileno. Los principales derivados del propileno son el polipropileno, el acrilonitrilo, utilizado para la producción de fibras sintéticas, el óxido de propileno, el cumeno y los alcoholes oxo.

³² Secretaría de Energía, Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica 2005, 1ª Edición, México, Secretaría de Energía, 2006, 261 p.

A continuación se presenta un diagrama de los derivados más importantes del propileno.

Figura 2 Derivados del propileno



Fuente: Matar, Sami y Hatch Lewis Frederic, *Chemistry of Petrochemical Processes*, 2ª Edición, E.U.A., Editorial Gulf, 2001, 392 p.

La oxidación directa del propileno utilizando aire u oxígeno producen acroleína, que posteriormente se oxida para obtener ácido acrílico, un monómero para la elaboración de resinas poliacrílicas. La aminoxidación del propileno está considerada dentro de las reacciones de oxidación, ya que se cree que se forma el mismo intermediario alilo en la oxidación y en la aminoxidación del propileno para obtener la acroleína y el acrilonitrilo respectivamente. El uso de peróxidos en la oxidación del propileno produce óxido de propileno. Este compuesto

también puede obtenerse a partir de la hidroclicación del propileno seguida de una epoxidación.

La acroleína es un aldehído insaturado con un olor desagradable. Es un líquido incoloro, muy reactivo que se polimeriza fácilmente si no es inhibido. La vía principal para la obtención de este químico es la oxidación catalizada con aire u oxígeno del propileno. Se utiliza principalmente en la producción de ácido acrílico y sus ésteres; también es un intermediario importante en la síntesis de productos farmacéuticos y herbicidas. Puede utilizarse para producir glicerol, 1,3-propandiol y 2-hexandiol.



A pesar de que existen varios métodos para la obtención del ácido acrílico, la oxidación directa de la acroleína sobre un catalizador de molibdeno-vanadio, es la ruta más utilizada actualmente. En muchos procesos de obtención de acroleína, el ácido acrílico se convierte en el producto principal añadiendo un segundo reactor en el que se oxida la acroleína para convertirla en ácido. El ácido acrílico generalmente se esterifica para obtener ésteres acrílicos que son utilizados en la obtención de resinas acrílicas. Estas resinas, dependiendo del método de polimerización, pueden ser utilizadas en la industria de los adhesivos, las pinturas o los plásticos.



La aminoxidación se refiere a una reacción en la cual un grupo metilo con hidrógenos alilo es convertido en un grupo nitrilo utilizando amoníaco y oxígeno en presencia de un catalizador. Una aplicación exitosa de este tipo de reacciones es la obtención de acrilonitrilo a partir de propileno. Al igual que otras reacciones de oxidación, la aminoxidación es una reacción altamente exotérmica por lo que se requiere un sistema eficiente para remover el calor producido. El acetonitrilo y el ácido cianhídrico son subproductos que se aprovechan de la aminoxidación del propileno. Los catalizadores utilizados en esta reacción son similares a aquellos que se utilizan en la oxidación directa del propileno. El acrilonitrilo se utiliza principalmente en la producción de fibras acrílicas, resinas y elastómeros. Los copolímeros del acrilonitrilo con butadieno y estireno forman las resinas ABS y aquellos con estireno las resinas estireno-acrilonitrilo (SAN) que se utilizan para producir plásticos. También encuentra cierto uso en la obtención de ácido acrílico mediante hidrólisis y de adiponitrilo mediante su electrodimerización.



El adiponitrilo ($\text{NC}(\text{CH}_2)_4\text{CN}$) es un intermediario importante para la producción de nylon 6/6. Hay diversas vías para producir este químico, una de ellas es mediante la electrodimerización del acrilonitrilo.

El óxido de propileno es similar, estructuralmente hablando al óxido de etileno, pero debido a la presencia de un grupo metilo extra, tiene propiedades físicas y químicas diferentes. Es un líquido poco soluble en agua a diferencia del óxido de etileno que es un gas muy soluble en agua. El método más antiguo, pero que sigue siendo el principal para obtener este producto, es la clorohidrinación del propileno seguida de una epoxidación. La clorohidrinación es la reacción entre una olefina y el ácido hipocloroso, el subproducto principal de esta reacción es el dicloruro de propileno que puede ser utilizado como solvente o como materia prima del proceso del percloroetileno. Una vez llevada a cabo esta reacción se efectúa una deshidrocloración con una solución al 5% de hidróxido de calcio para obtener el óxido de propileno; un problema de esta vía de obtención del óxido de propileno es el manejo del cloruro de calcio que se forma como subproducto ya que no tiene ningún uso y debe ser desechado.



El segundo método en importancia para la obtención del óxido de propileno es la epoxidación con peróxidos. Se han utilizado muchos hidroperóxidos como portadores de oxígeno para efectuar esta reacción. Algunos de ellos son el t-butilhidroperóxido, el hidroperóxido de etilbenceno y el ácido peracético; de estos hidroperóxidos el hidroperóxido de etilbenceno es el más utilizado en presencia de un catalizador de molibdeno arrojando una conversión del 98% aproximadamente. La ventaja de este método sobre el primero es que los subproductos formados de la epoxidación tienen valor comercial, tal es el caso del α -feniletíl alcohol que puede ser deshidratado para producir estireno.



Como en el caso del óxido de etileno, la hidratación del óxido de propileno produce propilenglicol. El óxido de propileno también reacciona con alcoholes para producir éteres de polipropilenglicol que se utilizan para elaborar espumas de poliuretano y detergentes. La isomerización del óxido de propileno produce alcohol alilo, precursor en la obtención de glicerol.

El propilenglicol se produce a partir de la hidratación del óxido de propileno. Dependiendo de la relación óxido/agua se pueden obtener como productos principales el dipropilenglicol, el tripropilenglicol o polipropilenglicoles.



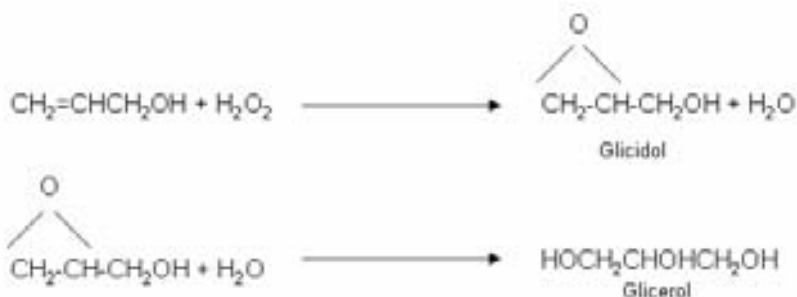
La reacción entre el óxido de propileno y el dióxido de carbono produce carbonato de propileno, que es un líquido utilizado principalmente como solvente y como plastificante.



El alcohol alilo se produce mediante la isomerización catalítica del óxido de propileno. La reacción se cataliza con fosfato de litio obteniendo un rendimiento de 25% y una selectividad del 98%. Este alcohol se utiliza en la industria de los plastificantes y en la producción de glicerol.



El glicerol es un alcohol trihídrico de gran utilidad debido a la presencia de los tres grupos hidroxilo. Es un líquido incoloro y viscoso con olor dulce, que es conocido con el nombre de glicerina por los farmacéuticos. Se utiliza para producir espumas de poliuretano, resinas alquidales y plastificantes. Una de las rutas para obtener este producto es mediante la epoxidación del alcohol alilo utilizando peróxido de hidrógeno o perácidos. Otras de las posibles rutas para su obtención también se basan en el propileno; se puede obtener a partir del cloruro de alilo, de la acroleína y del isopropanol.



El acetato de vinilo se obtiene a partir del etileno, de una manera similar, el acetato de alilo se produce por la oxiacetilación catalítica del propileno. El acetato de alilo es un precursor del 1,4 butandiol que se obtiene mediante una hidrocarbonización, este último se utiliza en la elaboración del 4-acetoxibutanol.



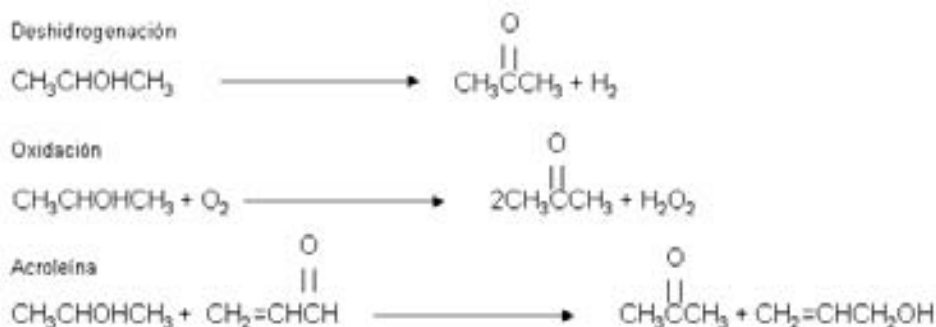
El cloruro de alilo es un líquido incoloro, insoluble en agua pero soluble en muchos solventes orgánicos. Tiene un fuerte olor picante y es irritante al contacto con la piel. Es utilizado para producir alcohol alilo, glicerol y epiclorohidrina. Se puede producir a partir de la cloración directa del propileno a altas temperaturas; en esta reacción un hidrógeno alílico es substituido por un átomo de cloro, y se obtiene como subproducto ácido clorhídrico.



El isopropanol es un alcohol sintético de gran utilidad. Ocupa el segundo puesto en la producción de alcoholes solamente detrás del metanol. El isopropanol, bajo el nombre de alcohol isopropílico, fue el primer químico industrial sintetizado a partir de una olefina derivada del petróleo en 1920. La producción del isopropanol a partir del propileno se puede llevar a cabo mediante la hidratación directa o mediante una sulfatación seguida de una hidrólisis. En la hidratación directa, la reacción se puede efectuar en fase líquida o en fase gaseosa; en fase líquida se utiliza una resina de poliestireno de intercambio catiónico como catalizador con la que se obtiene un 75% de conversión y diisopropil éter como subproducto; en fase gaseosa, el catalizador empleado es WO_3 sobre sílica. El isopropanol es un líquido con un olor placentero; es soluble en agua y es más soluble que el metanol y el etanol en hidrocarburos líquidos. Derivado de esta última propiedad, el isopropanol se mezcla con las gasolinas a base de metanol para reducir los problemas de separación de fases que se presentan. Aproximadamente el 50% del isopropanol es utilizado en la producción de acetona; también se utiliza en la producción de ésteres de ácidos como lo son el acético (el isopropil acetato es un solvente para el nitrato de celulosa), el mirístico y el oleico (utilizado en lubricantes y cosméticos).



La acetona se produce a partir de isopropanol mediante una deshidrogenación, una oxidación o una combinación de ambos procesos. La deshidrogenación se lleva a cabo utilizando un catalizador de cobre o de zinc obteniendo un rendimiento del 95%; la oxidación directa del isopropanol es una reacción no catalítica en la que se coproduce peróxido de hidrógeno. También se obtiene acetona mediante la reacción entre la acroleína y el isopropanol catalizada por un catalizador combinado de MgO y ZnO . Sin embargo, el método más utilizado actualmente para obtener acetona es un proceso que utiliza peróxido de cumeno como materia prima, en el cual se coproducen acetona y fenol. La acetona es un líquido volátil con olor dulce. Es miscible en agua, alcoholes y muchos hidrocarburos; por esta razón se utiliza como solvente de pinturas, lacas y acetato de celulosa. Al ser una cetona simétrica, es un compuesto muy reactivo con muchas aplicaciones; algunos de los químicos más importantes obtenidos de la acetona son la metilisobutil cetona, el metil metacrilato, el bisfenol A y el alcohol diacetona.



El acetato de isopropilo se produce mediante la adición catalítica en fase gaseosa del ácido acético al propileno, de la cual se obtiene un rendimiento del 99% aproximadamente. Este producto se utiliza como solvente para recubrimientos y tintas de impresión. Por lo general se puede intercambiar con la metiletil cetona y el acetato de etilo.



El acrilato de isopropilo se produce mediante una adición catalítica del ácido acrílico al propileno. Debido a la insaturación del éster obtenido, se puede polimerizar y utilizar como un plastificante.



La reacción entre el propileno, el monóxido de carbono y el hidrógeno producen n-butiraldehído como producto principal e isobutiraldehído como subproducto. Los butiraldehídos generalmente se hidrogenan para obtener sus alcoholes correspondientes.



El n-Butanol se produce mediante la hidrogenación catalítica del n-Butiraldehído. Se utiliza principalmente como solvente o como agente esterificante; el éster producido con el ácido acrílico se utiliza en pinturas, adhesivos y plásticos. Una vía alterna para la producción de este químico es mediante la condensación aldol del acetaldehído.



El 2-etilhexanol es un líquido incoloro soluble en muchos solventes orgánicos. Se utiliza en la producción de plastificantes de PVC al reaccionar con el anhídrido ftálico. Se produce a partir de la condensación aldol del butiraldehído en presencia de sosa cáustica acuosa.

Las olefinas pueden convertirse catalíticamente en cadenas más cortas o más largas de olefinas mediante una reacción de desproporcionalización. La reacción de este tipo que se

utiliza con mayor frecuencia es la conversión de propileno a etileno y butilenos que tienen un mayor valor comercial.



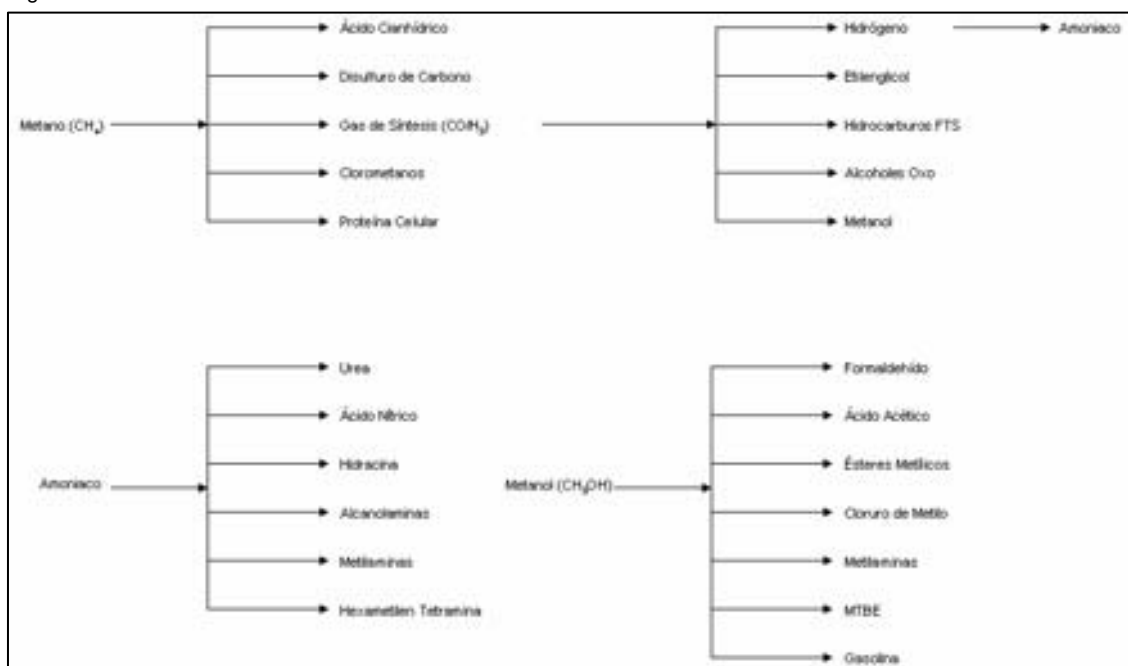
El propileno puede utilizarse como un agente alquilador para los aromáticos. Una reacción importante de gran valor comercial es la alquilación de benceno a cumeno, utilizando propileno, para posteriormente producir fenol y acetona.

Gas Natural

El metano es una parafina de un sólo carbono poco reactivo bajo condiciones normales. Se pueden producir un número limitado de productos directamente del metano bajo condiciones severas. La cloración del metano solamente es posible mediante iniciación térmica o fotoquímica. El metano se puede oxidar parcialmente con una cantidad limitada de oxígeno o con vapor para producir gas de síntesis; con este gas se pueden producir una mayor cantidad de derivados, de los cuales sobresalen el amoníaco y el metanol. El estudio de esta cadena petroquímica que se presentará a continuación se basa en la obtención del gas de síntesis y sus derivados.

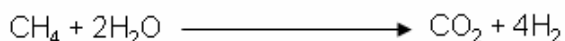
A continuación se presenta un diagrama de los derivados más importantes del metano.

Figura 3 Productos Derivados del Metano



Fuente: Matar, Sami y Hatch Lewis Frederic, Chemistry of Petrochemical Processes, 2ª Edición, E.U.A., Editorial Gulf, 2001, 392 p.

El gas de síntesis se puede obtener a partir de diversas materias primas, la que se utiliza con mayor frecuencia es el gas natural. El primer paso es remover los gases ácidos del gas natural; posteriormente el gas dulce es mezclado con vapor y se introduce a un primer reactor (reformador primario), en el cual mediante un catalizador de níquel se lleva a cabo la reacción de reformación, limitada por el equilibrio, por lo que se necesitan altas temperaturas, bajas presiones y una relación alta vapor/carbón para favorecerla. El producto gaseoso del reformador primario es una mezcla de H₂, CO, CO₂, CH₄ y vapor.



Esta mezcla de gases se utiliza directamente, sin tratamiento previo, para la producción de metanol. Solamente es necesario ajustar la relación H₂/(CO + CO₂) a un valor aproximado de 2:1.

Por otra parte, para producir hidrógeno, que se utilizará en la síntesis de amoníaco, se necesita el siguiente tratamiento. En primer lugar es necesario obtener nitrógeno del aire, éste servirá como materia prima en la obtención del amoníaco; para obtenerlo se oxida parcialmente el metano que no reaccionó en el primer reformador en un segundo reactor (reformador secundario). El producto de este segundo reformador es una mezcla de hidrógeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono y nitrógeno. El segundo paso consiste en la remoción del monóxido de carbono ya que éste contamina el catalizador utilizado en la síntesis de amoníaco; la remoción del monóxido se lleva a cabo en tres pasos: conversión de traslación, remoción de dióxido de carbono y metanización de los remanentes de monóxido y dióxido de carbono. La mezcla gaseosa obtenida del reformador secundario se somete a la conversión de traslación, en esta conversión se hace reaccionar el monóxido de carbono con vapor para obtener dióxido de carbono e hidrógeno. La mezcla gaseosa obtenida en esta conversión es tratada mediante absorción o adsorción para eliminar el dióxido de carbono. Posteriormente se recupera este dióxido de carbono y se utiliza principalmente con el amoníaco para producir urea. Una vez que se ha removido el dióxido de carbono, se obtiene el hidrógeno con una pequeña cantidad de monóxido y dióxido de carbono que se eliminan mediante la metanización, la cual consiste en la reacción entre el hidrógeno, el monóxido y dióxido de carbono para producir metano y agua.

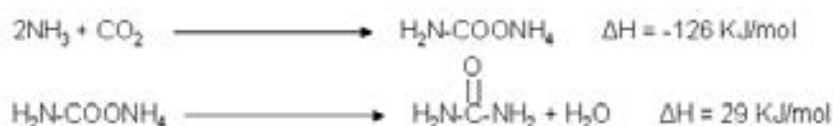
El amoníaco y el metanol son los derivados más importantes del gas de síntesis.³³ Del amoníaco se obtiene urea, ácido nítrico, hidracina, acrilonitrilo, metilaminas y otros productos de menor relevancia. Del metanol, que ocupa el segundo puesto en importancia de los derivados del gas de síntesis, se obtiene formaldehído, ácido acético y metilaminas; también ofrece una ruta alternativa para producir hidrocarburos que se encuentran en el rango de las gasolinas.

³³ Chapman, Keith, *op. cit. supra*, nota 14.

El amoníaco es uno de los químicos inorgánicos más importantes, superado únicamente por el ácido sulfúrico y la cal. Es un gas incoloro con un olor irritante y muy soluble en agua. Se puede licuar fácilmente y es utilizado como refrigerante. El amoníaco anhidro es un fertilizante que se aplica directamente a la tierra. Este químico se obtiene mediante la reacción entre oxígeno y nitrógeno atmosférico mediante el proceso Haber; la mezcla de hidrógeno y nitrógeno con una relación de 3:1 es comprimida y precalentada antes de introducirla al reactor. El producto gaseoso obtenido de esta reacción es enfriado para condensar el amoníaco, a su vez el hidrógeno y el nitrógeno que no reaccionaron son reciclados; se obtiene por lo general una conversión del 15% en cada ciclo. El amoníaco se utiliza principalmente en el campo de los fertilizantes para la producción de urea, nitrato, fosfato y sulfato de amonio. Como se mencionó, el amoníaco anhidro puede aplicarse directamente a la tierra como fertilizante. La urea es un fertilizante de acción lenta. El amoníaco también es precursor de otros productos como el ácido nítrico, la hidracina, el acrilonitrilo y la hexametileno diamina. Como el amoníaco tiene tres átomos de hidrógeno por molécula, también es visto como una fuente de energía; se ha propuesto el uso del amoníaco anhidro líquido como un combustible alternativo de la industria automotriz, sin embargo existen diversos factores como la producción de óxidos de nitrógeno, que deben ser considerados antes de tomar una decisión de tal magnitud.

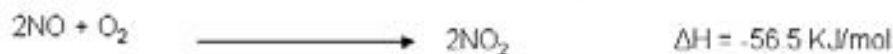


La urea es el fertilizante con mayor contenido de nitrógeno, es un sólido blanco soluble en agua y en alcohol. Se vende por lo general en forma de cristales, hojuelas o gránulos. Es un compuesto muy activo que reacciona fácilmente; reacciona con formaldehído para producir un polímero comercial que se utiliza como pegamento. Se produce a partir de la reacción entre el amoníaco y el dióxido de carbono; esta reacción se lleva a cabo en dos pasos, en el primero se forma carbamato de amonio el cual se descompone en el segundo paso para producir urea y agua. El 80% de la producción total de urea se utiliza como fertilizante, un 10% se utiliza en la producción de adhesivos y plásticos (formaldehído de urea y resinas de formaldehído melanina), otro 5% se utiliza como alimento de animales y la urea restante se utiliza para separar parafinas del keroseno que se encuentran en el rango C₁₂-C₁₄ y que se utilizan en la producción de detergentes.



El ácido nítrico es un líquido muy corrosivo que puede ser incoloro o de tonalidades que tienden al amarillo. Es un ácido oxidante que puede atacar casi a cualquier metal. Se produce comercialmente mediante la oxidación de amoníaco con aire sobre un catalizador de platino-rodio, con la ejecución de tres reacciones secuenciales. El uso más importante de este producto es para la producción de nitrato de amonio que se utiliza como fertilizante. El segundo uso en importancia se da en el campo de los explosivos; también se utiliza como agente

nitrificante de compuestos aromáticos y parafínicos que son intermediarios en la industria de tintas y en la de explosivos.



La hidracina es un líquido incoloro humeante, miscible en agua y fuerte agente reductor. Es utilizado como combustible de cohetes porque su combustión es muy exotérmica obteniendo 620 KJ/mol de ella. Se produce mediante la oxidación de amoníaco utilizando hipoclorito de sodio como agente oxidante. Además de ser utilizado como combustible, también se utiliza en la industria farmacéutica y de fertilizantes; debido a que enlace N-N es débil, se utiliza como iniciador en polimerizaciones. Es un agente reductor selectivo de compuestos nitrados.



El alcohol metílico (metanol) es el primer miembro de la familia de los alcoholes alifáticos. Como compuesto químico es altamente polar. Este producto tiene muchos derivados directos, puede oxidarse para obtener formaldehído, carboacetilarse para obtener ácido acético o deshidratarse y polimerizarse en hidrocarburos que se encuentran en el rango de las gasolinas. También puede reaccionar con isobuteno y con isoamilinas para producir metilterbutil éter (MTBE) y amilmetil éter terciario (TAME) respectivamente, ambos aditivos para elevar el octanaje de las gasolinas y reducir la emisión del monóxido de carbono. El metanol se produce mediante la reacción catalítica entre monóxido de carbono e hidrógeno. Como la relación CO:H₂ del gas de síntesis obtenido del reformador secundario es aproximadamente 1:3, y la relación estequiométrica requerida para la síntesis de metanol es 1:2, es necesario añadir dióxido de carbono para reducir la cantidad de hidrógeno presente en la mezcla. La reacción está limitada por el equilibrio, la concentración del metanol obtenida en la salida del reactor es de 7%; el producto obtenido es enfriado para condensar el metanol y los gases que no reaccionaron son recirculados. Aproximadamente el 50% de la producción del metanol se utiliza para la producción de formaldehído. Como agente metilador, se utiliza con muchos ácidos orgánicos para producir ésteres metílicos como el metil acrilato, el metil metacrilato, el metil acetato y el metil tereftalato. En un futuro se podría convertir en una importante fuente de etileno y propileno.³⁴



La ruta principal para la producción industrial de formaldehído es la oxidación catalítica del metanol con aire. Se utiliza aire en exceso para mantener la relación metanol/aire por debajo

³⁴ Secretaría de Energía, Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica 2006, 1ª Edición, México, Secretaría de Energía, 2007, 273 p.

de los límites de explosión. El formaldehído es el aldehído más simple pero el más reactivo. La polimerización condensada del formaldehído con fenol, urea y melanina produce fenol-formaldehído, urea-formaldehído y melanina-formaldehído respectivamente, los cuales se utilizan como pegamentos. La condensación del formaldehído con acetaldehído en presencia de una base fuerte produce pentaeritrol, un alcohol polihídrico utilizado en la producción de resinas alquidales. También reacciona con amoníaco para obtener hexametilen tetramina que se utiliza como agente de unión cruzada para las resinas fenólicas.



La carboacetilación del metanol actualmente es una de las vías principales para la producción del ácido acético. También se puede obtener mediante la oxidación del acetaldehído y la oxidación del n-butano; sin embargo la carboacetilación del metanol tiene ciertas ventajas sobre los otros procesos comerciales ya que tanto el metanol como el monóxido de carbono se obtienen del gas de síntesis, además las condiciones de reacción son más moderadas en comparación de los otros procesos. El ácido acético se utiliza principalmente para producir acetato de vinilo (44%), seguido de la producción de ésteres ácidos (33%), la producción de anhídrido acético (12%) y la producción de ácido tereftálico (12%). El acetato de vinilo se utiliza en la producción de adhesivos, películas, papel y fibras textiles. También se utiliza para producir fármacos, insecticidas y tintas; el ácido cloroacético, obtenido a partir del ácido acético, es un intermediario en la producción de químicos como la glicina y la metilcarboxil celulosa.



El metil terbutil éter (MTBE) se produce mediante la reacción entre el metanol y el isobuteno. La reacción se lleva a cabo en fase líquida, a temperaturas relativamente bajas y en presencia de un catalizador ácido. La hidratación del isobuteno para producir alcohol butílico terciario y la deshidratación del metanol para obtener dimetil éter y agua son dos reacciones secundarias que se llevan a cabo simultáneamente con la producción del MTBE, sin embargo solamente se producen cantidades despreciables de estos productos. La reacción antes mencionada está limitada por el equilibrio, temperaturas más altas incrementan la velocidad de reacción pero la conversión obtenida es menor; a temperaturas más bajas, el equilibrio se va hacia la producción del éter pero se consume una mayor cantidad de catalizador. Por estas razones, el proceso para la obtención del MTBE se lleva a cabo en dos reactores en serie; en el primero se lleva a cabo la mayor parte de la eterificación a temperaturas altas, y en el segundo se termina la eterificación a temperaturas más bajas termodinámicamente favorables. Una ruta alterna para la producción de MTBE es mediante la reacción entre el isobutano, el propeno y el metanol, en la cual se coproduce óxido de propileno; en esta reacción el isobuteno reacciona con oxígeno para obtener t-butil hidroperóxido, el cual reacciona con el propeno produciendo t-

butil alcohol y óxido de propileno, finalmente el alcohol pierde agua para obtener el isobuteno que reacciona con metanol para producir MTBE. El MTBE es un aditivo importante de la gasolina debido a su alto octanaje y a que gracias a él se producen gasolinas libres de plomo (este químico sustituyó al tetraetilo de plomo). Además reduce la emisión de monóxido de carbono e hidrocarburos a la atmósfera ya que reduce la cantidad de aromáticos de las gasolinas. Sin embargo, también tiene algunos contras, es diez veces más soluble en agua que otros componentes de la gasolina y como tiene poca afinidad con los componentes de la tierra, se filtra por ésta y se mezcla con el agua de los mantos acuíferos.



El amilmetil éter terciario (TAME) también se puede producir a partir del metanol. La reacción entre metanol y amilinas se lleva a cabo bajo condiciones similares a las de la obtención de MTBE, solamente la temperatura es un poco más elevada. El TAME se utiliza como aditivo de la gasolina por su alto octanaje y por su habilidad para reducir las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos.



La alquilación entre el metanol y el amoniaco en presencia de un catalizador de silicato de aluminio da como resultado la producción de metilaminas (monometilamina, dimetilamina y trimetilamina). La distribución en el equilibrio de esta reacción es de 43% de MMA, 24% de DMA y 33% de TMA. La dimetilamina (DMA) es la más utilizada de las tres aminas, se utiliza en la síntesis de la dimetilformamida y de la dimetilacetamida, que se utilizan como solventes en la producción de acrílico y fibras de poliuretano. La MMA se utiliza en la producción de insecticidas y la TMA en la síntesis de colina, un aditivo de comida para aves de corral con alto contenido energético.



Debido a las múltiples fuentes de obtención del gas de síntesis, es posible que en un futuro el metanol se convierta en uno de los pilares de la petroquímica. Cuando ya no exista petróleo ni gas natural, la piedra de carbón y otras fuentes de energía fósiles podrán convertirse en gas de síntesis y luego en metanol, del cual se pueden obtener hidrocarburos combustibles. En 1973, cuando los precios del petróleo se elevaron debido a la guerra entre Arabia e Israel, se llevó a cabo mucha investigación para encontrar fuentes de energía alternas; en 1975 esta

investigación dio como resultado la conversión de metanol a hidrocarburos que se encuentran en el rango de las gasolinas mediante el uso de un catalizador de zeolita (ZSM-5). Esta reacción puede ser considerada como una reacción de deshidrogenación-oligomerización. Actualmente se investiga para poder obtener olefinas más ligeras (etileno y propileno) a partir del metanol; estas investigaciones han dado como resultado la necesidad de utilizar un catalizador con un menor tamaño de poro para maximizar la producción de olefinas ligeras.



donde $(\text{CH}_2)_n$ representa los hidrocarburos formados (parafinas, olefinas y aromáticos)

Aromáticos

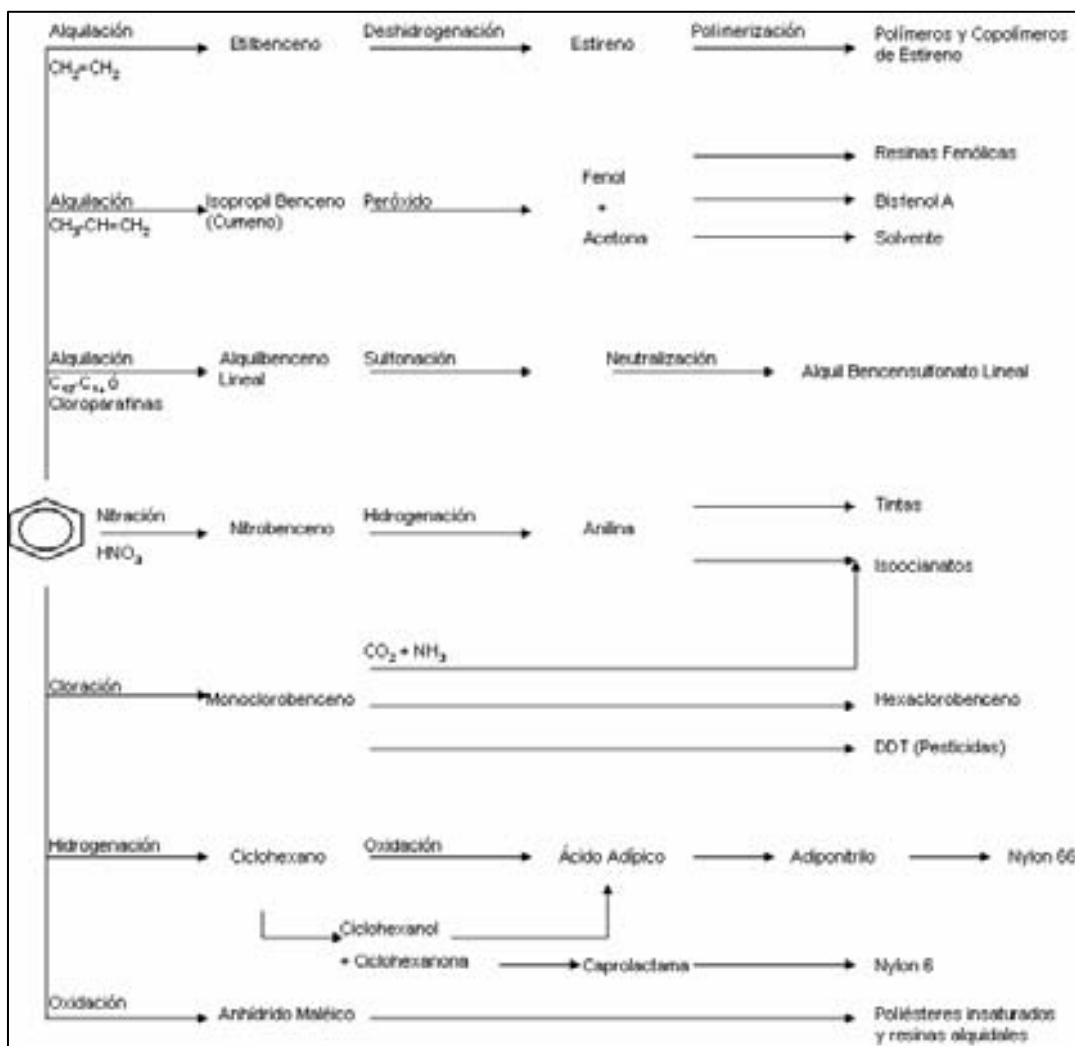
La fuente principal del benceno, tolueno y xilenos (BTX) son las corrientes provenientes de la refinería, sobre todo las de la reformación, *cracking* catalíticos y *cracking* con vapor.³⁵ Los BTX y el etilbenceno se extraen de estas corrientes utilizando solventes selectivos como el sulfoleno y el etilenglicol. Los componentes extraídos son separados mediante procesos de destilación fraccional, cristalización e isomerización. La reactividad de los aromáticos C_6 , C_7 y C_8 se asocian directamente con el anillo del benceno. Los compuestos aromáticos son susceptibles a la sustitución electrofílica, por lo tanto muchos de los químicos derivados del benceno se obtienen mediante el uso de reactivos electrofílicos. El benceno puede ser alquilado, nitrado o clorado para obtener precursores de muchos productos comerciales. El tolueno y los xilenos son en realidad bencenos sustituidos.

El benceno (C_6H_6) es el hidrocarburo aromático más importante. La mayoría de los productos obtenidos directamente del benceno sirven como intermediarios para la producción de químicos. Por ejemplo, la hidrogenación del benceno produce ciclohexano y la oxidación del ciclohexano produce ciclohexanona que se utiliza para obtener caprolactama para la producción de nylon. Debido a la resonancia del anillo del benceno, éste no se polimeriza fácilmente, sin embargo, algunos productos derivados del benceno como el estireno, el fenol y el anhídrido maléico se pueden polimerizar derivado de los grupos funcionales que contienen.

A continuación se presenta un diagrama de los derivados más importantes del benceno.

³⁵ Idem.

Figura 4 Productos Derivados del Benceno



Fuente: Matar, Sami y Hatch Lewis Frederic, *Chemistry of Petrochemical Processes*, 2ª Edición, E.U.A., Editorial Gulf, 2001, 392 p.

Se puede alquilar el benceno en presencia de un catalizador ácido. Olefinas como el etileno, el propileno y las C₁₂-C₁₄ α-olefinas se utilizan para producir bencenalquilados de gran valor comercial. Los halogenuros de alquilo como las monocloroparafinas también se utilizan con este propósito. El cloruro de aluminio es el catalizador más utilizado en la alquilación Friedel-Crafts.

El etilbenceno es un líquido aromático incoloro. El proceso principal para obtenerlo es la alquilación catalítica del benceno con etileno. Como subproductos de esta reacción se obtienen dietilbenceno y bencenos más alquilados que son reciclados y desalquilados para producir más etilbenceno. El etilbenceno se utiliza principalmente (90%) en la producción de estireno.



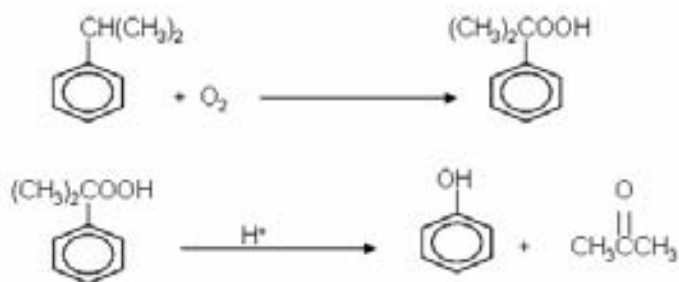
El estireno (vinilbenceno) es un líquido que se polimeriza fácilmente cuando se presenta un radical libre como iniciador o cuando se expone a la luz. La deshidrogenación del etilbenceno para producir estireno se lleva a cabo sobre una gran variedad de catalizadores de óxido metálicos; los óxidos de Fe, Cr, Si, Co, Zn o combinaciones de éstos se pueden utilizar para la reacción de deshidrogenación.



El cumeno (ispropilbenceno) es un líquido soluble en muchos solventes orgánicos pero insoluble en agua. Está presente en concentraciones muy bajas en los efluentes de la reformación catalítica. El proceso principal para producir este químico es la alquilación del benceno con propileno. La reacción se puede llevar a cabo tanto en fase líquida, utilizando ácido sulfúrico como catalizador, como en fase gaseosa utilizando ácido fosfórico como catalizador. En ambos casos para evitar la polialquilación, se utiliza una mezcla de propano-propileno como materia prima o bien una relación alta benceno/propileno. El cumeno se utiliza casi en su mayoría para la producción de fenol y acetona; una pequeña cantidad de cumeno se utiliza en la producción de α -metilestireno que se utiliza como solvente y en la producción de polímeros.



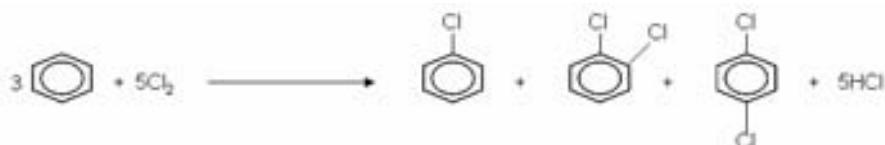
El fenol (hidroxibenceno) se produce a partir del cumeno en un proceso de dos pasos; en el primero, el cumeno se oxida con aire para obtener hidroperóxido de cumeno y en el segundo este hidroperóxido se descompone en presencia de un ácido para producir fenol y acetona. Actualmente este es el proceso más utilizado para la producción de fenol y la coproducción de acetona. El fenol es un sólido cristalino, muy soluble en agua, con un olor muy característico y que se torna rojo cuando se le expone a la luz. Aproximadamente el 50% de la producción total del fenol se destina para la producción de resinas fenólicas; la reacción entre el fenol y la acetona produce bisfenol A, un monómero importante en la elaboración de resinas epóxicas y policarbonatos. Esta reacción consiste en la condensación de la acetona y el fenol en presencia de ácido clorhídrico. Otros químicos importantes derivados del fenol son el ácido salicílico, el ácido acetilsalicílico (aspirina) y el pentaclorofenol. Es importante mencionar que alrededor del 12% del fenol se utiliza en la producción de caprolactama, un monómero para producir nylon 6 (la principal fuente de este producto es el tolueno). También se puede alquilar para obtener alquilfenoles que se utilizan como surfactantes no iónicos, antioxidantes y monómeros para resinas.



Los alquilbencenos lineales se obtienen a partir de la alquilación del benceno y se utilizan en la producción de detergentes biodegradables aniónicos. Los agentes alquilantes pueden ser monoolefinas lineales C₁₂-C₁₄ o monocloroalcanos, siendo las primeras las más utilizadas en los procesos industriales. Los alquilbencenos se sulfonan con SO₃ y se neutralizan con NaOH para producir sulfonato de alquilbenceno lineal, el ingrediente activo de los detergentes.



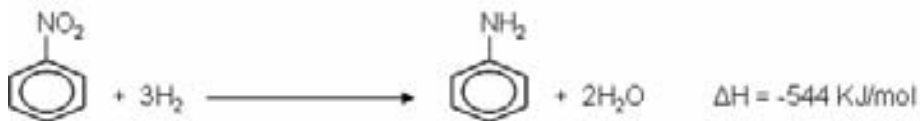
La cloración del benceno se realiza mediante la reacción de sustitución electrofílica en donde el Cl⁺ es el electrófilo. La reacción ocurre en presencia de un catalizador ácido de Lewis como el FeCl₃. Los productos obtenidos son una mezcla de mono y diclorobencenos; el orto y el para-diclorobencenos son más comunes que el meta-diclorobenceno. La relación de productos monoclorados/diclorados depende de la relación benceno/cloro y del tiempo de residencia de la reacción. Por otra parte, la relación de los isómeros orto/meta/para del diclorobenceno depende tanto de la temperatura de reacción como del tiempo de residencia. Cuando se utiliza una relación alta de benceno/cloro la mezcla de productos tiene una composición de aproximadamente 80% de monoclorobenceno, 15% para-diclorobenceno y 5% orto-diclorobenceno. El monoclorobenceno es la materia prima de muchos compuestos, incluyendo el fenol y la anilina. Otros productos importantes derivados del monoclorobenceno son el DDT, los cloronitrobenenos, los policlorobencenos y el bifenil.



Al igual que la alquilación y la cloración del benceno, la nitración del benceno es una reacción de sustitución electrofílica de un protón del benceno con el ion nitrato (NO₂⁺). La reacción se lleva a cabo en fase líquida en presencia de ácido nítrico y ácido sulfúrico; este último tiene dos funciones: reacciona con el ácido nítrico para formar el ion nitrato y absorbe el agua formada durante la reacción lo que provoca que el equilibrio se desplace a la formación de nitrobeneno. El 97% de la producción total de nitrobeneno se utiliza en la obtención de anilina. Otros usos del nitrobeneno incluyen la síntesis de quinolina y bencidina; también se utiliza como solvente de éteres de celulosa.



La anilina (aminobenceno) es un líquido aceitoso que se torna café cuando se le expone al aire y a la luz. Es un precursor importante en la producción de tintas. El proceso principal para su producción es la hidrogenación catalítica del nitrobenzeno. Una vía alterna para su obtención, es mediante la reacción de clorobenceno o fenol con amoníaco.



La oxidación del benceno es el método más antiguo para producir anhídrido maléico. Se utiliza una mezcla de $\text{V}_2\text{O}_5/\text{MO}_3$ como catalizador con el que se obtiene un 90% de conversión del benceno, pero solamente alrededor de un 50-60% de selectividad hacia el anhídrido maléico. Actualmente la ruta principal para producir anhídrido maléico es mediante la oxidación del butano. El anhídrido maléico es un sólido soluble en agua pero insoluble en solventes de hidrocarburos; se polimeriza con otros monómeros reteniendo el doble enlace para producir resinas de poliéster insaturadas, estas resinas se utilizan principalmente para reforzar plásticos.



La hidrogenación del benceno produce ciclohexano. Se utilizan diversos sistemas catalíticos para llevar a cabo esta reacción como el Ni/alúmina o el Ni/Pd. Esta hidrogenación se caracteriza por ser una reacción exotérmica en la que el volumen del producto final es aproximadamente cuatro veces menor al de los reactivos. Otra fuente de obtención del ciclohexano son las gasolinas naturales y las naftas del petróleo, sin embargo solamente se puede obtener una pequeña cantidad de esta fuente. El ciclohexano es un líquido incoloro insoluble en agua pero soluble en solventes de hidrocarburos, alcohol y acetona. Prácticamente todo el ciclohexano es oxidado para obtener una mezcla ciclohexanona/ciclohexanol o bien ácido adípico, monómeros utilizados en la producción de nylon 6 y nylon 6/6 respectivamente.



La oxidación en fase líquida en presencia de un catalizador de acetato de cobalto del ciclohexano, produce una mezcla de ciclohexanona y ciclohexanol (aceite KA). Esta mezcla se utiliza para producir caprolactama, el monómero en la obtención de nylon 6. La caprolactama

también se puede obtener del tolueno a partir de la formación de ácido carboxílico de ciclohexano como intermediario.



El ciclohexano también es precursor del ácido adípico. La oxidación del ciclohexano en fase líquida a temperaturas más bajas y con un tiempo de residencia más alto (en comparación con la obtención del aceite KA) en presencia de acetato de cobalto como catalizador, produce ácido adípico. También se puede obtener este ácido mediante la carbonización del butadieno. El ácido adípico y sus ésteres son utilizados para elaborar nylon 6/6; también se puede hidrogenar para producir 1,6-hexandiol que posteriormente reacciona con amoníaco para producir hexametildiamina, que es el segundo monómero en importancia para la producción del nylon 6/6.



El tolueno, al igual que el benceno, es un aromático mononuclear, pero es más activo debido a la presencia del grupo metilo que actúa como donador de electrones. Sin embargo es menos utilizado en comparación con el benceno ya que produce más productos polisustituídos. Casi la mayor parte del tolueno es convertido en benceno a través de una desalquilación o una desproporcionalización. El resto del tolueno se utiliza para producir un número limitado de derivados; las reacciones más importantes son la oxidación del grupo metilo y la hidrogenación del grupo fenilo. La sustitución electrofílica del tolueno se limita a la nitración para producir mono y di nitrotoluenos.

La desalquilación del tolueno para producir benceno se lleva a cabo sobre un catalizador de níquel con el que se obtiene un rendimiento del 96%. La hidrodésalquilación es esencialmente una reacción de *cracking* que se favorece con altas temperaturas y presiones. La desalquilación del tolueno también se puede llevar a cabo con vapor, teniendo como ventaja la producción y no el consumo de hidrógeno.



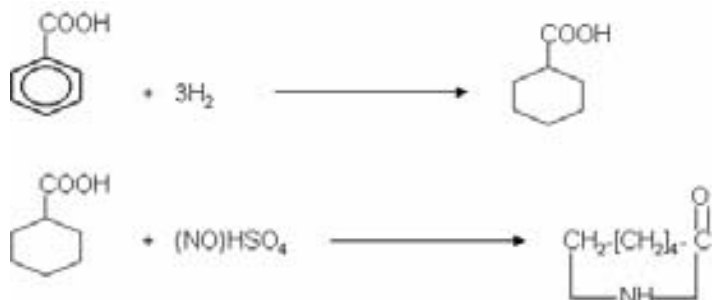
La desproporcionalización catalítica del tolueno en presencia de hidrógeno produce benceno y una mezcla de xilenos. Este proceso se efectúa mediante una reacción de equilibrio con una conversión teórica del 58%; la reacción contraria es la transalquilación de los xilenos con el benceno.



La oxidación del tolueno en fase líquida sobre acetato de cobalto como catalizador produce ácido benzoico con un rendimiento del 90%. El ácido benzoico es un sólido blanco con un olor muy característico, es ligeramente soluble en agua y soluble en los solventes orgánicos más comunes. Se utiliza principalmente como fijador en la impresión de telas; otros usos de este producto son la preservación de comida, la elaboración de dentríficos y la producción de fungicidas. Además es un precursor en la producción de caprolactama, fenol y ácido tereftálico.



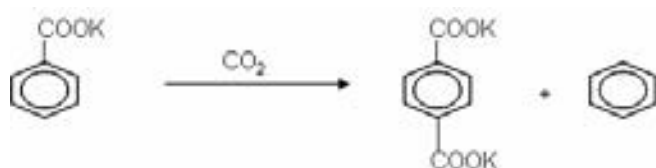
La caprolactama es un sólido blanco soluble en agua e hidrocarburos clorados. Se utiliza principalmente en la producción de nylon 6; también se utiliza en la producción de poliuretanos, en la industria de los plastificantes y en la síntesis de lisina. El primer paso para obtener caprolactama a partir de ácido benzoico es la hidrogenación de este último para producir ácido carboxílico de ciclohexano sobre un catalizador de paladio. El ácido obtenido se convierte a caprolactama reaccionándolo con ácido nitrosil-sulfúrico.



El ácido benzoico también se utiliza en la obtención de fenol mediante la acción de una sal de cobre. El cobre que se reoxida con aire funciona como el catalizador arrojando un rendimiento del 90%. El fenol se puede obtener también a partir del clorobenceno y del cumeno, siendo este último la vía principal de obtención de este producto.

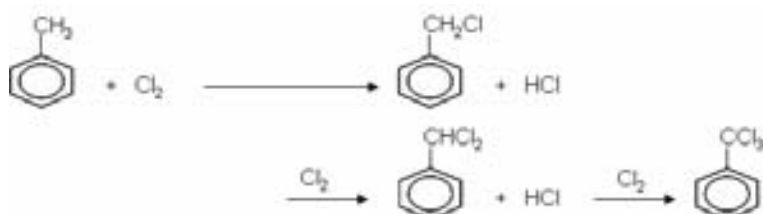


El ácido tereftálico es un monómero importante en la producción de poliésteres. La principal ruta para obtener este producto es la oxidación catalítica del para-xileno; sin embargo, también puede obtenerse a partir del ácido benzoico mediante una reacción de desproporcionalización del benzoato de potasio en presencia de dióxido de carbono, coproduciendo benceno.

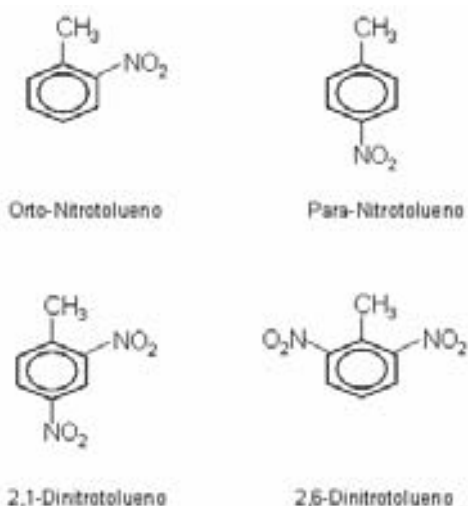


La cloración del tolueno mediante la sustitución de los hidrógenos del grupo metilo (reacción vía radicales libres) produce una mezcla de tres cloruros: cloruro de bencilo, dicloruro de bencilo y tricloruro de bencilo. La relación de la mezcla de cloruros dependen de la relación

tolueno/cloro y del tiempo de contacto utilizados. El cloruro de bencilo se utiliza en la producción del alcohol bencílico que es un precursor del ftalato de butilbenceno, un plastificante del cloruro de vinilo. También se utiliza en la síntesis del ácido fenilacético a partir del cual se obtiene la penicilina G. Por su parte, el bicloruro de bencilo se hidroliza para obtener benzaldehído y el tricloruro de bencilo también se hidroliza para producir ácido benzoico. A pesar de que los toluenos clorados no son producidos a gran escala, son intermediarios importantes en la síntesis de químicos y fármacos.



La nitración del tolueno es la única reacción importante en la que se involucra la acción del anillo aromático y no la del grupo metilo presente. Esta reacción es una sustitución electrofílica en la cual se obtiene como producto una mezcla de nitrotoluenos. Los nitrotoluenos monosustituídos más importantes son el orto y el para-nitrotoluenos que generalmente son reducidos a las toluidinas correspondientes para producir tintas y hules químicos. Los dinitrotoluenos son precursores importantes para la producción de diisocianatos de tolueno que se utilizan como monómeros en la producción de poliuretanos. El trinitrotolueno es un explosivo muy conocido que se obtiene a partir de la nitración de los dinitrotoluenos.



Los xilenos (dimetilbencenos) son una mezcla aromática compuesta de tres isómeros, orto, meta y para xileno. Se obtienen a partir de la reformación catalítica y los *crackers* junto con los demás aromáticos. La separación de la mezcla de xilenos se lleva a cabo mediante procesos de destilación y de isomerización. El para-xileno es el más importante de los tres isómeros ya que se utiliza en la producción de ácido tereftálico que posteriormente se utiliza en la producción de poliésteres. El orto-xileno se utiliza para la producción de anhídrido ftálico, un intermediario en la producción de plastificantes. El meta-xileno es el isómero menos utilizado,

generalmente se isomeriza para obtener para-xileno. Aproximadamente el 65% de los xilenos se utiliza para hacer productos químicos, el resto se utiliza como solvente o se mezcla con gasolinas para elevar su octanaje.

La oxidación catalítica del para-xileno en presencia de acetato de cobalto como catalizador en medio ácido produce ácido tereftálico (TPA) con un rendimiento del 95%. Como se mencionó, el uso principal del ácido tereftálico es la producción de poliésteres para las fibras y películas sintéticas.



El anhídrido ftálico se produce actualmente mediante la oxidación catalítica del orto-xileno. Se pueden utilizar una amplia variedad de óxidos de metal como catalizadores para efectuar esta reacción y obtener el 85% de rendimiento. Se obtienen como subproductos de esta reacción anhídrido maléico, ácido benzoico y anhídrido metilmaléico. El anhídrido ftálico se utiliza para producir plastificantes al reaccionar con alcoholes que se encuentran en el rango C₄-C₁₀. El plastificante para cloruro de polivinilo más importante, el dioctilftalato, se produce a partir del anhídrido ftálico y del 2-etilhexanol. También se utiliza para elaborar poliéster y resinas alquidales y es precursor del ftalonitrilo obtenido por aminoxidación.



La oxidación del meta-xileno en fase líquida, en presencia de un catalizador de sulfito de amonio, produce ácido isoftálico. Este ácido se utiliza principalmente en la producción de poliésteres que se caracterizan por una mayor resistencia a la abrasión en comparación con poliésteres obtenidos de otros ácidos ftálicos. Estos poliésteres se utilizan para aplicaciones de moldeo a presión. La aminoxidación del ácido isoftálico produce isoftalonitrilo, un precursor de productos utilizados en la agricultura.



Otros Hidrocarburos

En el grupo de otros hidrocarburos se encuentran las olefinas C₄. Estas olefinas producen menos derivados que el etileno o el propileno. Sin embargo, estas olefinas y diolefinas son precursores de algunos productos de gran demanda como el metil terbutil éter, el adiponitrilo el 1,4-butandiol y el polibutadieno. El butadieno no es solamente el monómero más importante

para la producción de hule, también es un intermediario químico en la obtención de compuestos como el sulfolano y el cloropreno.

Los tres isómeros que forman parte de los butenos son el 1-buteno, el cis-2-buteno y el trans-2-buteno. Esta mezcla gaseosa se obtiene de la fracción olefínica C₄ proveniente de los *crackers* catalíticos y de vapor una vez que se ha separado el isobuteno. Esta mezcla de isómeros se puede utilizar directamente en reacciones que son comunes para los tres isómeros y que por lo tanto producen los mismos intermediarios y los mismos productos. Otra alternativa es separar la mezcla en dos corrientes, una compuesta por 1-buteno y la otra por cis y trans-buteno; cada una de estas corrientes produce químicos específicos. Alrededor del 70% del 1-buteno se utiliza como comonomero con el etileno para producir polietileno lineal de baja densidad. También se utiliza 1-buteno en la síntesis de óxido de butileno y el resto se mezcla con los 2-butenos (cis y trans) para obtener otros productos.

La mezcla de n-butenos puede ser oxidada y dependiendo de las condiciones de reacción y del catalizador empleado, se obtendrán diferentes productos. Los tres productos más importantes derivados de la oxidación de n-butenos son el ácido acético, el anhídrido maléico y la metil etil cetona.

Una alternativa para la producción de ácido acético es la oxidación catalítica del n-buteno en fase gaseosa. Para esta reacción se utiliza un catalizador de titanio/vanadio a partir del cual se obtiene un rendimiento del 70%; como subproductos se obtienen óxidos de carbono principalmente, y una pequeña cantidad de anhídrido maléico. Es importante recordar que la vía principal para obtener este producto es la carbonización del metanol. El ácido acético es un reactivo versátil; es importante como agente esterificante en la producción de acetato de celulosa, acetato de vinilo y etil y butil acetato, también es precursor del ácido cloroacético y del anhídrido acético.



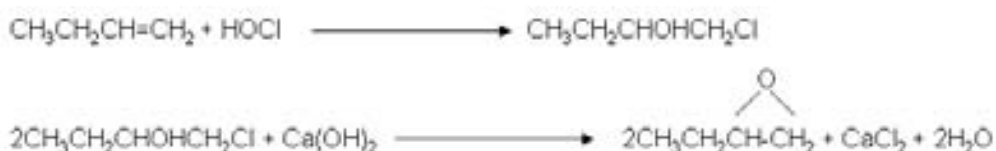
La metil etil cetona (2-butanona) es un líquido incoloro parecido a la acetona. La producción de esta cetona a partir de n-butenos se lleva a cabo mediante una oxidación en fase líquida en presencia de un catalizador tipo Wacker, obteniendo un rendimiento del 88%. La metil etil cetona se utiliza principalmente como solvente para los recubrimientos vinílicos y acrílicos, de lacas de nitrocelulosa y de adhesivos. Es un solvente selectivo de los aceites lubricantes, disuelve el aceite y lo separa de la cera presente. También se utiliza en la síntesis del peróxido de metil etil cetona, un catalizador empleado en la polimerización de polímeros acrílicos y de poliéster.



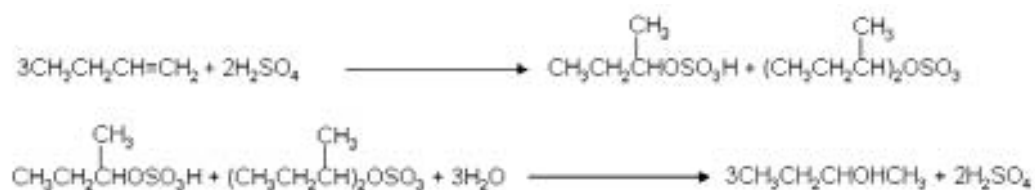
La producción de anhídrido maléico a partir de n-butenos se realiza mediante una oxidación catalítica utilizando un catalizador de óxidos (mezcla de óxidos de molibdeno, vanadio y fósforo), del cual se obtiene un rendimiento del 45%. Anteriormente se mencionaron los usos de este químico, siendo el más importante la elaboración de resinas de poliéster; como intermediario se utiliza en la producción de malatión, un importante insecticida, y en la obtención de hidrácido maléico, un regulador en el crecimiento de plantas.



El óxido de butileno, al igual que el óxido de propileno, se produce a partir de la clorohidratación del 1-buteno con HOCl seguido de una epoxidación. El óxido de butileno se puede hidrolizar para obtener butilenglicol, que se utiliza para elaborar plastificantes. También se utiliza como estabilizador de solventes clorados y es un intermediario en la síntesis de diversos fármacos y surfactantes.



El sec-butanol es un líquido que tiene un olor muy característico, es soluble en agua pero en una menor proporción en comparación con el alcohol etílico e isopropílico. Se produce mediante la reacción entre el ácido sulfúrico y la mezcla de n-butenos seguida de una hidrólisis. Esta reacción es similar a la sulfonación de etileno y propileno, se lleva a cabo en fase líquida. El uso principal del sec-butanol es la producción de metil etil cetona por deshidrogenación; también se utiliza como solvente y como removedor de pintura.



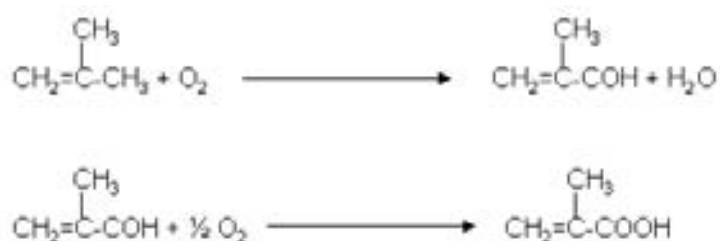
Es importante mencionar que los n-butenos se pueden isomerizar para obtener isobuteno utilizando el catalizador FER desarrollado por Shell. También se pueden utilizar para la metasíntesis (conversión de dos moléculas de olefinas en otras dos olefinas diferentes); un ejemplo de una reacción de metasíntesis es la producción de 2-buteno y etileno a partir de propileno. Las reacciones de esta naturaleza son reacciones de equilibrio reguladas por la relación de reactivos y la temperatura utilizada.



Los 2-butenos se puede oligomerizar en fase líquida y en presencia de un catalizador heterogéneo para producir olefinas en el rango C₈-C₁₂. La reacción es exotérmica y el proceso se puede ajustar para obtener ya sea mayor cantidad de olefinas lineales o ramificadas.

Hasta hace poco, el isobutileno se obtenía como un subproducto junto con otras olefinas C₄ de los diferentes procesos de *cracking*. Se utilizaba para producir alquilados dirigidos a la gama de las gasolinas. Una pequeña cantidad se utilizaba para producir isopreno y diisobutileno. Sin embargo, esta situación ha cambiado debido al incremento en la demanda de los oxigenantes derivados de este químico. Actualmente el n-butano es utilizado como precursor del isobutileno, su principal uso es la producción de metil terbutil éter.

La oxidación directa del isobutileno produce metacroleína y ácido metacrílico, proceso similar a la acroleína y ácido acrílico obtenidos de la oxidación del propileno. La oxidación catalítica se lleva a cabo en dos pasos, hecho derivado de las diferentes características de oxidación del isobutileno y de la metacroleína. En el primer paso, el isobutileno se oxida para formar metacroleína sobre un catalizador de óxido de molibdeno; posteriormente, la metacroleína es oxidada para obtener ácido metacrílico. Se esterifica el ácido metacrílico con metanol para producir el monómero metil metacrilato. La aminoxidación del isobutileno para producir metacrilonitrilo es similar a aquella del propileno para producir acrilonitrilo, con la diferencia que el rendimiento obtenido es menor.

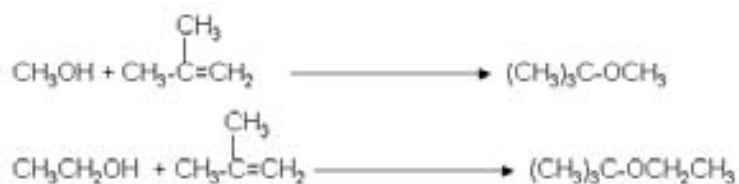


El óxido de isobutileno se produce de una manera similar al óxido de propileno y al óxido de butileno, es decir, mediante una clorohidratación y la reacción con Ca(OH)₂. La hidrólisis de este óxido en presencia de un ácido produce isobutilen glicol, el cual a su vez es oxidado para producir ácido othidroxisobutírico, con el que se obtiene ácido metacrílico.

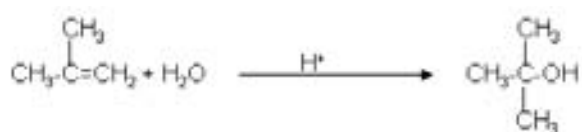


La reacción entre el isobutileno y alcohol metílico o etílico es una reacción de adición catalizada por una resina heterogénea de poliestireno. Cuando se utiliza metanol se alcanza un rendimiento del 98% de metil terbutil éter (MTBE), del cual ya se habló anteriormente. El etil terbutil éter se produce mediante la reacción entre el etanol y el isobutileno. Ambos productos se utilizan como oxigenantes en las gasolinas para elevar su octanaje. La única diferencia que

provoca que el MTBE sea el más utilizados de los dos éteres es su contenido de oxígeno, que es igual a 18.2% comparado con un 15.7% del ETBE.

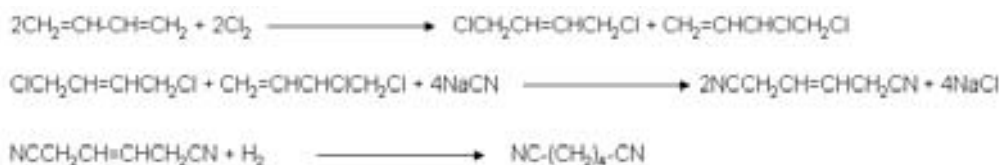


La hidratación ácida catalítica del isobutileno produce alcohol ter-butílico. La reacción ocurre en fase líquida en presencia de ácido sulfhídrico, obteniendo un rendimiento del 95%. Este alcohol es utilizado como intermediario en la elaboración de productos químicos gracias a la fácil formación de un carbocatión butílico terciario que presenta. También se utiliza como solvente en las formulaciones de fármacos, como removedor de pintura y como aditivo de gasolina.



El butadieno es una diolefina con gran potencial en la industria química. Es un líquido incoloro insoluble en agua pero soluble en alcohol. Se puede licuar fácilmente y se polimeriza con la presencia de iniciadores de radicales libres. El 90% de la demanda total de butadieno es obtenida como subproducto de las corrientes de los *crackers* de vapor y catalíticos. El resto de la demanda se obtiene de la deshidrogenación del n-butano y n-butenos. Se polimeriza y copolimeriza con otros monómeros para la obtención de hule sintético. Reacciona mediante un mecanismo de adición con reactivos como el cloro, el ácido cianhídrico y el dióxido de azufre.

El adiponitrilo es un líquido incoloro ligeramente soluble en agua pero soluble en alcohol. Se utiliza principalmente en la producción de nylon 6/6. La producción de este producto a partir de butadieno comienza con una cloración vía radicales libres que produce una mezcla de 1,4-dicloro-2-buteno y 3,4-dicloro-1-buteno. Esta mezcla es tratada con NaCN o HCN en presencia de cianuro de cobre para obtener 1,4-diciano-2-buteno, que posteriormente se hidrogena sobre un catalizador de platino para producir adiponitrilo.



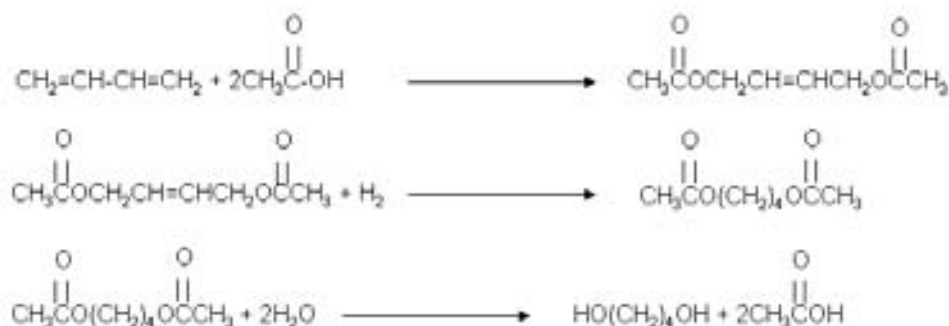
La hexametildiamina es un sólido incoloro, soluble tanto en agua como en alcohol. Ocupa el segundo puesto como monómero utilizado en la producción de nylon 6/6 con ácido adípico o sus ésteres. La ruta principal para la obtención de este producto es la hidrogenación catalítica en fase líquida del adiponitrilo.



Se puede producir ácido adípico mediante la carbonización catalítica del butadieno en fase líquida. Se utiliza un catalizador de RhCl_2 y CH_3I con el que se obtiene un rendimiento del 49%. Se obtiene como subproductos el ácido α -glutárico y el ácido valérico. El proceso principal para la obtención de este químico es la oxidación catalítica del ciclohexano.

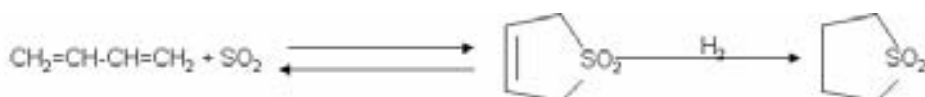


Una ruta alternativa para la producción de butandiol es la acetoxilación del butadieno con ácido acético seguida de una hidrogenación y una hidrólisis. El primer paso es la adición líquida del ácido acético al butadieno, reacción que se efectúa sobre un catalizador de Pd-Te y que favorece la adición 1,4; posteriormente la hidrogenación del diacetoxibuteno sobre un catalizador de Ni/Zn produce 1,4-diacetoxibutano, el cual se hidroliza para obtener 1,4-butandiol y ácido acético. El butandiol se utiliza principalmente en la producción de poliésteres termoplásticos.



El cloropreno (2-cloro, 1,3-butadieno), una diolefina conjugada, es un líquido ligeramente soluble en agua y soluble en alcohol. Se utiliza principalmente en la polimerización para obtener hule de neopreno. Se produce cloropreno a partir de la cloración de butadieno de la cual se produce una mezcla de diclorobutenos que se isomeriza para obtener 3,4-dicloro-1-buteno, éste se deshidroclora para finalmente obtener cloropreno.

El sulfolano se produce mediante la reacción entre el butadieno y el dióxido de azufre seguida de una hidrogenación. A los 125 °C el sulfolano se descompone en butadieno y dióxido de azufre, propiedad que se utiliza para separar el butadieno de una mezcla de olefinas C_4 , ya que las olefinas no reaccionan con el dióxido de azufre. El sulfolano es un compuesto biodegradable soluble en agua, muy polar y valioso por sus propiedades como solvente. Es un solvente selectivo en la extracción de aromáticos de las corrientes reformadas.



CAPÍTULO 4. MARCO LEGAL DEL PETRÓLEO Y LA PETROQUÍMICA EN MÉXICO

Las Primeras Regulaciones y Leyes

Para entender la situación actual de la petroquímica en México, es necesario revisar las cuestiones legislativas que se han presentado a lo largo de la historia de nuestro país. El punto de partida de la legislación en materia de petróleo son las Reales Ordenanzas para la Minería de la Nueva España del año de 1783. En su título sexto, en el artículo 22, se enlistan las sustancias pertenecientes al Real Patrimonio.³⁶

Art. 22.- Asimismo, concede que se puedan descubrir, solicitar, registrar y denunciar en la forma referida no sólo las minas de oro y plata, sino también las de piedras preciosas, cobre, plomo, estaño, azogue, antimonio, piedra calaminar, bismuto, sal de gema y cualesquiera otros fósiles, ya sean metales perfectos o medios minerales, **bitúmenes o jugos de la tierra**, dándose para su logro, beneficio y laborío, en los casos ocurrientes, las providencias que correspondan.

Por otra parte Maximiliano de Habsburgo, celebró en 1865 un Decreto Imperial, al considerar que en las Ordenanzas de Minería no se hacía referencia a sustancias que no fueran metales preciosos. En dicho Decreto, se estableció en su artículo primero:³⁷

Nadie puede explotar minas de sal, fuente o pozo y lagos de agua salada, carbón de piedra, betún, petróleo, alumbre, kaolín y piedras preciosas sin haber obtenido antes la concesión expresa y formal de las autoridades competentes y con aprobación del Ministerio de Fomento...

Aproximadamente 20 años más tarde, se tuvo un gran giro en la legislación mexicana referente a la relación de propiedad del suelo y del subsuelo. Jesús Silva Herzog expresa que “A partir del Código de 1884 la legislación se apartó de la tradición jurídica del país, que anteriormente separaba la propiedad del suelo de la del subsuelo y daba a la nación el dominio de la propiedad subterránea. El Código de 1884 dio al dueño de la tierra derecho de propiedad no sólo del terreno sino de todo lo que había arriba y debajo del mismo, en contra de los principios de la ciencia y del interés nacional.”³⁸

En dicho código, promulgado el 22 de noviembre de 1884, se establece:

Art. 1º.- Son objetos de este código:

I. Las minas y criaderos de todas las sustancias inorgánicas que constituyan depósitos cuya composición sea distinta de la de las rocas del terreno, como el oro, la plata, el

³⁶ Petróleos Mexicanos, *op. cit. supra*, nota 5.

³⁷ Idem

³⁸ Silva Herzog, Jesús, *op. cit supra*, nota 8.

cobre, el hierro, el manganeso, el plomo, el mercurio, el estaño, el antimonio, el zinc, el azufre, la sal gema cuyo aprovechamiento exija trabajos mineros.

II. Los placeres de oro y de platino y los de piedras preciosas empleadas en joyería.

Art. 10.- Son de la exclusiva propiedad del dueño del suelo, quien por lo mismo, sin necesidad de denuncia ni de adjudicación especial podrá explotar y aprovechar:

IV. Las sales que existan en la superficie, las aguas puras y saladas, superficiales o subterráneas; el petróleo y los manantiales gaseosos o de aguas termales y medicinales.

Tres años más tarde, el 6 de junio de 1887 se decreto la Ley sobre franquicias a las minas. En ésta se establecía que todo trabajo realizado en minas quedaba exento de todo impuesto a excepción del impuesto del Timbre, además autorizaba el otorgamiento de franquicias y concesiones sobre las minas que se encontrasen en territorio nacional por parte del Ejecutivo. A continuación se enlistan los artículos más relevantes de dicha ley:

Art. 1º.- Desde la promulgación de esta ley estarán libres de toda contribución federal, local y municipal, excepto el impuesto del Timbre, las minas de carbón de piedra en todas sus variedades, **las de petróleo**, las de hierro y azogue, así como los minerales productos de ellas.

Art. 8º.- Cualquier otro impuesto, excepto el del Timbre, sea cual fuere la denominación que puede dársele, sobre extracción, producción o utilidad de las minas, beneficio, producción o utilidad de los establecimientos metalúrgicos, capitales invertidos en las minas y haciendas de beneficio, acciones y títulos de minas o de toda clase de oficinas metalúrgicas y translación de dominio de las propiedades mineras y de las haciendas de beneficio, así como las acciones relativas a ellas, queda por esta Ley terminantemente prohibido.

Art. 10º.- Se autoriza al Ejecutivo para celebrar contratos, otorgando franquicias especiales y concesiones amplias, sin perjuicio de terceros, a las empresas que garanticen la inversión de capitales en la industria minera, relacionando la extensión de la zona que se les conceda para su explotación, con el monto del capital, la naturaleza del criadero y las circunstancias de la localidad.

Se puede considerar a esta ley como la antecesora inmediata a ley promulgada el 24 de diciembre de 1901. Es importante mencionar que las franquicias que podía otorgar el Ejecutivo tenían las siguientes limitantes:

- La duración de las franquicias y concesiones especiales no excederá, en ningún caso, de diez años.

- El mínimo del capital que se invierta en la explotación, será de doscientos mil pesos hasta en cinco años.

Posteriormente, el 4 de junio de 1892 se expidió la Ley Minera. En ella se siguió el mismo patrón, dejando libre la explotación, sin necesidad de concesión en ningún caso, al dueño del suelo, de combustibles minerales, aceites y aguas minerales, las rocas del terreno y las materias del suelo.

La Ley Petrolera de 1901

El 24 de Diciembre de 1901 se expidió la primera ley petrolera bajo el gobierno del General Porfirio Díaz. Para entender el alcance de esta ley, es necesario recordar que en ese tiempo se encontraba en pleno apogeo la escuela del liberalismo dentro de la economía mexicana. La meta que se pretendía alcanzar era el progreso y con ésta en mente, el Estado había ido poco a poco desprendiéndose de bienes, privilegios y derechos. La idea era crear un grupo numeroso de empresarios cuyo único fin sería el de traer indirectamente el progreso material al país.

En esta ley, se reconoció al superficiario, el derecho de explotar el petróleo y se designó al poder Ejecutivo la facultad de otorgar concesiones para su explotación en terrenos nacionales.

El contenido principal de esta ley era el siguiente:³⁹

Art. 1º.- Se autoriza al Ejecutivo Federal para conceder permisos, a fin de hacer exploraciones en el subsuelo de los terrenos baldíos o nacionales, lagos, lagunas y albuferas que sean de jurisdicción federal, con el objeto de descubrir las fuentes o depósitos de petróleo o carburos gaseosos de hidrógeno que en él puedan existir.

Igualmente se autoriza al Gobierno Federal para expedir patentes, por virtud de las cuales hayan de hacerse, de conformidad con las prescripciones de esta ley, las explotaciones de las fuentes o depósitos de petróleo o carburos gaseosos de hidrógeno.

Art. 2º.- Los permisos que hayan de otorgarse de conformidad con el artículo anterior, podrán concederse, ya sea a particulares o a compañías debidamente organizadas, y sólo durarán un año improrrogable. Durante este tiempo nadie más que la persona o compañía a cuyo favor haya sido otorgado el permiso, tendrá derecho para hacer exploraciones dentro de la zona a que aquél se refiera.

³⁹ Andrade, Manuel, *op. cit supra*, nota 3.

Art. 3º.- Las patentes de explotación durarán diez años. Terminado este plazo, cesarán las franquicias y concesiones otorgadas a los explotadores.

Los descubridores de petróleo o carburos gaseosos de hidrógeno, que de acuerdo con la ley obtuvieron su patente respectiva, gozarán para la explotación de aquellas substancias de las siguientes franquicias:

- I. Exportar libres de todo impuesto los productos naturales, refinados o elaborados que procedan de la explotación.
- II. Importar libres de derechos, por una sola vez, las máquinas para refinar petróleo o carburos gaseosos de hidrógeno y para elaborar toda clase de productos que tengan por base el petróleo crudo, las tuberías necesarias para estas industrias, así como los accesorios para esta tuberías, bombas, tanques de hierro o de madera, barriles de hierro o de madera, gasómetros y materiales para los edificios destinados a la explotación, quedando estas importaciones sujetas a las disposiciones y reglas que dicte la Secretaría de Hacienda.
- III. El capital invertido en la explotación de petróleo o carburos gaseosos de hidrógeno, será libre por diez años de todo impuesto federal, excepto el del Timbre.
- IV. Los concesionarios tendrán el derecho de comprar los terrenos nacionales necesarios para el establecimiento de sus maquinarias y oficinas al precio de tarifa de los terrenos baldíos que esté vigente en la fecha de publicación de la patente.
- V. Para el mismo establecimiento a que se refiere la fracción anterior, y cuando se trate de terrenos que sean de propiedad particular, los mismos concesionarios tendrán el derecho de expropiar a dichos particulares.
- VI. Las empresas tendrán, además, el derecho de establecer tuberías para conducir los productos de la explotación por los terrenos de propiedad particular que sean necesarios, a fin de facilitar su venta y siempre que no sea con el objeto de establecer un servicio en el cual dichos productos sean consumidos.

Art. 6º.- Las empresas que obtengan patente de explotación, estarán obligadas en cambio de las franquicias que la presente Ley les otorga, a pagar anualmente a la Tesorería General de la Federación, siete por ciento y a la del Estado en que se halle la negociación, tres por ciento sobre el importe total de los dividendos que decretaren a favor de los accionistas. Si las mismas empresas no estuvieran organizadas en la forma de Sociedades Anónimas o Sociedades en Comandita por Acciones, las cantidades que deban pagar a la Tesorería General de la Federación o a la de los Estados, según previene el párrafo anterior, se calcularán sobre las utilidades líquidas obtenidas.

Art. 7º.- Los dueños de terrenos seguirán disfrutando de los derechos que les concede el artículo 4º de la Ley Minera vigente, y podrán, en consecuencia, hacer dentro de sus

terrenos las exploraciones y explotaciones de petróleo y carburos gaseosos de hidrógeno que deseen.

Los dueños de terrenos o las personas o compañías expresamente autorizadas por aquellos, podrán solicitar de la Secretaría de Fomento, permisos para hacer exploraciones y patentes de explotación y gozarán de las franquicias que otorgan los artículos anteriores.

En general, el fin de dichas concesiones era el de descubrir fuentes de petróleo, hidrocarburos y sus derivados, así como la explotación de los mismos. Se buscaba el desarrollo de la industria petrolera en México. Los concesionarios se comprometían a invertir en las exploraciones y explotaciones petroleras y a establecer refinerías de ensayo. En cuestión impositiva, estaban obligadas al pago a la Nación del 10% de las utilidades líquidas, pero, como hemos mencionado, gozaban de una exención fiscal casi absoluta pagando sólo el impuesto del Timbre.

Las concesiones fueron realmente ventajosas para las empresas por diferentes razones: por un lado, la explotación del petróleo y la comercialización de los productos derivados eran sumamente rentables: "Cuando las compañías extranjeras operaban en México, las utilidades de la industria petrolera fueron de las más altas obtenidas en el país y en el mundo. La inversión inicial de USD 100 MM aproximadamente y las reinversiones permitieron exportar entre USD 1,000 y 5,000 MM entre 1901 y 1938;⁴⁰ por otro lado, las compañías supieron dar la vuelta a su principal obligación, el pago del 10% de las utilidades líquidas a la Tesorería de la Nación, al dedicarse a la explotación y desarrollo en terrenos particulares, sin la necesidad de pedir patentes de explotación mismas que las obligaban al pago antes mencionado.

Ley Minera del 25 de noviembre de 1909

Una ley que favoreció la indiscriminada explotación petrolera que sufrió México en manos de empresas extranjeras fue la Ley Minera del 25 de noviembre de 1909. Años antes de que esta ley fuera promulgada, en junio de 1906, Pearson inició los trabajos de perforación del pozo "Dos Bocas", localizado en San Diego de la Mar cerca de la laguna de Tamiahua. Poco tiempo después de que los trabajos de perforación concluyeran, se presentó un gran incendio en el pozo, mismo que no pudo ser controlado hasta el agotamiento total del yacimiento.

Este suceso constituyó una verdadera revelación para el gobierno mexicano, ya que se tomó en serio la posibilidad de que México pudiera ser un gran productor de petróleo; esta idea había sido rechazada anteriormente por un grupo de geólogos, tanto mexicanos como extranjeros, expertos en la materia. Cuando se decidió reformar la Ley Minera mexicana, se

⁴⁰ Meyer, Lorenzo, *op. cit. supra*, nota 13.

pidió la opinión acerca del tema petrolero a un grupo de consultores, de los cuales sólo unos cuantos opinaban que el petróleo debía figurar entre los bienes de la República.

El resultado de la consulta fue la promulgación de la Ley del 25 de noviembre de 1909 en la cual se consideró al petróleo como propiedad del dueño de la superficie. Como se comentó anteriormente esta ley tuvo muy graves consecuencias, a partir de ésta quedaron regularizados y legalizados los contratos que habían realizado los primeros petroleros extranjeros en México, el inglés Pearson y el norteamericano Doheny, con los superficiarios, que hasta entonces eran poseedores de simples exclusivas de explotación y no de derechos de propiedad. Esta ley representó la base de la resistencia que tiempo después ejercieron las empresas petroleras extranjeras cuando el gobierno mexicano decidió nacionalizar el subsuelo del país.

Esta ley tuvo vigencia de 1909 hasta 1917, momento en el que fue remplazada por el párrafo IV del Artículo 27 de la Constitución de 1917.

Los Gobiernos Revolucionarios y Posrevolucionarios

Francisco I. Madero, quien gobernó a México de 1911 a 1913, estableció el primer impuesto a la industria petrolera el 8 de junio de 1912, decretando un impuesto especial del Timbre sobre el petróleo crudo de producción nacional a razón de veinte centavos por tonelada; este impuesto posicionó al petróleo por vez primera como fuente de ingresos para la administración mexicana. Además, se dieron los primeros pasos para reglamentar la operación de la industria petrolera, sin embargo éstos se vieron interrumpidos por la caída del gobierno de Madero y no fueron retomados sino hasta la victoria del ejército Constitucionalista en julio de 1914.

Venustiano Carranza tenía una visión clara y completa del problema de la industria petrolera mexicana, quería devolverle esa enorme riqueza a la nación. Durante su gobierno se estableció, el 21 de julio de 1914, el impuesto de barra sobre el petróleo crudo a razón de diez centavos por tonelada. Este impuesto dio al ejército Constitucionalista los fondos necesarios para sostener la lucha contra Villa y los soldados de la Convención; hay quienes afirman que sin este ingreso no se hubiera consumado el triunfo del carrancismo en México.

El 19 de marzo de 1915 se anunció un acuerdo del Primer Jefe del Ejército Constitucionalista, en el cual se anunciaba la organización de la Comisión Técnica del Petróleo. El objeto de esta comisión era el de emprender una investigación completa sobre todo lo concerniente a la industria del petróleo y a sus relaciones con el gobierno; se pretendía que a partir de esta investigación se propusieran las leyes y reglamentos necesarios para el desarrollo de esta industria.

Al enterarse las compañías petroleras extranjeras de la actitud patriótica y nacionalista de Carranza, lograron que Manuel Peláez se levantara en armas en la zona petrolera en contra

del Primer Jefe del Ejército Constitucionalista. Peláez pagaba sus tropas con dinero de las compañías y logró controlar la zona a favor de las empresas petroleras que ponían en juego sus recursos para evitar la intervención del gobierno mexicano en sus operaciones.

Artículo 27 Constitucional⁴¹

Uno de los artículos fundamentales de la Constitución de 1917 que reformaba a la de 1857 fue el artículo 27. Éste, junto con el 3, 123 y 130 eran el núcleo del nuevo sistema que se buscaba formar. El artículo 27 separaba la propiedad del suelo de la del subsuelo, contrastando fuertemente con la ley minera de 1909. En su primer párrafo establece la propiedad de la Nación de las tierras y aguas de todo el territorio:

La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponden originalmente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada.

Entrando en materia petrolera, el artículo establece dos cosas muy importantes: que la nación es propietaria de todos los recursos naturales de la plataforma continental y los zócalos submarinos de las islas, incluyendo todos los minerales, combustibles sólidos, el petróleo y todos los carburos de hidrógeno sólidos, líquidos o gaseosos; y que el dominio de la nación sobre dichos recursos es inalienable, imprescriptible y la explotación, el uso o el aprovechamiento por particulares o sociedades de ellos podrá realizarse sólo mediante concesiones otorgadas por el Ejecutivo Federal.

Surgió una gran controversia sobre la retroactividad o no retroactividad del artículo, principalmente de su párrafo IV (párrafo en el cual se habla de la propiedad de la Nación sobre el petróleo). Con la promulgación de la Constitución, se nulificaban completamente los derechos de propiedad que las empresas tenían sobre el petróleo. Además, se facultaba al Ejecutivo para revisar y declarar nulas todas las concesiones celebradas a partir de 1876.

En la práctica, el mandato del Artículo 27 Constitucional con relación a las concesiones se aplicó indirectamente en una serie de decretos reglamentarios que comenzaron con el del 19 de febrero de 1918, en el cual se ordenaba la manifestación de los terrenos petroleros, ya fueren libres o comprendidos en algún contrato de subsuelo.

El 8 de agosto de 1918 se expidió un decreto que sustituyó al del 19 de febrero antes mencionado. Este decreto es de gran importancia en la historia del petróleo en México ya que marcó el inicio y fue la causa principal de la lucha entre el gobierno mexicano y las poderosas compañías petroleras extranjeras. En éste se permitía la explotación del subsuelo únicamente

⁴¹ Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de febrero de 1917, última reforma 13 de noviembre de 2007.

por medio de títulos de denuncia otorgados por la Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo. Se establecía la obligación de pagar al gobierno una regalía de 5% sobre la producción bruta y la de no interrumpir los trabajos sin causa justificada por dos meses continuos. Como no se mencionaba nada de respetar o confirmar derechos adquiridos de acuerdo con leyes anteriores, se presentó la famosa cuestión de la retroactividad. Por una parte, el Gobierno de México intentaba nacionalizar el subsuelo de forma absoluta incluyendo aquellos terrenos que habían sido contratados con fines de explotación petrolera antes de la vigencia de la Constitución de 1917. Por otra parte, las empresas sostenían que solamente debían incluirse en la nacionalización aquellos terrenos contratados después del 1 de mayo de 1917, fecha en que entró en vigor la Constitución.

Las empresas se agruparon y formaron la "Asociación de Petroleros" con el fin de presentar un único y poderoso frente. Ninguna de las empresas importantes atendió al llamado del gobierno mexicano del decreto antes citado, creían que si lo hacían estarían renunciando a todo los títulos adquiridos en los contratos anteriores. Continuaron explotando predios al margen de cualquier derecho administrativo reconocido antes del 1 de mayo de 1917, por lo tanto quedó suspendida toda labor de exploración. El año de 1919 transcurrió en plena batalla entre las empresas y el gobierno, a pesar de que no había exploración, los campos productivos fueron explotados intensamente.

Cuando cayó el gobierno de Carranza y entró en su lugar Adolfo de la Huerta como presidente interino, las relaciones entre los industriales petroleros y el gobierno se suavizaron. Durante el gobierno del general Obregón, de 1920 a 1924, no se dio ningún paso importante en lo referente al petróleo. De 1920 a 1925 los asuntos petroleros fueron resueltos mediante acuerdos presidenciales que se dictaban para un sólo caso pero podían sentar las bases para la resolución de otro. Esta situación produjo en algunas ocasiones desconcierto, provocando situaciones difíciles, y puso de manifiesto la necesidad y urgencia de una Ley del Petróleo.

No fue sino hasta el año de 1925, durante el gobierno de Plutarco Elías Calles, cuando se formó una Comisión Mixta que formuló el proyecto de ley que entró en vigor el 29 de diciembre de 1925. En esta ley se reconocía la existencia de derechos confirmables (sobre terrenos petrolíferos) y reducía la confirmación a sólo cincuenta años, sin distinguir entre los derechos que pudieran tener los propietarios y arrendatarios. Esta restricción de tiempo y la uniformidad de disposiciones entre superficiarios y arrendatarios provocaron gran descontento entre las empresas petroleras, que una vez más dejaron de realizar trabajos de exploración y perforación resucitando la vieja cuestión de la retroactividad, y amenazando al gobierno mexicano con abandonar al país, situación que se hubiera presentado complicada por el ingreso que dejaría de percibir el gobierno por concepto de impuestos sobre el petróleo. La política de las empresas extranjeras fue dura y agresiva, algunas compañías efectivamente abandonaron el país y se dirigieron a explotar los campos recién descubiertos en Venezuela.

Ante esta situación el Gobierno de México se vio obligado a aceptar el principio de la no retroactividad de esta ley además de establecer diferencias entre superficiarios y arrendatarios, confirmando los derechos de los primeros por tiempo indefinido y los de los segundos por el de vigencia de sus contratos.

En el periodo de tiempo transcurrido de 1926 a 1936 no se presentó ninguna situación diferente o relevante en cuanto a legislación petrolera. Solamente el 29 de noviembre de 1927 se expidió el Reglamento de Trabajos Petroleros, que contiene disposiciones enfocadas a la protección de la vida y la salud de los trabajadores y para evitar desperdicios y despilfarros de petróleo y sus derivados. En 1936 se presentó el conflicto entre las empresas y sus sindicatos que culminó con la Expropiación Petrolera el 18 de marzo de 1938 y la creación de Petróleos Mexicanos, sucesos históricos que ya fueron analizados en el primer capítulo de este trabajo.

Comisión Petroquímica y Permisos Petroquímicos

En el artículo 30, incluido en el capítulo VIII (Petroquímica) del Reglamento de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional, publicado el 25 de agosto de 1959, se establecía lo siguiente:⁴²

Los permisos a particulares para producir productos petroquímicos los otorgaría el Ejecutivo Federal con la ayuda de la Secretaría de Patrimonio Nacional, la Secretaría de Industria y Comercio y Petróleos Mexicanos.

Fue así como se creó la llamada Comisión Petroquímica Mexicana integrada por los dos Secretarios de Estado y el director general de PEMEX. La función de esta comisión era la de analizar proyectos petroquímicos, presentados por diferentes grupos de empresarios privados, y definir cuales de éstos eran más ventajosos para el desarrollo industrial en México y de esta forma otorgar los permisos para la ejecución de dichos proyectos. Estos permisos eran publicados en el D.O.F. y entraban en vigor al día siguiente de su publicación, metodología que prevaleció hasta la publicación del último permiso petroquímico otorgado.

El 9 de febrero de 1971, tras los problemas derivados de los conflictos de intereses que había constantemente entre los grupos de inversionistas y lo poco explícito que resultaba ser el artículo 30 del reglamento antes mencionado, se publicó otro reglamento sobre petroquímica, el Reglamento de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo, en Materia de Petroquímica, el cual derogaba, en su artículo segundo transitorio, el capítulo VIII sobre petroquímica del reglamento de 1959. Este nuevo reglamento establecía lo siguiente:

⁴² Diario Oficial de la Federación, Reglamento de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo, en Materia de Petroquímica, México, 9 de febrero de 1971.

Se le daba vida legal, personalidad jurídica y recursos propios a la Comisión Petroquímica Mexicana; además se establecieron las características de los permisos y las garantías que deberían dar los inversionistas para asegurar el cumplimiento del proyecto presentado.

La Comisión Petroquímica Mexicana desapareció en el año de 1994 cuando la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal se convirtió únicamente en la Secretaría de Energía. Con la desintegración de esta comisión, la Dirección General de Recursos Energéticos y Radioactivos de la Subsecretaría de Política y Desarrollo Energético, fue la encargada de emitir los permisos para la elaboración de productos petroquímicos, sin embargo esta dirección jamás otorgó un permiso petroquímico.

En el año de 1996 se derogó por completo el Reglamento de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo, en Materia de Petroquímica, publicado en 1971. Para la fecha en que se derogó este reglamento, ya se había modificado el artículo 12 de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo; esta modificación se publicó el 11 de mayo de 1995 en el D.O.F. y es la que actualmente rige las actividades de la industria petroquímica. El contenido de este artículo es el siguiente:

Artículo 12º.- En lo no previsto por esta ley, se consideran mercantiles los actos de la industria petrolera y las actividades a las que se refiere el artículo 4º, segundo párrafo, que se regirán por el Código de Comercio y, de modo supletorio, por las disposiciones del Código Civil del Distrito Federal en materia común y para toda la República en materia federal.

Por lo tanto, todo aquello que no se mencione en esta ley, será tratado como un asunto mercantil, y deberá seguir los procedimientos establecidos en el Código de Comercio, es decir, ya no existe ninguna comisión, para bien o para mal, cuya responsabilidad sea la de establecer la dirección de la industria petroquímica mexicana.

A continuación se presentan todos los permisos petroquímicos otorgados desde el año de 1961 hasta el 30 de junio de 1992, fecha en que fue publicado en el D.O.F. el último de los permisos petroquímicos. No se incluyen aquellos permisos otorgados que fueron cancelados por decisión de los interesados. La capacidad autorizada se reporta en toneladas por año (tpa).

Tabla 1 Relación de Permisos Petroquímicos

| Empresa | Productos | Fecha | Localización | Capacidad |
|------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Acrilatos, S.A. | Ácido Acrílico | 30-Mar-1987 | Tuzandepetl, Veracruz | 30,000 |
| | Acroleína | 30-Mar-1987 | Tuzandepetl, Veracruz | 6,000 |
| Adhesivos, S.A. | Formaldehído | 18-Jul-1974 | Ixtacuixtla, Tlaxcala | 3,300 |
| | | 21-Feb-1979 | Ixtacuixtla, Tlaxcala | 16,100 |
| | | 16-May-1986 | Ixtacuixtla, Tlaxcala | 2,600 |
| | | 21-Sep-1990 | Ixtacuixtla, Tlaxcala | 18,000 |
| | P-Formaldehído | 02-Dic-1982 | Ixtacuixtla, Tlaxcala | 1,500 |
| Aldehídos, S.A. de C.V. | Formaldehído | 13-Jul-1978 | Santa Clara, Estado de México | 4,950 |
| Alfa Industrias, S.A. | Anilina | 22-Ago-1980 | Altamira, Tamaulipas | 15,000 |
| | Nitrobenceno | 22-Ago-1980 | Altamira, Tamaulipas | 40,000 |
| Becco Industrial, S.A. | Formaldehído | 18-Ago-1974 | Santa Clara, Estado de México | 4,500 |
| Catálisis, S.A. | Formaldehído | 28-Mar-1988 | Altamira, Tamaulipas | 40,000 |
| | Olefinas Internas | 08-May-1991 | Tula, Hidalgo | 115,000 |
| | P-Formaldehído | 28-Mar-1988 | Coatzacoalcos, Veracruz | 5,000 |
| Celanese Mexicana, S.A. | 2-Etilhexanol | 24-Jul-1979 | Celaya, Guanajuato | 10,000 |
| | | 19-Jun-1981 | Cosoleacaque, Veracruz | 42,000 |
| | | 10-Nov-1987 | Celaya, Guanajuato | 70,000 |
| | | 08-May-1991 | Coatzacoalcos, Veracruz | 70,000 |
| | | Acetato de Vinilo | 21-Feb-1979 | Lerma, Estado de México |
| | | 24-Jul-1979 | Cosoleacaque, Veracruz | 19,200 |
| | | 10-Nov-1987 | Coatzacoalcos, Veracruz | 60,000 |
| | | 21-Sep-1990 | Cosoleacaque, Veracruz | 15,000 |
| | Acetona | 22-Feb-1979 | Lerma, Estado de México | 3,250 |
| | Ácido Acético | 01-Ago-1979 | Cosoleacaque, Veracruz | 60,000 |
| | | 21-Dic-1976 | Celaya, Guanajuato | 14,900 |
| | | 24-Jul-1979 | Celaya, Guanajuato | 8,500 |
| | | | Cosoleacaque, Veracruz | 122,976 |
| | | 10-Nov-1987 | Celaya, Guanajuato | 63,000 |
| | Ácido Acético (Subproducto) | 10-Nov-1987 | Coatzacoalcos, Veracruz | 24,180 |
| | Ácido Acrílico | 03-Oct-1989 | Coatzacoalcos, Veracruz | 30,000 |
| | Anhídrido Acético | 22-Feb-1979 | Lerma, Estado de México | 8,000 |
| | | 24-Jul-1979 | Cosoleacaque, Veracruz | 25,000 |
| | | 10-Nov-1987 | Celaya, Guanajuato | 45,000 |
| | Anhídrido Ftálico | 20-May-1977 | Lerma, Estado de México | 25,000 |
| | | 14-Sep-1982 | Cosoleacaque, Veracruz | 25,000 |
| | | 10-Nov-1987 | Lerma, Estado de México | 25,000 |
| | Anhídrido Maléico | 31-Dic-1990 | Cosoleacaque, Veracruz | 1,500 |
| Butanol Normal | 01-Ago-1979 | Cosoleacaque, Veracruz | 28,000 | |
| Butiraldehído | 24-Jul-1979 | Celaya, Guanajuato | 12,500 | |
| | 01-Ago-1979 | Cosoleacaque, Veracruz | 85,000 | |
| | 10-Nov-1987 | Coatzacoalcos, Veracruz | 90,000 | |
| Metilaminas | 24-Jul-1979 | Cosoleacaque, Veracruz | 4,400 | |
| n-Butiraldehído | 13-Nov-1987 | Celaya, Guanajuato | 100,000 | |
| Pentaeritritol | 18-Oct-1984 | Celaya, Guanajuato | 5,000 | |
| Celco Química, S.A. de C.V. | Acetona | 16-Oct-1986 | Guadalajara, Jalisco | 1,300 |
| Clorobencenos, S.A. de C.V. | Clorobenceno | 03-Dic-1984 | El Carmen, Tlaxcala | 380 |
| Compañía Química de Fosfatos, S.A. | Fosfato de Amonio | 18-Jul-1977 | Chachapa, Puebla | 300 |
| Derivados Maléicos, S.A. | Anhídrido Ftálico | 02-Feb-1967 | Minatitlán, Veracruz | 6,000 |
| | Anhídrido Maléico | 02-Feb-1967 | Minatitlán, Veracruz | 3,000 |
| | | 21-Jul-1972 | Puebla, Puebla | 7,000 |
| | | 06-Ago-1984 | San Cosme Xalostoc, Tlaxcala | 10,000 |
| | | 12-Jul-1989 | Puebla, Puebla | 5,000 |
| | | | San Cosme Xalostoc, Tlaxcala | 5,000 |
| | 21-Sep-1990 | Puebla, Puebla | 15,000 | |

| Empresa | Productos | Fecha | Localización | Capacidad |
|------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------|
| Feno Resinas, S.A. | Formaldehído | 13-Feb-1961 | Tizayuca, Hidalgo | 8,000 |
| | | 21-Sep-1990 | Tizayuca, Hidalgo | 4,000 |
| | | 16-Oct-1991 | Tizayuca, Hidalgo | 15,300 |
| Fenoquimia, S.A. | Acetocianhidrina | 31-Oct-1986 | Cosoleacaque, Veracruz | 20,000 |
| | | 03-Dic-1990 | Cosoleacaque, Veracruz | 20,000 |
| | Acetona | 26-Oct-1972 | Cosoleacaque, Veracruz | 15,000 |
| | | 18-Ago-1980 | Cosoleacaque, Veracruz | 9,900 |
| | Fenol | 26-Oct-1972 | Cosoleacaque, Veracruz | 25,000 |
| | | 18-Ago-1980 | Cosoleacaque, Veracruz | 15,500 |
| Metacrilato de Metilo y Sulfato de Amonio | 13-Dic-1972 | Cosoleacaque, Veracruz | 10,000 | |
| Fertilizantes Mexicanos, S.A. | Fosfato de Amonio | 13-Feb-1961 | Minatitlán, Veracruz | 40,150 |
| | | 28-Ago-1969 | Cosoleacaque, Veracruz | 75,000 |
| | | 27-Mar-1979 | Lázaro Cárdenas, Michoacán | 275,500 |
| | Nitrato de Amonio | 13-Feb-1961 | Minatitlán, Veracruz | 73,000 |
| | | 27-Mar-1979 | Lázaro Cárdenas, Michoacán | 200,000 |
| | | | Minatitlán, Veracruz | 27,000 |
| | | | Monclova, Coahuila | 68,000 |
| | Sulfato de Amonio | 06-Nov-1965 | Torreón, Coahuila | 72,000 |
| | | 29-Ene-1976 | Coatzacoalcos, Veracruz | 100,000 |
| | | | Cuautitlán, Estado de México | 25,000 |
| | | | Guadalajara, Jalisco | 120,000 |
| | | | Querétaro, Querétaro | 200,000 |
| | | | Salamanca, Guanajuato | 60,000 |
| | | | Torreón, Coahuila | 100,000 |
| | | 05-Oct-1981 | Coatzacoalcos, Veracruz | 210,000 |
| | | | Cuautitlán, Estado de México | 225,000 |
| | | | Guadalajara, Jalisco | 278,700 |
| | Querétaro, Querétaro | | 600,000 | |
| | Urea | 13-Feb-1961 | Minatitlán, Veracruz | 36,500 |
| | | 31-Ene-1967 | Ciudad Camargo, Chihuahua | 75,000 |
| 15-Ago-1967 | | Minatitlán, Veracruz | 165,000 | |
| 06-Dic-1968 | | Minatitlán, Veracruz | 82,500 | |
| 29-Ene-1976 | | Ciudad Camargo, Chihuahua | 10,000 | |
| | | Coatzacoalcos, Veracruz | 495,000 | |
| | | Minatitlán, Veracruz | 104,000 | |
| | | Salamanca, Guanajuato | 328,730 | |
| 05-Oct-1981 | | Coatzacoalcos, Veracruz | 495,000 | |
| 30-Mar-1987 | | Ciudad Camargo, Chihuahua | 495,000 | |
| | Lázaro Cárdenas, Michoacán | 495,000 | | |
| Fertilizantes Químicos Mexicanos, S.A. de C.V. | Sulfato de Amonio | 30-Jun-1992 | Salamanca, Guanajuato | 160,000 |
| | Urea | 30/06/1992 | Ciudad Camargo, Chihuahua | 85,000 |
| Salamanca, Guanajuato | | | 386,000 | |
| Fertirey, S.A. de C.V. | Sulfato de Amonio | 30-Jul-1991 | Torreón, Coahuila | 200,000 |
| Formo Penta y Derivados, S.A. | Formaldehído | 10-Mar-1976 | Puebla, Puebla | 20,000 |
| | Pentaeritrol | 10/03/1976 | Puebla, Puebla | 5,000 |
| Formoquimia, S.A. de C.V. | Formaldehído | 06-May-1976 | Parral, Chihuahua | 9,900 |

| Empresa | Productos | Fecha | Localización | Capacidad |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|-----------|
| Glicoles Mexicanos, S.A. de C.V. | Óxido de Etileno | 30-Jul-1991 | Cosoleacaque, Veracruz | 120,000 |
| Grupo Primex, S.A. de C.V. | 2-Etilhexanol | 06-Feb-1981 | Tampico, Tamaulipas | 20,000 |
| | | 13-Sep-1982 | Altamira, Tamaulipas | 20,000 |
| | | 30-Mar-1987 | Altamira, Tamaulipas | 40,000 |
| | Anhídrido Ftálico | 06-Feb-1981 | Tampico, Tamaulipas | 15,000 |
| | | 13-Sep-1982 | Altamira, Tamaulipas | 15,000 |
| | | 30-Mar-1987 | Altamira, Tamaulipas | 30,000 |
| | | | Cuautitlán, Estado de México | 2,400 |
| | Cloruro de Polivinilo, Copolímero de Acetato y Cloruro de Vinilo | 13-Jun-1966 | Puebla, Puebla | 5,100 |
| | | 10-Jun-1967 | Puebla, Puebla | 4,000 |
| | | 07-Ago-1973 | Puebla, Puebla | 9,100 |
| | | 21-Jun-1974 | Puebla, Puebla | 11,800 |
| 31-May-1979 | | Tampico, Tamaulipas | 60,000 | |
| Cloruro de Vinilo | 13-Sep-1982 | Altamira, Tamaulipas | 75,000 | |
| Polipropileno | 04-Sep-1989 | Altamira, Tamaulipas | 90,000 | |
| Hexátesis, S.A. | Formaldehído | 23-Sep-1980 | Xalostoc, Estado de México | 1,650 |
| Industria Química del Pacífico, S.A. de C.V. | Formaldehído | 30-Mar-1987 | El Salto, Jalisco | 10,000 |
| Industria Química Priha Guadiana, S.A. | Formaldehído | 19-Jul-1982 | Durango, Durango | 15,000 |
| Industrias Derivadas del Etileno, S.A. | Etanolaminas | 26-Ago-1968 | Puebla, Puebla | 2,000 |
| | | 29-May-1972 | Puebla, Puebla | 1,000 |
| | | 20-Abr-1976 | Puebla, Puebla | 6,000 |
| | | 16-Nov-1987 | San Cosme Xalostoc, Tlaxcala | 15,000 |
| | | 30-Jul-1991 | Cosoleacaque, Veracruz | 15,000 |
| Industrias Derivadas del Propileno, S.A. | Butanol | 16-Nov-1987 | Coatzacoalcos, Veracruz | 25,000 |
| Industrias Monfel, S.A. de C.V. | Ácido Acético | 22-Mar-1988 | San Luis Potosí, San Luis Potosí | 14,000 |
| | Anhídrido Acético | 22/03/1988 | San Luis Potosí, San Luis Potosí | 5,000 |
| Industrias Resistol, S.A. | Formaldehído | 23-Jul-1974 | Lerma, Estado de México | 12,000 |
| | | 05-Ago-1982 | Lerma, Estado de México | 8,000 |
| Ingsam, S.A. | Formaldehído | 06-Dic-1965 | Naucalpan, Estado de México | 600 |
| Met-Mex Peñoles, S.A. de C.V. | Sulfato de Amonio | 04-Sep-1989 | Torreón, Coahuila | 75,000 |
| Némesis, S.A. | Formaldehído | 13-Feb-1975 | Zumpango, Estado de México | 6,600 |
| | | 30-Mar-1987 | Los Reyes, Estado de México | 20,000 |
| Nitroamonía de México, S.A. de C.V. | Nitrato de Amonio | 30-Jun-1992 | Monclova, Chihuahua | 68,000 |
| Petrocel, S.A. | Ácido Tereftálico | 02-Mar-1973 | Altamira, Tamaulipas | 110,000 |
| | | 13-Mar-1974 | Altamira, Tamaulipas | 62,000 |
| | | 16-Feb-1981 | Altamira, Tamaulipas | 60,000 |
| | | | | 120,000 |
| | | 12-Dic-1987 | Altamira, Tamaulipas | 70,000 |
| | 04-Jul-1991 | Altamira, Tamaulipas | 60,000 | |
| Dimetil Tereftalato | 04/07/1991 | Altamira, Tamaulipas | 520,000 | |
| Petro-Derivados, S.A. de C.V. | Formaldehído | 20-Feb-1979 | San Juan Ixhuatepec, Estado de México | 5,280 |
| | | 12-Mar-1984 | San Juan Ixhuatepec, Estado de México | 2,100 |

| Empresa | Productos | Fecha | Localización | Capacidad |
|----------------------------------------------|-------------------|-------------|----------------------------------|-----------|
| Polycemex, S.A. de C.V. | Caprolactama | 30-Jul-1979 | Coatzacoalcos, Veracruz | 100,000 |
| | Polipropileno | 04-Sep-1989 | Altamira, Tamaulipas | 150,000 |
| Procesos Químicos del Noroeste, S.A. de C.V. | Formaldehído | 30-Oct-1981 | Ramos Arizpe, Coahuila | 10,000 |
| Protos Productos Químicos, S.A. | Anilina | 20-Mar-1978 | Tecama, Estado de México | 1,015 |
| | Nitrobenceno | 20/03/1978 | Tecama, Estado de México | 1,342 |
| Química Avangar, S.A. de C.V. | Anhídrido Ftálico | 26-Dic-1983 | San Luis Potosí, San Luis Potosí | 20,000 |
| Química Borden, S.A. de C.V. | Acetona | 11-Oct-1984 | Matamoros, Tamaulipas | 60,000 |
| | Fenol | 11/10/1984 | Matamoros, Tamaulipas | 100,000 |
| | Formaldehído | 31-Jul-1980 | Xalostoc, Estado de México | 33,000 |
| Química Foliar, S.A. de C.C. | Fosfato de Amonio | 14-Feb-1969 | Naucalpan, Estado de México | 936 |
| Química Orgánica de México, S.A. | Anilina | 02-Feb-1967 | Mexicali, Baja California | 600 |
| | Nitrobenceno | 27-Jun-1964 | Mexicali, Baja California | 600 |
| Química Simex, S.A. | Ácido Acético | 17-Oct-1966 | Naucalpan, Estado de México | 800 |
| | | 29-Sep-1971 | Naucalpan, Estado de México | 2,200 |
| | | 21-Jun-1984 | Naucalpan, Estado de México | 3,000 |
| | Anhídrido Acético | 17-Oct-1966 | Naucalpan, Estado de México | 200 |
| | | 29-Sep-1971 | Naucalpan, Estado de México | 600 |
| | | 21-Jun-1984 | Naucalpan, Estado de México | 600 |
| | | | 1,600 | |
| Salco Química, S.A. de C.V. | Formaldehído | 06-Sep-1973 | Xalostoc, Estado de México | 2,700 |
| | P-Formaldehído | 06/09/1973 | Xalostoc, Estado de México | 850 |
| Síntesis Orgánicas, S.A. de C.V. | Anhídrido Ftálico | 13-Ene-1968 | Puebla, Puebla | 10,000 |
| | | 27-Feb-1979 | Puebla, Puebla | 25,000 |
| | | 01-Ago-1984 | San Cosme Xalostoc, Tlaxcala | 25,000 |
| | | 30-Mar-1987 | San Cosme Xalostoc, Tlaxcala | 12,000 |
| | | | 30,000 | |
| Soquimex, S.A. | Formaldehído | 22-Feb-1979 | Chihuahua, Chihuahua | 15,000 |
| Tereftalatos Mexicanos, S.A. | Ácido Tereftálico | 21-May-1991 | Cosoleacaque, Veracruz | 345,000 |
| Univex, S.A. | Caprolactama | 30-Mar-1987 | Salamanca, Guanajuato | 75,000 |
| | | 21-Sep-1990 | Salamanca, Guanajuato | 75,000 |
| | Formaldehído | 18-May-1968 | Salamanca, Guanajuato | 50,000 |
| | Sulfato de Amonio | 18/05/1968 | Salamanca, Guanajuato | 180,000 |
| | | 30/03/1987 | Salamanca, Guanajuato | 33,000 |

Fuente: ANIQ, Anuario Estadístico 2000, México, ANIQ, 2000

Legislación Petrolera y Petroquímica Vigente

El primer paso que se dio hacia la consolidación de la Industria Petrolera Nacional surgió cuando el Presidente Lázaro Cárdenas decidió expropiar a favor de la nación, por causa de utilidad pública, a las empresas petroleras de capital extranjero que operaban en nuestro país. A pesar de las presiones internacionales de tipo político y económico que se presentaron derivadas de esta decisión, el gobierno mexicano siguió adelante con el proyecto al decretar el 7 de junio de 1938 la creación de una institución llamada Petróleos Mexicanos sin la cual la expropiación petrolera hubiera sido un total fracaso.

En el decreto en el que se creó PEMEX se utilizan las denominaciones "Institución Pública, Organización, Corporación y Corporación Pública" para referirse a este organismo sin que

realmente se defina la naturaleza jurídica de la misma. Lo que si se estipulaba en dicho decreto, era el objeto de la institución, el cual consistía por una parte en manejar los bienes muebles e inmuebles expropiados el 18 de marzo de 1938 (bienes que constituyeron su patrimonio inicial); por otra parte, sería el encargado en llevar a cabo todas las operaciones relacionadas con la industria petrolera, es decir, la exploración, explotación, refinación, almacenamiento y distribución de todos los productos derivados de esta actividad. Originalmente se denominó a PEMEX como una institución que sería presidida por un Gerente General y un Consejo de Administración integrado por dos representantes de la Secretaría de Hacienda, tres de la Secretaría de Economía Nacional, uno de la Administración General del Petróleo y tres del Sindicato de Trabajadores Petroleros.

Actualmente PEMEX es un organismo descentralizado del Gobierno Federal, cuya operación se regula por medio de diversas disposiciones que comprenden desde diversos artículos constitucionales hasta leyes de carácter secundario. El reto más importante que hoy en día enfrenta esta institución es el de modernizarse para competir frente a frente contra empresas petroleras que al pertenecer, en la mayoría de los casos, al sector privado, tienen mayor flexibilidad en su operación ya que su actividad se rige de acuerdo a criterios económicos y comerciales, a la vez que PEMEX debe considerar además de estos factores, los criterios políticos y sociales en el desarrollo de sus actividades. Esta situación en combinación con el régimen fiscal, han ocasionado que PEMEX se encuentre alrededor del lugar número 80 a nivel mundial dentro del sector petrolero en cuanto a la utilidad neta se refiere, cuando a nivel de utilidad de operación PEMEX ocupa los primeros lugares de la tabla.

Artículos 27 y 28 Constitucional⁴³

El Artículo 27 Constitucional es el fundamento que permite las actividades de exploración y explotación petrolera en mar y tierra, al señalar que corresponden a la Nación originalmente, la propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional. Para la industria petrolera ha sido fundamental que las aguas también fueran consideradas dentro de este artículo ya que como se sabe, la mayoría de los yacimientos petroleros se localizan en el subsuelo marino.

En el párrafo cuarto de este mismo artículo se determina que corresponde a la Nación el dominio directo de todos los recursos naturales de la plataforma continental y los zócalos submarinos de las islas, situación que se complementa con el párrafo octavo del mismo artículo en el cual dispone que la Nación ejercerá en una zona económica exclusiva situada fuera del mar territorial y adyacente a éste, los derechos de soberanía y las jurisdicciones que determinen las leyes del Congreso; dicha zona económica exclusiva se extiende a 200 millas náuticas, medidas a partir de la línea de base desde la cual se mide el mar territorial.

⁴³ Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, *op. cit supra*, nota 41.

La riqueza del petróleo ha sido de vital importancia para el desarrollo de la economía nacional, esta riqueza ha sido aprovechada a favor de la Nación gracias a los fundamentos legales que han conservado a la actividad petrolera como un área estratégica exclusiva del sector público. Además del artículo 27 Constitucional, que es el sustento fundamental de la actividad petrolera en México, el artículo 28 Constitucional es de gran relevancia para esta actividad; en su primer párrafo se prohíben las prácticas monopólicas en nuestro país, sin embargo en el párrafo cuarto se establecen las funciones que serán ejercidas por el Estado de manera exclusiva en las áreas estratégicas y que no constituirán monopolios, dentro de estas actividades se encuentran: la acuñación de monedas, correos, telégrafos, radiotelegrafía, comunicación vía satélite, emisión de billetes, **petróleo y demás hidrocarburos, petroquímica básica**, minerales radioactivos, energía nuclear, electricidad, ferrocarriles y toda actividad que expresamente señalen las leyes expedidas por el Congreso de la Unión. En el párrafo quinto de este mismo artículo se establece que el Estado contará con los organismos y las empresas que requiera para el eficaz manejo de las áreas estratégicas a su cargo. La Nación ha aprovechado todos los recursos naturales constituidos por el petróleo e hidrocarburos a través de la operación de Petróleos Mexicanos.

Artículo 90 Constitucional⁴⁴

En este artículo se establece la división de la Administración Pública Federal, la cual podrá ser centralizada o paraestatal. En el caso de que sea paraestatal será conforme a la Ley Orgánica que sea expedida por el Congreso, en la cual se distribuirán los negocios del orden administrativo de la Federación que estarán a cargo de las Secretarías de Estado y Departamentos Administrativos y definirá las bases generales de la creación de las entidades paraestatales y la intervención del Ejecutivo Federal en su operación.

PEMEX es un organismo paraestatal como se establece en la Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios publicada el 16 de julio de 1992 en el Diario Oficial de la Federación durante el mandato de Carlos Salinas de Gortari.

Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo⁴⁵

Como su nombre lo indica, es el complemento al Artículo 27 Constitucional en lo referente al tema del petróleo. Fue publicada en el Diario Oficial de la Federación (D.O.F.) el 29 de noviembre de 1958 durante el gobierno de Adolfo Ruiz Cortines; la última reforma realizada a esta ley se publicó el 26 de junio de 2006. A continuación se presenta el contenido más relevante de esta ley:

⁴⁴ Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, *op. cit. supra*, nota 41.

⁴⁵ Diario Oficial de la Federación, *op. cit. supra*, nota 20.

Art. 1º.- Corresponde a la Nación el dominio directo, inalienable e imprescriptible de todos los carburos de hidrógeno que se encuentren en el territorio nacional -incluida la plataforma continental- en mantos o yacimientos, cualquiera que sea su estado físico, incluyendo los estados intermedios, y que componen el aceite mineral crudo, lo acompañan o se derivan de él.

Art. 2º.- Sólo la Nación podrá llevar a cabo las distintas explotaciones de los hidrocarburos, que constituyen la industria petrolera en los términos del artículo siguiente.

En esta Ley se comprende con la palabra petróleo a todos los hidrocarburos naturales a que se refiere el artículo 1º.

Art. 3º.- La industria petrolera abarca:

I. La exploración, la explotación, la refinación, el transporte, el almacenamiento, la distribución y las ventas de primera mano del petróleo y los productos que se obtengan de su refinación.

II. La exploración, la explotación, la elaboración y las ventas de primera mano del gas, así como el transporte y el almacenamiento indispensables y necesarios para interconectar su explotación y elaboración.

Se exceptúa del párrafo anterior el gas asociado a los yacimientos de carbón mineral y la Ley Minera regulará su recuperación y aprovechamiento.

Párrafo adicionado DOF 26-06-2006

III. La elaboración, el transporte, el almacenamiento, la distribución y las ventas de primera mano de aquellos derivados del petróleo y del gas que sean susceptibles de servir como materias primas industriales básicas y que constituyen petroquímicos básicos, que a continuación se enumeran:

1. Etano
2. Propano
3. Butanos
4. Pentanos
5. Hexano
6. Heptano
7. Materia prima para negro de humo
8. Naftas

9. Metano, cuando provenga de carburos de hidrógeno, obtenidos de yacimientos ubicados en el territorio nacional y se utilice como materia prima en procesos industriales petroquímicos.

Fracción reformada DOF 13-11-1996

Artículo reformado DOF 11-05-1995

Art. 4º.- La Nación llevará a cabo la exploración y la explotación del petróleo y las demás actividades a que se refiere el artículo 3º, que se consideran estratégicas en los términos del Artículo 28, párrafo IV, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, por conducto de Petróleos Mexicanos y sus organismos subsidiarios.

Salvo lo dispuesto en el artículo 3º, el transporte, el almacenamiento y la distribución de gas podrán ser llevados a cabo, previo permiso, por los sectores social y privado, los que podrán construir, operar y ser propietarios de ductos, instalaciones y equipos, en los términos de las disposiciones reglamentarias, técnicas y de regulación que se expidan.

El transporte, el almacenamiento y la distribución de gas metano, queda incluida en las actividades y con el régimen a que se refiere el párrafo anterior.

Párrafo adicionado DOF 13-11-1996

Cuando en la elaboración de productos petroquímicos distintos a los básicos, enumerados en la fracción III del artículo 3º de esta Ley, se obtengan como subproductos, petrolíferos o petroquímicos básicos, éstos podrán ser aprovechados en el proceso productivo dentro de las plantas de una misma unidad o complejo, o bien ser entregados a Petróleos Mexicanos o a sus organismos subsidiarios, bajo contrato y en los términos de las disposiciones administrativas que la Secretaría de Energía expida.

Párrafo adicionado DOF 13-11-1996

Las empresas que se encuentren en el supuesto a que se refiere el párrafo anterior, tendrán la obligación de dar aviso a la Secretaría de Energía, la cual tendrá la facultad de verificar el cumplimiento de las citadas disposiciones administrativas y, en su caso, imponer las sanciones a que se refiere el artículo 15 de esta Ley.

Párrafo adicionado DOF 13-11-1996

Artículo reformado DOF 11-05-1995

Art. 10º.- La industria petrolera es de utilidad pública, preferente sobre cualquier aprovechamiento de la superficie y del subsuelo de los terrenos, incluso sobre la tenencia de los ejidos o comunidades y procederá la ocupación provisional, la definitiva

o la expropiación de los mismos, mediante la indemnización legal, en todos los casos en que lo requieran la Nación o su industria petrolera.

Son de utilidad pública las actividades de construcción de ductos. Petróleos Mexicanos, sus organismos subsidiarios y las empresas de los sectores social y privado estarán obligados a prestar a terceros el servicio de transporte y distribución de gas por medio de ductos, en los términos y condiciones que establezcan las disposiciones reglamentarias.

Artículo reformado DOF 30-12-1977, 11-05-1995

Reglamento de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo⁴⁶

Se publicó en el D.O.F. el 25 de agosto de 1959 durante el gobierno de Adolfo López Mateos. La función de este reglamento es la de detallar los artículos de la Ley Reglamentaria en los casos que se considera necesario.

Destaca por su relevancia el artículo 4° de este reglamento en el cual se establece que PEMEX tiene las facultades de construir y operar sistemas, plantas, instalaciones, gasoductos, oleoductos y toda clase de obras conexas o similares para la realización de las actividades consignadas en el artículo 3° de la Ley Reglamentaria.

Ley Orgánica de la Administración Pública Federal⁴⁷

Esta ley publicada en el D.O.F. el 29 de diciembre de 1976, durante el gobierno de José López Portillo, es indispensable para comprender el manejo de la Administración Pública Federal, la cual como lo menciona el artículo 90 Constitucional está dividida en centralizada y paraestatal. De acuerdo al artículo 3° de esta ley, el Poder Ejecutivo se auxiliará en el cumplimiento de sus funciones, mediante las siguientes entidades de la Administración Pública Paraestatal:

- I. Organismos Descentralizados.
- II. Empresas de participación estatal, instituciones de crédito e instituciones nacionales de seguros y fianzas.
- III. Fideicomisos.

En el artículo 33 se determinan las actividades que corresponden a la Secretaría de Energía dentro de las cuales se encuentran:

- I. Conducir la política energética del país.
- II. Ejercer los derechos de la Nación en materia de petróleo y todos los carburos de hidrógeno sólidos, líquidos y gaseosos.

⁴⁶ Diario Oficial de la Federación, *op. cit. supra*, nota 42.

⁴⁷ Diario Oficial de la Federación, Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, México, 29 de diciembre de 1976.

III. Conducir la actividad de las entidades paraestatales cuyo objeto esté relacionado con la explotación y transformación de los hidrocarburos.

En el artículo 45 se establece que son organismos descentralizados las entidades creadas por ley o decreto del Congreso de la Unión o por decreto del Ejecutivo Federal, con personalidad jurídica y patrimonio propios, cualquiera que sea la estructura legal que adopten.

El artículo 46 se refiere a las empresas que son consideradas de participación estatal mayoritaria; en su fracción II, apartado c) dispone que se integran a este tipo de empresas aquellas en las que corresponda al Gobierno Federal la facultad de nombrar a la mayoría de los miembros del órgano de gobierno o su equivalente, o bien designar al presidente o director general, o cuando tenga facultades para vetar los acuerdos del propio órgano de gobierno.

Por lo tanto, de acuerdo a los artículos 45 y 46 de esta Ley, se define que PEMEX es un organismo descentralizado de participación estatal mayoritaria.

Ley Federal de las Entidades Paraestatales

Publicada el 14 de mayo de 1986 durante el gobierno de Miguel de la Madrid, tiene por objeto, como se menciona en su artículo 1º, regular la organización, funcionamiento y control de las entidades paraestatales de la Administración Pública Federal dentro de las cuales se encuentra PEMEX.

En el artículo 6 se indica que para efectos de esta Ley, se consideran como áreas estratégicas las expresamente determinadas en el párrafo cuarto del Artículo 28 Constitucional.

Ligado al artículo anterior se encuentra el artículo 14, fracción I en la que se establece que son organismos descentralizados las personas jurídicas creadas conforme a lo dispuesto por la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y cuyo objeto sea la realización de actividades correspondientes a las áreas estratégicas o prioritarias.

Tal como lo refiere el artículo 17 de esta Ley, la administración de los organismos descentralizados estará a cargo de un Órgano de Gobierno que podrá ser una Junta de Gobierno o su equivalente y un Director General. El artículo 21 define que el Director General será designado por el Presidente de la República, o a indicación de éste a través del Coordinador de Sector por el Órgano de Gobierno.

El artículo 47 menciona que las entidades paraestatales, para su desarrollo y operación, deberán sujetarse a la Ley de Planeación, al Plan Nacional de Desarrollo, a los programas sectoriales que se deriven del mismo y a las asignaciones de gasto y financiamiento autorizadas. Dentro de tales directrices las entidades formularán sus programas institucionales

a corto, mediano y largo plazo. El Reglamento de la presente Ley establecerá los criterios para definir la duración de los plazos.

Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios⁴⁸

Publicada en el D.O.F. el 16 de julio de 1992 durante el gobierno de Carlos Salinas de Gortari, esta ley es la continuación de lo establecido en el artículo 4 de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo.

El contenido principal de esta Ley es:

Artículo 1º.- El Estado realizará las actividades que le corresponden en exclusiva en las áreas estratégicas del petróleo, demás hidrocarburos y petroquímica básica, por conducto de Petróleos Mexicanos y de los organismos descentralizados subsidiarios en los términos que esta Ley establece, y de acuerdo con la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo y sus reglamentos.

Artículo 2º.- Petróleos Mexicanos, creado por Decreto del 7 de junio de 1938, es un organismo descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propios, con domicilio en la Ciudad de México, Distrito Federal, que tiene por objeto, conforme a lo dispuesto en esta Ley, ejercer la conducción central y la dirección estratégica de todas las actividades que abarca la industria petrolera estatal en los términos de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo.

Artículo 3º.- Se crean los siguientes organismos descentralizados de carácter técnico, industrial y comercial, con personalidad jurídica y patrimonio propios, mismos que tendrán los siguientes objetos:

I.- PEMEX-Exploración y Producción: exploración y explotación del petróleo y el gas natural; su transporte, almacenamiento en terminales y comercialización.

II.- PEMEX-Refinación: procesos industriales de la refinación; elaboración de productos petrolíferos y de derivados del petróleo que sean susceptibles de servir como materias primas industriales básicas; almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de los productos y derivados mencionados.

III.- PEMEX-Gas y Petroquímica Básica: procesamiento del gas natural, líquidos del gas natural y el gas artificial; almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de estos hidrocarburos, así como de derivados que sean susceptibles de servir como materias primas industriales básicas.

IV.- PEMEX-Petroquímica: procesos industriales petroquímicos cuyos productos no forman parte de la industria petroquímica básica, así como su almacenamiento, distribución y comercialización.

⁴⁸ Diario Oficial de la Federación, Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, México, 16 de julio de 1992.

Las actividades estratégicas que esta Ley encarga a PEMEX-Exploración y Producción, PEMEX-Refinación y PEMEX-Gas y Petroquímica Básica, sólo podrán realizarse por estos organismos.

Petróleos Mexicanos y los organismos descritos estarán facultados para realizar las operaciones relacionadas directa o indirectamente con su objeto. Dichos organismos tendrán el carácter de subsidiarios con respecto a Petróleos Mexicanos, en los términos de esta Ley.

Artículo 4°.- Petróleos Mexicanos y sus organismos descentralizados, de acuerdo con sus respectivos objetos, podrán celebrar con personas físicas o morales toda clase de actos, convenios y contratos y suscribir títulos de crédito; manteniendo en exclusiva la propiedad y el control del Estado Mexicano sobre los hidrocarburos, con sujeción a las disposiciones legales aplicables.

Artículo 6°.- Petróleos Mexicanos será dirigido y administrado por un Consejo de Administración, que será el órgano superior de gobierno de la industria petrolera, sin perjuicio de la autonomía de gestión de los organismos. El Director General será nombrado por el Ejecutivo Federal.

Artículo 7°.- El Consejo de Administración de Petróleos Mexicanos se compondrá de once miembros propietarios, a saber:

Seis representantes del Estado designados por el Ejecutivo Federal, entre los que deberá estar el Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales; y cinco representantes del Sindicato de Trabajadores Petroleros de la República Mexicana, que deberán ser miembros activos de dicho sindicato y trabajadores de planta de Petróleos Mexicanos.

Artículo 8°.- Cada uno de los organismos subsidiarios será dirigido y administrado por un Consejo de Administración y por un Director General nombrado por el Ejecutivo Federal.

Artículo 13.- Quedan además reservadas al Director General de Petróleos Mexicanos las siguientes facultades:

I.- Elaborar, con la participación de los organismos subsidiarios, la planeación y presupuestación estratégica de la industria petrolera en su conjunto y someterla a la aprobación de su Consejo de Administración.

II.- Formular los programas financieros de la industria; definir las bases de los sistemas de supervisión, coordinación, control y desempeño de los organismos para optimizar su operación conjunta; y administrar los servicios comunes a los mismos.

III.- En los términos del apartado A del Artículo 123 Constitucional y de la Ley Federal del Trabajo, convenir con el Sindicato el Contrato Colectivo de Trabajo y expedir el Reglamento de Trabajo del Personal de Confianza, que regirán las relaciones laborales de Petróleos Mexicanos y de los organismos.

IV.- Resolver conflictos que se susciten entre los organismos sobre sus ámbitos de actividad; y conocer de asuntos trascendentes para la industria.

V.- Las demás que le confieran las leyes y demás disposiciones legales aplicables.

PEMEX debe competir en el mercado internacional del petróleo en contra de las grandes empresa petroleras; para lograr este objetivo es necesario que cuente con una estructura la cual permita evaluar su desempeño económico y comercial sin descuidar los criterios sociales a los que está sujeto; por lo tanto dicha estructura no podrá ser una copia exacta de modelos extranjeros ya que no sería aplicable en nuestro país. Esto no significa que no se puedan aplicar modelos extranjeros que han demostrado su efectividad a nivel mundial, simplemente se debe tener muy claro que seguramente estos modelos requerirán de ciertos ajustes para que se adapten a la realidad de nuestra industria petrolera.

Las alianzas o fusiones de empresas, no sólo del sector petrolero sino de muchos otros, han demostrado su efectividad al combinar conocimientos y aprovechar eficientemente los recursos materiales y humanos. En contra de este sistema adoptado por la gran mayoría de los competidores de PEMEX, la Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos dividió las actividades de la industria en cuatro organismos denominados subsidiarios, término que se refiere al control accionario que una sociedad mercantil detenta sobre otra empresa, lo cual en el caso de PEMEX, no tiene sentido ya que ni Petróleos Mexicanos ni ninguno de sus organismos subsidiarios cuentan con capital social, acciones o accionistas.

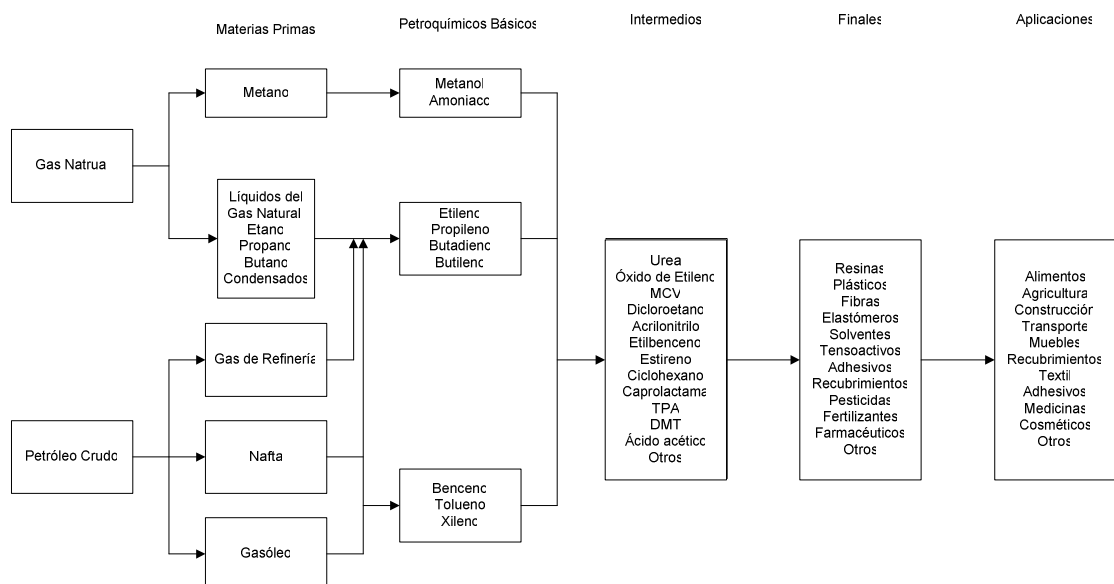
PEMEX debe regularse mediante leyes que vayan de acuerdo a su situación real, dichas leyes definirán con mayor claridad los aspectos relacionados a la organización y funcionamiento de este organismo que debe medirse, en términos de eficiencia y productividad contra las empresas petroleras de los países desarrollados.

CAPÍTULO 5. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PETROQUÍMICA

Panorama Internacional de la Industria Petroquímica

Actualmente la industria petroquímica domina la mayor parte de la producción de químicos.⁴⁹ Productos como el metanol, el amoníaco, las olefinas y los aromáticos, los llamados precursores de la petroquímica, son los más vulnerables a factores de mercado como lo son la sobrecapacidad y la volatilidad de los costos de la materia prima. El crecimiento en la demanda de petroquímicos en el mundo ha sido favorable a pesar de los cambios que han ocurrido en el mercado, cambios como los altos costos de producción, los mercados volátiles, los elevados precios de energéticos y las limitaciones en la obtención de las materias primas.

Figura 1 Principales Cadenas Productivas de la Petroquímica

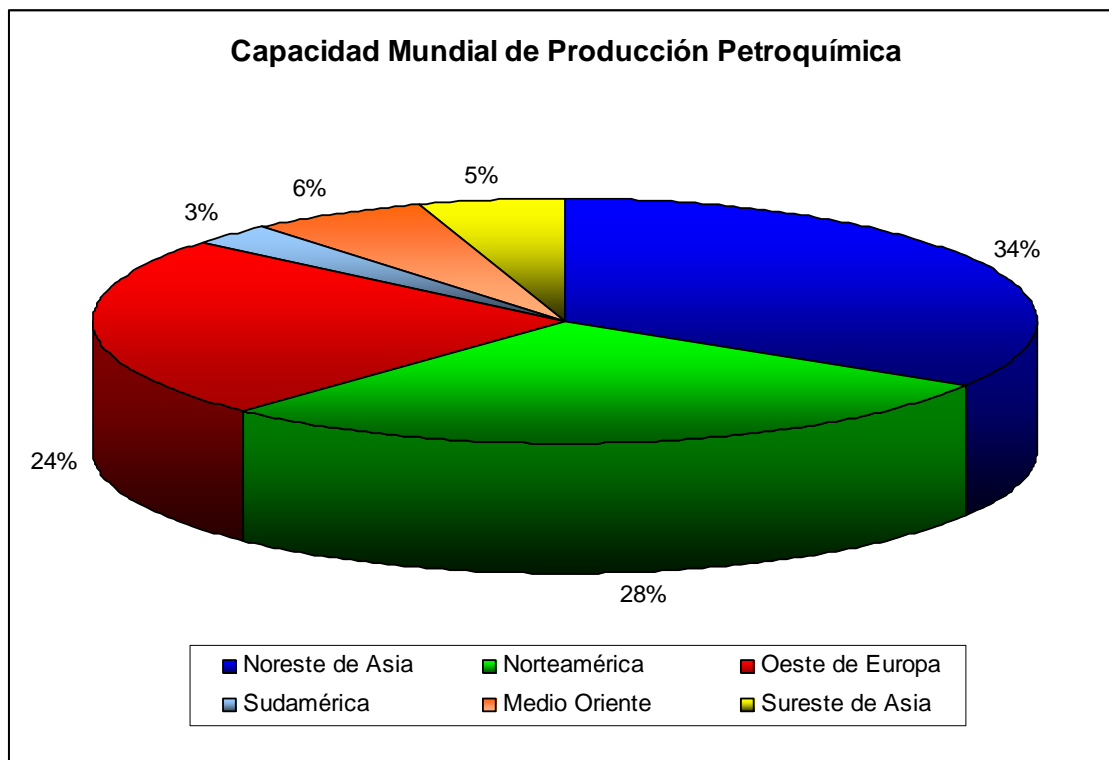


Fuente: Secretaría de Energía, Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica 2005, 1ª Edición, México, Secretaría de Energía, 2006, 261 p.

Las tres principales regiones mundiales en cuanto a la producción de petroquímicos son: Noreste de Asia, Norteamérica y Oeste de Europa, con una participación del 34%, 28% y 24% respectivamente, cubriendo entre estas tres regiones el 86% de la demanda mundial.

⁴⁹ Chapman, Keith, *op. cit. supra*, nota 14.

Gráfica 1 Distribución de la Capacidad Mundial de Producción Petroquímica

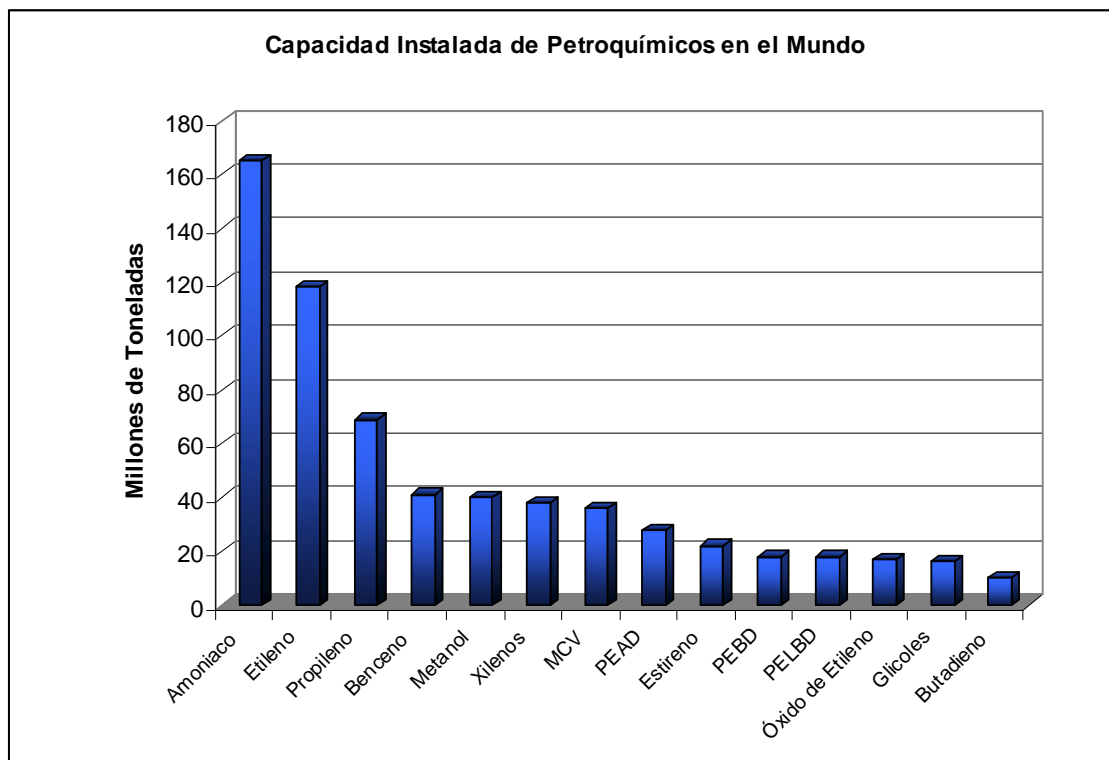


Fuente: Secretaría de Energía, Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica 2006, 1ª Edición, México, Secretaría de Energía, 2007, 273 p.

Los productos petroquímicos representan a nivel mundial las dos terceras partes de la industria química. Las cadenas petroquímicas de mayor importancia en el mercado con respecto a su producción, demanda y capacidad instalada son las olefinas representando el 48% del total del mercado, seguidas de los derivados del metano con una participación del 35% y en el tercer puesto están los aromáticos con el 17% del total. La capacidad instalada para la producción de petroquímicos y sus derivados es de alrededor de 667 millones de toneladas anuales; de esta capacidad se utiliza alrededor del 86.8%, es decir, la producción de estos productos oscila entre los 579 millones de toneladas.⁵⁰

⁵⁰ Secretaría de Energía, *op. cit. supra*, nota 34.

Gráfica 2 Capacidad Instalada Mundial de Petroquímicos



Fuente: Secretaría de Energía, Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica 2006, 1ª Edición, México, Secretaría de Energía, 2007, 273 p.

Dow Chemical, ExxonMobil, SABIC, Royal Dutch/Shell y British Petroleum ocupan los cinco primeros puestos en el mercado petroquímico en cuanto a capacidad instalada. Por su parte, Petróleos Mexicanos en este mismo rubro se coloca en la posición número 23 a nivel mundial. En lo referente a las ventas, los primeros cinco lugares son ocupados por Dow Chemical, Lyondell Chemical, Air Products, Praxair y Eastman Chemicals.

Tabla 1 Principales Productores Petroquímicos

| Compañía | Etileno | Propileno | Benceno | Xilenos | Metanol | Tolueno | Total |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|----------------|
| 1 Dow | 10,001 | 3,041 | 2,005 | - | - | 405 | 15,452 |
| 2 Exxon Mobil Corp. | 8,203 | 4,439 | 3,250 | 5,001 | - | 2,122 | 23,015 |
| 3 SABIC | 6,743 | 1,640 | 731 | 233 | 2,192 | 216 | 11,755 |
| 4 Royal Dutch/Shell | 6,412 | 4,168 | 3,146 | - | 450 | 1,283 | 15,459 |
| 5 British Petroleum | 4,920 | 3,194 | 1,831 | 2,261 | 648 | 1,174 | 14,028 |
| 6 Lyondell | 4,749 | 2,835 | 1,117 | - | 620 | 566 | 9,887 |
| 7 SINOPEC | 3,994 | 3,175 | 1,950 | 3,271 | 440 | 1,244 | 14,074 |
| 8 Total | 3,500 | 3,164 | 2,082 | 2,009 | - | 669 | 11,424 |
| 9 Formos Group | 2,992 | 1,899 | 685 | 840 | - | 510 | 6,926 |
| 10 Nova Corporation | 2,864 | 367 | 207 | - | - | - | 3,438 |
| 11 BASF AG | 2,570 | 1,737 | 711 | - | 480 | 224 | 5,722 |
| 12 Ente Nazionale Idr | 2,550 | 1,707 | 765 | 510 | 237 | 388 | 6,157 |
| 13 Huntsman Group | 2,058 | 994 | 784 | 510 | - | 334 | 4,680 |
| 14 Conoco Phillips | 1,836 | 1,047 | 1,045 | 598 | - | 349 | 4,875 |
| 15 Chevron Corp. | 1,836 | 722 | 828 | 1,105 | - | 499 | 4,990 |
| 16 CNPC | 1,778 | 2,092 | 678 | 1,047 | - | 576 | 6,171 |
| 17 Westlake | 1,599 | 281 | - | - | - | - | 1,880 |
| 18 Reliance Industries | 1,425 | 1,314 | 662 | 2,168 | - | 727 | 6,296 |
| 19 Mitsub. Chemical | 1,350 | 833 | 622 | - | - | 218 | 3,023 |
| 20 Acces Indsutries | 1,298 | 1,503 | - | - | - | - | 2,801 |
| 21 PDVSA | 1,240 | 826 | 998 | 1,667 | 513 | 878 | 6,122 |
| 22 Repsol SA | 1,225 | 695 | 265 | - | 400 | - | 2,585 |
| 23 PEMEX | 1,566 | 450 | 235 | 315 | 207 | 309 | 3,082 |
| 24 Abu Dhabi Gov't | 1,196 | 918 | - | - | - | 7 | 2,121 |
| 25 Mitsui Chemicals | 1,156 | 833 | 622 | - | - | 185 | 2,796 |
| 26 Sumitomo Chem. | 1,123 | 664 | 257 | - | - | 141 | 2,185 |
| 27 CPC-Taiwan | 1,115 | 835 | 491 | 1,097 | - | 449 | 3,987 |
| 28 Idemitsu Kossan | 1,040 | 689 | 601 | - | - | 298 | 2,628 |
| 29 SASOL | 1,027 | 691 | - | - | - | - | 1,718 |
| 30 LG Group | 1,012 | 506 | 348 | - | - | 201 | 2,067 |
| 31 Odebrecht Quimica | 985 | 547 | 315 | - | - | 249 | 2,096 |
| 32 NPC-Iran | 810 | 301 | 465 | - | - | 552 | 2,128 |
| 33 Eastman | 781 | 313 | - | - | - | - | 1,094 |
| 34 PKN Orlen | 744 | 556 | 380 | - | - | 203 | 1,883 |
| 35 SK Corp. | 740 | 545 | 465 | 1,010 | - | 550 | 3,310 |
| 36 Daelim | 725 | 393 | - | - | - | - | 1,118 |
| 37 Oesterreichische I | 710 | - | - | - | - | 17 | 727 |
| 38 DuPont | 681 | - | - | - | - | - | 681 |
| 39 Petronas | 676 | 441 | - | 488 | - | 114 | 1,719 |
| 40 Qatar Government | 675 | - | - | - | 413 | - | 1,088 |
| 41 Siam Cement | 624 | 297 | - | - | - | - | 921 |
| 42 Hanwha Group | 620 | 336 | - | - | - | 95 | 1,051 |
| 43 PTT | 606 | 286 | 243 | - | - | 186 | 1,321 |
| 44 Showa Denko | 600 | 368 | - | - | - | - | 968 |
| 45 Grupo Mariani | 566 | 320 | - | - | - | 177 | 1,063 |
| 46 Nizhnekamsknfkm | 550 | - | - | - | - | 190 | 740 |
| 47 TOSOH | 527 | - | - | - | - | 70 | 597 |
| 48 Lukoil | 500 | - | - | - | - | - | 500 |
| 49 Standard Kimya | 480 | - | - | - | - | - | 480 |
| 50 Nippon Oil | 443 | - | - | 1,720 | - | 452 | 2,615 |
| Total | 97,421 | 51,962 | 28,784 | 25,850 | 6,600 | 16,827 | 227,444 |
| % Total Mundial | 43% | 23% | 13% | 11% | 3% | 7% | 100% |

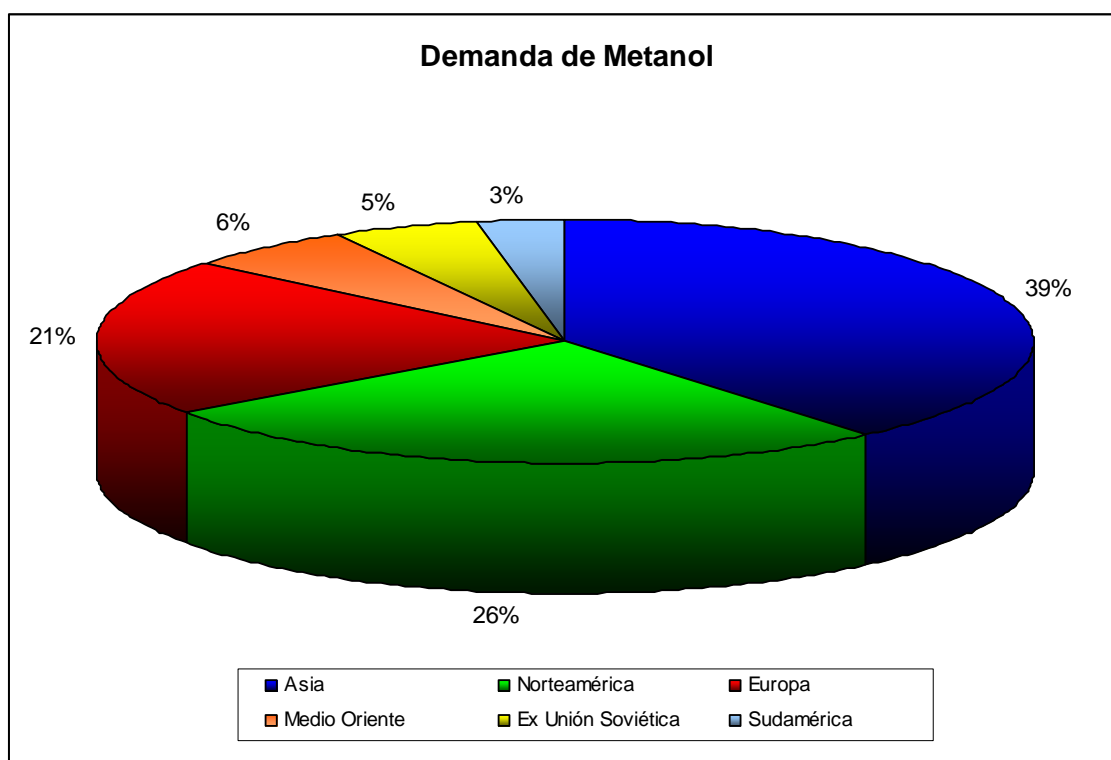
Fuente: Secretaría de Energía, *Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica 2006*, 1ª Edición, México, Secretaría de Energía, 2007, 273 p.

En 2005 China presentó el mayor incremento en producción industrial comparado con el año anterior; en segundo y tercer lugar se encuentran India y Rusia respectivamente. Se espera que esta tendencia continúe de este modo por los próximos tres años.

Metanol

Se obtiene principalmente del gas natural. Actualmente existen megaplantas, con capacidades aproximadas de más de un millón de toneladas anuales, en regiones en las que el costo del gas natural es relativamente bajo. La demanda mundial de metanol alcanza los 34.6 millones de toneladas, siendo Asia, la región de mayor consumo de este petroquímico.

Gráfica 3 Demanda de Metanol



Fuente: Secretaría de Energía, *Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica 2006*, 1ª Edición, México, Secretaría de Energía, 2007, 273 p.

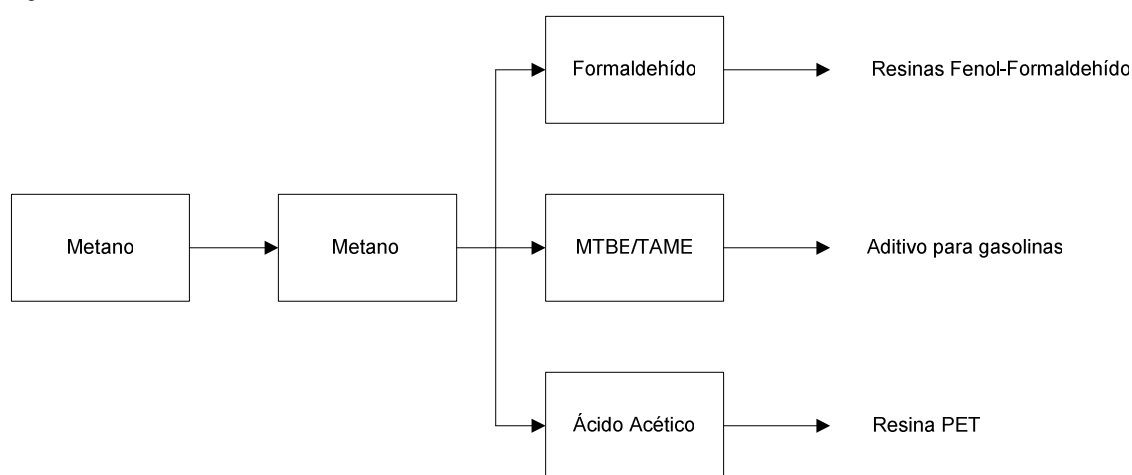
La capacidad instalada de metanol es de 44.4 millones de toneladas anuales, distribuidas en 163 plantas en las diversas regiones productoras; México representa el 0.4% de la capacidad instalada a nivel mundial. De la capacidad instalada se utiliza en promedio el 75%.

Sudamérica es la región que más metanol exporta con una cifra cercana a los 8.7 millones de toneladas, a la vez que Norteamérica es el mayor importador de este producto con 6.7 millones de toneladas, seguido del Noreste de Asia; se espera que en un corto periodo de tiempo el Noreste de Asia se convierta en el mayor importador de metanol.

Los precios de metanol se mantuvieron altos debido a diversas razones durante el 2005: a) el alto nivel de precios de gas natural en E.U.A.; b) pérdidas de producción, ajustando la balanza oferta-demanda; c) la sólida demanda mundial. El precio promedio (spot y contrato) en E.U.A. se encuentra entre los 280 y 300 USD/Ton.

El mercado del metanol se basa en el consumo de derivados como el MTBE y el formaldehído,⁵¹ otros derivados importantes de este petroquímico son el ácido acético, el metacrilato de metilo y otros oxigenantes. El formaldehído es el mayor consumidor de metanol y se espera que se mantenga así debido al aumento en la demanda de productos de madera e insecticidas. La capacidad instalada de derivados del metanol como el formaldehído, el ácido acético y el MTBE se encuentra en Europa Occidental y Norteamérica principalmente.

Figura 2 Cadena Productiva del Metano



Fuente: Secretaría de Energía, Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica 2005, 1ª Edición, México, Secretaría de Energía, 2006, 261 p.

Existen diversas tecnologías utilizadas en la producción de metanol, sin embargo, todas ellas integran tres procesos básicos en la obtención del mismo: producción de gas de síntesis, síntesis de metanol y destilación; difieren solamente en la forma en que son llevados a cabo.

En el proceso de baja presión, se emplea un catalizador en la reformación con vapor para producir gas de síntesis. Posteriormente, el gas es comprimido y reacciona en una cama catalítica en donde se produce el metanol que será purificado vía destilación; la capacidad de un sólo tren está alrededor de las 2,500 Ton/día. En el proceso de reformación combinada, una parte del gas natural es reformada a alta presión y bajas temperaturas; este gas reformado se mezcla con el remanente de la alimentación logrando así una reducción en el tamaño y costo del reformador. La corriente combinada es reformada a alta presión utilizando oxígeno. Mediante este proceso se reducen los requerimientos energéticos en comparación con el proceso de baja presión además de que la capacidad se duplica. La síntesis de metanol y

⁵¹ Montañó Aubert, Eduardo, *op. cit. supra*, nota 17.

purificación del mismo no varían en comparación al proceso anterior. La reformatión autotérmica es otro proceso utilizado para la producción de metanol; en éste, el oxígeno, gas natural y vapor son introducidos en un reactor para obtener gas de síntesis, simplificando el proceso y reduciendo los costos y el área de construcción. Con este proceso es factible obtener producciones diarias de 10,000 toneladas.

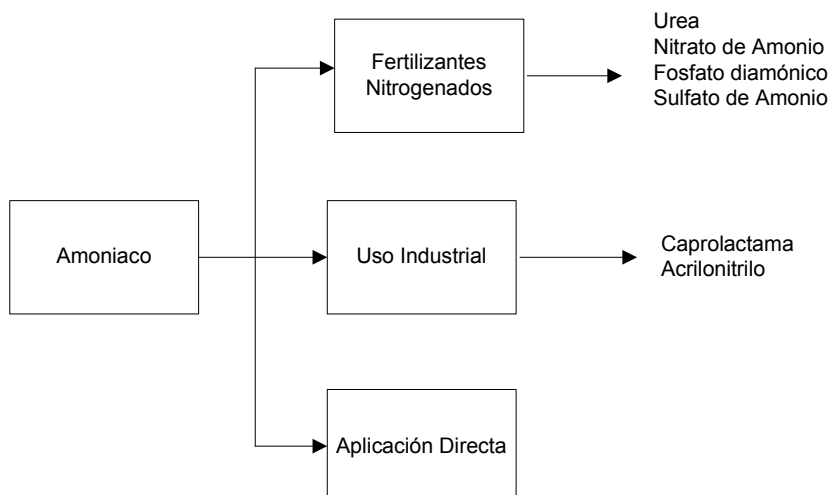
Se estima que la tasa de crecimiento de la demanda de metanol será de 4.5% promedio anual en el periodo 2006-2010. Con esta tasa se alcanzarían los 43.17 millones de toneladas en el año 2010; para lograr este crecimiento se toma en consideración el arranque de un complejo de metanol a olefinas en Nigeria, que entraría en operación en 2009 y cuya demanda de metanol sería de 2.1 millones de toneladas al año; si este proyecto no se culminara, la demanda del metanol aumentaría solamente en un 3.5%. Se espera que para el mismo periodo de tiempo se lleven a cabo proyectos de expansión que representarían un aumento en la capacidad de alrededor de 27 millones de toneladas. En agosto de 2005 se firmó la Ley de Energía en los Estados Unidos, dentro de la cual se obliga a eliminar el MTBE de las gasolinas para mayo de 2006; es claro que mediante esta ley, pronto se verá una gran disminución en la producción de este derivado. Trinidad y Tobago continuará siendo el exportador número uno de metanol seguido por Arabia Saudita, Chile e Irán.

Amoniaco

A pesar de la existencia de procesos a partir de destilados intermedios, naftas, gas LP, residuos pesados, coque y metanol (en desarrollo), mediante los cuales es factible la obtención de amoniaco, el gas natural sigue siendo la principal materia prima para la producción de este petroquímico.⁵² El amoniaco se utiliza principalmente en la elaboración de fertilizantes nitrogenados como la urea, el nitrato de amonio, el fosfato diamónico, el sulfato de amonio, etc.

⁵² Secretaría de Energía, *op. cit. supra*, nota 34.

Figura 3 Cadena Productiva del Amoniac



Fuente: Secretaría de Energía, Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica 2005, 1ª Edición, México, Secretaría de Energía, 2006, 261 p.

La capacidad instalada de amoniac es de 167 millones de toneladas anuales, capacidad que sobrepasa la demanda de este producto. Trinidad y Tobago, Rusia y Ucrania son los principales exportadores de amoniac, capturando el 53% de las exportaciones mundiales. Estados Unidos es el principal consumidor de amoniac teniendo a Trinidad y Tobago y Rusia como principales abastecedores del mismo.

La demanda actual de amoniac es de 143.8 millones de toneladas anuales; alrededor del 78% de la producción de amoniac se utiliza en la obtención de fertilizantes, 19% para uso industrial y el 3% restante es empleado para aplicación directa.

Los precios de amoniac alcanzaron sus niveles más altos de los últimos 30 años en 2005. Esto se dio como consecuencia de los huracanes Katrina y Rita que afectaron la producción de gas natural en el Golfo de México.

Se estima que para el periodo de tiempo comprendido entre 2006-2010, las exportaciones de amoniac a los E.U.A. aumentarán debido al cierre temporal o permanente de plantas en este país. Debido a este incremento será necesario aumentar la capacidad instalada de amoniac, dicho incremento se calcula será de 26.4 millones de toneladas; las expansiones más grandes tendrán lugar en Asia (autoconsumo), Medio Oriente (exportación) y África (exportación).

Etileno

El etileno es una olefina de la cual es posible obtener una gran variedad de productos petroquímicos. La doble ligadura olefínica contenida en el etileno, permite introducir dentro de la molécula varios tipos de heteroátomos, como el oxígeno para obtener óxido de etileno, el cloro para producir dicloroetano o el agua para el etanol. El etileno tiene también la capacidad

de unir otros hidrocarburos como es el caso del benceno, a partir de esta unión se obtiene el etilbenceno.

El crecimiento de la demanda del etileno se encuentra generalmente en un rango comprendido entre el 4% y el 5% anual. A nivel mundial, la producción de etileno es centralizada básicamente por diez compañías que en conjunto concentran alrededor del 47% del total mundial de producción. Dow Chemical, ExxonMobil, SABIC y Shell encabezan este grupo de grandes productores.

Las naftas es la materia prima con mayor grado de utilización en la producción de etileno. Alrededor del 53% de la producción total de etileno es obtenida a partir de naftas, otro 28% es obtenido a partir del etano. Sin embargo se espera que para los próximos años esta relación se modifique y que para el año 2010 la producción base etano represente el 31% y la producción base naftas el 50%.

El etano es la materia prima de mayor uso en regiones que cuentan con producción de gas natural. Regiones como Norteamérica y Medio Oriente han aprovechado históricamente esta situación para producir el etileno al más bajo costo en el mundo.⁵³ Sin embargo, los precios elevados de gas natural en Norteamérica, han influido en la decreciente competitividad de la producción de etileno a base de etano en comparación con los números históricos.

La capacidad mundial de etileno se encuentra alrededor de los 116.3 millones de toneladas anuales distribuidas en 270 plantas, de las cuales se utiliza el 91.4% para obtener una producción de 106.4 millones de toneladas al año.

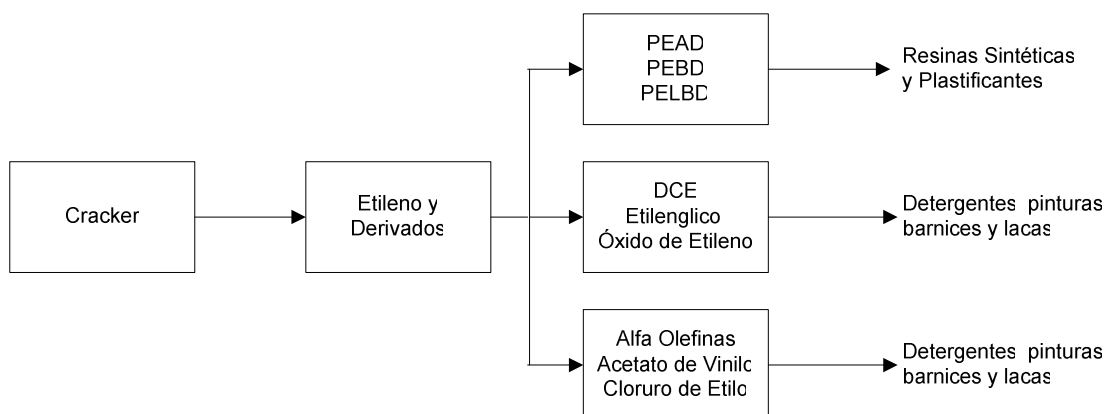
El comercio del etileno está limitado debido a los altos costo de transportación ya que éste debe ser transportado en estado líquido a alta presión o bajas temperaturas. Por esta razón, el etileno realmente se comercializa en forma de derivados químicos; dentro de estos derivados se encuentran el polietileno, el PVC, el estireno y etilenglicol. Arabia Saudita, Japón y Corea del Sur ocupan los primeros lugares en exportación de los derivados del etileno; Indonesia, Europa Occidental, Filipinas y Taiwán son los principales importadores de estos derivados.

Los precios de referencia del etileno de la Costa Norte del Golfo de México han mostrado un comportamiento favorable en 2006, alcanzando un precio promedio de 975 USD/Ton. Se pronostica que en el 2007 se presentará un periodo sostenido de márgenes favorables sustentado por el precio de los energéticos y las materias primas. Sin embargo, se espera que estos precios caigan en el periodo 2008-2010 al igual que el margen del etileno, periodo en el que la industria del etileno comenzará a entrar en su próximo ciclo.

⁵³ Chapman, Keith, *op. cit. supra*, nota 14.

Los polietilenos de alta densidad (PEAD), baja densidad (PEBD) y lineal de baja densidad (PELBD) son los principales productos derivados del etileno. Cuentan en total con una capacidad instalada de 73.7 millones de toneladas anuales distribuidas de la siguiente manera: 44.2% de PEAD, 27.5% de PEBD y 28.3% de PELBD. El cloruro de vinilo (MCV) cuenta con una capacidad instalada de 36.6 millones de toneladas, el óxido de etileno con 18.7 millones de toneladas y 17.5 millones de toneladas anuales para los glicoles.

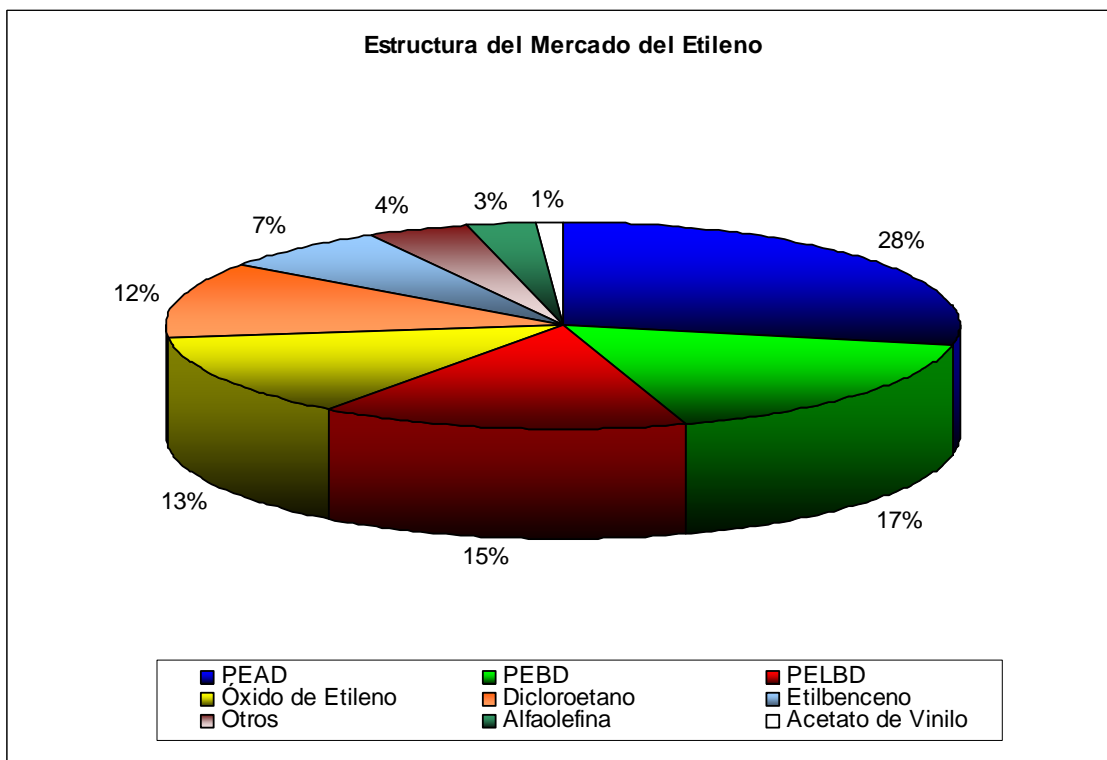
Figura 4 Cadena Productiva del Etileno



Fuente: Secretaría de Energía, Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica 2005, 1ª Edición, México, Secretaría de Energía, 2006, 261 p.

El consumo per cápita mundial de polietileno es de alrededor de 10 kg/año y se espera que para el año 2010 este número sea igual a 12 kg. En E.U.A. alrededor del 95% del MEG (monoetilenglicol) grado poliéster, se vende en la modalidad de contrato; se espera que este porcentaje disminuya debido a una baja en el precio que causará el arranque de nuevas plantas en Asia y Medio Oriente por la sobreoferta de este producto.

Gráfica 4 Estructura del Mercado Mundial del Etileno



Fuente: Secretaría de Energía, Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica 2006, 1ª Edición, México, Secretaría de Energía, 2007, 273 p.

Generalmente, la industria del etileno incrementa su capacidad durante los periodos de alta rentabilidad, trayendo como consecuencia una sobreoferta y una baja rentabilidad por un periodo de tiempo, posterior al desarrollo de dichos incrementos, cuya duración se encuentra entre los tres y cinco años. El ciclo de este petroquímico (y sus derivados) tiene una duración que puede ir desde cinco y hasta siete años entre pico y pico.⁵⁴

Se espera que para el año 2010 la oferta mundial de etileno alcance los 133 millones de toneladas. El aumento de capacidad se centralizará en Medio Oriente, en donde se tiene planeado realizar el 51% de los proyectos, y en Asia que contribuirá con el 36% de los mismos. Por otra parte, los altos precios de los energéticos y el lento crecimiento de la demanda de etileno tanto en E.U.A. como en Europa, limitarán los proyectos de inversión para aumentar la capacidad instalada de etileno en estas regiones. La duración de los márgenes favorables en el mercado del etileno dependerá básicamente del retraso de alguno de los proyectos de expansión antes mencionados así como de la sustentabilidad de la tasa de crecimiento de la economía global. Los polietilenos y los glicoles serán los derivados del etileno que presentarán la mayor tasa de crecimiento de demanda seguidos del óxido de etileno. El mercado mundial deberá absorber el exceso de capacidad existente antes del 2009, año en que arrancarán nuevas plantas en Medio Oriente para suavizar el efecto que esto causará en el mercado.

⁵⁴ Secretaría de Energía, op. cit. supra, nota 34.

Tabla 2 Proyectos de Etileno en Medio Oriente

| Compañía | Localización | Materia Prima | Capacidad (Mton) | Año de Arranque |
|-------------------------------------------|---------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|
| Amir Kabir PC | Bandar Imam | EPB/Nafta | 520 | 2005/2006 |
| Jubail United Petrochemicals | Al Jubail | Etano | 900 | 2005/2006 |
| Arya Sasol PC | Bandar Assaluyeh | Etano | 1,000 | 2006/2007 |
| Jam Petrochemical | Bandar Assaluyeh | EPB/Nafta | 1,300 | 2007 |
| Jubail Chevron Phillips Petrochemical Co. | Al Jubail | Nafta | 300 | 2008 |
| Marun Petrochemical | Bandar Imam | Etano/Propano/Butano | 1,100 | 2008 |
| Eastern Petrochemical Company | Al Jubail | Etano/Propano | 1,200 | 2008/2009 |
| Equate Petrochemical | Shuaiba, Kuwait | Etano | 850 | 2008/2009 |
| Yanbu National Petrochemicals Co. | Yanbu | Etano/Propano | 1,300 | 2008/2009 |
| Kharg Petrochemical Company | Kharg Island | Etano | 500 | 2009 |
| Petro-Rabigh | Rabigh | Etano/Propano | 1,300 | 2009 |
| Ilam Petrochemical | Ilam | EPB/Nafta | 318 | 2009/2010 |
| PMD JV | Al Jubail | Etano/Propano/Butano | 1,325 | 2009/20010 |
| Ras Laffan Ethylene Co. | Ras Laffan, Qatar | Etano | 1,300 | 2009/2010 |
| Sahara/Tasnee JV | Al Jubail | Etano/Propano/Butano | 1,000 | 2009/20010 |
| Arvand Petrochemical | Bandar Imam | Etano | 1,100 | 2010 |
| Dow/Oman Oil JV | Sohar, Oman | Etano/FCC | 900 | 2010 |
| Borouge | Abu Dhabi, UAE | Etano | 1,400 | 2010/2011 |
| Qchem-JV | Mesaieed, Qatar | Etano | 1,200 | 2011/2012 |
| Petrochemical Industries of Kuwait | Shuaiba, Kuwait | Etano | 1,200 | 2013/2014 |

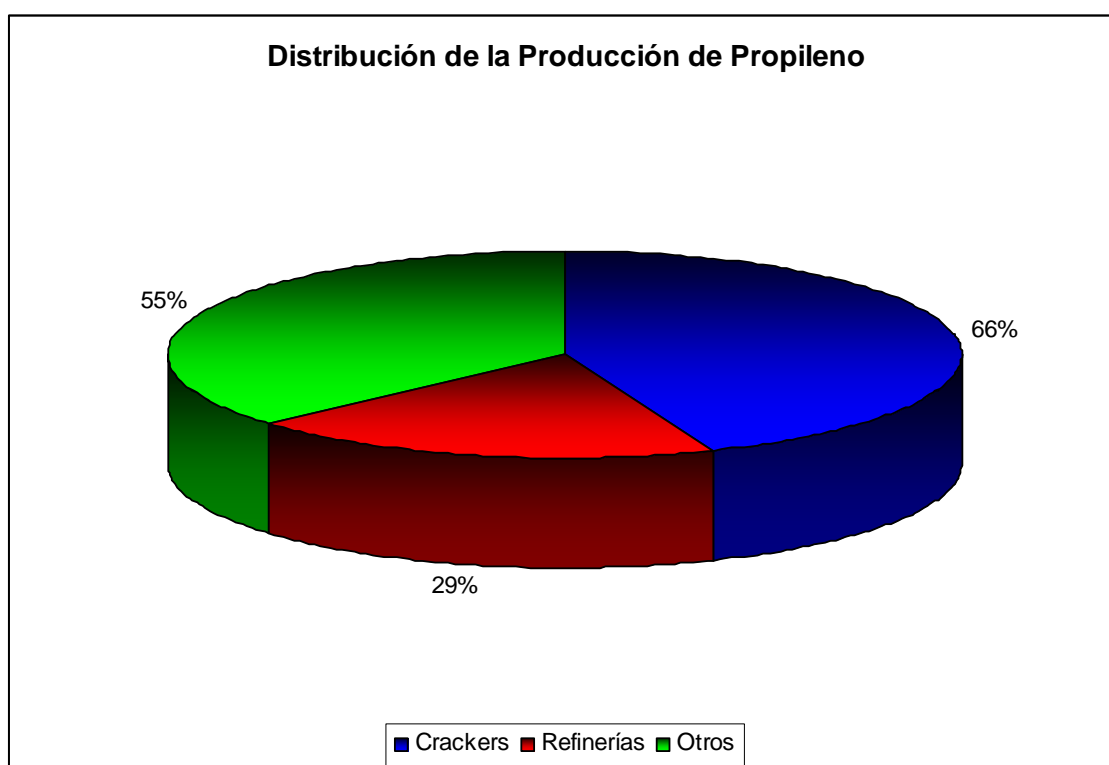
Fuente: Secretaría de Energía, Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica 2006, 1ª Edición, México, Secretaría de Energía, 2007, 273 p.

Propileno

El propileno que ocupa el segundo puesto dentro de los petroquímicos debido a su importancia como materia prima, se obtiene a partir de cuatro fuentes distintas:⁵⁵

- Como subproducto en los *crackers* de naftas
- Como subproducto de la refinación del petróleo
- De la deshidrogenación del propano
- De la metátesis del etileno y butilenos

Gráfica 5 Distribución de la Producción de Propileno



Fuente: Secretaría de Energía, *Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica 2006*, 1ª Edición, México, Secretaría de Energía, 2007, 273 p.

La capacidad instalada de propileno es de alrededor de 69.4 millones de toneladas de las cuales se utiliza el 87.4%. De la capacidad utilizada el 72% corresponde a la producción de propileno grado químico y polímero y el 28% restante a la elaboración de propileno grado refinería.

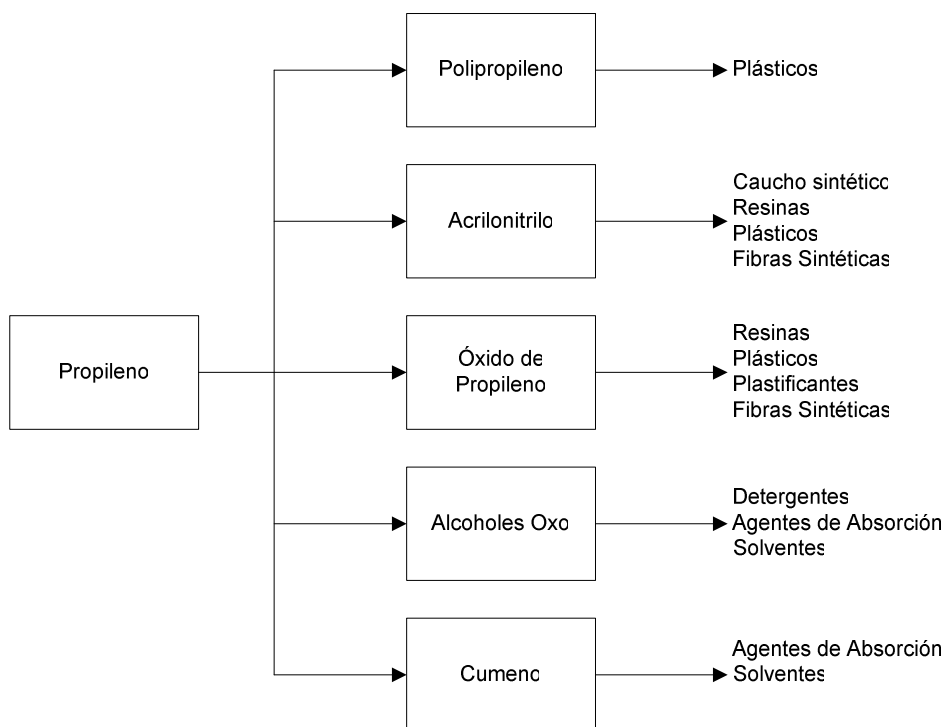
En el Noreste de Asia se concentran la mayor parte de las instalaciones para la producción de este petroquímico seguido por Europa Occidental y Norteamérica. ExxonMobil, British Petroleum, Royal Dutch Shell, Dow Chemical, TotalFina, Conoco Phillips y China Petrochemicals Corp. son los principales productores de propileno cubriendo el 36% del mercado mundial de propileno grado químico/polímero y el 46.2% de propileno grado refinería.

⁵⁵ Montañó Aubert, Eduardo, *op. cit. supra*, nota 17.

Asia ocupa el primer puesto como consumidor de propileno con un 37% de la producción total, seguido por Norteamérica con un 27% y Europa Occidental con un 24%.

El polipropileno, el acrilonitrilo, el óxido de propileno, los alcoholes oxo y el cumeno son algunos de los derivados más importantes del propileno. A partir de estos intermedios se producen acrilatos, ésteres acetona, nonilfenol, polioles y glicoles propilénicos.

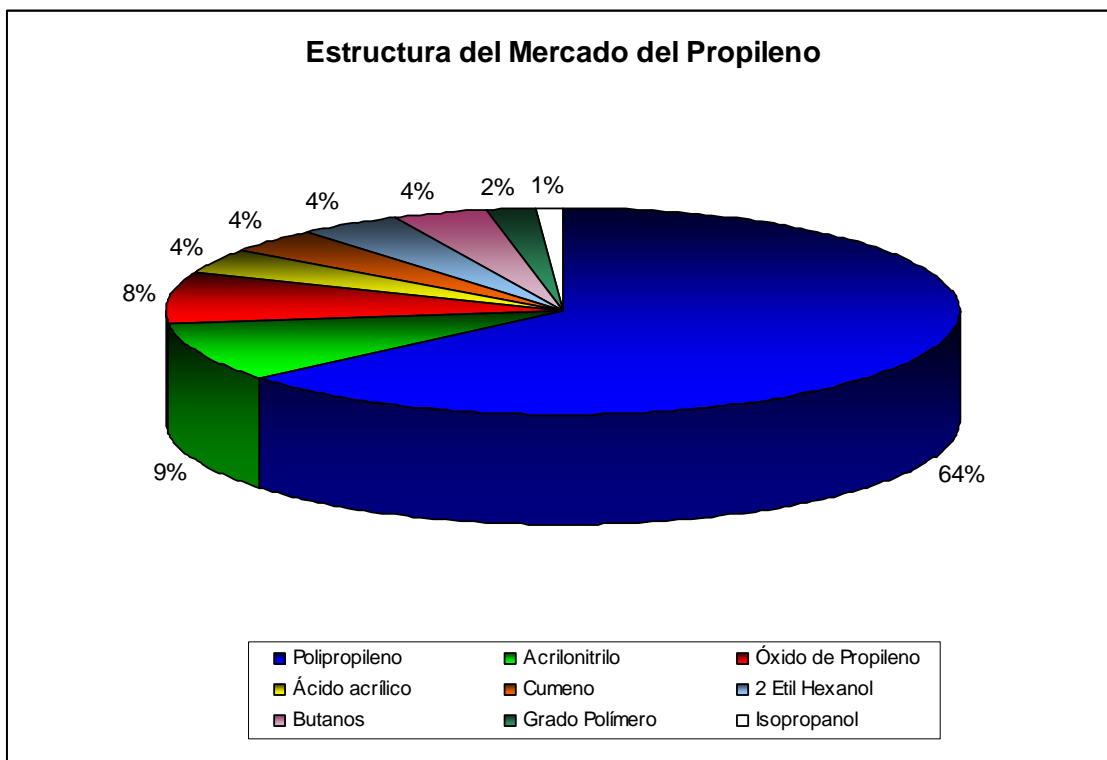
Figura 5 Cadena Productiva del Propileno



Fuente: Secretaría de Energía, Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica 2005, 1ª Edición, México, Secretaría de Energía, 2006, 261 p.

El mercado mundial del propileno es dominado por el polipropileno el cual se utiliza para la producción de fibras, películas, contenedores y partes mecánicas.

Gráfica 6 Estructura del Mercado Mundial del Propileno



Fuente: Secretaría de Energía, *Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica 2006*, 1ª Edición, México, Secretaría de Energía, 2007, 273 p.

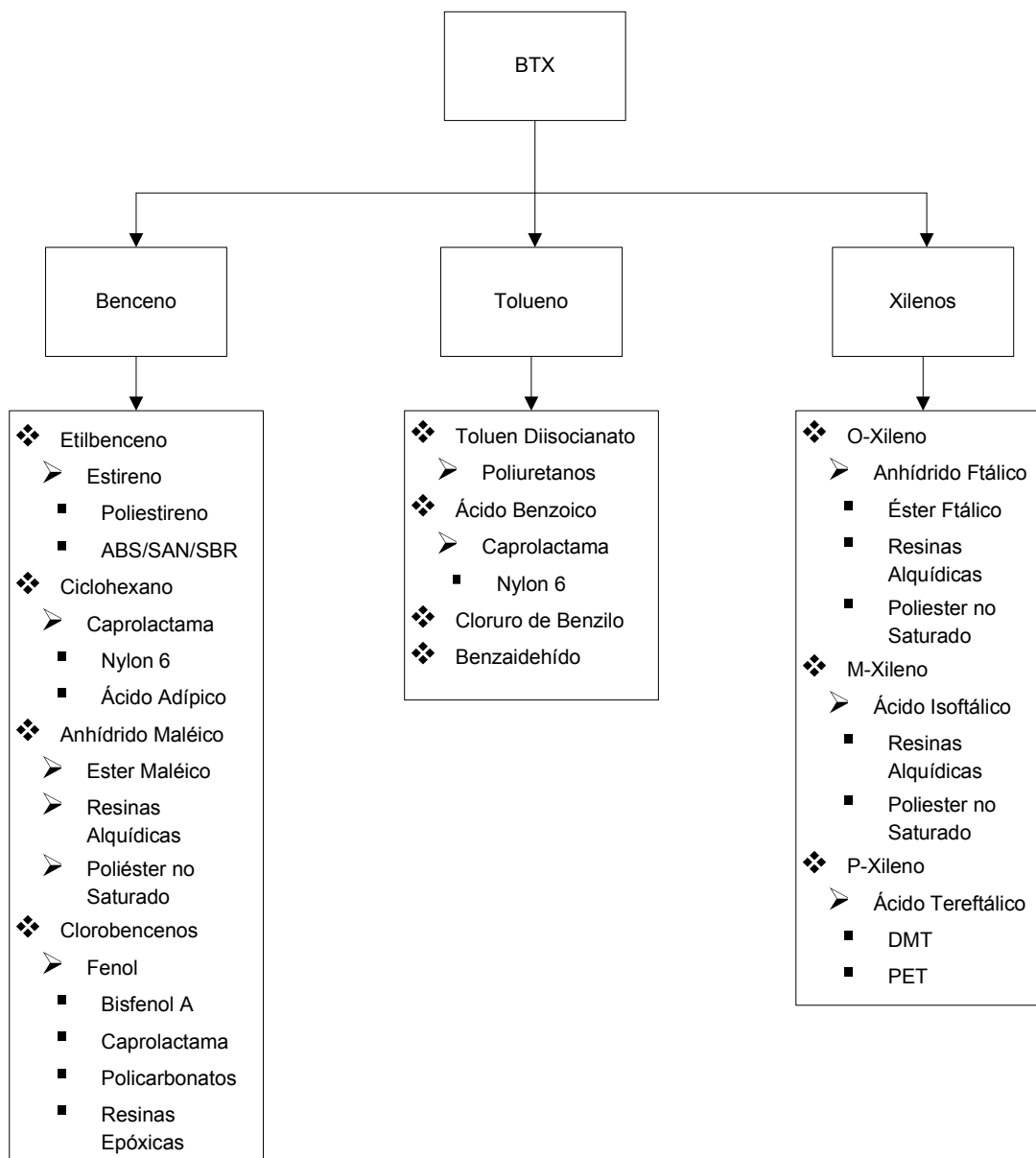
Para el periodo 2006-2010 se contemplan expansiones equivalentes a 23.6 millones de toneladas de propileno grado químico/polímero; de éstas el 51% se llevarán a cabo en Asia (principalmente China e India) y el 29% en Medio Oriente (principalmente Arabia Saudita). Con estos proyectos de expansión la tasa de crecimiento promedio del propileno será del 4.6%. El crecimiento de la demanda de propileno y sus derivados será superior al crecimiento de la oferta hasta el año 2008, para el 2009 se espera que la capacidad adicional de propileno contrarreste este efecto. Norteamérica mantendrá su posición de líder en la exportación de propileno y sus derivados, misma que irá en descenso en cuanto arranquen los proyectos esperados en Medio Oriente. Se espera que para finales de la década, Europa Occidental se convierta en importador neto y no exportador neto (como lo es actualmente) de propileno a medida que la oferta disponible en la región se reduzca.

Aromáticos

Los productos aromáticos incluyen al benceno, al tolueno y a los xilenos (BTX), teniendo como principales derivados al estireno, al ácido tereftálico y al polietilén tereftalato. Se obtienen principalmente a partir de la reformación catalítica y de diversas fracciones de crudo y en menor proporción de la gasolina de pirólisis. La producción de BTX en E.U.A. proviene principalmente de la reformación catalítica de naftas, en Europa, ésta se obtiene de la hidrogenación y extracción de la gasolina de pirólisis.

La capacidad mundial instalada de benceno es de 45 millones de toneladas. A su vez, los xilenos cuentan con una capacidad instalada de 44 millones de toneladas; de la producción total de xilenos, el 80% se utiliza en la obtención del paraxileno, materia prima en la producción del ácido tereftálico (TPA), el cual posteriormente es transformado en polietilén tereftalato (PET). La capacidad instalada de TPA es de 33.6 millones de toneladas y la de resina PET es igual a 13.5 millones de toneladas. El poliestireno, el cumeno y el fenol (derivados del benceno) cuenta con capacidades instaladas de 15.3, 12.4 y 8.8 millones de toneladas respectivamente.

Figura 6 Cadena Productiva de los Aromáticos



Fuente: Secretaría de Energía, Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica 2005, 1ª Edición, México, Secretaría de Energía, 2006, 261 p.

Para el periodo 2006-2010 se estima que las principales expansiones en las capacidades de los aromáticos más importantes, benceno y paraxileno, se llevarán a cabo principalmente en

Asia y Medio Oriente. De los principales derivados de los aromáticos, el PET presentará la mayor tasa de crecimiento anual promedio durante este periodo con un valor aproximado de 7.8% seguido del ácido tereftálico (PTA), del cual se espera presente una tasa de crecimiento anual de 6.6%.

En general la industria petroquímica a nivel mundial crece a un ritmo acelerado, proyectando grandes áreas de oportunidades para los inversionistas. Sin embargo, hoy en día la industria petroquímica es altamente competitiva y es necesaria la integración de las cadenas petroquímicas para competir en este sector industrial. En los próximos años Asia y Medio Oriente adquirirán gran importancia en la industria petroquímica, es en estas regiones en donde se tienen planeadas la mayoría de las expansiones en capacidad de todas las cadenas productivas. Las empresas buscarán optimizar los procesos petroquímicos para tener ventajas sobre sus competidores; será sobre todo en el campo de la energía en donde se centrarán los mayores esfuerzos, tratando de sustituir al petróleo y al gas natural como únicas fuentes de energía.

Panorama Nacional de la Industria Petroquímica

La industria petroquímica nacional está compuesta por dos grupos, Petróleos Mexicanos (PEMEX) y la industria privada. Recordando la legislación mexicana, de acuerdo al Decreto emitido el 13 de noviembre de 1996 por la Secretaría de Energía, mediante el cual se reformó la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo, los derivados del petróleo y del gas que constituyen los petroquímicos básicos, sólo pueden ser elaborados por la Nación a través de PEMEX o de organismos o empresas subsidiarias de dicha institución. Los derivados del petróleo y del gas que son considerados como petroquímicos básicos (situación única en el mundo) son:⁵⁶

- Etano
- Propano
- Butanos
- Pentanos
- Hexano
- Heptano
- Materia Prima para Negro de Humo
- Naftas
- Metano (cuando provenga de carburos de hidrógeno, obtenidos de yacimientos ubicados en territorio nacional y se utilice como materia prima en procesos industriales petroquímicos)

Además cuando en la producción de petroquímicos no considerados como básicos se obtengan como subproductos alguno o algunos de los petroquímicos básicos, éstos podrán ser

⁵⁶ Diario Oficial de la Federación, *op. cit. supra*, nota 20.

aprovechados en el proceso de producción dentro de la misma unidad o complejo; en caso de no ser aprovechados deben ser entregados a PEMEX bajo contrato siguiendo los términos establecidos en el Acuerdo Regulatorio publicado en el Diario Oficial de la Federación (D.O.F.) el 18 de mayo de 2000.

La industria petroquímica privada está constituida principalmente por las siguientes empresas:⁵⁷

Grupo Celanese, S.A.
Clariant México, S.A. de C.V.
Cytex de México, S.A. de C.V.
Derivados Microquímicos, S.A. de C.V.
Derivados Maléicos, S.A. de C.V.
Dynea México, S.A. de C.V.
Formoquimia, S.A. de C.V.
Grupo Primex, S.A. de C.V.
Industrias Derivadas del Etileno, S.A. de C.V.
Industrias Monfel, S.A. de C.V.
Nitroamonia de México, S.A. de C.V.
Oxiquímica, S.A. de C.V.
Petrocel Temex, S.A. de C.V.
Policyd, S.A. de C.V.
Poliestirenos y Derivados, S.A. de C.V.
Poliolos, S.A. de C.V.
Resinas y Materiales, S.A. de C.V.
Rexcel, S.A. de C.V.
Mossi & Ghisolfi, S.A. de C.V.
Síntesis Orgánicas, S.A. de C.V.
UNIQEMA / ICI de México, S.A. de C.V.
Univex, S.A.

⁵⁷ ANIQ, Anuario Estadístico 2006, México, ANIQ, 2007, Versión en Formato Digital.

El 90% de la capacidad instalada de productos petroquímicos en México lo constituyen las empresas antes enlistadas junto con PEMEX Petroquímica.

En la tabla 3 se muestran algunos de los principales productos petroquímicos en los cuales pueden participar tanto PEMEX como la iniciativa privada y la o las empresas que los producen.

Tabla 3 Relación Productos Petroquímicos-Empresas Productoras en México

| Empresa | Producto | Acetato de Vinilo | Acetona | Ácido Acético | Anhídrido Acético | Anhídrido Ftálico | Anhídrido Maléico | Ácido Tereftálico |
|------------------------------------------------|----------|-------------------|---------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Grupo Celanese, S.A. de C.V. | | X | | | X | | | |
| Derivados Maléicos, S.A. de C.V. | | | | | | | X | |
| Formoquimia, S.A. de C.V. | | | | | | | | |
| Grupo Primex, S.A. de C.V. | | | | | | X | | |
| Industrias Derivadas del Etileno, S.A. de C.V. | | | | | | | | |
| Industrias Monfel, S.A. de C.V. | | | | X | x | | | |
| PEMEX | | | | | | | | |
| Petrocel Temex, S.A. de C.V. | | | | | | | | X |
| Poliolos, S.A. de C.V. | | | | | | | | |
| Síntesis Orgánicas, S.A. de C.V. | | | | | | X | | |
| Univex, S.A. de C.V. | | | | | | | | |
| Indelpro, S.A. de C.V. | | | | | | | | |

| Empresa | Producto | Dimetil Tereftalato | Etilenglicoles | Fenol | Formaldehído 37% | Caprolactama | Metacrilato de Metilo | Toluen Diisocianato | Acetaldehído |
|------------------------------------------------|----------|---------------------|----------------|-------|------------------|--------------|-----------------------|---------------------|--------------|
| Grupo Celanese, S.A. de C.V. | | | | | | | | | |
| Derivados Maléicos, S.A. de C.V. | | | | | | | | | |
| Formoquimia, S.A. de C.V. | | | | | X | | | | |
| Grupo Primex, S.A. de C.V. | | | | | | | | | |
| Industrias Derivadas del Etileno, S.A. de C.V. | | | X | | | | | | |
| Industrias Monfel, S.A. de C.V. | | | | | | | | | |
| PEMEX | | | X | | | | | | X |
| Petrocel Temex, S.A. de C.V. | | X | | | | | | | |
| Poliolos, S.A. de C.V. | | | X | | | | | | |
| Síntesis Orgánicas, S.A. de C.V. | | | | | | | | | |
| Univex, S.A. de C.V. | | | | | | X | | | |
| Indelpro, S.A. de C.V. | | | | | | | | | |

| Empresa | Producto | Acilonitrilo | Ciclohexano | Cloruro de Vinilo | Cumeno | Estireno | Etileno | Propileno | Óxido de Etileno |
|------------------------------------------------|----------|--------------|-------------|-------------------|--------|----------|---------|-----------|------------------|
| Grupo Celanese, S.A. de C.V. | | | | | | | | | |
| Derivados Maléicos, S.A. de C.V. | | | | | | | | | |
| Formoquimia, S.A. de C.V. | | | | | | | | | |
| Grupo Primex, S.A. de C.V. | | | | | | | | | |
| Industrias Derivadas del Etileno, S.A. de C.V. | | | | | | | | | |
| Industrias Monfel, S.A. de C.V. | | | | | | | | | |
| PEMEX | | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Petrocel Temex, S.A. de C.V. | | | | | | | | | |
| Poliolos, S.A. de C.V. | | | | | | | | | |
| Síntesis Orgánicas, S.A. de C.V. | | | | | | | | | |
| Univex, S.A. de C.V. | | | | | | | | | |
| Indelpro, S.A. de C.V. | | | | | | | | X | |

Fuente: ANIQ, Anuario Estadístico 2006, México, ANIQ, 2007, Versión en Formato Digital.

La industria petroquímica se divide en las siguientes subramas:⁵⁸

- Adhesivos
- Aditivos para Alimentos
- Agentes Tensoactivos
- Colorantes
- Elastómeros y Negro de Humo
- Explosivos
- Farmoquímicos
- Fertilizantes Nitrogenados
- Fibras Químicas
- Hulequímicos
- Iniciadores y Catalizadores
- Materias Primas de Aditivos para Lubricantes y Combustibles
- Plaguicidas
- Plastificantes
- Propelentes y Refrigerantes
- Químicos Aromáticos
- Resinas Sintéticas
- Otras Especialidades

En 2006 la capacidad instalada de petroquímicos fue de 36,111,992 toneladas, presentando un aumento del 2.55% con respecto a 2005; la producción total de petroquímicos alcanzó las 17,247,362 toneladas, con las cuales se alcanzó una capacidad de operación del 47.76%. La producción en 2005 fue de 18,126,790 por lo que se presentó una disminución del 4.85% de 2005 a 2006. La balanza comercial de petroquímicos se ubicó en las (9,007,046) toneladas y

⁵⁸ La división presentada es la utilizada por la Secretaría de Energía dentro de la publicación: Secretaría de Energía, Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica 2006, 1ª Edición, México, Secretaría de Energía, 2007, 273 p.

los (121,166,292) miles de pesos, es decir, alcanzó los tan mencionados 11,000 millones de dólares negativos. En las siguientes tablas se concentran los principales indicadores de la industria petroquímica por subrama desde 2003 hasta 2006.

Tabla 4 Capacidad Instalada y Producción de la Industria Petroquímica en México

| Subrama | Capacidad instalada (Toneladas) | | | | Producción (Toneladas) | | | |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
| Adhesivos | 120,754 | 134,699 | 130,472 | 136,047 | 56,467 | 57,023 | 60,323 | 62,205 |
| Aditivos para Alimentos | 43,402 | 43,900 | 49,900 | 47,910 | 20,790 | 25,573 | 15,205 | 16,650 |
| Agentes Tensioactivos | 795,267 | 790,336 | 810,962 | 788,794 | 469,962 | 514,621 | 537,269 | 569,839 |
| Colorantes | 27,353 | 25,546 | 24,719 | 24,719 | 12,250 | 13,059 | 12,302 | 13,260 |
| Elastómeros y Negro de Humo | 361,048 | 361,048 | 361,048 | 367,212 | 296,555 | 303,349 | 299,693 | 303,242 |
| Explosivos | 560,715 | 560,717 | 550,717 | 555,810 | 100,444 | 101,813 | 95,704 | 119,557 |
| Ferrocéntricos | 5,298 | 4,130 | 4,130 | 4,130 | 2,706 | 2,641 | 2,518 | 228 |
| Fertilizantes Nitrogenados | 6,140,432 | 6,142,368 | 6,142,368 | 7,034,648 | 978,088 | 1,316,883 | 1,772,981 | 1,218,214 |
| Fibras Químicas | 1,373,246 | 1,373,246 | 1,373,246 | 1,308,028 | 778,215 | 844,803 | 894,645 | 508,352 |
| Hulequímicos | 10,011 | 10,011 | 9,616 | 9,616 | 4,222 | 4,615 | 4,381 | 4,308 |
| Iniciadores y Catalizadores | 20,853 | 20,651 | 19,855 | 18,855 | 8,967 | 7,865 | 7,779 | 7,528 |
| Intermedios | 20,174,262 | 20,358,491 | 20,403,659 | 20,268,204 | 9,848,748 | 10,232,591 | 10,475,465 | 10,800,779 |
| Materias Primas de Aditivos para Lubricantes y Combustibles | 549,834 | 642,500 | 648,276 | 736,815 | 379,557 | 486,318 | 466,165 | 437,876 |
| Plaguicidas | 58,952 | 58,952 | 74,481 | 74,481 | 20,313 | 23,033 | 30,400 | 26,446 |
| Plastificantes | 111,814 | 88,348 | 106,706 | 105,700 | 66,325 | 68,319 | 69,055 | 67,108 |
| Propelentes y Refrigerantes | 46,730 | 47,825 | 47,825 | 51,700 | 29,265 | 31,614 | 29,679 | 30,650 |
| Químicos Aromáticos | 9,334 | 10,205 | 14,137 | 15,414 | 7,644 | 8,969 | 11,817 | 10,446 |
| Resinas Sintéticas | 4,234,746 | 4,389,735 | 4,434,982 | 4,566,964 | 2,937,548 | 3,195,668 | 3,352,012 | 3,367,656 |
| Otros Especialidades | 9,950 | 9,950 | 9,950 | 7,150 | 1,139 | 72 | 262 | 2,590 |
| Total general | 38,644,881 | 39,076,884 | 39,316,889 | 38,112,997 | 16,828,226 | 17,241,587 | 18,126,798 | 17,247,362 |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica (2004, 2005, 2006)

Tabla 5 Volumen del Comercio Exterior de la Industria Petroquímica en México

| Subrama | Importaciones (Toneladas) | | | | Exportaciones (Toneladas) | | | |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
| Adhesivos | 47,026 | 55,497 | 65,494 | 77,293 | 6,724 | 7,540 | 7,371 | 7,717 |
| Aditivos para Alimentos | 27,208 | 30,628 | 34,376 | 38,583 | 8,567 | 8,310 | 8,060 | 7,817 |
| Agentes Tensioactivos | 216,234 | 195,707 | 112,122 | 80,798 | 243,754 | 226,175 | 209,864 | 194,729 |
| Colorantes | 24,043 | 29,753 | 35,819 | 45,563 | 11,263 | 12,833 | 14,623 | 16,664 |
| Elastómeros y Negro de Humo | 92,680 | 98,973 | 105,693 | 112,869 | 180,256 | 200,261 | 222,486 | 247,178 |
| Explosivos | 7,525 | 6,486 | 5,555 | 5,555 | 7,115 | 8,754 | 10,711 | 13,253 |
| Ferrocéntricos | 6,128 | 6,006 | 6,042 | 6,003 | 2,140 | 1,800 | 1,516 | 1,276 |
| Fertilizantes Nitrogenados | 2,783,775 | 2,867,548 | 2,847,024 | 2,431,945 | 20,769 | 8,341 | 3,349 | 2,947 |
| Fibras Químicas | 187,059 | 219,050 | 258,390 | 303,886 | 219,340 | 234,789 | 250,631 | 267,542 |
| Hulequímicos | 16,421 | 21,258 | 27,519 | 35,625 | 5,054 | 6,475 | 8,296 | 10,629 |
| Iniciadores y Catalizadores | 7,210 | 11,628 | 18,751 | 19,900 | 1,790 | 3,194 | 5,699 | 6,147 |
| Intermedios | 4,361,862 | 4,971,837 | 5,667,118 | 5,746,366 | 1,230,867 | 1,264,519 | 1,299,089 | 1,234,688 |
| Materias Primas de Aditivos para Lubricantes y Combustibles | 349,276 | 296,000 | 260,962 | 212,730 | 2,431 | 5,960 | 14,562 | 14,773 |
| Plaguicidas | 54,165 | 61,994 | 70,954 | 81,210 | 21,524 | 16,090 | 12,941 | 12,651 |
| Plastificantes | 14,395 | 12,467 | 10,805 | 13,000 | 4,680 | 5,641 | 6,799 | 6,938 |
| Propelentes y Refrigerantes | 395 | 578 | 846 | 1,238 | 2,468 | 1,820 | 1,341 | 1,306 |
| Químicos Aromáticos | 9,709 | 10,464 | 11,275 | 12,148 | 5,988 | 4,207 | 2,967 | 2,080 |
| Resinas Sintéticas | 2,890,430 | 2,923,514 | 2,963,924 | 2,984,652 | 756,435 | 930,926 | 1,146,666 | 1,172,094 |
| Otros Especialidades | 8,706 | 8,922 | 9,092 | 9,245 | 2,181 | 2,309 | 2,445 | 2,589 |
| Total general | 11,117,367 | 11,589,235 | 12,192,251 | 12,218,349 | 2,733,954 | 2,950,834 | 3,229,464 | 3,322,928 |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica (2004, 2005, 2006)

Tabla 6 Valor del Comercio Exterior de la Industria Petroquímica en México

| Subrama | Importaciones (miles de pesos) | | | | Exportaciones (miles de pesos) | | | |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
| Adhesivos | 1,832,154 | 2,274,413 | 2,823,427 | 3,504,966 | 229,871 | 282,645 | 347,364 | 428,951 |
| Aditivos para Alimentos | 547,744 | 637,516 | 742,001 | 863,612 | 50,439 | 65,399 | 84,795 | 109,944 |
| Agentes Tensioactivos | 2,332,696 | 2,674,816 | 3,542,925 | 4,366,303 | 2,632,602 | 2,344,460 | 2,087,856 | 1,869,338 |
| Colorantes | 1,737,496 | 1,818,337 | 1,902,939 | 1,991,478 | 671,698 | 715,691 | 762,566 | 812,512 |
| Elastómeros y Negro de Humo | 1,605,522 | 1,631,406 | 1,662,587 | 1,682,653 | 1,821,699 | 2,011,551 | 1,984,640 | 2,045,405 |
| Explosivos | 811,076 | 1,034,613 | 1,319,757 | 1,680,488 | 94,800 | 113,349 | 135,527 | 162,044 |
| Ferrocéntricos | 3,242,447 | 3,221,195 | 3,200,082 | 3,179,109 | 429,366 | 601,343 | 707,116 | 1,034,555 |
| Fertilizantes Nitrogenados | 5,071,980 | 6,848,893 | 9,248,324 | 11,282,966 | 80,413 | 68,241 | 57,911 | 52,699 |
| Fibras Químicas | 5,444,660 | 5,342,438 | 5,242,134 | 5,143,713 | 5,195,583 | 6,474,421 | 8,068,031 | 10,053,891 |
| Hulequímicos | 512,108 | 648,071 | 820,132 | 1,037,874 | 206,804 | 284,406 | 314,533 | 314,603 |
| Iniciadores y Catalizadores | 454,888 | 632,993 | 989,607 | 1,045,359 | 97,732 | 144,689 | 214,207 | 224,499 |
| Intermedios | 34,781,522 | 49,029,808 | 69,114,717 | 71,945,960 | 9,565,271 | 12,581,767 | 16,568,308 | 17,091,567 |
| Materias Primas de Aditivos para Lubricantes y Combustibles | 979,746 | 1,319,381 | 1,779,514 | 1,840,408 | 32,671 | 123,366 | 466,832 | 478,764 |
| Plaguicidas | 3,720,931 | 4,200,441 | 4,741,745 | 5,362,805 | 964,473 | 960,189 | 965,923 | 951,676 |
| Plastificantes | 173,222 | 168,905 | 164,696 | 160,592 | 49,707 | 72,088 | 104,540 | 109,247 |
| Propelentes y Refrigerantes | 85,015 | 160,380 | 302,593 | 329,421 | 181,794 | 204,829 | 230,763 | 233,707 |
| Químicos Aromáticos | 372,922 | 408,242 | 448,907 | 489,233 | 242,545 | 227,248 | 212,916 | 199,480 |
| Resinas Sintéticas | 36,584,564 | 46,142,211 | 58,196,775 | 69,717,153 | 8,173,082 | 12,696,258 | 19,722,665 | 20,814,164 |
| Otros Especialidades | 120,388 | 151,532 | 190,732 | 195,686 | 27,390 | 29,694 | 31,954 | 34,513 |
| Total general | 100,368,183 | 127,945,581 | 165,636,594 | 174,555,769 | 36,738,880 | 48,621,522 | 51,751,487 | 55,629,589 |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica (2004, 2005, 2006)

Tabla 7 Balanza Comercial de la Industria Petroquímica en México

| Subrama | Balanza Comercial (Toneladas) | | | | Balanza Comercial (millones de pesos) | | | |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
| Adhesivos | (80,322) | (89,457) | (58,123) | (59,576) | (1,602,193) | (1,991,768) | (2,476,043) | (2,070,074) |
| Aditivos para Alimentos | (18,721) | (22,318) | (26,316) | (30,786) | (497,305) | (572,117) | (657,208) | (753,668) |
| Agentes Tensioactivos | 27,520 | 70,468 | 97,742 | 113,991 | 299,906 | (530,356) | (1,455,069) | (2,506,965) |
| Colorantes | (12,780) | (16,920) | (22,196) | (28,899) | (1,065,798) | (1,102,646) | (1,140,373) | (1,178,966) |
| Elastómeros y Negro de Huma | 87,576 | 931,288 | 116,793 | 134,309 | 216,177 | (429,895) | (463,947) | (360,248) |
| Explosivos | (473) | 2,280 | 5,216 | 7,688 | (716,276) | (921,264) | (1,184,200) | (1,521,444) |
| Farmoquímicos | (3,988) | (4,286) | (4,526) | (4,727) | (2,813,081) | (2,639,852) | (2,412,966) | (2,144,554) |
| Fertilizantes Nitrogenados | (2,773,006) | (2,659,257) | (2,543,676) | (2,429,998) | (4,991,589) | (5,700,852) | (6,190,413) | (11,230,257) |
| Fibras Químicas | 32,889 | 14,939 | (7,759) | (6,144) | (249,077) | 1,131,503 | 2,825,897 | 4,910,178 |
| Halequímicos | (11,367) | (14,703) | (19,223) | (24,996) | (306,304) | (263,686) | (105,598) | (123,271) |
| Incendios y Catalizadores | (5,403) | (8,434) | (13,062) | (13,753) | (307,196) | (488,304) | (775,400) | (820,860) |
| Intermedios | (3,130,996) | (3,707,318) | (4,368,029) | (4,411,708) | (25,226,351) | (36,448,041) | (52,546,409) | (54,854,393) |
| Materias Primas de Aditivos para Lubricantes y Combustibles | (246,846) | (290,196) | (236,400) | (197,967) | (946,075) | (1,196,996) | (1,312,682) | (1,381,644) |
| Plásticos | (32,641) | (45,364) | (58,013) | (68,658) | (2,796,488) | (3,240,252) | (3,796,822) | (4,401,129) |
| Plasticantes | (9,705) | (6,626) | (4,006) | (6,062) | (123,515) | (86,819) | (60,156) | (51,345) |
| Propelentes y Refrigerantes | 2,073 | 1,242 | 495 | 68 | 96,779 | 44,439 | (71,810) | (95,714) |
| Químicos Aromáticos | (3,721) | (5,257) | (9,318) | (10,068) | (130,377) | (180,994) | (233,991) | (269,743) |
| Resinas Sintéticas | (2,136,985) | (1,992,588) | (1,838,258) | (1,812,558) | (28,411,482) | (33,445,963) | (38,474,110) | (38,902,989) |
| Otras Especialidades | (5,595) | (6,513) | (5,537) | (5,656) | (57,988) | (521,948) | (158,778) | (151,153) |
| Total general | (8,383,413) | (8,629,295) | (8,364,295) | (8,295,471) | (69,622,143) | (89,274,678) | (113,679,167) | (118,526,188) |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica (2004, 2005, 2006)

Tabla 8 Separación de la Capacidad Instalada de la Industria Petroquímica en México

| Capacidad Instalada (Toneladas) | 2003 | | 2004 | | 2005 | | 2006 | |
|-------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | FEMEX | Privado | FEMEX | Privado | FEMEX | Privado | FEMEX | Privado |
| Adhesivos | 130,794 | 120,754 | 134,699 | 124,899 | 130,472 | 130,472 | 136,847 | 136,847 |
| Aditivos para Alimentos | 43,402 | 43,402 | 43,960 | 43,960 | 49,860 | 49,860 | 47,910 | 47,910 |
| Agentes Tensioactivos | 796,267 | 796,267 | 796,336 | 796,336 | 810,962 | 810,962 | 798,794 | 798,794 |
| Colorantes | 27,363 | 27,363 | 25,546 | 25,546 | 24,719 | 24,719 | 24,719 | 24,719 |
| Elastómeros y Negro de Huma | 361,048 | 361,048 | 361,048 | 361,048 | 361,048 | 361,048 | 367,212 | 367,212 |
| Explosivos | 660,716 | 660,716 | 660,717 | 660,717 | 660,717 | 660,717 | 665,810 | 665,810 |
| Farmoquímicos | 5,298 | 5,298 | 4,130 | 4,130 | 4,130 | 4,130 | 4,130 | 4,130 |
| Fertilizantes Nitrogenados | 6,142,432 | 6,142,432 | 6,142,368 | 6,142,368 | 6,142,368 | 6,142,368 | 7,034,648 | 7,034,648 |
| Fibras Químicas | 1,373,246 | 1,373,246 | 1,373,246 | 1,373,246 | 1,373,246 | 1,373,246 | 1,308,028 | 1,308,028 |
| Halequímicos | 10,011 | 10,011 | 10,011 | 10,011 | 9,616 | 9,616 | 9,616 | 9,616 |
| Incendios y Catalizadores | 20,863 | 20,863 | 20,861 | 20,861 | 18,895 | 18,895 | 18,895 | 18,895 |
| Intermedios | 15,077,966 | 15,077,966 | 15,177,966 | 15,177,966 | 15,177,966 | 15,177,966 | 14,966,672 | 14,966,672 |
| Materias Primas de Aditivos para Lubricantes y Combustibles | 436,826 | 436,826 | 440,875 | 440,875 | 442,590 | 442,590 | 440,481 | 440,481 |
| Otras Especialidades | 9,950 | 9,950 | 9,950 | 9,950 | 9,950 | 9,950 | 7,193 | 7,193 |
| Plásticos | 98,962 | 98,962 | 98,962 | 98,962 | 74,481 | 74,481 | 74,481 | 74,481 |
| Plasticantes | 111,814 | 111,814 | 98,348 | 98,348 | 106,706 | 106,706 | 106,706 | 106,706 |
| Propelentes y Refrigerantes | 46,730 | 46,730 | 47,625 | 47,625 | 47,625 | 47,625 | 51,700 | 51,700 |
| Químicos Aromáticos | 9,334 | 9,334 | 10,205 | 10,205 | 14,137 | 14,137 | 15,414 | 15,414 |
| Resinas Sintéticas | 611,000 | 611,000 | 611,000 | 611,000 | 611,000 | 611,000 | 611,000 | 611,000 |
| Total general | 16,134,887 | 16,134,887 | 16,444,967 | 16,444,967 | 16,444,967 | 16,444,967 | 16,396,292 | 16,396,292 |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica (2004, 2005, 2006)

Tabla 9 Separación de la Producción de la Industria Petroquímica en México

| Producción (Toneladas) | 2003 | | 2004 | | 2005 | | 2006 | |
|-------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | FEMEX | Privado | FEMEX | Privado | FEMEX | Privado | FEMEX | Privado |
| Adhesivos | 56,467 | 56,467 | 57,321 | 57,321 | 60,321 | 60,321 | 62,205 | 62,205 |
| Aditivos para Alimentos | 20,793 | 20,793 | 25,573 | 25,573 | 15,205 | 15,205 | 16,668 | 16,668 |
| Agentes Tensioactivos | 489,962 | 489,962 | 614,621 | 614,621 | 537,289 | 537,289 | 669,839 | 669,839 |
| Colorantes | 13,280 | 13,280 | 13,089 | 13,089 | 12,302 | 12,302 | 13,360 | 13,360 |
| Elastómeros y Negro de Huma | 296,555 | 296,555 | 303,349 | 303,349 | 298,893 | 298,893 | 303,242 | 303,242 |
| Explosivos | 100,444 | 100,444 | 101,813 | 101,813 | 96,704 | 96,704 | 119,557 | 119,557 |
| Farmoquímicos | 2,708 | 2,708 | 2,641 | 2,641 | 2,518 | 2,518 | 228 | 228 |
| Fertilizantes Nitrogenados | 878,086 | 878,086 | 1,246,883 | 1,246,883 | 1,272,981 | 1,272,981 | 1,218,214 | 1,218,214 |
| Fibras Químicas | 779,215 | 779,215 | 844,803 | 844,803 | 894,645 | 894,645 | 938,352 | 938,352 |
| Halequímicos | 4,222 | 4,222 | 4,815 | 4,815 | 4,381 | 4,381 | 4,328 | 4,328 |
| Incendios y Catalizadores | 8,987 | 8,987 | 7,865 | 7,865 | 7,779 | 7,779 | 7,828 | 7,828 |
| Intermedios | 6,941,323 | 6,941,323 | 7,301,632 | 7,301,632 | 7,587,833 | 7,587,833 | 7,728,296 | 7,728,296 |
| Materias Primas de Aditivos para Lubricantes y Combustibles | 351,261 | 351,261 | 405,089 | 405,089 | 421,882 | 421,882 | 486,186 | 486,186 |
| Otras Especialidades | 1,139 | 1,139 | 72 | 72 | 287 | 287 | 2,588 | 2,588 |
| Plásticos | 25,313 | 25,313 | 23,833 | 23,833 | 31,493 | 31,493 | 26,446 | 26,446 |
| Plasticantes | 66,326 | 66,326 | 88,318 | 88,318 | 69,066 | 69,066 | 67,138 | 67,138 |
| Propelentes y Refrigerantes | 29,265 | 29,265 | 31,614 | 31,614 | 29,679 | 29,679 | 30,860 | 30,860 |
| Químicos Aromáticos | 7,644 | 7,644 | 8,969 | 8,969 | 11,817 | 11,817 | 10,446 | 10,446 |
| Resinas Sintéticas | 429,681 | 429,681 | 430,374 | 430,374 | 436,966 | 436,966 | 436,966 | 436,966 |
| Total general | 17,227,245 | 17,227,245 | 18,608,227 | 18,608,227 | 18,608,227 | 18,608,227 | 18,608,227 | 18,608,227 |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica (2004, 2005, 2006)

Petroquímicos Intermedios

Los petroquímicos intermedios constituyen la subrama más importante de la industria petroquímica, ya que en este grupo se encuentran todos los productos que se utilizan como materias primas en las otras subramas. Por lo tanto, se puede considerar que este grupo es realmente la base de la petroquímica; si los indicadores de éste no son buenos, como es el caso de la industria petroquímica mexicana, se verá afectada la integración de las cadenas productivas y como resultado, la balanza comercial tenderá a ser negativa por las necesidades

de importación de las materias primas para los procesos productivos que se encuentran hacia delante en las cadenas petroquímicas.

La capacidad instalada de petroquímicos intermedios en México, dentro de los cuales se encuentran los petroquímicos básicos (con excepción del metano), es de 20.3 millones de toneladas; de este total el 74% corresponde a PEMEX y el 26% restante a la industria privada. En cuanto a la producción, se producen 10.48 millones de toneladas de petroquímicos intermedios al año, de los cuales el 74% (7.7 MMTon) corresponden a PEMEX y el 26% (2.7 MMTon) a las empresas privadas.

A continuación se presenta información comparativa, separando los valores de PEMEX y los de la industria privada, de la capacidad instalada y la producción de petroquímicos intermedios.

Tabla 10 Capacidad Instalada de Petroquímicos Intermedios, PEMEX vs. Industria Privada

| Capacidad Instalada (Toneladas) | Año | | Tipo | 2003 | | 2004 | | 2005 | | 2006 | | Total 2006 |
|----------------------------------|-------------------|------------------|------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | PEMEX | Privada | | PEMEX | Privada | PEMEX | Privada | PEMEX | Privada | | | |
| Acetaldehído | 150,000 | - | | 150,000 | - | 150,000 | - | 150,000 | - | 150,000 | - | 150,000 |
| Ácido Cianhídrico | 6,000 | - | | 6,000 | - | 6,000 | - | 5,700 | - | 5,700 | - | 6,368 |
| Acilonitrilo | 164,576 | - | | 164,576 | - | 164,576 | - | 164,576 | - | 164,576 | - | 164,576 |
| Amoníaco | 2,666,650 | - | | 2,666,650 | - | 2,666,650 | - | 2,666,650 | - | 2,666,650 | - | 2,666,667 |
| Amoníaco 100 | 72,239 | - | | 72,239 | - | 72,239 | - | 72,239 | - | 72,239 | - | 72,239 |
| Benceno | 234,616 | - | | 234,616 | - | 234,616 | - | 234,616 | - | 234,616 | - | 234,616 |
| Butadieno | 27,555 | - | | 27,555 | - | 27,555 | - | 27,555 | - | 27,555 | - | 27,555 |
| Ciclohexano | 100,000 | - | | 100,000 | - | 100,000 | - | 100,000 | - | 100,000 | - | 100,000 |
| Cloruro de Vinilo | 270,000 | - | | 270,000 | - | 270,000 | - | 270,000 | - | 270,000 | - | 235,000 |
| Dicloroetano | 434,000 | - | | 434,000 | - | 434,000 | - | 434,000 | - | 434,000 | - | 434,000 |
| Etileno | 150,000 | - | | 150,000 | - | 150,000 | - | 150,000 | - | 150,000 | - | 150,000 |
| Etano | 4,558,600 | - | | 4,558,600 | - | 4,558,600 | - | 4,558,600 | - | 4,558,600 | - | 4,558,600 |
| Etilbenceno | 174,000 | - | | 174,000 | - | 174,000 | - | 174,000 | - | 174,000 | - | 174,000 |
| Etileno | 1,490,773 | - | | 1,490,773 | - | 1,590,773 | - | 1,563,500 | - | 1,563,500 | - | 1,563,500 |
| Glicoles Etilénicos | 146,000 | 320,000 | | 466,000 | 320,000 | 466,000 | 320,000 | 462,323 | 320,000 | 462,323 | 320,000 | 466,333 |
| Heptano | 11,000 | - | | 11,000 | - | 11,000 | - | 11,000 | - | 11,000 | - | 9,403 |
| Hexano | 100,600 | - | | 100,600 | - | 100,600 | - | 100,600 | - | 100,600 | - | 100,600 |
| Isopropanol | 10,133 | - | | 10,133 | - | 10,133 | - | 10,133 | - | 10,133 | - | 10,133 |
| Isopropanol | 15,000 | - | | 15,000 | - | 15,000 | - | 15,000 | - | 15,000 | - | 15,000 |
| Materia Prima para Negro de Humo | 1,142,160 | - | | 1,142,160 | - | 1,142,160 | - | 1,092,228 | - | 1,092,228 | - | 1,092,228 |
| Melazol | 211,000 | - | | 211,000 | - | 211,000 | - | 211,000 | - | 211,000 | - | 198,000 |
| Ortoxileno | 46,912 | - | | 46,912 | - | 46,912 | - | 46,912 | - | 46,912 | - | 46,912 |
| Óxido de Etileno | 328,000 | - | | 328,000 | - | 328,000 | - | 388,000 | - | 388,000 | - | 368,000 |
| Paraxileno | 242,546 | - | | 242,546 | - | 242,546 | - | 242,546 | - | 242,546 | - | 242,546 |
| Pentano | 939,186 | - | | 939,186 | - | 939,186 | - | 939,186 | - | 939,186 | - | 939,186 |
| Propileno | 1,051,334 | 350,000 | | 1,401,334 | 350,000 | 1,401,334 | 350,000 | 1,371,334 | 350,000 | 1,371,334 | 350,000 | 1,271,334 |
| Tolueno | 309,050 | - | | 309,050 | - | 309,050 | - | 309,050 | - | 309,050 | - | 309,050 |
| Xileno | 26,026 | - | | 26,026 | - | 26,026 | - | 26,026 | - | 26,026 | - | 26,026 |
| Otros | - | 4,426,306 | | - | 4,610,626 | - | 4,518,525 | - | 4,606,785 | - | 4,642,332 | 4,642,332 |
| Total general | 15,877,956 | 5,896,386 | | 20,174,262 | 5,177,956 | 20,358,491 | 15,856,274 | 5,246,285 | 20,403,559 | 14,985,872 | 5,282,332 | 20,268,204 |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica (2004, 2005, 2006)

Gráfica 7 Distribución de la Capacidad Instalada de Petroquímicos Intermedios en México



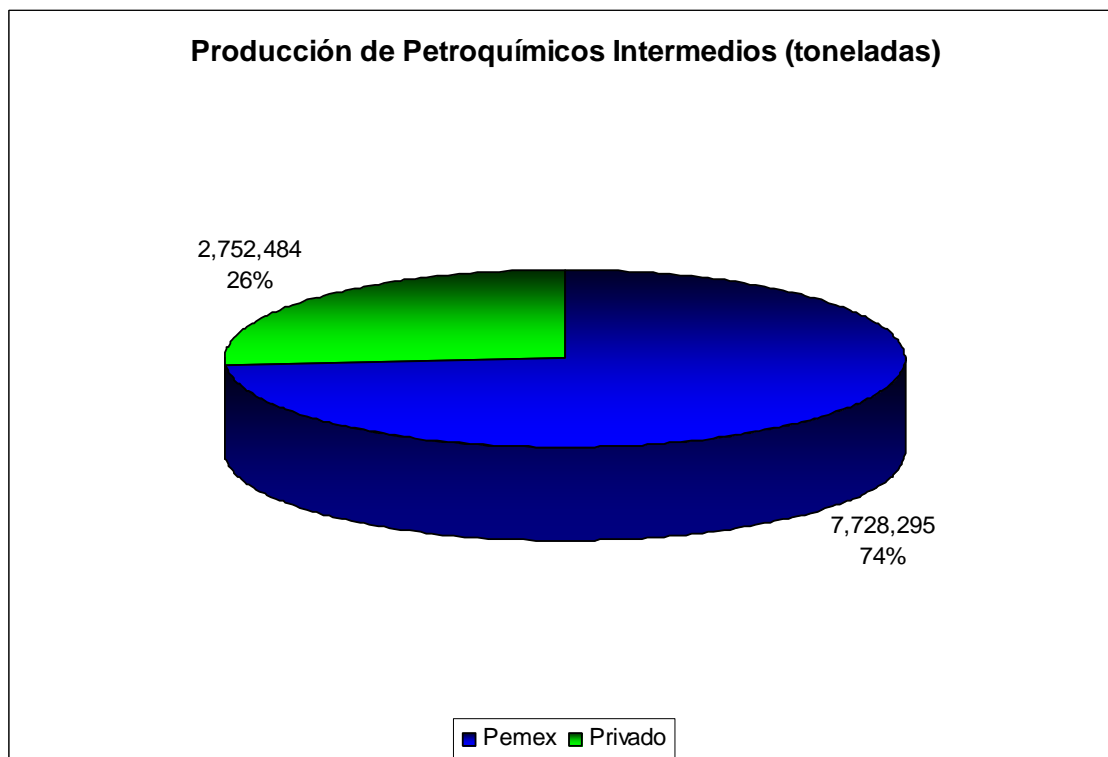
Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica (2004, 2005, 2006)

Tabla 11 Producción de Petroquímicos Intermedios, PEMEX vs. Industria Privada

| Producción (Toneladas) | 2003 | | 2004 | | 2005 | | 2006 | | |
|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|
| | PEMEX | Privado | PEMEX | Privado | PEMEX | Privado | PEMEX | Privado | |
| Acraldehído | 57,226 | - | 57,226 | 4,374 | 4,374 | - | - | - | |
| Ácido Cianhídrico | 5,177 | - | 5,177 | 5,709 | 5,709 | 5,267 | - | - | |
| Azlonitrilo | 76,481 | - | 76,481 | 71,513 | 71,513 | 62,949 | - | - | |
| Amoníaco | 534,805 | - | 534,805 | 661,299 | 661,299 | 513,485 | - | 513,485 | |
| Amoníaco 100 | 83,651 | - | 83,651 | 140,124 | 140,124 | 105,835 | - | 102,293 | |
| Benceno | 113,991 | - | 113,991 | 136,403 | 136,403 | 105,835 | - | 134,791 | |
| Butadieno | 14,610 | - | 14,610 | - | - | - | - | - | |
| Ciclohexano | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Cloro de Vinilo | 113,446 | - | 113,446 | 63,436 | 63,436 | 159,029 | - | 209,394 | |
| Dicloroetano | 195,530 | - | 195,530 | 110,369 | 110,369 | 260,465 | - | 268,465 | |
| Estireno | 100,622 | - | 100,622 | 162,089 | 162,089 | 141,875 | - | 139,024 | |
| Etileno | 2,602,009 | - | 2,602,009 | 2,760,023 | 2,760,923 | 2,679,540 | - | 2,679,540 | |
| Etilbenceno | 113,861 | - | 113,861 | 179,075 | 179,075 | 155,048 | - | 155,048 | |
| Etileno | 981,601 | - | 981,601 | 1,007,059 | 1,007,059 | 1,084,922 | - | 1,084,922 | |
| Glicoles Etilénicos | 138,723 | 168,863 | 307,586 | 144,868 | 139,257 | 284,125 | 154,094 | 158,934 | |
| Heptano | 17,518 | - | 17,518 | 10,864 | 10,864 | 15,023 | - | 15,823 | |
| Hexano | 70,101 | - | 70,101 | 65,953 | 65,953 | 66,044 | - | 66,844 | |
| Isobutano | 6,811 | - | 6,811 | 4,716 | 4,716 | 3,928 | - | 3,928 | |
| Isopropanol | 11,963 | - | 11,963 | 11,419 | 11,419 | 10,556 | - | 10,556 | |
| Materia Prima para Negro de Humo | 436,178 | - | 436,178 | 358,549 | 358,549 | 598,056 | - | 598,056 | |
| Metanol | 190,393 | - | 190,393 | 165,251 | 165,251 | 81,227 | - | 81,227 | |
| Ortoxileno | 10,495 | - | 10,495 | 27,549 | 27,549 | 34,669 | - | 34,669 | |
| Óxido de Etileno | 312,016 | - | 312,016 | 299,093 | 299,093 | 320,587 | - | 320,587 | |
| Patxileno | 54,988 | - | 54,988 | 200,936 | 200,936 | 219,709 | - | 219,709 | |
| Pentanono | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Propileno | 464,105 | 212,510 | 676,715 | 443,995 | 267,814 | 711,689 | 533,873 | 248,553 | |
| Tolueno | 235,418 | - | 235,418 | 214,013 | - | 214,013 | 252,512 | - | |
| Xileno | 9,484 | - | 9,484 | 31,253 | - | 31,253 | 95,303 | - | |
| Otros | - | 2,525,943 | 2,525,943 | - | 2,524,089 | 2,524,089 | - | 2,480,146 | 2,480,146 |
| Total general | 6,943,333 | 2,987,816 | 9,931,149 | 7,381,632 | 2,938,768 | 10,220,392 | 7,587,831 | 2,887,633 | 10,475,464 |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica (2004, 2005, 2006)

Gráfica 8 Distribución de la Producción de Petroquímicos Intermedios en México



Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica (2004, 2005, 2006)

Analizando los datos y gráficas anteriores se observa que a pesar de que solamente cinco productos (Etano, Heptano, Hexano, Isohexano, Materia Prima para Negro de Humo) de los contenidos en la información anterior forman parte de los petroquímicos básicos exclusivos de la nación, PEMEX tiene un total control sobre la base de la industria petroquímica mexicana. Esto es el resultado de la ejecución de los planes que se trazaron cuando se presentó el *boom* de este sector industrial en nuestro país (1970-1980); la legislación se creó para que PEMEX, junto con la Comisión Petroquímica Mexicana y el Gobierno Federal fueran los artífices del sector petroquímico. La idea era que estos tres organismos decidieran el rumbo que debía seguir esta industria y hacia cuáles productos estratégicos enfocar la producción nacional; de esta forma PEMEX sería el abastecedor de materias primas para las cadenas productivas de mayor valor agregado en las cuales podría participar la iniciativa privada. Si se analiza este modelo, se puede llegar a la conclusión de que el modelo como tal no era malo, el problema radica en que PEMEX nunca ha tenido la capacidad de ser el abastecedor de materias primas que pretendía ser, dando como resultado la necesidad de importarlas, hecho que se refleja en la balanza comercial actual de petroquímicos. Existen y han existido diversos factores por los cuales PEMEX no ha logrado sus objetivos en la industria petroquímica, y parece poco veraz que un país productor de petróleo tenga que importar alrededor del 65% del consumo total de productos petroquímicos. La industria privada ha luchado contra estas dificultades y ha obtenido cierto éxito, sin embargo, si la legislación mexicana en cuanto a los petroquímicos no es modificada o se replantea el modelo utilizado actualmente, nunca podremos ver una

verdadera mejora, en donde pueda existir un beneficio mutuo entre las empresas públicas y las privadas.

A continuación se presentan los principales indicadores de los productos petroquímicos intermedios, con los cuales se reflejará con números la situación antes relatada.

Tabla 12 Capacidad Instalada y Producción de Petroquímicos Intermedios

| Producto | Datos Año | | | | Producción (Toneladas) | | | |
|-----------------------------------------|---------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Capacidad Instalada (Toneladas) | | | | | | | |
| | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
| 2-Etil Hexanol | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Acetaldehído | 150,000 | 150,000 | 150,000 | 150,000 | 57,226 | 4,974 | - | - |
| Acetato de Etilo | 87,240 | 118,000 | 129,000 | 129,000 | 75,215 | 80,654 | 88,955 | 91,933 |
| Acetato de Vinilo | 110,000 | 118,000 | 118,000 | 118,000 | 96,294 | 115,777 | 105,972 | 97,547 |
| Acetona | 25,620 | 25,620 | 23,500 | 23,500 | - | - | - | - |
| Acetona Cianhídrica | 20,000 | 20,000 | 20,000 | 20,000 | - | - | - | - |
| Ácido Acético | 20,000 | 20,000 | 20,000 | 20,000 | 6,608 | 3,400 | - | - |
| Ácido Acético | 40,000 | 44,000 | 44,000 | 44,000 | 39,055 | 130 | 37,167 | 40,991 |
| Ácido Benzoico | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ácido Cralídico | 6,000 | 6,000 | 5,700 | 6,368 | 5,177 | 5,709 | 5,267 | - |
| Ácido Dodecibencensulfónico | 356,165 | 356,165 | 358,205 | 326,225 | 253,065 | 267,503 | 260,303 | 260,017 |
| Ácido Fumárico | 840 | 840 | 840 | 840 | 126 | 126 | 40 | 19 |
| Ácido Monocloroacético o Dicloroacético | 5,000 | 5,000 | 5,000 | 5,000 | 4,569 | 4,086 | 3,340 | 4,945 |
| Ácido Nítrico | 613,500 | 613,500 | 613,500 | 616,892 | 60,187 | 59,719 | 62,860 | 71,375 |
| Ácido Salicílico | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ácido Tereftálico | 1,510,000 | 1,510,000 | 1,510,000 | 1,560,000 | 1,001,050 | 1,001,050 | 980,800 | 1,000,000 |
| Acilamida | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 6 | 5 | 5 | 6 |
| Acilatos | 56,000 | 56,000 | 56,000 | 56,000 | 43,158 | 3,254 | 45,120 | 45,738 |
| Acronitrilo | 164,576 | 164,576 | 164,576 | 164,576 | 76,481 | 71,613 | 62,949 | - |
| Alquifenoles | 38,360 | 38,360 | 38,360 | 38,360 | 5,016 | 3,821 | 5,088 | 6,543 |
| Amoníaco | 2,666,650 | 2,666,650 | 2,666,650 | 2,666,667 | 534,805 | 681,299 | 513,495 | 688,119 |
| Anhídrido Acético | 84,000 | 88,000 | 94,000 | 94,000 | 82,449 | 87,728 | 86,170 | 78,212 |
| Anhídrido Ftálico | 79,000 | 79,000 | 79,000 | 79,000 | 57,546 | 64,028 | 68,938 | 66,458 |
| Anhídrido Maléico | 7,000 | 7,000 | 7,000 | 7,000 | - | - | - | 2,520 |
| Aromáticos Pesados | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Aspirina 100 | 72,239 | 72,239 | 72,239 | 72,239 | 83,651 | 140,124 | 105,835 | 102,293 |
| Benceno | 234,616 | 234,616 | 234,616 | 234,616 | 113,891 | 136,403 | 105,835 | 134,791 |
| Butadieno | 27,555 | 27,555 | 27,555 | 27,555 | 14,610 | - | - | - |
| Butanol | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Caprolactama | 85,000 | 85,000 | 85,000 | 85,000 | 79,549 | 79,761 | 79,051 | 80,898 |
| Ciclohexano | 100,000 | 100,000 | 100,000 | 100,000 | - | - | - | - |
| Ciclohexanona | 76,500 | 76,500 | 76,500 | 76,500 | 70,001 | 70,073 | 70,913 | 71,145 |
| Cloral | 1,680 | 1,680 | 1,680 | 1,680 | - | - | - | - |
| Clorobenceno | 1,500 | 9,950 | 9,950 | 9,950 | 286 | 1,816 | 2,527 | 2,900 |
| Clorometanos | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Cloruro de Vinilo | 270,000 | 270,000 | 270,000 | 295,000 | 113,446 | 63,436 | 159,029 | 209,394 |
| Cumeno | 40,000 | 40,000 | 40,000 | 40,000 | - | - | - | - |
| Diclorobenceno | 3,700 | 4,250 | 4,250 | 5,250 | 1,862 | 3,458 | 2,862 | 2,466 |
| Dicloroetano | 434,000 | 434,000 | 434,000 | 434,000 | 185,530 | 110,369 | 260,465 | 352,748 |
| Disocianato de Tolueno | 20,000 | 20,000 | 20,000 | 20,000 | 3,294 | 3,294 | - | - |
| Dimetilformamida | 7,500 | 7,500 | 7,500 | 7,500 | 5,980 | 6,131 | 5,051 | 3,317 |
| Dimetiltereftalato | 460,000 | 460,000 | 460,000 | 460,000 | 274,600 | 274,600 | 175,000 | - |
| Dodecibenceno | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ésteres del Ácido Acético | 19,760 | 19,760 | 19,760 | 19,760 | 18,022 | 13,400 | 15,731 | 18,060 |
| Estereno | 150,000 | 165,000 | 150,000 | 150,000 | 100,522 | 162,089 | 141,875 | 139,024 |
| Etileno | 4,558,600 | 4,558,600 | 4,558,600 | 4,558,600 | 2,802,039 | 2,780,923 | 2,679,540 | 2,631,800 |
| Etilaminas | 27,020 | 29,020 | 42,000 | 42,000 | 26,620 | 26,363 | 24,300 | 26,283 |
| Etilaminas | 950 | 950 | 1,100 | 600 | 697 | 664 | 158 | 83 |
| Etilbenceno | 174,000 | 174,000 | 174,000 | 174,000 | 113,861 | 179,075 | 155,048 | 155,658 |
| Etileno | 1,480,773 | 1,580,773 | 1,583,500 | 1,583,500 | 981,801 | 1,007,069 | 1,084,922 | 1,127,960 |
| Fenol | 42,000 | 42,000 | 38,000 | 42,000 | - | - | - | - |
| Formaldehído 37% | 151,000 | 162,000 | 137,700 | 139,697 | 102,745 | 97,030 | 94,337 | 75,697 |
| Glicéteres | 24,100 | 24,100 | 127,420 | 127,420 | 20,622 | 24,760 | 35,166 | 47,739 |
| Glicoles Etilénicos | 466,000 | 466,000 | 462,323 | 460,333 | 307,586 | 284,125 | 313,028 | 369,365 |
| Glicoles Propilénicos | 30,000 | 30,000 | 30,000 | 30,000 | - | - | - | - |
| Heptano | 11,000 | 11,000 | 11,000 | 9,403 | 17,618 | 10,864 | 15,023 | 14,279 |
| Hexametilentetramina | 10,800 | 10,800 | 5,300 | 5,300 | 1,036 | 970 | 929 | 840 |
| Hexano | 100,600 | 100,600 | 100,600 | 100,600 | 70,101 | 65,953 | 66,044 | 52,344 |
| Isocetano | 10,133 | 10,133 | 10,133 | 10,133 | 6,811 | 4,716 | 3,928 | 2,155 |
| Isopropanol | 15,000 | 15,000 | 15,000 | 15,000 | 11,963 | 11,419 | 10,555 | 9,137 |
| Matena Prima para el Negro de Humo | 1,142,160 | 1,142,160 | 1,092,228 | 1,092,228 | 436,178 | 358,549 | 586,056 | 685,058 |
| Metacrilato de metilo | 20,000 | 20,000 | 18,000 | 24,000 | 22,335 | 22,335 | - | - |
| Metanol | 211,000 | 211,000 | 211,000 | 198,000 | 190,383 | 165,251 | 81,227 | 85,354 |
| Metil Carbonil | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Metil Isobutil Carbonil | 15,517 | 18,000 | 18,000 | 18,000 | 9,879 | 17,517 | 18,601 | 16,581 |
| Metil Isobutil Cetona | 28,483 | 28,483 | 28,483 | 28,483 | 27,753 | 24,782 | 25,343 | 22,468 |
| Metilaminas | 13,999 | 14,655 | 14,655 | 14,655 | 12,523 | 13,155 | 13,803 | 13,721 |
| Oxidoeno | 46,912 | 46,912 | 46,912 | 46,912 | 10,406 | 27,649 | 34,689 | 27,174 |
| Oxido de Etileno | 328,000 | 328,000 | 388,000 | 388,000 | 312,016 | 299,093 | 320,587 | 360,507 |
| Oxido de Mesitilo | 45,000 | 45,000 | 54,000 | 54,000 | 37,103 | 43,240 | 43,210 | 38,571 |
| Paracileno | 242,546 | 242,546 | 242,546 | 242,546 | 54,988 | 200,936 | 219,709 | 185,402 |
| Pentano | 939,186 | 939,186 | 939,186 | 939,186 | - | - | - | - |
| Percloroetileno | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Poliésteres | 15,000 | 21,100 | 21,100 | 21,100 | 989 | 7,493 | 8,228 | 14,335 |
| Polioles | 162,800 | 162,800 | 162,800 | 162,800 | 63,596 | 61,874 | 69,263 | 87,190 |
| Propileno | 1,401,334 | 1,401,334 | 1,271,334 | 1,271,334 | 676,715 | 711,609 | 782,426 | 697,207 |
| Tetramero de Propileno | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Tolueno | 309,050 | 309,050 | 309,050 | 309,050 | 235,418 | 214,013 | 252,512 | 203,430 |
| Ólenos | 26,026 | 26,026 | 26,026 | 26,026 | 9,484 | 31,253 | 35,303 | 27,789 |
| Otros | 49,272 | 49,302 | 49,262 | 50,500 | 11,069 | 19,654 | 31,871 | 28,992 |
| Etanos de Celulosa | 10,900 | 12,100 | 15,100 | 15,100 | 10,899 | 11,398 | 12,244 | 12,131 |
| Total general | 28,174,262 | 28,358,891 | 28,483,559 | 28,268,284 | 9,848,749 | 89,232,592 | 88,475,464 | 88,889,778 |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica (2004, 2005, 2006)

Tabla 13 Comercio Exterior en Volumen de Petroquímicos Intermedios

| Producto | Año | | | | Exportaciones (Toneladas) | | | |
|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
| Acetato de Vinilo | 2,270 | 6,068 | 6,917 | 7,014 | 31,181 | 47,633 | 46,936 | 60,273 |
| Acetato de Glicoles | 890 | 967 | 1,103 | 1,119 | 17,818 | 12,677 | 13,034 | 13,380 |
| Aceto Acetato de Etilo a Metilo | 472 | 423 | 481 | 488 | - | 1 | 1 | 1 |
| Acetona | 95,740 | 102,688 | 117,046 | 118,883 | 950 | 704 | 723 | 743 |
| Ácido 2-Etilhexoico | 954 | 1,006 | 1,237 | 1,254 | - | 19 | 20 | 21 |
| Ácido Acético | 289,503 | 338,890 | 387,421 | 392,839 | 3,854 | 3,817 | 3,921 | 4,028 |
| Ácido Acrílico | 5,888 | 6,273 | 7,193 | 7,290 | 4 | 140 | 144 | 148 |
| Ácido Adípico | 4,445 | 4,880 | 5,562 | 5,640 | 2 | 23 | 24 | 25 |
| Ácido Benzóico | 6,478 | 6,888 | 7,861 | 7,961 | 14 | 29 | 30 | 31 |
| Ácido Fórmico | 3,456 | 4,257 | 4,862 | 4,930 | 21 | 31 | 32 | 33 |
| Ácido Isotálico | 16,006 | 19,387 | 22,110 | 22,419 | - | - | - | - |
| Ácido Metacrílico | 1,320 | 1,743 | 1,987 | 2,015 | - | - | - | - |
| Ácido Nítrico | 7,589 | 7,792 | 8,882 | 9,006 | 56 | 54 | 56 | 56 |
| Ácido Oxálico | 2,422 | 2,768 | 3,155 | 3,199 | 2 | 75 | 77 | 79 |
| Ácido Salicílico | 2,145 | 2,994 | 3,413 | 3,461 | - | - | - | - |
| Ácido Sulfúrico | - | 604 | 688 | 688 | - | - | - | - |
| Ácido Tereftálico | 74,454 | 120,321 | 137,147 | 139,965 | 336,298 | 316,690 | 324,321 | 333,188 |
| Acrilamida | 4,528 | 4,625 | 5,272 | 5,346 | 18 | 5 | 5 | 5 |
| Acrolina | 41,193 | 47,027 | 53,803 | 54,353 | 40,200 | 41,498 | 42,633 | 43,799 |
| Acroleína | 79,534 | 113,754 | 129,862 | 131,475 | 2,414 | 4 | 4 | 4 |
| Alcúloles Ova | 86,021 | 79,781 | 90,937 | 92,209 | 116 | 106 | 107 | 109 |
| Alquilenes | 6,279 | 7,494 | 8,542 | 8,661 | 109 | 103 | 106 | 109 |
| Anonaco | 38,827 | 44,701 | 50,952 | 51,665 | 3,552 | 44,782 | 46,006 | 47,263 |
| Anhidrido Acético | 6 | 6 | 9 | 9 | 63,398 | 79,432 | 81,804 | 83,836 |
| Anhidrido Ftálico | 2,751 | 1,679 | 1,914 | 1,941 | 9,613 | 12,487 | 12,828 | 13,178 |
| Anhidrido Maléico | 10,820 | 11,814 | 13,488 | 13,654 | 155 | 320 | 329 | 338 |
| Anhidrido Trimelítico | - | 3,044 | 3,470 | 3,519 | - | 11 | 11 | 11 |
| Anilina | 1,009 | 896 | 1,021 | 1,036 | - | - | - | - |
| Benceno | 10 | 3,314 | 3,777 | 3,830 | 22,631 | 7,348 | 7,549 | 7,795 |
| Benzaldehído | 392 | 417 | 475 | 482 | 4 | 11 | 11 | 11 |
| Bifenilo A | 798 | 876 | 999 | 1,013 | - | - | - | - |
| Butadieno a Isopreno | 138,764 | 161,573 | 184,168 | 186,743 | 3,139 | 39,786 | 40,874 | 41,902 |
| Caprolactamo | 184 | 263 | 288 | 292 | 36,206 | 37,919 | 38,965 | 40,020 |
| Carbometilcelulosa Sódica | 3,838 | 3,581 | 4,082 | 4,139 | 3,841 | 3,427 | 3,521 | 3,618 |
| Cloruro de Sodio | 7,874 | 8,923 | 10,171 | 10,313 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Ciclohexano | 83,110 | 81,362 | 92,740 | 94,037 | 37 | - | - | - |
| Ciclohexanona | 1,413 | 1,678 | 1,913 | 1,940 | 5 | - | - | - |
| Cloral | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Clorobenceno | 6,327 | 7,569 | 8,616 | 8,736 | 1,232 | 1,980 | 2,034 | 2,089 |
| Clorometano | 31,177 | 36,967 | 42,137 | 42,726 | 449 | 49 | 50 | 51 |
| Cloruro de Benzoilo | 526 | 429 | 489 | 496 | - | 1 | 1 | 1 |
| Cloruro de Benzóilo | 1,234 | 1,063 | 1,212 | 1,229 | - | - | - | - |
| Cloruro de Vinilo | 377,589 | 429,580 | 489,631 | 496,478 | 10,866 | 10 | 10 | 10 |
| Cresoles | 1,144 | 1,080 | 1,231 | 1,248 | - | - | - | - |
| Cumeno | 195 | 153 | 174 | 176 | - | - | - | - |
| Dibromuro de Etileno | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Diclorometano | 275 | 128 | 146 | 148 | 1 | - | - | - |
| Difenilamino | 3,151 | 4,374 | 4,986 | 5,066 | 20 | 50 | 51 | 52 |
| Dimetilformamida | 388 | 754 | 859 | 871 | 105 | 1 | 1 | 1 |
| Dimetilterefalato | - | - | - | - | 184,205 | 168,750 | 164,118 | 160,805 |
| Epiclorohidrina | 609 | 721 | 833 | 845 | - | - | - | - |
| Esteres del Ácido Acético | 13,136 | 19,963 | 22,743 | 23,061 | 74,612 | 80,011 | 84,263 | 86,594 |
| Esteres del Ácido Metacrílico | 14,915 | 33,217 | 37,862 | 38,391 | 3,112 | 225 | 231 | 237 |
| Etileno | 373,736 | 396,076 | 463,744 | 480,089 | 6,308 | 18,677 | 19,188 | 19,713 |
| Etilenamina | 7,562 | 6,936 | 10,175 | 10,317 | 13,476 | 9,888 | 10,076 | 10,361 |
| Eteres de Celulosa | 3,267 | 3,939 | 4,490 | 4,563 | 160 | 88 | 90 | 92 |
| Etilamina | 4,127 | 149 | 170 | 172 | 33 | 111 | 114 | 117 |
| Etilendiamina | 728 | 629 | 710 | 720 | - | - | - | - |
| Etileno | 17 | 70 | 80 | 81 | 83,896 | 154,555 | 158,781 | 163,123 |
| Fenol | 15,891 | 20,157 | 22,976 | 23,297 | 369 | 420 | 431 | 442 |
| Formaldehído 37% | 8 | 10 | 11 | 11 | 734 | 513 | 527 | 541 |
| Glicoles | 3,437 | 5,106 | 5,819 | 5,900 | 4,288 | 6,767 | 5,926 | 6,087 |
| Glicoles Etiléncos | 143,049 | 194,673 | 222,124 | 225,230 | 329 | 24,868 | 25,536 | 26,236 |
| Glicoles Propilénicos | 17,961 | 20,467 | 23,330 | 23,696 | 27 | 363 | 363 | 373 |
| Heptano-Heptano 4 | 10,589 | 5,928 | 6,757 | 6,861 | 1,124 | 1,862 | 1,687 | 1,743 |
| Hexanotetraamino | - | 138 | 157 | 159 | - | 62 | 64 | 66 |
| Hidrogenina | 1,407 | 1,282 | 1,481 | 1,481 | 5 | - | - | - |
| Isocianato | 77,891 | 86,646 | 98,762 | 100,143 | 876 | 1,201 | 1,234 | 1,260 |
| Isopropilol | 36,665 | 33,642 | 38,575 | 39,114 | 551 | 864 | 888 | 913 |
| Metilamina | 2,327 | 2,738 | 3,119 | 3,163 | - | 1 | 1 | 1 |
| Metanol | 154,046 | 227,688 | 289,382 | 283,019 | 1,537 | 1,908 | 1,968 | 2,011 |
| Metil Etil Cetona | 9,770 | 18,914 | 21,569 | 21,880 | 361 | 377 | 387 | 397 |
| Metil Isobutil Carbonil | - | - | - | - | 10,181 | - | - | - |
| Metil Isobutil Cetona | 274 | 20 | 23 | 23 | 20,648 | 17,532 | 18,011 | 18,503 |
| Metilamina | 172 | 305 | 348 | 353 | 1,110 | 1,755 | 1,803 | 1,852 |
| Mezclas a base de dodecibenceno | 210,064 | 213,293 | 243,121 | 246,521 | - | 20 | 21 | 22 |
| Naftas Precursoras de Aromáticos | 658,362 | 701,881 | 891,221 | 903,884 | 69,614 | 33,919 | 34,848 | 35,798 |
| Nitrobenzeno | 96 | - | - | - | - | - | - | - |
| Nitrotolueno | 884 | 448 | 511 | 518 | - | - | - | - |
| Nonano | - | - | - | - | - | - | - | - |
| N-Parafinas | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Oxetoleno | 55,938 | 36,102 | 41,151 | 41,727 | 36 | 1 | 1 | 1 |
| Oxido de Etileno | 23 | 58 | 68 | 67 | 7 | - | - | - |
| Oxido de Metileno | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Oxido de Propileno | 32,224 | 32,799 | 37,395 | 37,808 | - | - | - | - |
| Parafinas Cloradas | 1,841 | 2,794 | 3,185 | 3,230 | 25 | 52 | 12 | 12 |
| Paraldehído | 1,416 | 1,588 | 1,787 | 1,812 | - | 4 | 4 | 4 |
| Paralutifénol | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Paraluteno | 814,052 | 842,708 | 732,586 | 742,831 | - | - | - | - |
| Paracetamol | 5,722 | 6,799 | 7,750 | 7,868 | - | - | - | - |
| Pentano | 648 | 106 | 121 | 123 | 509 | 3,241 | 3,330 | 3,421 |
| Perclorotileno | 10,411 | 9,603 | 10,946 | 11,099 | 106 | 87 | 89 | 91 |
| Propileno | 4,271 | 29 | 33 | 33 | 4,100 | 17,491 | 17,969 | 18,460 |
| Toluendiamina | 470 | 369 | 387 | 311 | - | - | - | - |
| Tolueno | 7,625 | 15,773 | 17,879 | 18,230 | 11,296 | 6,879 | 6,040 | 6,205 |
| Tetroluteno | 1 | 1 | 1 | 1 | - | - | - | - |
| Tetroluteno | 1,743 | 2,158 | 2,480 | 2,494 | 10 | 18 | 18 | 18 |
| Trimetilpropano | 1,774 | 2,110 | 2,405 | 2,439 | 2 | 83 | 86 | 87 |
| Uleno | 8,910 | 28,963 | 33,236 | 33,496 | 17 | 48 | 49 | 50 |
| Otros | 302,268 | 422,790 | 491,880 | 489,619 | 84,486 | 64,347 | 66,706 | 67,913 |
| Total general | 4,161,862 | 4,575,837 | 5,447,118 | 5,146,366 | 1,238,867 | 1,264,535 | 1,299,889 | 1,134,598 |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica (2004, 2005, 2006)

Tabla 14 Comercio Exterior en Valor de Petroquímicos Intermedios

| Producto | Año | | | | Exportaciones (miles de pesos) | | | |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
| Acetaldehído | 45 | 635 | 899 | 936 | 143,302 | 33,798 | 44,490 | 45,899 |
| Acetato de Vinilo | 14,371 | 43,069 | 60,699 | 63,164 | 220,216 | 401,680 | 629,775 | 645,523 |
| Acetatos de Glicóles | 11,432 | 15,436 | 21,760 | 22,651 | 145,312 | 111,629 | 147,248 | 151,912 |
| Aceto Acetato de Etilo o Metilo | 7,811 | 7,600 | 10,713 | 11,152 | 1 | 27 | 36 | 37 |
| Acetona | 509,583 | 757,071 | 1,067,203 | 1,110,801 | 8,006 | 13,897 | 16,299 | 16,879 |
| Ácido 2-Etilhexílico | 11,374 | 14,516 | 20,462 | 21,300 | - | 119 | 167 | 162 |
| Ácido Acético | 714,054 | 1,562,765 | 2,239,765 | 2,322,564 | 25,875 | 28,620 | 37,948 | 39,150 |
| Ácido Acrílico | 52,306 | 72,999 | 102,903 | 107,118 | 87 | 3,422 | 4,506 | 4,649 |
| Ácido Adípico | 52,657 | 72,339 | 101,372 | 106,149 | 97 | 352 | 463 | 479 |
| Ácido Benzóico | 66,540 | 81,611 | 115,043 | 119,706 | 239 | 953 | 728 | 751 |
| Ácido Fórmico | 23,297 | 31,661 | 44,631 | 46,469 | 244 | 458 | 603 | 622 |
| Ácido Isotálico | 159,792 | 211,260 | 325,995 | 339,349 | - | - | - | - |
| Ácido Metacrílico | 24,087 | 36,632 | 54,457 | 56,688 | - | 1 | 1 | 1 |
| Ácido Nítrico | 18,803 | 22,662 | 31,804 | 33,107 | 1,406 | 967 | 1,300 | 1,341 |
| Ácido Oxálico | 15,406 | 21,319 | 30,052 | 31,263 | 165 | 8,080 | 8,006 | 8,260 |
| Ácido Salicílico | 32,013 | 47,164 | 66,513 | 69,238 | - | - | - | - |
| Ácido Sulfónico | - | 8,509 | 11,995 | 12,486 | 144 | - | - | - |
| Ácido Tereftálico | 540,548 | 1,091,497 | 1,539,625 | 1,601,664 | 2,399,088 | 2,773,754 | 3,662,301 | 3,767,982 |
| Acilamida | 34,642 | 42,766 | 60,285 | 62,755 | 329 | 165 | 217 | 234 |
| Acilatos | 341,089 | 618,437 | 730,813 | 760,751 | 360,130 | 439,245 | 679,370 | 696,689 |
| Acilolol | 671,539 | 1,196,013 | 1,688,775 | 1,757,955 | 18,891 | 104 | 137 | 141 |
| Alcoholes Ova | 429,248 | 665,669 | 924,262 | 962,124 | 1,005 | 1,086 | 1,443 | 1,489 |
| Alquilenos | 66,468 | 96,211 | 136,443 | 144,114 | 1,406 | 1,430 | 1,863 | 1,943 |
| Anisovaco | 93,646 | 129,176 | 192,093 | 199,552 | 9,048 | 130,469 | 171,780 | 177,221 |
| Anhídrido Acético | 296 | 540 | 761 | 792 | 461,777 | 569,775 | 737,076 | 760,422 |
| Anhídrido Ftálico | 20,457 | 15,931 | 22,457 | 23,377 | 66,048 | 117,739 | 155,031 | 159,341 |
| Anhídrido Máltico | 86,744 | 107,378 | 152,211 | 158,446 | 1,793 | 5,325 | 7,012 | 7,234 |
| Anhídrido Tereftálico | - | 74,261 | 104,668 | 108,956 | - | 273 | 369 | 370 |
| Anilina | 10,954 | 9,618 | 13,568 | 14,113 | 14 | 7 | 9 | 9 |
| Benceno | 361 | 45,444 | 64,060 | 66,684 | 105,925 | 66,678 | 86,481 | 89,220 |
| Benzaldehído | 5,900 | 7,026 | 9,904 | 10,310 | 1,443 | 4,702 | 6,297 | 6,496 |
| Bifenil A | 9,600 | 15,270 | 21,525 | 22,407 | - | - | - | - |
| Butadieno a Isopreno | 924,341 | 1,217,604 | 1,716,282 | 1,796,704 | 10,494 | 162,606 | 214,109 | 220,891 |
| Caprolactamo | 2,995 | 5,754 | 8,125 | 8,498 | 468,686 | 696,479 | 917,079 | 946,126 |
| Carboximetilcelulosa Sódica | 109,502 | 105,117 | 148,178 | 154,248 | 91,135 | 91,562 | 120,563 | 124,382 |
| Cloruro de Sodio | 80,985 | 94,979 | 133,887 | 139,372 | 53 | 75 | 99 | 102 |
| Ciclohexano | 499,139 | 650,060 | 1,198,264 | 1,247,371 | 205 | 11 | 14 | 14 |
| Ciclohexanona | 18,819 | 28,615 | 40,337 | 41,989 | 149 | 4 | 5 | 5 |
| Cloral | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Clorobenceno | 62,637 | 74,886 | 105,563 | 109,887 | 16,184 | 31,526 | 41,523 | 42,838 |
| Clorometano | 187,739 | 244,832 | 343,956 | 358,046 | 12,252 | 1,140 | 1,501 | 1,549 |
| Cloruro de Bencilo | 5,266 | 4,685 | 6,604 | 6,875 | - | 21 | 28 | 29 |
| Cloruro de Benzóilo | 16,796 | 14,791 | 20,880 | 21,704 | - | - | - | - |
| Cloruro de Vinilo | 2,011,678 | 3,290,660 | 4,638,514 | 4,828,529 | 47,791 | 11 | 14 | 14 |
| Cresoles | 18,113 | 18,363 | 25,871 | 26,931 | - | - | - | - |
| Cumeno | 1,629 | 1,672 | 2,639 | 2,747 | - | - | - | - |
| Dibromuro de Etileno | 13 | - | - | - | - | - | - | - |
| Diclorometano | 2,495 | 1,539 | 2,169 | 2,268 | 36 | - | - | - |
| Difenilamino | 68,757 | 96,142 | 136,526 | 141,078 | 701 | 2,662 | 3,373 | 3,480 |
| Dimetilformamida | 3,754 | 7,612 | 10,730 | 11,170 | 807 | 69 | 91 | 94 |
| Dimetilacetato | 11 | 27 | 36 | 40 | 1,395,369 | 1,260,081 | 1,689,479 | 1,742,991 |
| Epiclorhidrina | 8,602 | 11,655 | 16,429 | 17,102 | - | - | - | - |
| Éteres del Ácido Acético | 95,034 | 148,118 | 209,794 | 217,347 | 488,906 | 688,536 | 774,947 | 799,492 |
| Éteres del Ácido Metacrílico | 209,614 | 535,255 | 754,239 | 795,136 | 41,629 | 7,525 | 9,905 | 10,222 |
| Etileno | 2,876,921 | 4,804,854 | 6,773,148 | 7,060,608 | 36,078 | 190,209 | 250,465 | 268,388 |
| Etilotoluenos | 72,121 | 103,266 | 145,569 | 151,532 | 106,814 | 113,493 | 149,441 | 154,174 |
| Éteres de Celulosa | 298,261 | 315,647 | 444,961 | 463,178 | 7,016 | 7,318 | 9,636 | 9,941 |
| Etilamino | 3,044 | 4,234 | 5,969 | 6,214 | 744 | 2,458 | 3,236 | 3,339 |
| Etilendiamina | 15,153 | 14,273 | 20,120 | 20,944 | - | - | - | - |
| Etileno | 867 | 2,341 | 3,300 | 3,435 | 419,966 | 1,201,729 | 1,582,360 | 1,632,479 |
| Fenol | 114,292 | 229,861 | 324,023 | 337,297 | 4,671 | 6,912 | 9,101 | 9,369 |
| Formaldehído 37% | 118 | 201 | 283 | 295 | 2,869 | 1,994 | 2,626 | 2,709 |
| Glicóles | 68,220 | 99,163 | 139,771 | 146,497 | 36,043 | 64,576 | 85,030 | 87,723 |
| Glicoles Etiléncos | 801,073 | 1,565,463 | 2,208,778 | 2,297,178 | 2,472 | 201,286 | 265,041 | 273,436 |
| Glicoles Propilénicos | 177,948 | 267,208 | 362,572 | 377,425 | 249 | 5,026 | 6,619 | 6,828 |
| Heptano-Hexano 4 | 41,809 | 48,089 | 67,769 | 70,566 | 5,326 | 11,811 | 15,562 | 16,045 |
| Hexametilentetramina | - | 1,924 | 2,712 | 2,823 | - | 867 | 1,142 | 1,178 |
| Hidroxina | 37,820 | 36,727 | 50,362 | 52,425 | 500 | - | - | - |
| Isocianatos | 1,393,276 | 1,796,501 | 2,516,908 | 2,620,031 | 19,792 | 31,315 | 41,233 | 42,529 |
| Isopropilol | 219,077 | 275,299 | 388,074 | 403,971 | 5,357 | 9,668 | 12,599 | 12,998 |
| Metamina | 31,564 | 37,556 | 52,941 | 55,110 | 6 | 9 | 12 | 12 |
| Metanol | 465,254 | 642,389 | 905,542 | 942,637 | 7,929 | 9,084 | 11,974 | 12,363 |
| Metil Etil Cetona | 68,630 | 91,205 | 128,667 | 133,834 | 2,606 | 4,748 | 6,262 | 6,460 |
| Metil Isobutil Carbónil | - | - | - | - | 106,785 | - | - | - |
| Metil Isobutil Cetona | 2,717 | 624 | 739 | 769 | 181,268 | 178,237 | 204,691 | 242,124 |
| Metilmetano | 2,215 | 2,820 | 3,975 | 4,136 | 7,982 | 14,866 | 19,575 | 20,195 |
| Mezclas a base de dodecibenceno | 1,892,896 | 2,131,013 | 3,003,376 | 3,127,033 | - | 301 | 396 | 408 |
| Naftas Prensuras de Aromáticos | 2,018,128 | 3,801,587 | 5,358,896 | 5,578,422 | 207,513 | 120,764 | 159,014 | 164,061 |
| Nitróbenzeno | 796 | - | - | - | - | - | - | - |
| Nitróclorobenceno | 6,261 | 3,999 | 5,637 | 5,888 | - | - | - | - |
| Nonano | - | - | - | - | - | - | - | - |
| N-Parafinas | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Oxoleno | 296,728 | 290,961 | 410,138 | 426,939 | 203 | 36 | 46 | 47 |
| Oxido de Etileno | 3,862 | 5,583 | 9,290 | 9,680 | 225 | 4 | - | - |
| Oxido de Metileno | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Oxido de Propileno | 373,559 | 422,549 | 596,209 | 620,633 | - | 5 | 7 | 7 |
| Parafinas Coradas | 12,866 | 21,824 | 30,764 | 32,024 | 138 | 86 | 113 | 117 |
| Parabromalobido | 8,304 | 10,463 | 14,749 | 15,363 | - | 71 | 93 | 96 |
| Paratoluenol | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Paraxileno | 5,284,703 | 5,735,078 | 8,084,435 | 8,415,811 | - | 7 | 9 | 9 |
| Pentaeritritol | 75,624 | 96,519 | 136,068 | 141,632 | 2 | - | - | - |
| Pentanona | 3,638 | 909 | 1,281 | 1,323 | 2,386 | 20,465 | 26,947 | 27,801 |
| Peróxido de Etileno | 55,395 | 71,372 | 100,609 | 104,730 | 51 | 242 | 319 | 329 |
| Propileno | 19,966 | 895 | 1,262 | 1,314 | 26,102 | 136,195 | 178,016 | 183,854 |
| Toluolamina | 7,218 | 2,290 | 3,214 | 3,346 | 23 | - | - | - |
| Tolueno | 36,868 | 133,731 | 188,598 | 196,324 | 82,140 | 25,811 | 46,890 | 48,375 |
| Tricloroetano | 34 | 102 | 144 | 150 | - | - | - | - |
| Tricloroetano | 14,817 | 22,003 | 31,016 | 32,286 | 214 | 489 | 644 | 664 |
| Trimetilolmetano | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Trimetilolpropano | 28,961 | 38,963 | 54,910 | 57,169 | 100 | 1,395 | 1,827 | 1,895 |
| Xileno | 55,446 | 213,970 | 301,622 | 313,979 | 214 | 614 | 677 | 698 |
| Otros | 9,608,382 | 11,896,590 | 16,769,978 | 17,495,965 | 2,237,375 | 2,644,106 | 3,483,037 | 3,591,863 |
| Total general | 34,781,622 | 49,829,868 | 69,114,717 | 71,845,988 | 9,555,271 | 12,581,747 | 16,568,368 | 17,691,587 |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica (2004, 2005, 2006)

Tabla 15 Balanza Comercial de Petroquímicos Intermedios

| Productos | Balanza Comercial (Toneladas) | | | | Balanza Comercial (miles de pesos) | | | |
|----------------------------------|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
| Acetaldehído | 34 644 | 6 640 | 6 019 | 7 206 | 143 257 | 33 350 | 43 591 | 44 963 |
| Aceto de Vinilo | 20 911 | 41 666 | 42 010 | 43 269 | 205 245 | 369 621 | 469 077 | 482 339 |
| Acetatos de Glicóles | 16 328 | 11 710 | 11 321 | 12 261 | 133 880 | 96 362 | 125 488 | 129 261 |
| Aceto Acetato de Etilo y Metilo | (472) | (421) | (480) | (467) | (7 810) | (7 573) | (10 677) | (11 116) |
| Acetona | (84 780) | (101 862) | (118 323) | (117 940) | (601 567) | (743 174) | (1 048 904) | (1 092 042) |
| Acido 2-Etilhexáico | (964) | (1 066) | (1 217) | (1 233) | (11 374) | (14 397) | (20 306) | (21 336) |
| Acido Acético | (266 540) | (336 073) | (383 500) | (388 811) | (888 179) | (1 563 963) | (2 193 217) | (2 263 414) |
| Acido Acrílico | (5 064) | (6 133) | (7 006) | (7 102) | (62 219) | (89 577) | (96 397) | (102 489) |
| Acido Adípico | (4 443) | (4 867) | (5 508) | (5 615) | (62 560) | (71 967) | (101 508) | (105 671) |
| Acido Benzóico | (6 464) | (6 869) | (7 821) | (7 900) | (66 302) | (81 060) | (114 316) | (119 000) |
| Acido Fórmico | (3 436) | (4 226) | (4 800) | (4 887) | (23 053) | (31 253) | (44 028) | (45 837) |
| Acido Isotálico | (16 200) | (19 397) | (22 110) | (22 419) | (169 792) | (231 260) | (235 996) | (239 349) |
| Acido Metacrílico | (1 300) | (1 743) | (1 967) | (2 016) | (14 067) | (28 631) | (54 460) | (56 667) |
| Acido Nítrico | (7 133) | (7 700) | (8 827) | (8 960) | (16 397) | (21 576) | (20 904) | (21 760) |
| Acido Orótico | (2 400) | (2 893) | (3 078) | (3 120) | (16 241) | (19 239) | (22 046) | (23 023) |
| Acido Salicílico | (2 146) | (2 994) | (3 413) | (3 461) | (32 013) | (47 164) | (66 513) | (69 238) |
| Acido Sulfúrico | - | (604) | (668) | (696) | - | (6 509) | (11 996) | (12 496) |
| Acido Tereftálico | 261 844 | 196 369 | 187 174 | 194 123 | 1 648 540 | 1 692 267 | 2 113 676 | 2 166 328 |
| Acrilamida | (4 510) | (4 620) | (5 267) | (5 341) | (34 313) | (42 601) | (60 068) | (62 531) |
| Acrilatos | (993) | (5 529) | (10 970) | (10 664) | (9 541) | (79 192) | (162 443) | (164 062) |
| Acroldehído | (77 120) | (113 760) | (129 666) | (131 471) | (662 618) | (1 107 908) | (1 688 636) | (1 757 314) |
| Alcoholes Oxo | (86 906) | (79 676) | (90 830) | (92 100) | (427 243) | (664 673) | (922 819) | (960 636) |
| Alquelmidos | (6 170) | (7 391) | (8 436) | (8 552) | (65 062) | (86 781) | (136 560) | (142 171) |
| Anisaco | (35 276) | (61) | (4 946) | (4 402) | (84 598) | (1 263) | (10 313) | (12 331) |
| Anilido Acético | (83 302) | 79 424 | 81 596 | 83 808 | 461 491 | 569 236 | 736 316 | 769 630 |
| Anilido Fórmico | 6 862 | 10 806 | 10 914 | 11 237 | 46 591 | 101 006 | 132 574 | 136 664 |
| Anilido Máltico | (10 866) | (11 494) | (13 137) | (13 318) | (83 961) | (102 653) | (146 198) | (151 212) |
| Anilido Tomático | - | (3 033) | (3 469) | (3 508) | - | (73 978) | (104 308) | (108 590) |
| Anilina | (1 009) | (896) | (1 021) | (1 036) | (10 940) | (9 611) | (13 548) | (14 104) |
| Benceno | 22 621 | 4 034 | 3 772 | 3 906 | 106 574 | 20 234 | 22 421 | 22 536 |
| Benzaldehído | (388) | (406) | (464) | (471) | (4 537) | (2 244) | (3 607) | (3 614) |
| Bifenil A | (796) | (876) | (999) | (1 013) | (9 600) | (9 270) | (11 626) | (12 407) |
| Butadieno e Isopreno | (138 626) | (121 767) | (143 294) | (144 761) | (613 847) | (1 054 998) | (1 502 263) | (1 566 613) |
| Caprolactamo | 36 222 | 37 666 | 38 667 | 39 728 | 466 690 | 480 716 | 508 964 | 537 668 |
| Carboximetilcelulosa Sódica | 3 | (154) | (561) | (521) | (18 767) | (13 566) | (27 616) | (29 866) |
| Cianuro de Sodio | (7 970) | (8 919) | (10 167) | (10 309) | (80 906) | (84 964) | (133 788) | (139 270) |
| Ciclohexano | (83 673) | (81 362) | (82 740) | (84 037) | (486 934) | (662 048) | (1 198 270) | (1 247 367) |
| Ciclohexanona | (1 408) | (1 678) | (1 913) | (1 940) | (16 473) | (20 611) | (40 332) | (41 964) |
| Cloral | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Clorobenceno | (4 096) | (6 579) | (6 582) | (6 647) | (46 433) | (43 361) | (64 040) | (67 049) |
| Clorometano | (30 728) | (36 918) | (42 087) | (42 676) | (176 487) | (242 862) | (342 466) | (366 497) |
| Cloro de Bencilo | (628) | (428) | (488) | (496) | (5 266) | (4 664) | (6 576) | (6 640) |
| Cloro de Benzilo | (1 234) | (1 063) | (1 212) | (1 228) | (16 796) | (14 791) | (20 860) | (21 704) |
| Cloro de Vinilo | (666 724) | (429 592) | (489 621) | (496 468) | (1 963 886) | (3 290 539) | (4 630 500) | (4 820 516) |
| Cresoles | (1 144) | (1 083) | (1 231) | (1 248) | (18 113) | (18 263) | (25 871) | (26 931) |
| Cumeno | (196) | (93) | (174) | (176) | (1 629) | (1 872) | (2 638) | (2 747) |
| Dibromuro de Etileno | - | - | - | - | (13) | - | - | - |
| Diclorometano | (274) | (126) | (140) | (148) | (2 469) | (1 539) | (2 169) | (2 268) |
| Difenilamino | (3 131) | (4 324) | (4 936) | (5 004) | (88 096) | (93 580) | (132 153) | (137 898) |
| Dimetilformamida | (263) | (753) | (668) | (670) | (2 947) | (7 543) | (10 639) | (11 076) |
| Dimetilterftalato | 184 296 | 169 750 | 164 118 | 168 606 | 1 156 268 | 1 283 064 | 1 689 441 | 1 742 961 |
| Epoclorhidrina | (609) | (731) | (833) | (846) | (6 502) | (11 666) | (16 429) | (17 102) |
| Esteres del Acido Acético | 41 476 | 62 098 | 61 510 | 63 496 | 393 892 | 440 418 | 566 163 | 602 146 |
| Esteres del Acido Metacrílico | (11 803) | (32 392) | (37 631) | (38 154) | (67 966) | (827 530) | (744 331) | (774 914) |
| Etoleno | (87 437) | (79 399) | (434 666) | (440 378) | (2 840 846) | (4 614 646) | (6 522 693) | (6 792 230) |
| Etilendiamina | 5 024 | (82) | (69) | 34 | 34 680 | 10 227 | 3 872 | 2 642 |
| Eteres de Celulosa | (3 107) | (3 861) | (4 400) | (4 461) | (21 246) | (308 329) | (436 318) | (463 237) |
| Etilamina | (4 094) | (68) | (66) | (66) | (2 300) | (1 776) | (2 733) | (2 876) |
| Etilendiamina | (728) | (623) | (710) | (720) | (16 163) | (14 273) | (20 120) | (20 944) |
| Etileno | 33 679 | 154 486 | 158 701 | 163 042 | 419 078 | 1 199 388 | 1 579 060 | 1 629 044 |
| Fenol | (16 322) | (19 737) | (22 646) | (22 896) | (109 721) | (222 949) | (314 922) | (327 808) |
| Formaldehído 37% | 716 | 503 | 516 | 530 | 2 561 | 1 793 | 2 343 | 2 414 |
| Glicóles | (81) | (62) | (106) | (107) | (32 177) | (34 677) | (64 741) | (67 774) |
| Glicoles Etilécticos | (142 720) | (170 017) | (196 588) | (198 996) | (786 601) | (1 364 197) | (1 941 737) | (2 023 742) |
| Glicoles Propilénicos | (17 934) | (20 114) | (22 967) | (23 283) | (177 699) | (262 162) | (366 964) | (370 697) |
| Heptano-Hexano 4 | (9 475) | (4 276) | (5 066) | (5 106) | (36 571) | (36 270) | (62 237) | (64 521) |
| Hexametilentiamina | - | (76) | (93) | (93) | - | (1 067) | (1 570) | (1 646) |
| Hidroxiquinona | (1 402) | (1 262) | (1 461) | (1 481) | (37 320) | (36 727) | (60 362) | (62 426) |
| Isocianatos | (77 616) | (86 444) | (97 628) | (98 876) | (1 373 484) | (1 754 186) | (2 476 693) | (2 577 492) |
| Isopropilol | (36 154) | (32 978) | (37 887) | (38 201) | (213 720) | (266 731) | (376 476) | (380 973) |
| Metilamina | (2 377) | (2 795) | (3 118) | (3 162) | (31 568) | (37 547) | (62 929) | (66 098) |
| Metanol | (163 308) | (226 662) | (267 434) | (261 008) | (467 326) | (633 296) | (893 668) | (900 264) |
| Metil Etil Cetona | (9 419) | (18 637) | (21 172) | (21 463) | (66 014) | (88 467) | (132 316) | (137 384) |
| Metil Isobutil Cetona | 10 381 | - | - | - | 106 796 | - | - | - |
| Metilamina | 20 374 | 17 612 | 17 988 | 18 488 | 170 551 | 177 713 | 233 962 | 241 366 |
| Metilmetano | 938 | 1 460 | 1 466 | 1 499 | 5 767 | 12 046 | 16 600 | 16 667 |
| Mezclas a base de dietilbenceno | (219 064) | (213 273) | (243 100) | (246 499) | (1 892 986) | (2 130 712) | (3 003 500) | (3 126 626) |
| Naftas Precursoras de Aromáticos | (489 748) | (747 362) | (896 376) | (867 888) | (1 610 616) | (3 680 823) | (5 199 802) | (5 414 371) |
| Nitrobenenceno | (96) | - | - | - | (796) | - | - | - |
| Nitroclorobenceno | (884) | (440) | (611) | (618) | (6 281) | (3 999) | (6 637) | (6 988) |
| Nonano | - | - | - | - | - | - | - | - |
| N-Parafinas | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Oxetileno | (66 903) | (36 101) | (41 190) | (41 726) | (296 626) | (290 918) | (410 092) | (426 892) |
| Oxido de Etileno | (16) | (68) | (66) | (67) | (3 667) | (6 578) | (9 200) | (9 600) |
| Oxido de Metileno | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Oxido de Propileno | (32 234) | (32 798) | (37 369) | (37 908) | (373 669) | (422 944) | (696 202) | (630 626) |
| Parafinas Cloradas | (1 816) | (2 782) | (3 173) | (3 218) | (12 828) | (21 738) | (30 661) | (31 907) |
| Parformaldehído | (1 416) | (1 564) | (1 763) | (1 808) | (8 304) | (10 392) | (14 666) | (15 257) |
| Parafinobutanol | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Parafineno | (114 062) | (642 706) | (732 688) | (742 031) | (6 264 703) | (6 736 071) | (8 084 426) | (8 416 802) |
| Parafinobutanol | (6 722) | (6 798) | (7 750) | (7 868) | (75 622) | (86 519) | (136 068) | (141 632) |
| Parafinas | (139) | 3 136 | 3 209 | 3 296 | (1 262) | 19 566 | 26 666 | 26 468 |
| Perclorometano | (10 306) | (9 516) | (10 867) | (11 008) | (66 334) | (71 130) | (100 290) | (104 411) |
| Propileno | (171) | 17 462 | 17 396 | 18 427 | 6 146 | 134 300 | 176 754 | 182 340 |
| Toluendiamina | (489) | (669) | (807) | (811) | (7 196) | (2 283) | (3 214) | (3 348) |
| Tolueno | 3 670 | (9 894) | (11 309) | (12 026) | 13 262 | (88 180) | (141 708) | (147 949) |
| Tetracloreto | (1) | (1) | (1) | (1) | (4) | (16) | (14) | (16) |
| Tetracloreto | (1 733) | (2 146) | (2 442) | (2 476) | (14 403) | (21 514) | (30 372) | (31 622) |
| Trimetilololano | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Trimetilolopropano | (1 772) | (2 037) | (2 303) | (2 362) | (6 961) | (7 568) | (63 073) | (66 264) |
| Ureos | (6 891) | (6 936) | (8 267) | (8 448) | (66 232) | (71 466) | (100 946) | (113 390) |
| Otros | (217 762) | (266 413) | (416 774) | (420 708) | (7 371 007) | (6 262 474) | (13 286 941) | (13 866 002) |
| Total general | (3 136 994) | (3 787 118) | (4 368 676) | (4 411 748) | (25 226 351) | (36 448 844) | (62 546 489) | (64 854 391) |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica (2004, 2005, 2006)

Como se mencionó, la información anterior corresponde únicamente a los petroquímicos intermedios; si en este grupo, como lo indica la balanza comercial, se cuenta ya con deficiencias en el suministro nacional, las cadenas productivas posteriores tendrán dificultades en su operación y en un futuro estas cadenas tenderán a desaparecer para ser sustituidas con importaciones, ya no de materias primas sino de productos finales.

Situación Actual de PEMEX

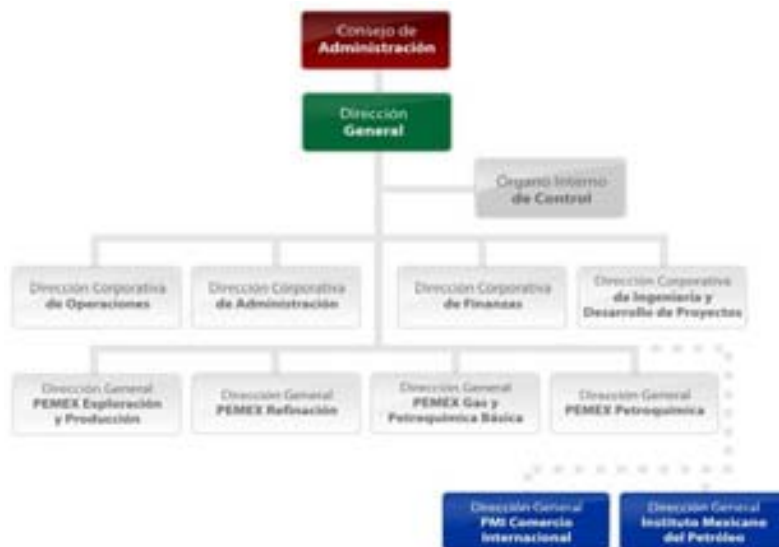
PEMEX es la empresa más grande de México y de América Latina además de ser el contribuyente fiscal número uno del país. PEMEX desarrolla toda la cadena productiva del petróleo, desde la exploración hasta la comercialización y distribución de productos finales. En el 2006 PEMEX obtuvo una utilidad neta de 42,497 millones de pesos, sus ventas nacionales alcanzaron los 546,750 millones de pesos y sus ventas de exportación se ubicaron en 511,366 millones de pesos. La producción promedio en ese mismo año fue de 3,255,600 barriles diarios.

Actualmente PEMEX opera a través de un corporativo y cuatro organismos subsidiarios:

- **Petróleos Mexicanos** es el responsable de la conducción central y de la dirección estratégica de la industria petrolera estatal, y de asegurar su integridad y unidad de acción.
- **PEMEX Exploración y Producción** tiene a su cargo la exploración y explotación del petróleo y el gas natural.
- **PEMEX Refinación** produce, distribuye y comercializa combustibles y demás productos petroleros.
- **PEMEX Gas y Petroquímica Básica** procesa el gas natural y los líquidos del gas natural además de distribuir y comercializar gas natural, gas LP y los productos petroquímicos básicos.
- **PEMEX Petroquímica** a través de sus ocho empresas filiales (Camargo, Cangrejera, Cosoleacaque, Escolín, Independencia, Morelos, Pajaritos y Tula) elabora, distribuye y comercializa toda la gama de productos petroquímicos secundarios.

P.M.I. Comercio Internacional realiza las actividades de comercio exterior de Petróleos Mexicanos.

Figura 7 Estructura Orgánica de PEMEX



Fuente: www.pemex.com

Instalaciones

El territorio mexicano se ha dividido en cuatro regiones geográficas para que PEMEX Exploración y Producción (PEP) lleve a cabo sus actividades de una manera eficiente. Estas cuatro regiones son:

- Norte. Abarca 25 entidades federativas y cuenta con Burgos, Veracruz y Poza Rica como activos integrales.
- Sur. Tiene una superficie de 390 mil kilómetros cuadrados aproximadamente. Abarca parte de los estados de Guerrero, Oaxaca y Veracruz, así como la totalidad de Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo y Chiapas. Operativamente está dividida en los activos integrales de Bellota-Jujo, Macuspana, Cinco Presidentes, Samaria-Luna y Muspac.
- Marina Suroeste. Consta de un área de 352 mil kilómetros cuadrados de aguas territoriales del Golfo de México. Efectúa la explotación de hidrocarburos a través de los activos integrales Abkatún-Pol-Chuc y litoral de Tabasco.
- Marina Noreste. Con una extensión de 166 mil kilómetros cuadrados de aguas territoriales, se sitúa en la plataforma y talud continentales del Golfo de México; está constituida por los activos integrales de Cantarell y Ku-Maloob-Zaap.

PEMEX Refinación (PR) transforma el petróleo crudo en combustibles de uso generalizado como gasolinas, turbosina, diesel y combustóleo. Actualmente cuenta con seis refinерías:

- Refinería Ing. Héctor R. Lara Sosa (Cadereyta, Nuevo León). Abastece la demanda del norte del país procesando 207 Mbd crudo.
- Refinería Francisco I. Madero (Cd. Madero, Tamaulipas). Abastece la demanda del centro y del Golfo procesando 140 Mbd de crudo.

- Refinería Ing. Antonio M. Amor (Salamanca, Guanajuato). Abastece la demanda en las regiones central oeste del país procesando 196 Mbd de crudo.
- Refinería Miguel Hidalgo (Tula, Hidalgo). Principal proveedor de combustibles a la Ciudad de México. Procesa 273 Mbd de crudo.
- Refinería Gral. Lázaro Cárdenas (Minatitlán, Veracruz). Abastece la demanda del sur y de la Península de Yucatán procesando 169 Mbd de crudo.
- Refinería Ing. Antonio Dovalí Jaime (Salina Cruz, Oaxaca). Abastece la demanda en todo el litoral del Pacífico procesando 290 Mbd de crudo.

Por otra parte, PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB) cuenta con 20 plantas endulzadoras y 19 plantas criogénicas de gas natural distribuidas en el territorio nacional en los diversos complejos procesadores de gas. Dichos complejos son:

- Burgos
- Reynosa
- Arenque
- Poza Rica
- Matapionche
- Coatzacoalcos (3)
- La Venta
- Cactus
- Nuevo PEMEX
- Ciudad PEMEX

La producción de PGPB es de 3,445 MMpcd de gas seco, 436 Mbd de líquidos de gas y 215 Mbd de gas licuado.

PEMEX Petroquímica (PPQ) elabora y comercializa una gran variedad de materias primas para las industrias química y petroquímica del país. Cuenta con 38 plantas distribuidas en 8 complejos petroquímicos, con una capacidad instalada de 12,571 Mt y una producción de 6,572 Mt.

Tabla 16 Resumen de Instalaciones de PEMEX

| Tipo de Infraestructura | 2005 | 2006 |
|--------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|
| Campos en Producción | 357 | 364 |
| Pozos en Explotación | 5,682 | 6,080 |
| Plataformas Marinas | 193 | 199 |
| Refinerías | 6 | 6 |
| Centros Procesadores de Gas | 12 | 12 |
| Centros Petroquímicos | 8 | 8 |
| Terminales de Almacenamiento y Distribución de Productos Refinados | 77 | 77 |
| Terminales de Distribución de Gas Licuado | 20 | 20 |

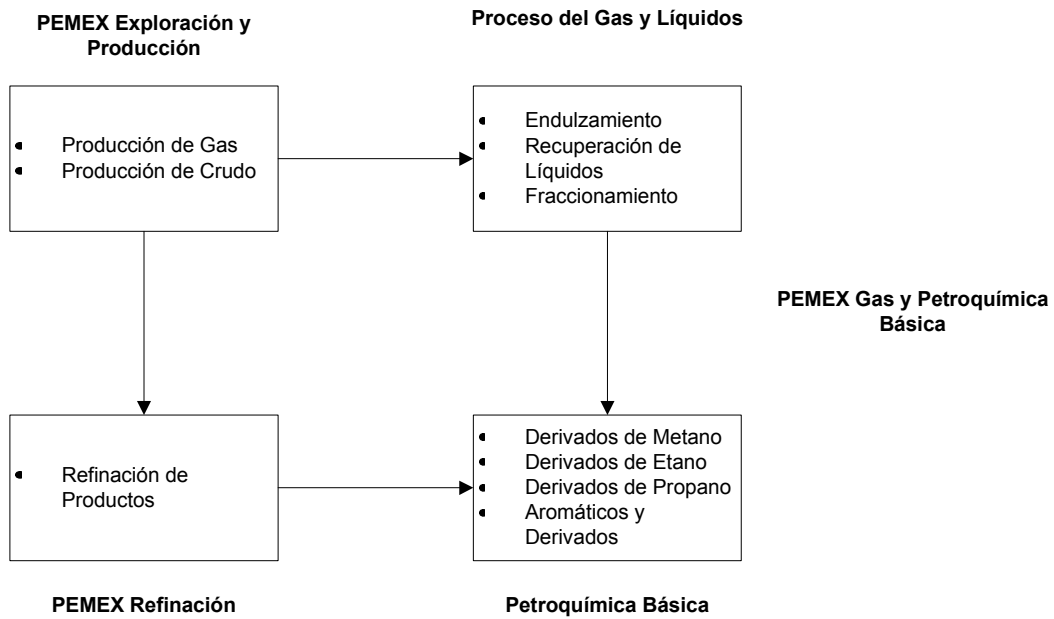
Fuente: Elaboración Propia con datos encontrados en la página de PEMEX y sus organismos subsidiarios

PEMEX Gas y Petroquímica Básica

Es la subsidiaria de Petróleos Mexicanos que procesa, transporta y comercializa el gas natural, hidrocarburos líquidos como el gas licuado (gas LP) y productos petroquímicos básicos como el etano, gasolinas naturales y azufre. Además ofrece a sus clientes industriales diversos servicios dentro de los cuales se encuentran las coberturas de precio de gas natural.

PGPB recibe de PEP el gas de formación para que éste sea procesado, comercializado y transportado como gas natural. Además recibe de PR algunos subproductos que posteriormente son procesados y comercializados por PGPB.

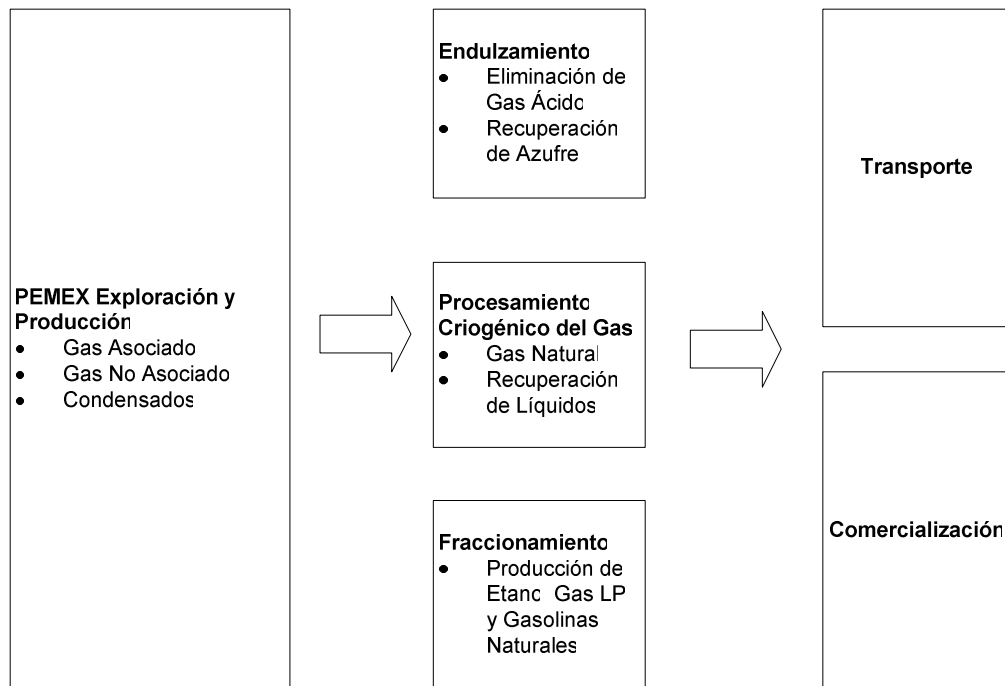
Figura 8 Cadena Productiva de PEMEX Gas y Petroquímica Básica



Fuente: www.gas.pemex.com (PEMEX Gas y Petroquímica Básica)

La cadena de valor de PGPB está integrada por tres procesos básicos: producción, transporte y comercialización.

Figura 9 Cadena de Valor de PEMEX Gas y Petroquímica Básica



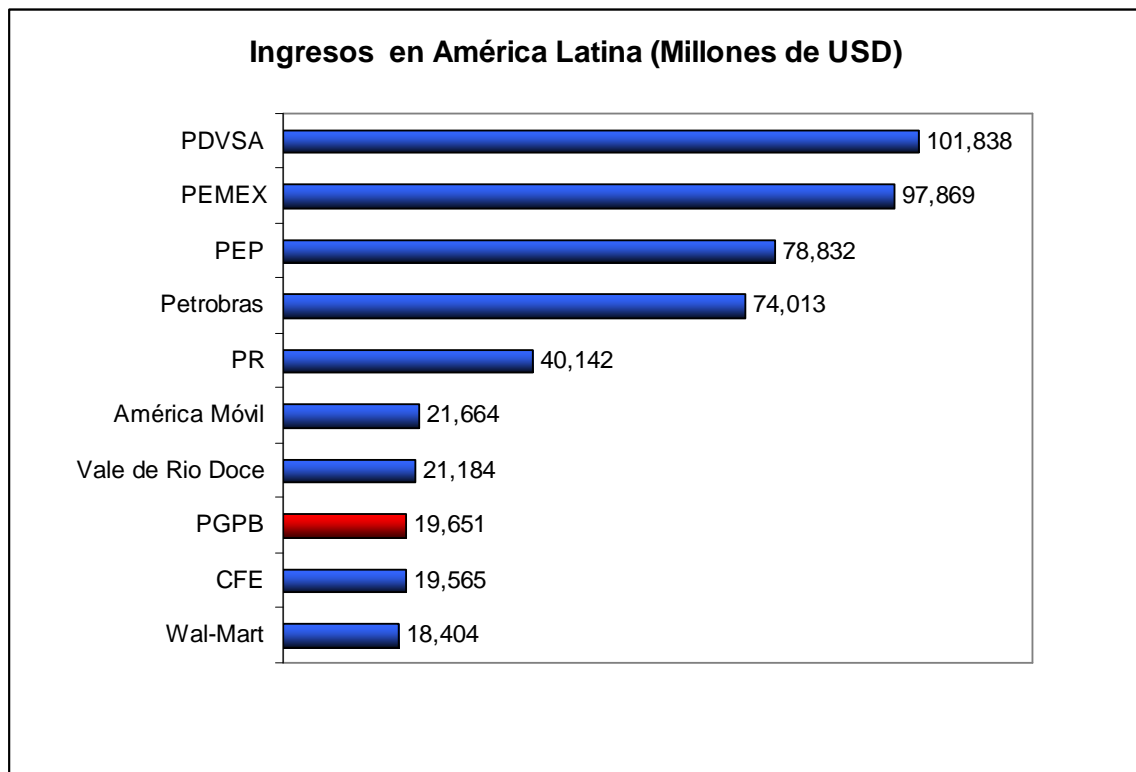
Fuente: www.gas.pemex.com (PEMEX Gas y Petroquímica Básica)

En PGPB se utilizan básicamente cuatro procesos de producción:⁵⁹

- Endulzamiento de gas y condensados. Se separan los gases ácidos de la corriente de hidrocarburos, principalmente ácido sulfhídrico (H₂S) y dióxido de carbono (CO₂). Se obtienen dos productos, el gas húmedo dulce y el gas ácido.
- Recuperación de Azufre. Los gases ácidos son convertidos en azufre elemental mediante reacciones térmicas y catalíticas.
- Recuperación de Licuables. El gas húmedo dulce es separado en dos corrientes, un producto líquido conocido como licuables del gas y otro gaseoso denominado gas natural, que es el principal producto de PGPB.
- Fraccionamiento de Hidrocarburos. Los licuables del gas son separados en tres productos terminados, etano, gas licuado y naftas (ligeras y pesadas).

PEMEX Gas y Petroquímica Básica, en cuanto a los ingresos generados, ocupa el octavo lugar en América Latina y el quinto en México y genera alrededor del 14% de los ingresos totales de PEMEX. Sus ingresos en 2006 alcanzaron los 19 mil millones de dólares.

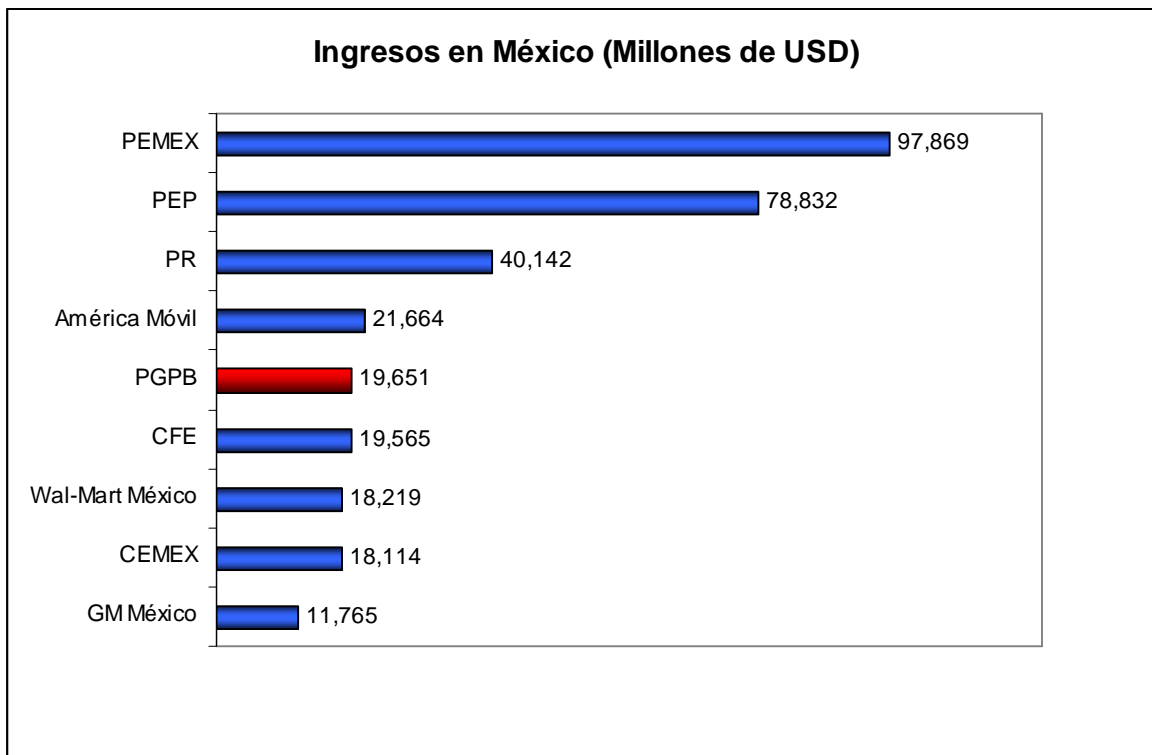
Gráfica 9 Empresas con Mayores Ingresos en América Latina en 2006



Fuente: www.pemex.com

⁵⁹ www.gas.pemex.com (PEMEX Gas y Petroquímica Básica)

Gráfica 10 Empresas con Mayores Ingresos en México en 2006



Fuente: www.pemex.com

PGPB procesa 4,163 millones de pies cúbicos diarios de gas, de los cuales 3,215 son de gas húmedo amargo y 948 de gas húmedo dulce; también procesa 97,000 barriles de condensados, de los cuales 90,300 son de condensado amargo y 7,400 de condensado dulce.

En lo referente a la producción, PGPB produce 3,432 millones de pies cúbicos diarios de gas natural seco, 221.5 Mbd de gas licuado, 93 Mbd de gasolinas naturales, 129.7 Mbd de etano y 2,000 toneladas diarias de azufre. Transporta un promedio de 4,000 MMpcd de gas natural y 182 Mbd de gas licuado. Estos productos se venden a un total de 838 clientes de gas natural, 768 de gas licuado y 80 de petroquímicos básicos. Además se exportan alrededor de 78 Mbd de gasolinas naturales.

Para lograr esto PGPB cuenta con 10 complejos procesadores de gas, 15 sectores de ductos a lo largo de 12,067 Km. (integrados por 15 estaciones de compresión, 5 estaciones de bombeo y 8 interconexiones con E.U.A.) y 22 terminales de distribución de gas licuado.

Como se mencionó anteriormente PGPB cuenta con diez complejos procesadores de gas distribuidos en el territorio nacional. De los diez complejos, ocho se encuentran en la región sur-sureste del país (Chiapas, Tabasco y Veracruz) y los otros dos restantes se ubican en la región noreste (Tamaulipas). En estos complejos hay un total de 72 plantas petroquímicas con la siguiente capacidad instalada:

- Endulzamiento de gas : 4,503 MMpcd

- Recuperación de líquidos: 5,392 MMpcd
- Recuperación de azufre: 21.9 MMpcd (3,256 td)
- Endulzamiento de condensados: 144 Mbd
- Fraccionamiento: 654.3 Mbd
- Absorción: 350 MMpcd

De los complejos procesadores de gas, Ciudad PEMEX, Cactus y Nuevo PEMEX son los más grandes, entre estos tres complejos se lleva a cabo alrededor del 92% del endulzamiento del gas, 70% del procesamiento del gas dulce y una buena parte de la recuperación de azufre. En lo referente a los condensados, la mayor parte del endulzamiento se realiza en Cactus y en Nuevo PEMEX; el fraccionamiento se lleva a cabo en su mayoría en Cactus, Nuevo PEMEX y Coatzacoalcos. El proceso de absorción, que cuenta con una capacidad instalada de 350 MMpcd se realiza en el complejo Reynosa.

Complejos Procesadores de Gas

Coatzacoalcos⁶⁰

Se localiza en la zona sureste del país en la zona industrial de Pajaritos en Coatzacoalcos, Veracruz. Este complejo inició operaciones en el año de 1997 cuando se logró la integración de la terminal refrigerada, la terminal de azufre, las plantas fraccionadoras Morelos y Cangrejera, las plantas criogénicas de Cangrejera y Pajaritos y 600 Km. de ductos para transporte. La planta criogénica y la terminal refrigerada de Pajaritos funcionan desde 1972 y las fraccionadoras de Cangrejera y Morelos desde 1983 y 1990 respectivamente.

En las plantas criogénicas de Cangrejera y Pajaritos se recuperan los líquidos del gas natural y se obtiene gas natural seco, los líquidos son enviados a las plantas fraccionadoras de Cangrejera y Morelos. En éstas, se procesan los licuables del gas natural para producir productos como etano, gas licuado, propano y gasolinas naturales. En este complejo también se obtienen otros productos como el etileno, el amoníaco, y azufre líquido, que surgen a partir de los petroquímicos antes mencionados. Cabe mencionar que tanto el etileno como el amoníaco son producidos y comercializados por PEMEX Petroquímica.

⁶⁰ Idem.

Tabla 17 Capacidad Instalada en el Complejo Coatzacoalcos

| Proceso | No. Plantas | Capacidad Instalada |
|------------------------|--------------------|----------------------------|
| Criogénico | 2 | 222 MMpcd |
| Fraccionamiento | 2 | 217 Mbd |
| Recuperación de Azufre | 1 | 10 td |

Fuente: www.gas.pemex.com (PEMEX Gas y Petroquímica Básica)

Arenque

Se localiza en un área anexa a la refinería Francisco I. Madero en el corredor industrial Tampico-Madero-Altamira en el municipio de Ciudad Madero, Tamaulipas. Se construyó con el fin de aprovechar el gas proveniente de los campos productores de Arenque y Tamaulipas-Constituciones. Inició operaciones en el 2003 y cuenta con una planta de endulzamiento, una criogénica y otra de recuperación de azufre.

Tabla 18 Capacidad Instalada en el Complejo Arenque

| Proceso | No. Plantas | Capacidad Instalada |
|------------------------|--------------------|----------------------------|
| Endulzamiento de Gas | 1 | 34 MMpcd |
| Criogénico | 1 | 33 MMpcd |
| Recuperación de Azufre | 1 | 13 td |

Fuente: www.gas.pemex.com (PEMEX Gas y Petroquímica Básica)

Burgos

Con la participación de sus subsidiarias PEP y PGPB, Petróleos Mexicanos diseñó una estrategia denominada "Proyecto Integral Burgos" compuesta de dos partes principales. La primera de ellas tiene como objetivo incrementar la oferta de gas mediante la explotación de campos de reservas probadas de gas no asociado, tal es el caso de la Cuenca de Burgos, que es la reserva de gas no asociado al petróleo más grande de México. La segunda parte consiste en instalar los activos necesarios para manejar un mayor volumen de gas en el área de Reynosa.

De acuerdo al plan establecido, se han instalado entre marzo de 2004 y octubre de 2006, cuatro plantas cuatro criogénicas que en conjunto tienen una capacidad instalada de 800 MMpcd de gas húmedo dulce. La primera y la segunda planta entraron en operación en marzo y abril de 2004 respectivamente; la tercera planta criogénica en marzo de 2006 y la última a finales de julio de ese mismo año. Actualmente se están construyendo dos plantas criogénicas más con las cuales se alcanzará una capacidad de 1,200 MMpcd; se espera que estos proyectos culminen en el año 2008.

Cactus

Este complejo procesador de gas arrancó en el año de 1974. Se construyó con la finalidad de procesar el gas proveniente del petróleo explotado en la región Tabasco-Chiapas. Está ubicado a tan sólo 39 Km. de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, lo cual hace rentable el procesamiento del gas. En este complejo se cuenta con los cinco procesos asociados al gas, es decir, endulzamiento de gas y líquidos, recuperación de azufre, recuperación de líquidos del gas y fraccionamiento.

Tabla 19 Capacidad Instalada en el Complejo Cactus

| Proceso | No. Plantas | Capacidad Instalada |
|--------------------------|--------------------|----------------------------|
| Endulzamiento de Gas | 10 | 1,960 MMpcd |
| Criogénico | 4 | 1,275 MMpcd |
| Fraccionamiento | 1 | 104 Mbd |
| Endulzamiento de Líquido | 2 | 48 Mbd |
| Recuperación de Azufre | 5 | 1,513 td |

Fuente: www.gas.pemex.com (PEMEX Gas y Petroquímica Básica)

Ciudad PEMEX

Este complejo inició operaciones en el año de 1958 con una planta de absorción que actualmente está fuera de servicio. Se construyó con la intención de aprovechar el gas proveniente de los campos José Colomo, Chilapilla y Hormiguero. En la actualidad el complejo cuenta con cuatro plantas de endulzamiento de gas, dos plantas de recuperación de azufre y dos criogénicas. Los líquidos del gas natural son enviados a los complejos Nuevo PEMEX y Coatzacoalcos para su posterior procesamiento. De igual forma el gas húmedo dulce que no puede ser procesado en este complejo es enviado al complejo de La Venta.

Tabla 20 Capacidad Instalada en el Complejo Ciudad PEMEX

| Proceso | No. Plantas | Capacidad Instalada |
|------------------------|--------------------|----------------------------|
| Endulzamiento de Gas | 4 | 1,290 MMpcd |
| Criogénico | 2 | 915 MMpcd |
| Recuperación de Azufre | 2 | 816 td |

Fuente: www.gas.pemex.com (PEMEX Gas y Petroquímica Básica)

La Venta

Este complejo que inició operaciones en el año de 1963 está ubicado en La Venta, Tabasco. Inicialmente se construyó una planta de absorción que procesaría el gas proveniente de los yacimientos de los distritos de Agua Dulce y El Plan. En 1972 con la finalidad de procesar el excedente de gas del complejo Cactus se instaló una planta criogénica. Actualmente procesa el

gas proveniente del activo integral 5 Presidentes, así como el proveniente de los complejos Ciudad PEMEX y Cactus; para esta tarea se cuenta con una planta criogénica con una capacidad de 182 MMpcd.

Matapionche

Se construyó con la finalidad de procesar el gas proveniente de los campos de Matapionche, Mecayucan, Miralejo y Cópite en el año de 1981. Está ubicado en el suroeste de Veracruz a 62 Km. del puerto de Veracruz. Cuenta con los procesos de endulzamiento de gas, recuperación de azufre y recuperación de líquidos.

Tabla 21 Capacidad Instalada en el Complejo Matapionche

| Proceso | No. Plantas | Capacidad Instalada |
|------------------------|--------------------|----------------------------|
| Endulzamiento de Gas | 2 | 109 MMpcd |
| Criogénico | 1 | 125 MMpcd |
| Recuperación de Azufre | 2 | 40 td |

Fuente: www.gas.pemex.com (PEMEX Gas y Petroquímica Básica)

Nuevo PEMEX

A finales del año de 1976, con la finalidad de procesar el gas proveniente de los yacimientos de la Sonda de Campeche, así como de los campos de la zona Chiapas-Tabasco se autorizó la construcción de este complejo localizado en Tabasco a 35 Km. de Villahermosa.

Tabla 22 Capacidad Instalada en el Complejo Nuevo PEMEX

| Proceso | No. Plantas | Capacidad Instalada |
|--------------------------|--------------------|----------------------------|
| Endulzamiento de Gas | 2 | 880 MMpcd |
| Criogénico | 3 | 1,550 MMpcd |
| Fraccionamiento | 2 | 208 Mbd |
| Endulzamiento de Líquido | 4 | 96 Mbd |
| Recuperación de Azufre | 2 | 800 td |

Fuente: www.gas.pemex.com (PEMEX Gas y Petroquímica Básica)

Poza Rica

Está situado en el norte del Estado de Veracruz en la zona urbana de Poza Rica. Este es el complejo con mayor antigüedad ya que sus orígenes se remontan a tiempos anteriores a la Expropiación Petrolera. Las instalaciones originales fueron desmanteladas en su totalidad y en el año de 1951 entró en operación la primera planta de recuperación de azufre en el país; esta planta fue sustituida en el 2003 por una planta de recuperación de azufre con proceso superclaus.

Además de procesar el gas también proporciona servicios de tratamiento de agua para inyección a los yacimientos productores y el servicio de inyección de gas con bombeo neumático a PEP.

Tabla 23 Capacidad Instalada en el Complejo Poza Rica

Capacidad Instalada del Complejo Poza Rica

| Proceso | No. Plantas | Capacidad Instalada |
|------------------------|--------------------|----------------------------|
| Endulzamiento de Gas | 1 | 230 MMpcd |
| Criogénico | 1 | 290 MMpcd |
| Fraccionamiento | 1 | 22 Mbd |
| Recuperación de Azufre | 1 | 64 td |

Fuente: www.gas.pemex.com (PEMEX Gas y Petroquímica Básica)

Reynosa

Este complejo está ubicado en Tamaulipas en la ciudad de Reynosa. Fue establecido en el año de 1955 con la finalidad de procesar el gas y condensado de los pozos de la región noreste del país. Las actividades principales de este complejo son las de tratar el gas natural mediante el proceso de absorción, así como el fraccionamiento de los líquidos del gas natural.

Tabla 24 Capacidad Instalada en el Complejo Reynosa

| Proceso | No. Plantas | Capacidad Instalada |
|-----------------|--------------------|----------------------------|
| Absorción | 1 | 350 MMpcd |
| Fraccionamiento | 1 | 18 Mbd |

Fuente: www.gas.pemex.com (PEMEX Gas y Petroquímica Básica)

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los procesos y la capacidad instalada de los mismos en los distintos complejos procesadores de gas.

Tabla 25 Resumen de Procesos y Capacidades Instaladas de PGPB

| Proceso | Arenque | | Burgos | | Cactus | |
|---------------------------------|-----------|----|-----------|-----|-----------|-----|
| | Capacidad | % | Capacidad | % | Capacidad | % |
| Endulzamiento de Gas (MMpcd) | 34 | 1% | - | 0% | 1,960 | 44% |
| Criogénico (MMpcd) | 33 | 1% | 800 | 15% | 1,275 | 24% |
| Fraccionamiento (Mbd) | - | 0% | - | 0% | 104 | 16% |
| Endulzamiento de Líquidos (Mbd) | - | 0% | - | 0% | 48 | 33% |
| Recuperación de Azufre (td) | 13 | 0% | - | 0% | 1,513 | 46% |
| Absorción | - | 0% | - | 0% | - | 0% |

| Proceso | Ciudad Pemex | | Coatzacoalcos | | La Venta | |
|---------------------------------|--------------|-----|---------------|-----|-----------|----|
| | Capacidad | % | Capacidad | % | Capacidad | % |
| Endulzamiento de Gas (MMpcd) | 1,290 | 29% | - | 0% | - | 0% |
| Criogénico (MMpcd) | 915 | 17% | 222 | 4% | 182 | 3% |
| Fraccionamiento (Mbd) | - | 0% | 217 | 33% | - | 0% |
| Endulzamiento de Líquidos (Mbd) | - | 0% | - | 0% | - | 0% |
| Recuperación de Azufre (td) | 816 | 25% | 10 | 0% | - | 0% |
| Absorción | - | 0% | - | 0% | - | 0% |

| Proceso | Matapionche | | Nuevo Pemex | | Poza Rica | |
|---------------------------------|-------------|-----|-------------|-----|-----------|----|
| | Capacidad | % | Capacidad | % | Capacidad | % |
| Endulzamiento de Gas (MMpcd) | 109 | 2% | 880 | 20% | 230 | 5% |
| Criogénico (MMpcd) | 125 | 2% | 1,550 | 29% | 290 | 5% |
| Fraccionamiento (Mbd) | 85 | 13% | 208 | 32% | 22 | 3% |
| Endulzamiento de Líquidos (Mbd) | - | 0% | 96 | 67% | - | 0% |
| Recuperación de Azufre (td) | 40 | 1% | 800 | 25% | 64 | 2% |
| Absorción | - | 0% | - | 0% | - | 0% |

| Proceso | Reynosa | | Total | |
|---------------------------------|-----------|------|--------------|-------------|
| | Capacidad | % | Capacidad | % |
| Endulzamiento de Gas (MMpcd) | - | 0% | 4,503 | 100% |
| Criogénico (MMpcd) | - | 0% | 5,392 | 100% |
| Fraccionamiento (Mbd) | 18 | 3% | 654 | 100% |
| Endulzamiento de Líquidos (Mbd) | - | 0% | 144 | 100% |
| Recuperación de Azufre (td) | - | 0% | 3,256 | 100% |
| Absorción | 350 | 100% | 350 | 100% |

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se presenta información estadística de PGPB de rubros significativos como son la producción, las ventas y las importaciones.

Tabla 26 Producción de PGPB

| Producción | | Año | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|---------------------|--------|-----|-------|-------|-------|-------|
| Producto | Unidad | | | | | |
| Gas Seco | MMpcd | | 3,029 | 3,144 | 3,147 | 3,625 |
| Etano | Mbd | | 125 | 133 | 129 | 127 |
| Gas Licuado | Mbd | | 212 | 225 | 215 | 215 |
| Gasolinas Naturales | Mbd | | 87 | 90 | 88 | 92 |
| Azufre | td | | 2,075 | 2,073 | 1,896 | 1,949 |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico 2007 (PEMEX)

Tabla 27 Ventas de Gas Natural y Gas Licuado

| Ventas | | | Año | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|--------------------|--------|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| Producto | Unidad | Tipo Cliente | | | | | |
| Gas Natural | MMpcd | Industrial y Distribuidores | | 1,139 | 1,105 | 1,212 | 1,156 |
| | | Eléctrico | | 1,483 | 1,572 | 1,420 | 1,666 |
| | | A Subsidiarias | | 1,742 | 1,802 | 1,782 | 1,646 |
| Gas Natural | | | 4,363 | 4,558 | 4,414 | 4,468 | |
| Gas Licuado | Mbd | Todos | | 327 | 328 | 313 | 305 |
| Gas Licuado | | | | 327 | 328 | 313 | 305 |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico 2007 (PEMEX)

Tabla 28 Exportaciones de PGPB

| Exportaciones | | Año | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|---------------------|--------|-----|------|------|------|------|
| Producto | Unidad | | | | | |
| Gas Seco | MMpcd | | - | - | 24 | 33 |
| Gas Licuado | Mbd | | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| Gasolinas Naturales | Mbd | | 68 | 75 | 78 | 81 |
| Azufre | Mt | | 535 | 607 | 494 | 484 |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico 2007 (PEMEX)

Tabla 29 Importaciones de PGPB

| Importaciones | | Año | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|---------------|--------|-----|------|------|------|------|
| Producto | Unidad | | | | | |
| Gas Licuado | Mbd | | 85 | 85 | 73 | 77 |
| Gas Seco | MMpcd | | 757 | 766 | 480 | 451 |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico 2007 (PEMEX)

Se espera para los próximos años un incremento en la disponibilidad de gas en el norte del país, en especial en la Cuenca de Burgos y el posible desarrollo del proyecto de Chicontepec. Para afrontar esto PGPB deberá ampliar su capacidad en la infraestructura de endulzamiento, recuperación y fraccionamiento.

Complejos Petroquímicos

Complejo Petroquímico Independencia

Se localiza en el estado de Puebla en el poblado de Santa María Moyotzingo perteneciente al municipio de San Martín Texmelucan. Este complejo, que inició operaciones en el año de 1969, es el único en México en donde se produce metanol, además cuenta con una de las tres plantas productoras de acrilonitrilo instaladas en el país.

El metanol es un petroquímico que se utiliza como materia prima en la elaboración de proteínas sintéticas, malatión, palatión metílico, salicilato de metilo, acetato de metilo, propianato de metilo y benzoato de metilo.

Tabla 30 Capacidad Instalada Complejo Petroquímico Independencia

| Capacidad Instalada | | Unidad |
|-----------------------------------|-----------------------|----------------|
| Producto | Inicio de Operaciones | Ton / Año |
| Acetonitrilo | 1989 | 4,160 |
| Ácido Cianhídrico | 1989 | 7,500 |
| Acrilonitrilo | 1989 | 50,000 |
| Alquilarilo Pesado | 1985 | 5,980 |
| Depresores de Congelación | 1973 | 2,400 |
| Desemulsificantes | 1973 | 2,040 |
| Desparafinantes | 1973 | 960 |
| Dodecibenceno | 1985 | 70,000 |
| Inhibidores de Corrosión | 1973 | 150 |
| Metanol | 1969 | 33,333 |
| | 1978 | 150,000 |
| Reductores de Tensión Superficial | 1973 | 120 |
| Tetrámero de Propileno | 1986 | 80,000 |
| Total general | | 406,643 |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico 2007 (ANIQ)

Complejo Petroquímico Cangrejera

Se ubica en el sureste de la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz, a cinco kilómetros de los centros de distribución nacional y de exportación de productos petroquímicos (Centro Embarcador y Terminal Marítima Pajaritos). Inició operaciones en el año de 1980 y por su capacidad de producción es la instalación más grande de este tipo en América Latina y está a la altura de las más grandes del mundo.

Actualmente están en operación 16 plantas petroquímicas que se enfocan a dos cadenas petroquímicas, la del etileno y la de aromáticos, de las cuales se obtiene productos como el etileno, el estireno, el óxido de etileno, el benceno y el tolueno entre otros.

Tabla 31 Capacidad Instalada Complejo Petroquímico Cangrejera

| Capacidad Instalada | | Unidad | | |
|--------------------------------------|-----------------------|----------------|-----------|------------------|
| Producto | Inicio de Operaciones | Bd | MMpcd | Ton / Año |
| Acetaldehido | 1980 | - | - | 100,000 |
| Aromáticos Pesados | 1982 | - | - | 22,000 |
| Aromina 100 | 1982 | - | - | 90,000 |
| Beceno | 1982 | - | - | 123,000 |
| | 1984 | - | - | 117,333 |
| Beceno y Mezcla de Xilenos | 1983 | 13,000 | - | - |
| Benceno, Tolueno y Mezcla de Xilenos | 1982 | 17,500 | - | - |
| Cumeno | 1981 | - | - | 40,000 |
| Estireno | 1984 | - | - | 150,000 |
| Etano | 1981 | - | - | 778,200 |
| Etilenbenceno | 1984 | - | - | 174,000 |
| Etileno | 1982 | - | - | 500,000 |
| Gasolina Amarga | 1983 | 35,500 | - | - |
| Glicoles | 1981 | - | - | 5,333 |
| Heptano | 1982 | - | - | 11,000 |
| Hexano | 1982 | - | - | 50,400 |
| Hidrógeno | 1983 | - | 25 | - |
| Meta y Paraxileno | 1982 | - | - | 360,000 |
| Mezcla de Xilenos | 1982 | 30,000 | - | - |
| Naftas Desulfuradas | 1983 | 86,000 | - | - |
| Naftas Reformadas | 1982 | 45,000 | - | - |
| Nitrógeno | 1980 | - | - | 40,000 |
| Ortoxileno | 1982 | - | - | 55,000 |
| Óxido de Etileno | 1981 | - | - | 100,000 |
| Oxígeno | 1980 | - | - | 200,000 |
| Paraxileno | 1982 | - | - | 240,000 |
| Polietileno Baja Densidad | 1984 | - | - | 80,000 |
| | 1985 | - | - | 80,000 |
| | 1986 | - | - | 80,000 |
| Propano y Otros Pesados | 1983 | 10,000 | - | - |
| Propileno | 1982 | - | - | 17,000 |
| Tolueno | 1982 | - | - | 139,000 |
| Total general | | 237,000 | 25 | 3,552,266 |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico 2007 (ANIQ)

Complejo Petroquímico Cosoleacaque

Se localiza en el Istmo de Tehuantepec en el estado de Veracruz. 1971 fue el año en que este complejo inició operaciones. Actualmente cuenta con cinco plantas de amoniaco anhidro y con centros de distribución en Guaymas, Sonora, Topolobampo, Sinaloa, San Martín Texmelucan, Puebla y Lázaro Cárdenas, Michoacán.

El amoniaco y el anhídrido carbónico son los principales productos que se producen en este centro, los cuales se utilizan como materias primas en distintas industrias como la de explosivos, la de fibras sintéticas y la de solventes. Adicionalmente como subproducto se obtiene bióxido de carbono que se utiliza en las industrias de fertilizantes, refresquera y química.

Tabla 32 Capacidad Instalada Complejo Petroquímico Cosoleacaque

| Capacidad Instalada | | Unidad ▼ |
|----------------------|-------------------------|------------------|
| Producto ▼ | Inicio de Operaciones ▼ | Ton / Año |
| Amoniaco | 1974 | 300,000 |
| | 1977 | 445,000 |
| | 1978 | 445,000 |
| | 1981 | 890,000 |
| Anhídrido Carbónico | 1962 | 66,000 |
| | 1968 | 376,000 |
| | 1974 | 376,000 |
| | 1977 | 560,000 |
| | 1978 | 560,000 |
| | 1981 | 1,120,000 |
| Hidrógeno | 1962 | 14,800 |
| Paraxileno | 1973 | 40,000 |
| Sulfato de Amonio | 1971 | 9,400 |
| Total general | | 5,202,200 |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico 2007 (ANIQ)

Complejo Petroquímico Morelos

Se ubica en la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz a siete Km. de la carretera Coatzacoalcos-Villahermosa. Inició operaciones en el año de 1988. Actualmente opera con nueve plantas en las que se elaboran petroquímicos derivados del etileno y propileno como el óxido de etileno, glicoles, polietileno de alta densidad y acrilonitrilo entre otros. Los productos elaborados en este complejo constituyen la materia prima para la industria de las fibras sintéticas, envases de plástico, cremas, tuberías, solventes, esmaltes y pinturas.

Tabla 33 Capacidad Instalada Complejo Petroquímico Morelos

| Capacidad Instalada | | Unidad ▼ |
|---------------------------|-------------------------|------------------|
| Producto ▼ | Inicio de Operaciones ▼ | Ton / Año |
| Acetaldehido | 1990 | 150,000 |
| Acetonitrilo | 1991 | 4,160 |
| Ácido Cianhídrico | 1991 | 7,500 |
| Acrilonitrilo | 1991 | 50,000 |
| Etano | 1990 | 778,200 |
| Etileno | 1989 | 500,000 |
| Glicoles | 1988 | 135,000 |
| Nitrógeno | 1988 | 60,000 |
| Óxido de Etileno | 1988 | 200,000 |
| Oxígeno | 1988 | 350,000 |
| Polietileno Alta Densidad | 1989 | 50,000 |
| | 1990 | 50,000 |
| Polietileno Baja Densidad | 2002 | 100,000 |
| Polipropileno | 1991 | 100,000 |
| Propileno | 1989 | 26,900 |
| | 1994 | 450,000 |
| Total general | | 3,011,760 |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico 2007 (ANIQ)

Complejo Petroquímico Pajaritos

Este centro es considerado el pionero de la industria petroquímica en México ya que fue el primero en iniciar operaciones en el año de 1967. Se localiza al igual que los complejos Cangrejera y Morelos en la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz. Este centro produce, comercializa y distribuye productos petroquímicos derivados del etileno y del cloro. Es la única empresa en México que produce monómero de cloruro de vinilo logrando cubrir el 35% del mercado nacional; el etileno, el óxido de etileno y el ácido muriático son otros productos elaborados en este complejo.

Tabla 34 Capacidad Instalada Complejo Petroquímico Pajaritos

| Capacidad Instalada | | Unidad ▼ |
|-------------------------|-------------------------|------------------|
| Producto ▼ | Inicio de Operaciones ▼ | Ton / Año |
| Ácido Clorhídrico | 1973 | 41,200 |
| | 1982 | 118,033 |
| Cloruro de Vinilo | 1973 | 70,000 |
| | 1982 | 200,000 |
| Dicloroetano | 1967 | 39,800 |
| | 1973 | 47,367 |
| | 1982 | 339,924 |
| | 1987 | 6,600 |
| Etano | 1972 | 100,000 |
| Etileno | 1972 | 181,500 |
| Óxido de Etileno | 1972 | 28,000 |
| Percloroetileno | 1987 | 16,000 |
| Tetracloruro de Carbono | 1987 | 16,000 |
| Total general | | 1,204,424 |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico 2007 (ANIQ)

Complejo Petroquímico Tula

Se localiza en la carretera Jorobas-Tula en el municipio de Tula de Allende, Hidalgo. Inició operaciones en 1976. Actualmente cuenta con una planta de acrilonitrilo de 50 Mt y 7.5 Mt de ácido cianhídrico anuales, utilizando propileno, amoniaco y aire como materias primas.

Tabla 35 Capacidad Instalada Complejo Petroquímico Tula

| Capacidad Instalada | | Unidad ▼ |
|----------------------|-------------------------|----------------|
| Producto ▼ | Inicio de Operaciones ▼ | Ton / Año |
| Acetonitrilo | 1979 | 4,160 |
| Ácido Cianhídrico | 1979 | 7,500 |
| Acrilonitrilo | 1979 | 50,000 |
| Azufre | 1976 | 366,000 |
| Hexano | 1976 | 58,000 |
| Propileno | 1976 | 101,500 |
| Total general | | 587,160 |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico 2007 (ANIQ)

Complejo Petroquímico Escolín

Se ubica a 4 Km. de la ciudad de Poza Rica, Veracruz. Inició operaciones en el año de 1971. Actualmente cuenta con una planta de polietileno de baja densidad y otra de polietileno de alta densidad. Este petroquímico se utiliza como materia prima en la elaboración de tapas y tapones entre muchos otros productos.

Tabla 36 Capacidad Instalada Complejo Petroquímico Escolín

| Capacidad Instalada | | Unidad ▼ | |
|---------------------------|-------------------------|----------|----------------|
| Producto ▼ | Inicio de Operaciones ▼ | MMpcd | Ton / Año |
| Azufre | 1977 | 6 | - |
| Etano | 1977 | - | 227,000 |
| Etileno | 1978 | - | 182,000 |
| Polietileno Alta Densidad | 1978 | - | 100,000 |
| Polietileno Baja Densidad | 1971 | - | 55,000 |
| Total general | | 6 | 564,000 |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico 2007 (ANIQ)

Unidad Petroquímica Camargo

Se encuentra a 4 Km. de la ciudad de Camargo, Chihuahua, sobre la carretera Panamericana. Inició operaciones en 1967. En esta unidad se obtiene como producto principal el amoniaco que satisface las necesidades del sector agrícola en la zona norte del país.

Tabla 37 Capacidad Instalada Unidad Petroquímica Camargo

| Capacidad Instalada | | Unidad ▼ |
|----------------------|-------------------------|----------------|
| Producto ▼ | Inicio de Operaciones ▼ | Ton / Año |
| Amoniaco | 1967 | 132,000 |
| Anhídrido Carbónico | 1967 | 165,000 |
| Total general | | 297,000 |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico 2007 (ANIQ)

En el Anexo A se presentan las características de los productos que se producen, comercializan y distribuyen en PPQ.

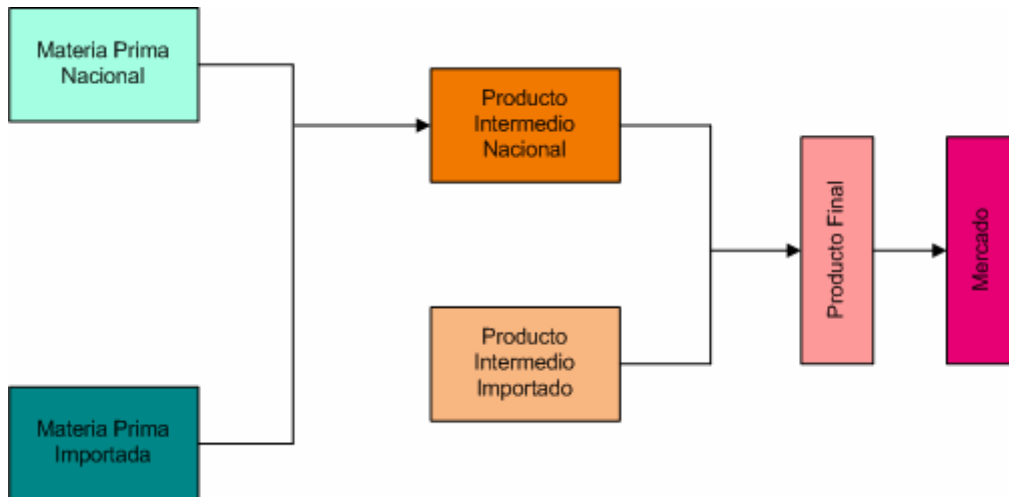
Integración de la Petroquímica en México

La integración de la petroquímica se refiere a la descripción de la estructura de las cadenas petroquímicas productivas, desde los precursores hasta las especialidades elaboradas por la industria manufacturera. A continuación se presenta un balance global entre las materias primas y los productos generados a partir de los seis precursores principales: etileno, propileno, amoniaco, benceno, tolueno y xilenos y metanol.

Estos diagramas se utilizan para dar seguimiento a cada una de las etapas de la cadena productiva en las cuales se agrega valor en cada paso de la transformación, además permiten analizar la eficiencia y escala de producción de los productos en cuestión. Otro uso muy importante de estos diagramas es el de detectar las áreas de oportunidades de las cadenas petroquímicas, es decir, identificar la importación de materias primas y/o productos terminados significativa y evaluar la factibilidad de elaborar estos productos en el país.

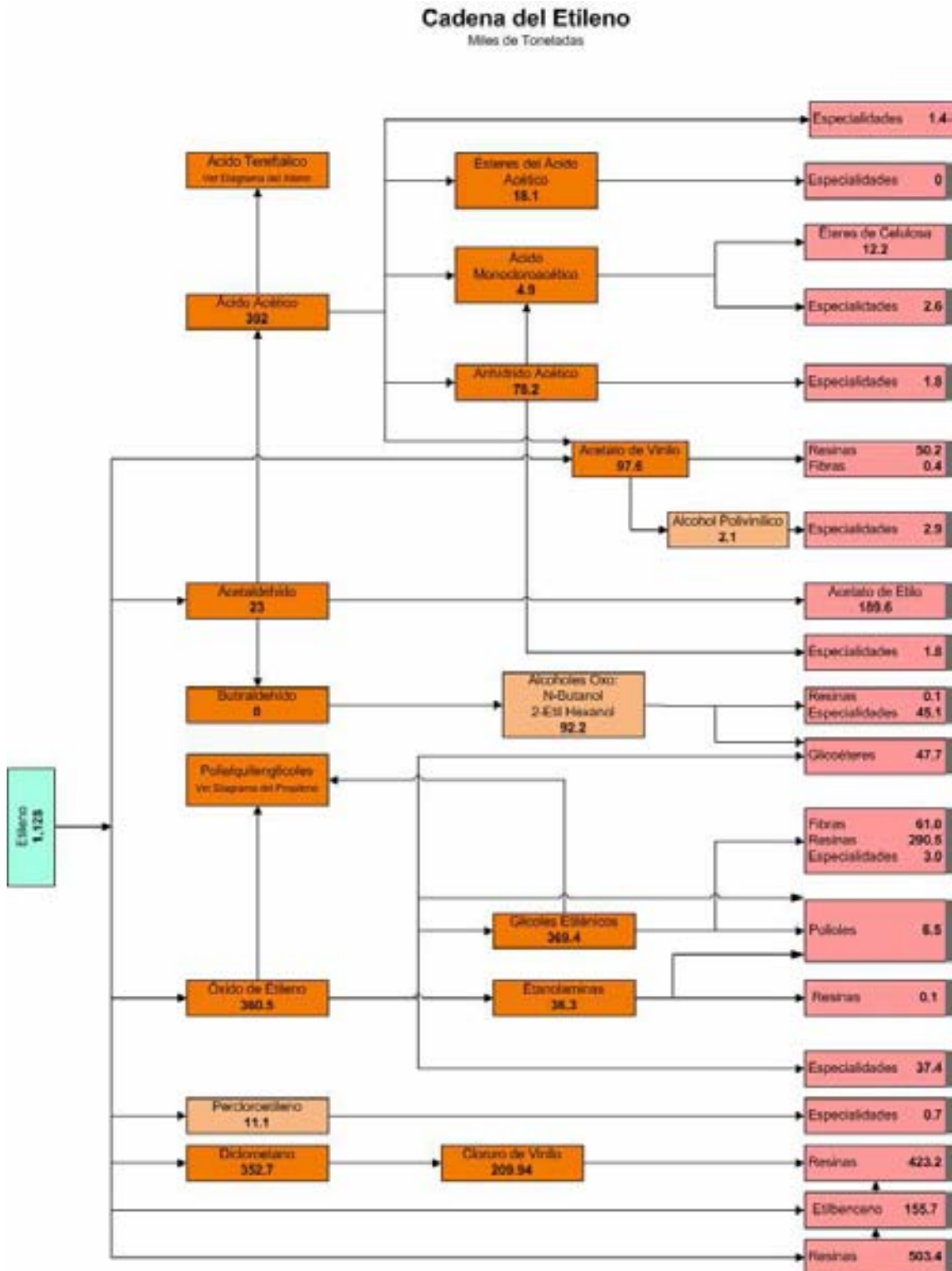
Año tras año, la Secretaría de Energía, publica el Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica, en donde le dedica toda una sección al análisis de la integración de la petroquímica en México. Este ejercicio permite desarrollar estudios de posicionamiento y competitividad de las cadenas petroquímicas con respecto a estándares internacionales y ante los competidores de este sector industrial.

Figura 11 Nomenclatura de los Diagramas de Integración



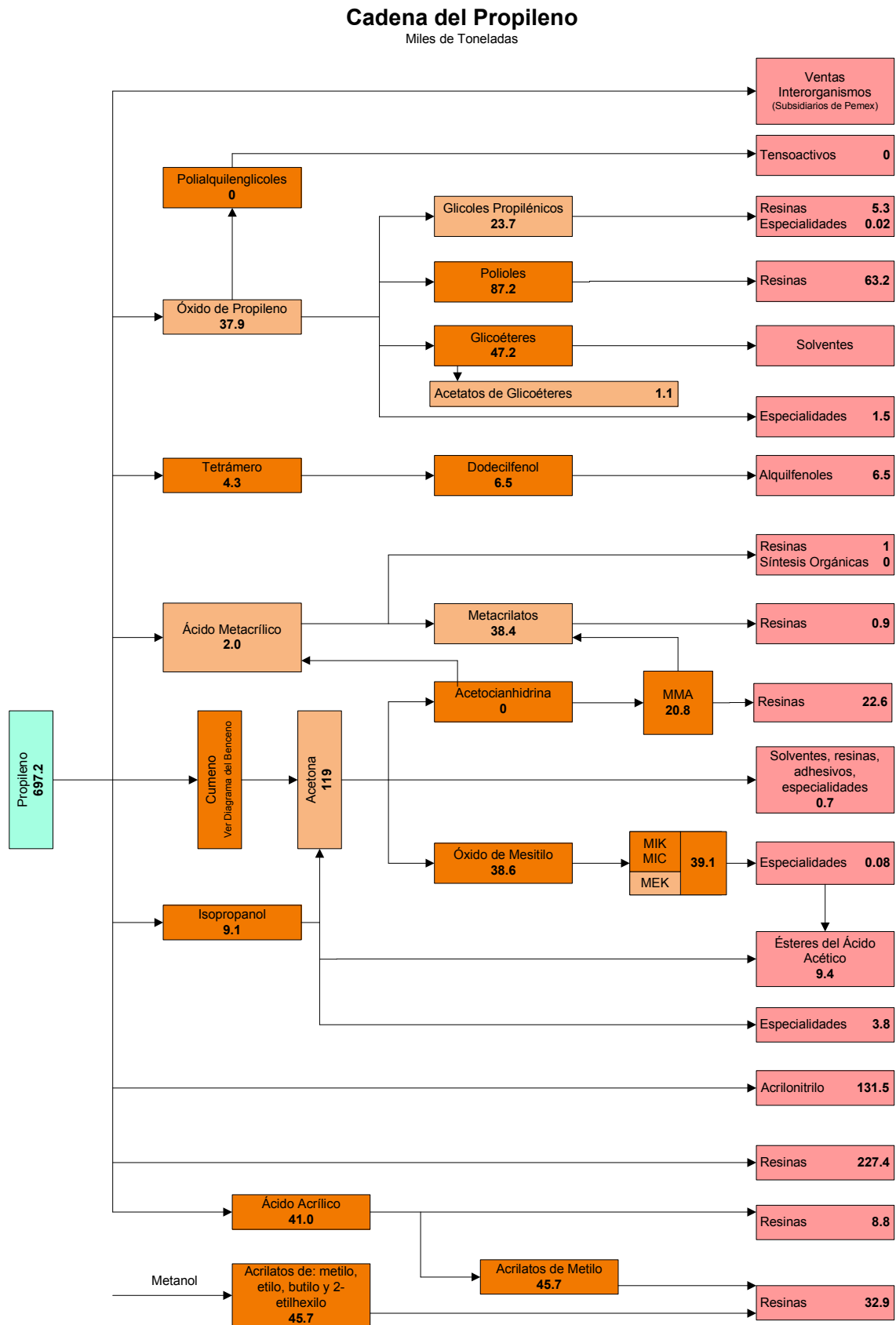
Fuente: Elaboración Propia

Figura 12 Integración de la Cadena del Etileno



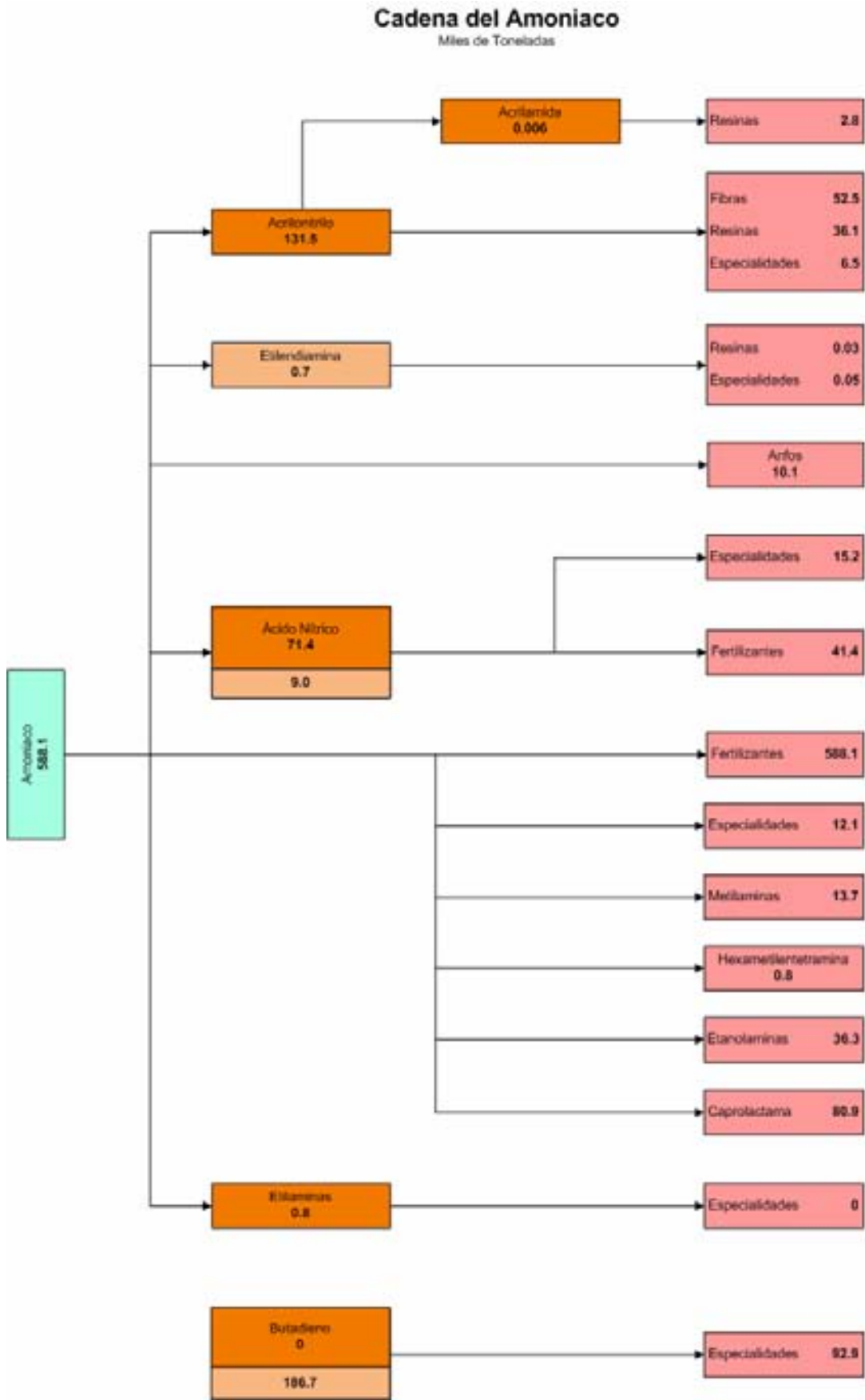
Fuente: Secretaría de Energía, *Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica 2006*, 1ª Edición, México, Secretaría de Energía, 2007, 273 p.

Figura 13 Integración de la Cadena del Propileno



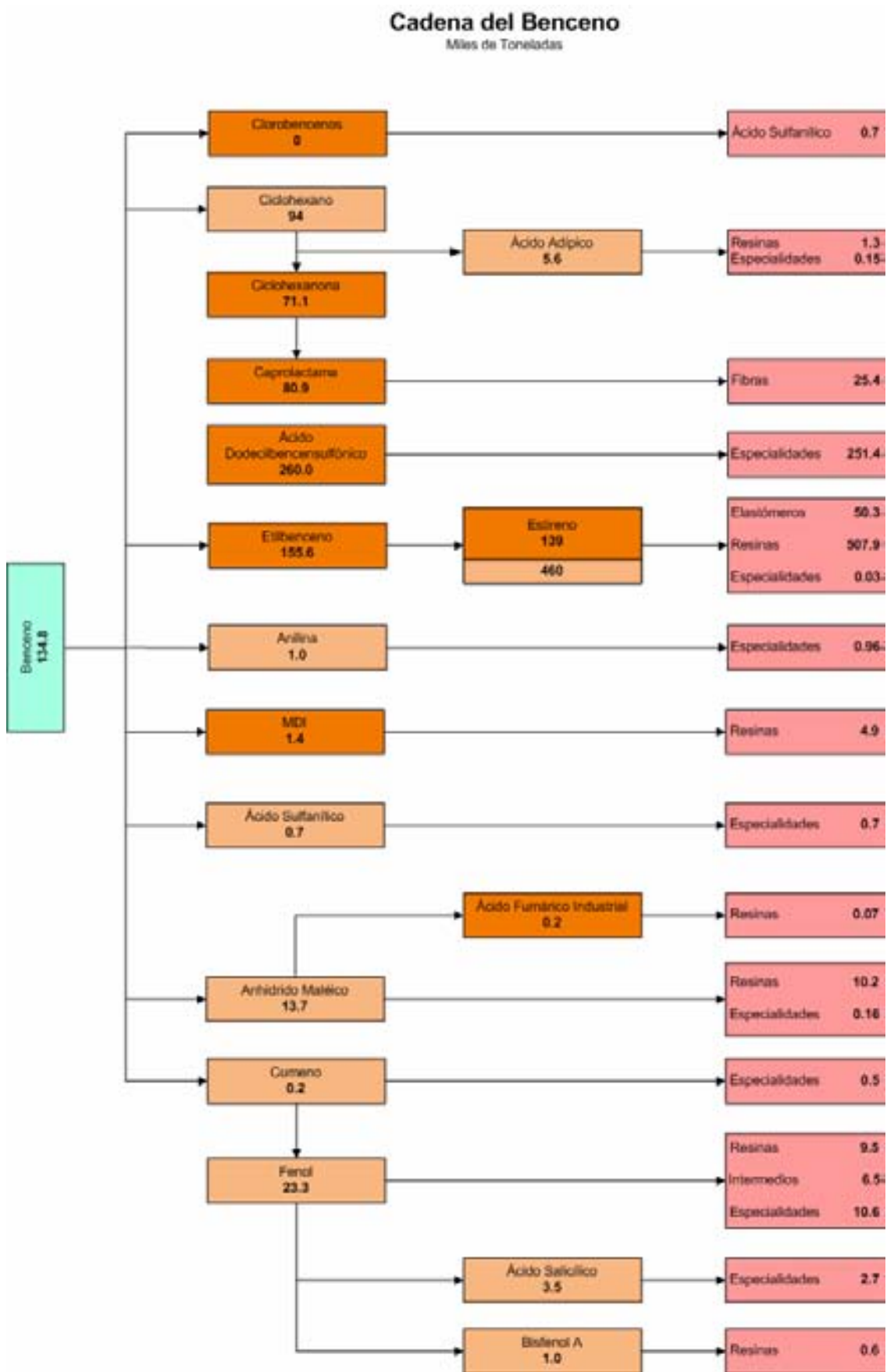
Fuente: Secretaría de Energía, Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica 2006, 1ª Edición, México, Secretaría de Energía, 2007, 273 p.

Figura 14 Integración de la Cadena del Amoniaco



Fuente: Secretaría de Energía, Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica 2006, 1ª Edición, México, Secretaría de Energía, 2007, 273 p.

Figura 15 Integración de la Cadena del Benceno

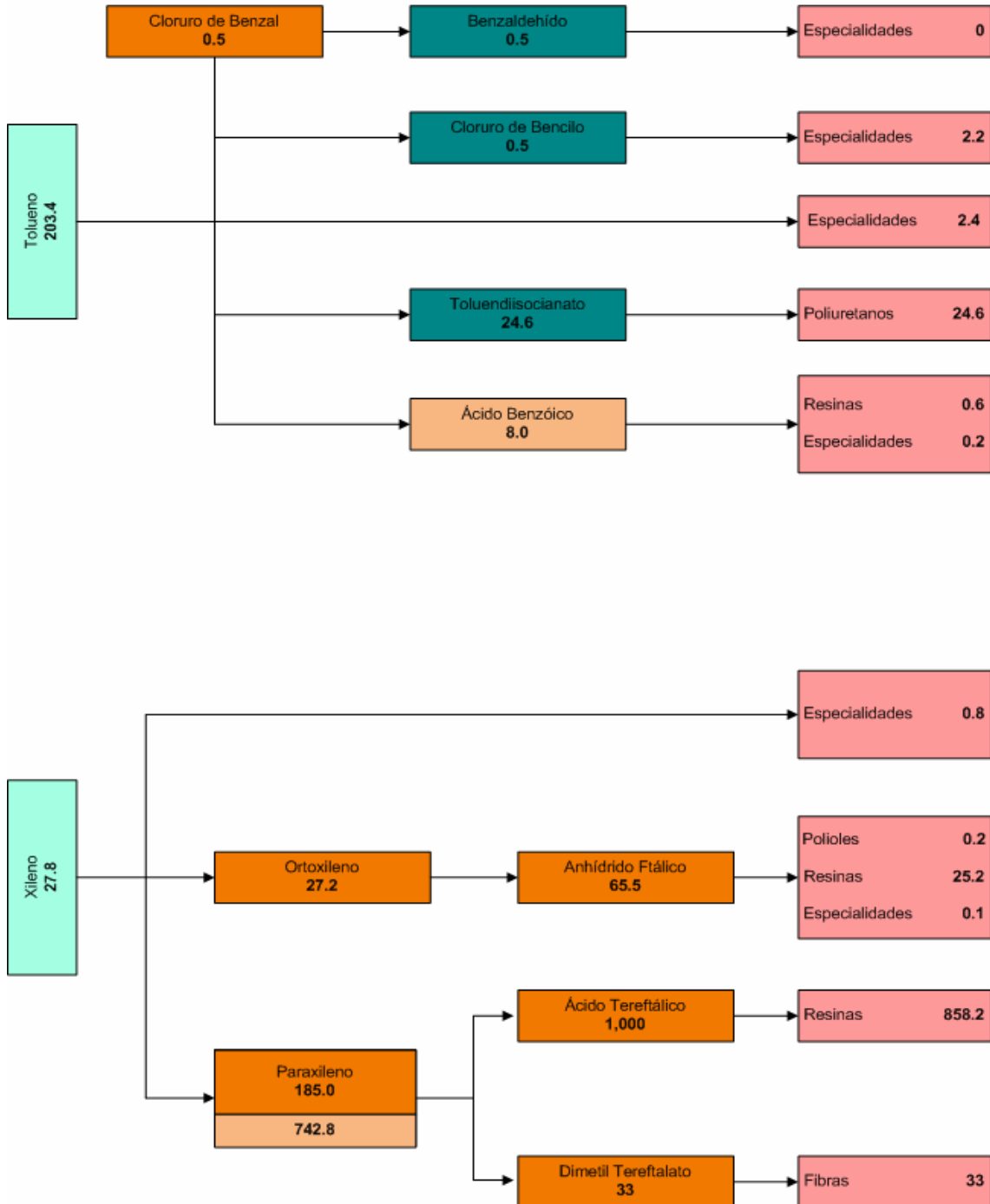


Fuente: Secretaría de Energía, Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica 2006, 1ª Edición, México, Secretaría de Energía, 2007, 273 p.

Figura 16 Integración de la Cadena del Tolueno y del Xileno

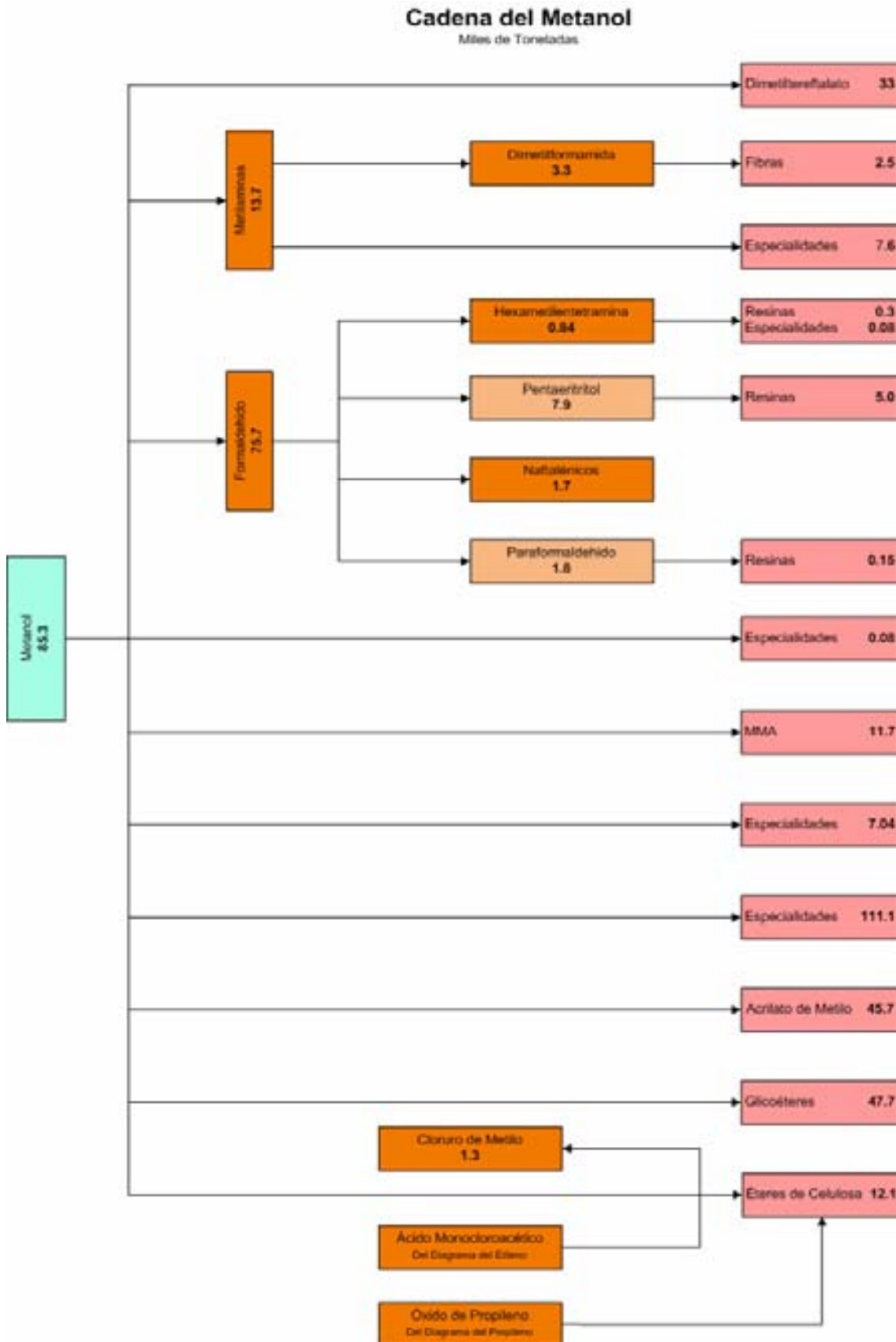
Cadena del Tolueno y del Xileno

Miles de Toneladas



Fuente: Secretaría de Energía, *Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica 2006*, 1ª Edición, México, Secretaría de Energía, 2007, 273 p.

Figura 17 Integración de la Cadena del Metanol



Fuente: Secretaría de Energía, Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica 2006, 1ª Edición, México, Secretaría de Energía, 2007, 273 p.

Problemática de la Industria Petroquímica Mexicana

A continuación se presentan los principales problemas que enfrenta la industria petroquímica en México de acuerdo a las empresas que participan en este sector. La información mostrada se obtuvo a partir de la encuesta realizada por la Secretaría de Energía denominada “Informe de Resultados de la Industria Petroquímica” (IRIP). Dicha encuesta se lleva a cabo cada año con el fin de obtener la información necesaria para publicar el “Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica”. Alrededor de 236 empresas proporcionan información directa en la encuesta IRIP, dentro de las cuales PEMEX Petroquímica (con ocho complejos petroquímicos), PEMEX Refinación (con seis refinerías) y PEMEX Gas y Petroquímica Básica (con nueve centros procesadores de gas) son públicas y el resto privadas. De las empresas privadas participantes, diez de ellas se encuentran fuera de operación. La encuesta IRIP enviada a las empresas participantes puede consultarse en el Anexo B del presente trabajo.

En la página seis de la encuesta IRIP, se encuentra una sección dedicada para que las empresas emitan sus comentarios sobre la problemática que enfrentan en sus operaciones cotidianas. Esta sección está dividida en ocho grandes temas:

- Suministro de Insumos: problemas relacionados a los precios de las materias primas, energéticos comprados, servicios auxiliares, logística y abastecimiento.
- Operación: aspectos técnicos de la producción.
- Ventas: comportamiento de los mercados doméstico y externo de los productos.
- Administración: contempla aspectos de la empresa asociados a la estructura, organización y procedimientos internos.
- Finanzas: financiamientos y sus costos.
- Industria: información relativa al desempeño de las actividades de la subrama.
- Economía: elementos macroeconómicos que afectan el desempeño del sector.
- Otros: aspectos de interés para las empresas.

Los resultados de la sección en cuestión de la encuesta IRIP fueron los siguientes:

Suministro de Insumos

- Dificultad de abasto de materias primas nacionales.
- Precios no competitivos y fomento a la importación de materias primas.
- Cierre de plantas dentro del sector, lo que dificulta la adquisición de materias primas.
- Inestabilidad en los precios de los insumos y los energéticos.
- Baja calidad de las materias primas, lo cual aumenta los costos por mantenimiento.

Operación

- Sobreoferta de capacidad instalada a nivel mundial, lo que ocasiona altos inventarios y elevada competencia en el sector.

- Ajuste en los programas de producción.
- Falta de personal calificado.
- Esfuerzos por mejorar los procesos para disminuir costos y aumentar productividad.
- Uso de tecnología obsoleta para la producción de los petroquímicos, lo que aumenta costos de mantenimiento e implica paros no programados.
- Baja utilización de la capacidad instalada que elevan los costos y gastos unitarios.
- Poca inversión para cumplir las regulaciones de seguridad e higiene, así como protección al medio ambiente.

Ventas

- Contracción del mercado por el cierre de empresas.
- Sobreoferta en producción, lo que afecta el mercado nacional, ya que los precios internacionales son reducidos.
- Acuerdos con diferentes países provocan que las ventas nacionales disminuyan, ocasionando una guerra de precios y competencia desleal.
- Mercados interno y externo reprimidos por la situación mundial inestable.
- “Dumping” en productos importados de diversas regiones.

Administración

- Búsqueda de nuevos mercados.
- Alta rotación de personal.
- Reestructuraciones administrativas constantes, ya que las empresas buscan la mayor eficiencia en las operaciones.
- Dificultad para el cumplimiento de la normatividad, debido a trámites excesivos, procedimientos engorrosos y requerimientos repetitivos de información.

Finanzas

- Falta de liquidez y problemas en los flujos de efectivo de las empresas de la industria que presiona a plazos de pago más largos.
- Créditos bancarios insuficientes y costosos.
- Atraso en los plazos a proveedores de materias primas y refacciones originando que los financiamientos sean escasos.
- Lenta recuperación de la cartera vencida.
- Esquemas de co-inversión con particulares poco atractivos.
- Altos costos fiscales.

Industria

- Difícil situación en la industria por la reducida demanda, alta competencia y poca rentabilidad.
- Insuficiente integración productiva nacional de la industria química y petroquímica.

- Niveles de producción interna reducidos como consecuencia del incremento de productos importados.
- Desaliento a los inversionistas.

Economía

- Falta de competitividad de los productos mexicanos.
- Paridad del tipo de cambio peso contra dólar americano afecta la competitividad de la industria.
- Bajo poder adquisitivo de los consumidores.
- Incertidumbre en cuanto a las reformas estructurales, lo cual afecta la decisión para invertir.
- Aumento en los precios de los hidrocarburos, debido a la problemática mundial, aunado al crecimiento limitado del Producto Interno Bruto.

Otros

- Cambios continuos de las regulaciones en materia aduanera y en comercio exterior dificultan la operación de las empresas.
- Mantenimiento ineficiente en las carreteras federales y servicios ferroviarios, lo que dificulta el transporte de insumos y productos terminados.
- Clima de inseguridad y falta de garantías a los inversionistas.
- Falta de control de asentamientos humanos en la periferia de plantas petroquímicas.
- Inconformidad con el tiempo y número de trámites del gobierno.

CAPÍTULO 6. PROYECTO FÉNIX

El Gobierno de México a través de PEMEX Petroquímica (PPQ), empresa subsidiaria de Petróleos Mexicanos, decidió poner en marcha el Proyecto Fénix en los primeros meses del año 2004. Este proyecto, originalmente compuesto por dos etapas, contemplaba en la primera de éstas la construcción de un complejo de olefinas y derivados y en la segunda la construcción de un complejo de aromáticos.

El Proyecto Fénix tuvo sus orígenes en las necesidades petroquímicas del país, en el año 2004 se importaba alrededor del 50% del consumo total de productos petroquímicos; se esperaba que con la ejecución de este proyecto se revertiría esta situación. En el pasado la industria petroquímica mexicana competía de lleno en el mercado internacional, sin embargo con el paso del tiempo y la falta de inversión, México se ha convertido en un país importador de petroquímicos, en donde la participación de este sector industrial en el Producto Interno Bruto del país ha disminuido pasando del 5% en el año de 1995 a sólo el 2% en el 2003. El proyecto se ejecutaría en territorio nacional, se eligieron dos ciudades como candidatas en las que el proyecto sería más rentable; las ciudades elegidas fueron la ciudad de Coatzacoalcos en el estado de Veracruz y la ciudad de Altamira en el estado de Tamaulipas. Esta elección se hizo de acuerdo a las ventajas presentadas por estas ciudades como son la cercanía con los complejos petroquímicos y las refinerías existentes, el suministro garantizado de materias primas, la cercanía con los principales consumidores de los productos potenciales y sobre todo la infraestructura industrial de la zona.

El proyecto sería desarrollado como una co-inversión entre PEMEX Petroquímica (teniendo una participación minoritaria) y empresas privadas mexicanas y/o extranjeras. En la primera etapa se llevaría a cabo la construcción de un *cracker* del que se obtendrían 1 millón de toneladas anuales de etileno y 500 mil toneladas de propileno, las cuales se utilizarían como materia prima en la obtención de polietilenos, propilenos, estireno, butadieno y otros productos seleccionados por las empresas participantes en el proyecto. Se esperaba que la mayor parte del etileno obtenido fuera utilizado en la producción de polietileno, producto con alta demanda y escasa oferta en nuestro país.

Algunas de las ventajas que presentaba la ejecución de un proyecto de esta naturaleza eran:⁶¹

- ❖ Acceso a un mercado grande y con alto crecimiento de productos químicos
 - Demanda nacional de 1.5 millones de toneladas anuales de los principales productos del proyecto, polietileno, polipropileno, estireno y butadieno (en 2003 se importó alrededor del 70% de la demanda).

⁶¹ www.quiminet.com

- El crecimiento promedio anual de la demanda de estos productos fue de 13% durante el periodo de tiempo comprendido entre 1997 – 2001. Se esperaba que el valor de este crecimiento fuese mayor o igual al 10% para los próximos diez años.
- ❖ Posición competitiva ante productores de la zona del Golfo de E.U.A.
 - Se utilizaría gasolina natural como materia prima del *cracker*, ésta presenta estabilidad en su precio y otras ventajas en comparación con el etano.
 - Suministro garantizado por PEMEX de gasolina natural a precios rentables.
 - Menores costos de construcción en comparación con aquellos del Golfo de E.U.A.
- ❖ Proyecto Petroquímico de Clase Mundial
 - El proyecto más grande de olefinas y derivados en México.
 - Acceso inmediato a relaciones con clientes y a una estructura de distribución ya desarrollada por PEMEX Petroquímica.
 - Posición competitiva para el desarrollo integral vertical hacia abajo de las cadenas petroquímicas en México.
- ❖ Sinergia con Plantas Cercanas de PEMEX
 - Acceso a la red de servicios auxiliares de PEMEX Petroquímica y PEMEX Refinación.
 - Aprovechamiento de las terminales marítimas de PEMEX, facilitando la logística de exportación en el Golfo de México.

Es importante hacer hincapié en la materia prima que se pretendía utilizar en la operación del *cracker*. PEMEX se comprometía a ofrecer un suministro suficiente y garantizado bajo un contrato a largo plazo de gasolina natural; esta gasolina natural no es más que los líquidos condensados obtenidos en el proceso de producción del gas natural asociado a la extracción del petróleo, se compone principalmente de C5's y C6's. A nivel mundial el gas mexicano es un caso interesante por su rico contenido de líquidos de este tipo.

Históricamente el etano ha sido la materia prima utilizada en la obtención de etileno, sin embargo, en 2001 se presentó una crisis de disponibilidad de gas natural como energético, la cual elevó el precio del mismo; el precio del etano se asocia a su valor como combustible (gas natural) por lo que este proyecto no sería viable si se decidiera utilizar etano como materia prima. E.U.A y Canadá obtienen alrededor del 50% de su etileno a partir de etano; este hecho, generaba la competitividad necesaria para justificar la ejecución del proyecto. Si los inversionistas decidiesen comparar la competitividad de este proyecto con uno de alcance similar en Medio Oriente, se darían cuenta de que a pesar del menor costo de las materias primas, existen otros costos asociados como los fletes, el almacenamiento y la carencia de un mercado local atractivo que harían más competitivo al Proyecto Fénix. Otro serio competidor en esta clase de proyectos sería Venezuela, sin embargo la inestabilidad política de ese país no ha permitido el desarrollo de proyectos de esta índole.

Se buscó que PEMEX Petroquímica asumiera el papel de promotor y catalizador del proyecto haciendo invitaciones a empresas que cumplieran con el perfil definido para que se unieran a éste; se buscaron empresas que operaran complejos petroquímicos y con una sólida situación financiera. Las empresas participantes podrían proponer, en el caso del etileno, qué derivados del mismo producir siempre y cuando se obtuviera el mayor valor agregado como proyecto. PEMEX no deseaba que hubiera demasiados socios ya que el control de la nueva empresa se volvería complejo, pero sí los suficientes para aprovechar todos los productos obtenidos del *cracker*.

PEMEX propuso para este proyecto un esquema de sociedad en la que participaría con entre el 30 y el 49% de las acciones. PEMEX evitó buscar una posición mayoritaria evitando los errores cometidos en el pasado. La participación de PEMEX como socio daba a las empresas interesadas más certidumbre sobre la seguridad del proyecto y la seguridad de abasto de las materias primas. PEMEX como socio podía influir en la toma de decisiones para garantizar que la estructura final del proyecto y la participación de las empresas privadas tuviesen lógica y no se convirtiera en un proyecto que operara afectando la ya de por sí afectada industria petroquímica mexicana.

Es importante mencionar que no existía ningún impedimento normativo para la ejecución de este proyecto. Desde 1990 cuando se reformó la Ley Reglamentaria del Artículo 27, era posible ejecutar proyectos similares. Las razones por las que no se había realizado proyecto alguno anterior a éste, eran la falta de garantía de suministro de las materias primas y condiciones competitivas no adecuadas para la industria privada.

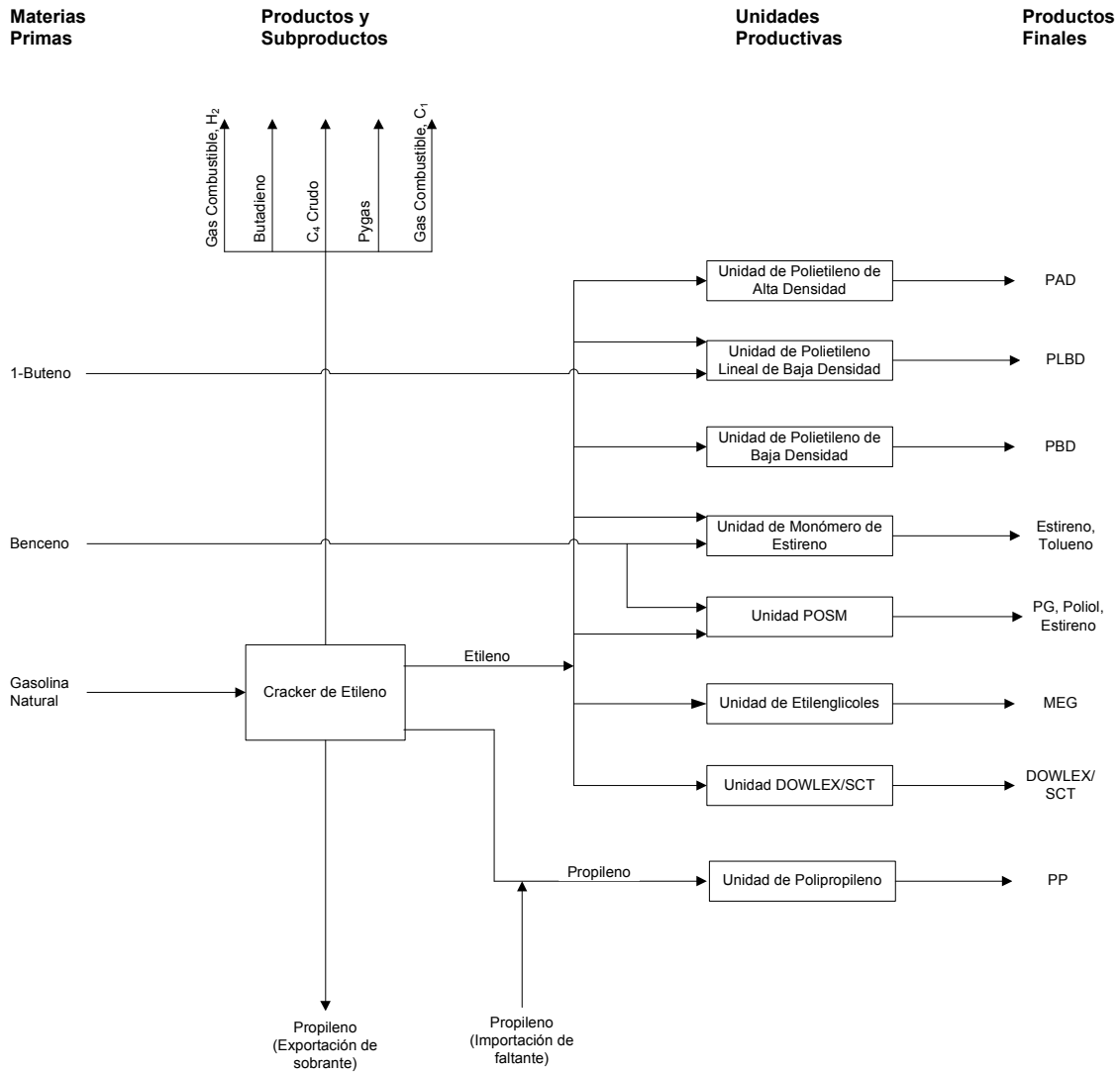
La etapa de selección de socios concluiría el 17 de octubre de 2004, haciéndose el aviso oficial de los socios definitivos al día siguiente. Ya con los socios definitivos se comenzaría a trabajar en conjunto en la pre-ingeniería del proyecto de la cual se obtendría una estimación más detallada de la inversión necesaria para su ejecución; inicialmente se estimaba que dicha inversión sería de alrededor de 1,900 millones de USD (+/- 5%). Para el 1 de abril de 2005 se esperaba que los socios firmaran el acuerdo de acciones de la nueva empresa y se procediera a la evaluación financiera y tecnológica del proyecto. La construcción de complejos petroquímicos de este tipo tarda aproximadamente tres años, por lo que se creía que para la primera mitad del año 2009 iniciarían las operaciones de este nuevo complejo petroquímico.

Se pretendía que el tema de la localización y la configuración del complejo se resolvieran a través del estudio técnico-económico realizado a partir del 18 de octubre de 2004. Se considerarían para tal efecto, diversos factores como son la situación competitiva que ofrece el lugar como fuente de materias primas, mercado de los productos elaborados, otros complejos productivos en operación de los socios, disponibilidad de energéticos y servicios auxiliares,

calidad de los terrenos disponibles, infraestructura de la ciudad y cercanía a puertos de nivel mundial.

Figura 1 Posible Configuración del Complejo Petroquímico del Proyecto Fénix

Configuración del Complejo Petroquímico del Proyecto Fénix



Fuente: Confidencial

Ubicación del Proyecto Fénix

Como se mencionó anteriormente se eligieron dos ciudades en las cuales se podría ejecutar el proyecto: Coatzacoalcos y Altamira. A continuación se presenta una comparación de la infraestructura y las características de estas ciudades en el año 2004 (de este año a la fecha se ha desarrollado la infraestructura de ambas ciudades).

Altamira

- Se localiza en el Golfo de México en la costa sur del estado de Tamaulipas.
- Crecimiento promedio anual de 21% en el manejo de carga total y 24% en el manejo de carga en contenedores.
- Ocupa el primer lugar de México en cuanto al manejo de petroquímicos líquidos y carga líquida en general.
- El puerto de esta ciudad tiene ocho terminales en operación, dos de ellas para usos múltiples y seis dedicadas exclusivamente al manejo y almacenamiento de petroquímicos líquidos. Las ocho terminales cuentan con doce posiciones de atraque para buques de hasta 60,000 toneladas brutas o hasta 3,000 contenedores, 300 metros de eslora, 35 metros de manga y 11.6 metros de calado.
- Ciudades cercanas: Tampico y Madero.
- Cercanía con la refinería de Ciudad Madero.
- El puerto de Altamira cuenta con un corredor petroquímico constituido por empresas cuya producción representa el 30% del total nacional. Las empresas instaladas en este corredor son: DuPont, Indelpro, Petrocel, Nhumo, Polycid, Negromex y M&G Polímeros. También alberga un parque industrial de 4,000 hectáreas para la integración estratégica del complejo.
- 23 plantas petroquímicas instaladas en el área.
- El 45% de las importaciones se dirigen a la industria química y petroquímica del país.
- 1,600 hectáreas destinadas para el desarrollo de terminales marítimas.
- Alrededor de 100 compañías ofrecen servicios de logística.

Coatzacoalcos

- Se localiza en la zona del Golfo de México en la región sur del estado de Veracruz.
- Es el principal puerto exportador de crudo, gasolinas naturales y derivados petroquímicos en México con un volumen total de 30 millones de toneladas al año.
- El puerto comercial cuenta con diez posiciones de atraque con capacidad para recibir buques de hasta 9.8 metros de calado y una terminal especializada en el manejo de ferrocarriles de hasta 13,800 toneladas. El puerto de Pajaritos es un puerto petrolero capaz de recibir buques de gran calado.
- Ciudades cercanas: Veracruz, Minatitlán y Villahermosa.
- Cercanía con Salina Cruz y la costa del Pacífico (aproximadamente 300 Km.)
- Cercanía con los complejos petroquímicos de PEMEX.

- El corredor industrial Coatzacoalcos-Salina Cruz alberga a un grupo de industrias clave del estado de Veracruz, que muestran un crecimiento dinámico.

Infraestructura Portuaria

Puerto de Altamira

Área de Muelle

- Posiciones de atraque : 12
- Longitud: 1,511 metros

Área de navegación

- Canal de acceso
 - Profundidad: 12 metros
 - Longitud: 3,732 metros
- Dársena de Ciaboga
 - Profundidad: 12 metros
 - Diámetro: 450 metros

Área de almacenamiento

- Bodegas: 5,460 m²
- Patios: 358,000 m²

Características de buques recibidos

- Tonelaje: 60,000 Toneladas
- Eslora: 300 metros
- Manga: 35 metros
- Calado: 11.6 metros

Puerto de a Coatzacoalcos

Área de Muelle

- Posiciones de atraque : 10
- Longitud: 1,827 metros
- Terminal para ferrobarras: 100 metros

Área de navegación

- Canal principal
 - Longitud: 2,392 metros
 - Ancho: 268 metros
 - Profundidad: 14 metros

- Canal de acceso
 - Longitud: 700 metros
 - Ancho: 252 metros
 - Profundidad: 12 metros

Área de almacenamiento

- Bodegas: 9,854 m²
- Patios: 160,000 m²
- 58,000 m² de patios para contenedores, 450 terminales eléctricas para contenedores refrigerados

Características de buques recibidos

- Tonelaje: 30,000 Toneladas
- Eslora: 185 metros
- Manga: 32 metros
- Calado: 9.8 metros

Adicionalmente al puerto comercial de Coatzacoalcos, PEMEX opera la Terminal Pajaritos localizada a un costado del mismo. Principalmente se ocupa de la exportación de crudo y sus derivados (92% de la carga total):

Área de Muelle

- Longitud: 5,823 metros

Área de navegación

- Canal de acceso al Puerto de Pajaritos
 - Longitud: 1,335 metros
 - Ancho: 150 metros

Área de almacenamiento

- Área total: 9,540 m²

Características de buques recibidos

- Tonelaje: 80,000 Toneladas
- Eslora: 250 metros
- Manga: 42 metros
- Calado: 12 metros

Terrenos disponibles para el Proyecto Fénix y perspectivas de crecimiento
Altamira

- 8,000 hectáreas disponibles para nuevos desarrollos portuarios comerciales e industriales.
- 5,100 hectáreas disponibles para desarrollos industriales.
- 200 hectáreas disponibles en el corredor industrial del puerto con infraestructura de servicios auxiliares de primer nivel.
- 1,600 hectáreas disponibles para el desarrollo de terminales marítimas.
- Cerca de cuatro billones de capital privado invertido durante los últimos cuatro años en terminales marítimas e infraestructura portuaria.
- Posibilidad de construir terminales de mayor tamaño que puedan recibir buques de mayor tonelaje.
- Existe un sitio preseleccionado en el puerto de Altamira para la construcción del Proyecto Fénix.

Coatzacoalcos

- 122 hectáreas de terrenos urbanos disponibles.
- Infraestructura y terminales marítimas necesarias para el manejo de carga especializada.
- Gran parte de la capacidad industrial instalada se relaciona con la industria química o petroquímica.
- Valor agregado en los servicios de transporte disponibles en el puerto.
- 1,200 hectáreas disponibles para uso industrial.
- Existen dos terrenos preseleccionados para el desarrollo del Proyecto Fénix.

Rutas de Acceso al Mercado Nacional

Altamira

Ferrocarril

- Rutas Directas
 - Ciudad de México – Querétaro – San Luis Potosí – Saltillo – Monterrey – Nuevo Laredo
 - Saltillo – Piedras Negras
 - Querétaro – Aguascalientes – Zacatecas – Torreón – Ciudad Juárez
 - Torreón – Monterrey – Reynosa – Matamoros
- Rutas Indirectas
 - Querétaro – Guadalajara – Manzanillo
 - San Luis Potosí – Acámbaro – Morelia – Lázaro Cárdenas
 - Querétaro – Tula – Puebla

Carreteras

- El puerto de Altamira tiene acceso a una importante red de carreteras de las zonas norte, centro y occidente del país.

Distancia del puerto a las principales ciudades (km.)

| Ciudad | Carretera | Ferrocarril |
|------------------|-----------|-------------|
| Ciudad Victoria | 219 | 209 |
| Chihuahua | 1,896 | 1,352 |
| Guadalajara | 835 | 1,004 |
| Ciudad de México | 542 | 904 |
| Monterrey | 530 | 498 |

Coatzacoalcos

Ferrocarril

- Rutas Directas
 - Coatzacoalcos – Ciudad de México
 - Coatzacoalcos – Mérida
 - Coatzacoalcos – Salina Cruz

Carreteras

- Coatzacoalcos – Veracruz – México
- Coatzacoalcos – Villahermosa – Mérida
- Coatzacoalcos – Salina Cruz

Distancia del puerto a las principales ciudades (km.)

| Ciudad | Carretera | Ferrocarril |
|------------------|------------------|--------------------|
| Salina Cruz | 310 | 303 |
| Veracruz | 324 | 405 |
| Oaxaca | 428 | 764 |
| Ciudad de México | 749 | 716 |
| Villahermosa | 171 | NA |

Rutas de Acceso al Mercado de Exportación

Altamira

Marítimas

- Disponibilidad de servicios marítimos continuos a los principales destinos.

| Destino | Frecuencia |
|----------------------|--------------|
| Costa Este de E.U.A. | Cada 7 días |
| Europa del Norte | Cada 7 días |
| Mediterráneo | Cada 9 días |
| Oceanía | Cada 15 días |
| Sudamérica | Cada 3 días |
| Lejano Oriente | Cada 7 días |
| Caribe | Cada 7 días |
| Sudáfrica | Cada 7 días |

- Las principales compañías navieras operan en el puerto para proveer estos servicios.

Ferrocarril

- Altamira tiene acceso eficiente al mercado del sureste de E.U.A. mediante el uso de vías férreas.

Coatzacoalcos

Marítimas

- Operación de una terminal de ferry, con capacidad de 60 vagones diarios, vía directa a los E.U.A. (Mobile, Alabama).
- Existen rutas marítimas a 53 puertos de Norteamérica, Sudamérica y Europa, además de algunos destinos en Asia.
- Su cercanía con la costa del Pacífico permitiría la creación de un corredor comercial mediante el cual se tendría acceso tanto a la Costa Oeste de los E.U.A. como al Lejano Oriente.

Ferrocarril

- A pesar de que se tendría que recorrer una mayor distancia en comparación con Altamira, es posible acceder al mercado del sureste de E.U.A. mediante esta vía.

Oportunidad de Sinergias

| Ubicación | PEMEX | Otras Empresas | Servicios Auxiliares |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Altamira | <ul style="list-style-type: none"> - Refinería Madero en Ciudad Madero • Reconfigurada en 2003 a 15 plantas • Produce 190 MBd de productos derivados del petróleo | <ul style="list-style-type: none"> - Terminales de Usos Múltiples (2 compañías) - Terminal para manejo de minerales (1 compañía) - Terminal para manejo de productos agrícolas (1 compañía) - Terminales para manejo de líquidos (5 compañías) - Servicios de Logística: almacenamiento, carga-descarga, agentes aduanales (7 compañías) - 23 plantas petroquímicas: BASF, Primex, Indelpro, Polioles, entre otros. | <ul style="list-style-type: none"> - Acueducto de 2.5 m de diámetro con una capacidad de 12.5 klts/seg. Actualmente opera a 50 lts/seg. - 42,000 hectáreas de sistemas de lagunas con una capacidad de 400 millones de metros cúbicos de almacenaje. - Línea principal de gas de 1.2 m de diámetro, suministrada por PEMEX (Cactus-Reynosa) y distribuida por Gas Natural del Río Pánuco (empresa privada). - Dos plantas generadoras de energía que producen 1,500 MWh. |
| Coatzacoalcos | <ul style="list-style-type: none"> - Refinería de Minatitlán • Se llevaba a cabo en 2004 una reconfiguración de la misma. - Complejos Petroquímicos: Cangrejera, Morelos, Pajaritos y Cosoleacaque • Contribución del 89% del total del la producción de petroquímicos en México - Producción de gasolinas naturales y etano en la región. - Conexión mediante una red de ductos con la refinería de Salina Cruz. | <ul style="list-style-type: none"> - 20 plantas petroquímicas del sector privado instaladas en la región: Idesa, Celanese, Clariant, Resirene, Fenoquimia, entre otros. - 80% del total de la producción de petroquímicos básicos del país. | <ul style="list-style-type: none"> - 28 GWh de capacidad de generación de electricidad y planta adicional de 490 MWh bajo construcción. - Cuenta con alrededor del 30% de los recursos hidráulicos del país. - Red extensa de tuberías para la recepción y distribución de gas natural. |

Incentivos para los Inversionistas por parte de los Gobiernos Estatales

| Altamira (Tamaulipas) | Coatzacoalcos (Veracruz) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Completo interés y soporte por parte del gobernador estatal. 2. Reducción sobre impuestos de propiedad durante el periodo de construcción. 3. Reducción del 50% de los costos de los permisos necesarios para el desarrollo del complejo. 4. Programas de entrenamiento para la mano de obra calificada por un periodo de tres meses. 5. Mayor agilidad para llevar a cabo los procedimientos administrativos necesarios. 6. Soporte económico para proyectos de alta tecnología. 7. Aseguramiento del suministro de agua para el complejo. 8. Apoyo en la construcción de viviendas para los trabajadores. 9. 220 hectáreas de tierra para el desarrollo del proyecto sin costo alguno con la infraestructura requerida y acceso a las principales vías de comunicación. 10. Exención total del 2% de impuesto estatal sobre nómina durante los dos primeros años y del 50% durante los siguientes dos años. 11. Contratos para obtener tarifas especiales con compañías transportistas. 12. Precios especiales con contratistas para la construcción del complejo. 13. Soporte del gobernador ante las instituciones federales. 14. Instalaciones temporales durante la construcción. 15. Otras sinergias: electricidad suministrada por una compañía local, tarifas especiales de gas natural con un proveedor local y beneficios integrados con las industrias vecinas para asegurar las sinergias de costos y transportes. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Exención de impuestos estatales por al menos diez años. 2. Periodo adicional de dos años para la exención del impuesto estatal sobre nómina. 3. Diez años de exención de impuestos municipales. 4. Uso de suelo sin costo alguno, incluyendo permisos. 5. 180 días para la capacitación de la mano de obra. 6. Becas para estudios profesionales en la Universidad Veracruzana. 7. Promoción y desarrollo de proyectos de infraestructura (aeropuerto internacional). 8. Desarrollo de terminales portuarias. 9. Trabajos de infraestructura necesaria para el proyecto. 10. Beneficios adicionales al proyecto por parte de programas federales. 11. Subsidio estatal para absorber los diferenciales de las tasas de interés entre las tasas comerciales y aquellas ofrecidas por los fondos estatales. 12. Soporte económico para estudios de ejecución. 13. Incentivos estatales para el desarrollo de infraestructura relacionada con energía, agua y carreteras. 14. Compromisos adicionales del gobernador estatal para: <ul style="list-style-type: none"> - Acuerdos con el IMSS e INFONAVIT para asegurar la calidad de vida de los trabajadores. - Promoción de incentivos sobre impuestos en estados vecinos para industrias relacionadas al proyecto. - Soporte a las compañías transportistas y de construcción relacionadas al proyecto. |

Como se ha demostrado en esta última sección, ambas ciudades contaban con los requisitos necesarios para albergar al Proyecto Fénix. Se presentó una contienda entre los gobernadores estatales para quedarse con este proyecto, sabían el derrame económico que traería consigo el desarrollo del mismo, desde la construcción del complejo hasta su posterior operación y la creación o establecimiento de nuevas empresas que proveerían los productos o servicios requeridos por el complejo petroquímico. La decisión final estaba en manos del Gobierno Federal, pero de acuerdo a

la comparativa anterior, la ciudad de Altamira resultaba la mejor alternativa. Esta ciudad contaba con un potencial de desarrollo industrial mucho mayor en comparación con el de la ciudad de Coatzacoalcos, en donde el sector industrial comenzó a desarrollarse en la década de 1970; otro factor importante en esta decisión es la infraestructura portuaria de ambas ciudades, siendo la de Altamira más moderna y con la posibilidad de ampliarse a gran escala; por último, y siendo el factor más importante en la toma de esta decisión, es el desarrollo de las vías de acceso de Altamira ya que a través de éstas, el costo logístico, incluyendo el costo para llevar las materias primas al complejo y el costo de distribución de los productos obtenidos del proyecto, sería menor en una cantidad significativa en comparación con el costo que se ejercería desde la ciudad de Coatzacoalcos.

Estudio de Mercado

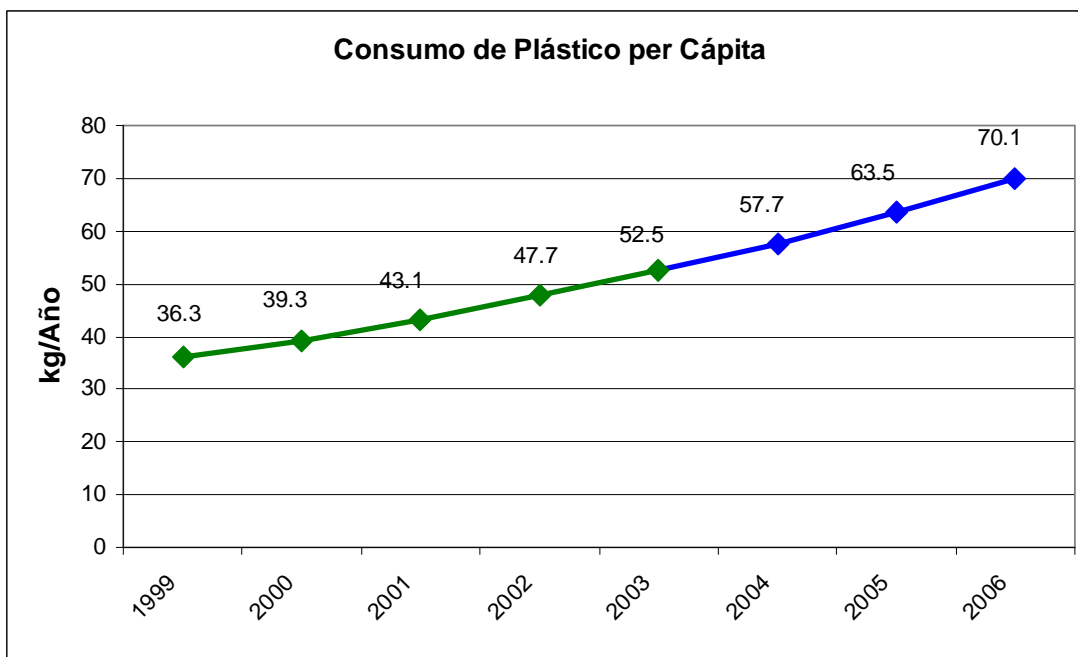
Todo proyecto de inversión requiere un estudio de mercado el cual justifique la inversión a realizarse, asegurando que el crecimiento de la demanda será proporcional o por lo menos el suficiente para que la rentabilidad del proyecto sea atractiva para los inversionistas. En el caso del Proyecto Fénix, en donde se importaban alrededor del 70% de los productos potenciales del proyecto, es evidente la existencia de un mercado doméstico seguro que consumiría los productos del mismo; sin embargo, es de gran importancia tomar en cuenta el crecimiento de estos mercados para comprender el alcance total del proyecto.

A continuación se presenta de manera gráfica el estudio del mercado del polietileno en México y la proyección de la oferta y la demanda de los principales productos que se obtendrían del Proyecto Fénix.

Estructura de la Industria de Plásticos en México

- Más de 4,500 compañías que dan empleo a 180,000 personas.
- 91% de las empresas son micro y pequeñas empresas.
- 72% de las compañías se localizan en cinco estados de la República Mexicana: Distrito Federal, Estado de México, Nuevo León, Jalisco y Guanajuato.
- 83% de la producción de resinas se concentra en trece compañías.
- 71% del valor agregado de la transformación se concentra en 9% del total de las compañías.
- Un gran porcentaje de las micro y pequeñas industrias son familiares o negocios particulares.

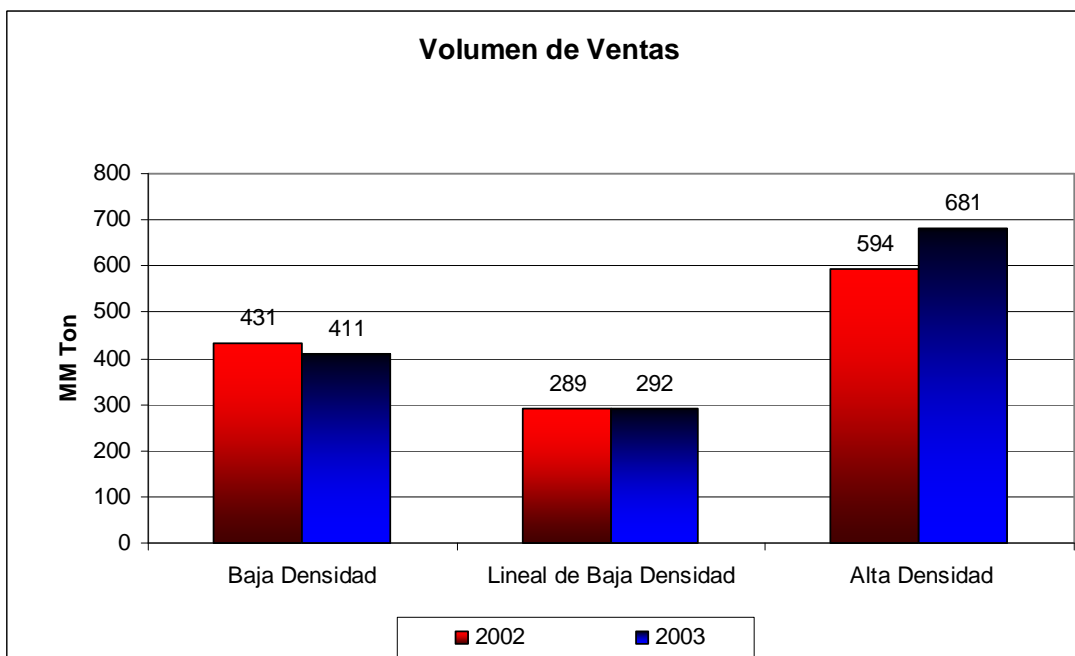
Gráfica 1 Consumo de Plásticos per Cápita en México (Proyección 2004-2006)



Fuente: Elaboración Propia

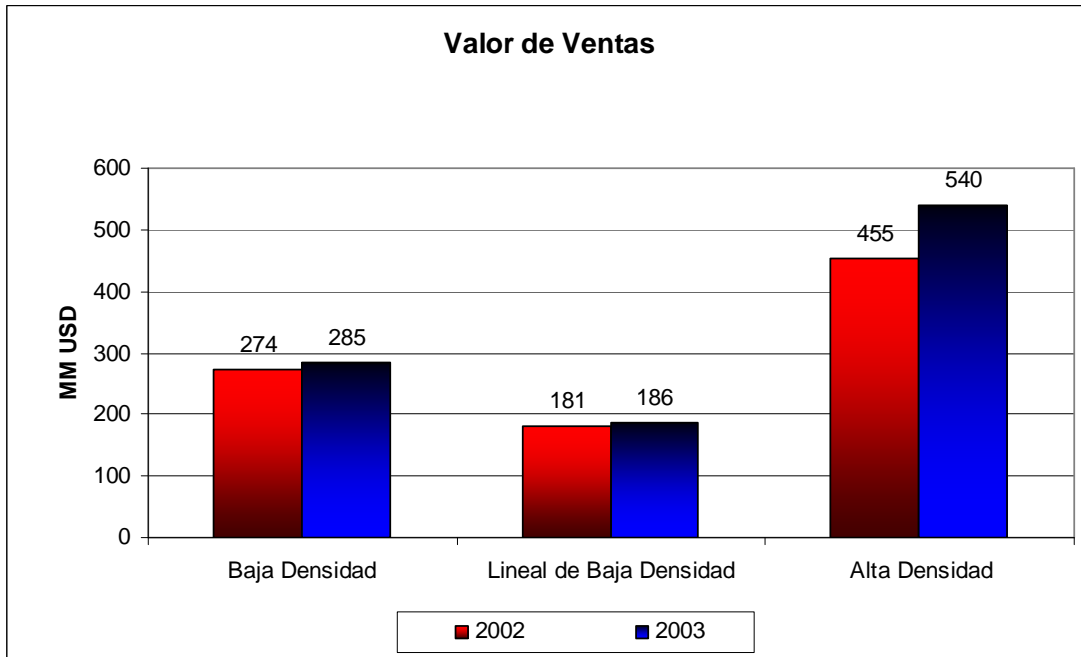
Estructura del Mercado del Polietileno en México en 2003

Gráfica 2 Volumen de Ventas de Polietileno 2002 vs. 2003



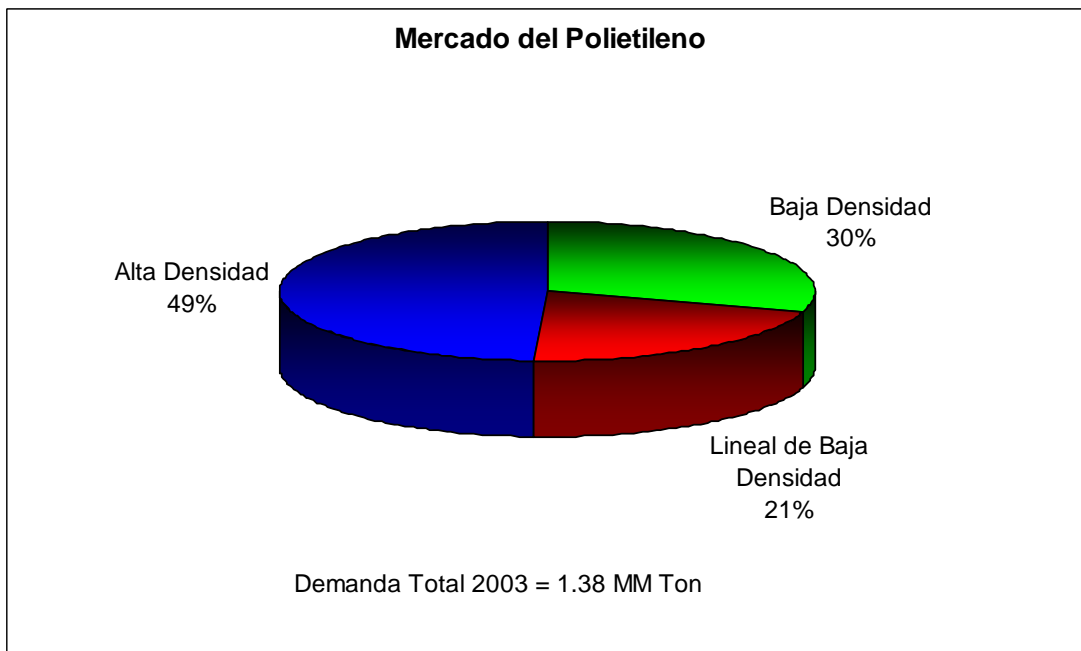
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 3 Valor de Ventas de Polietileno 2002 vs. 2003



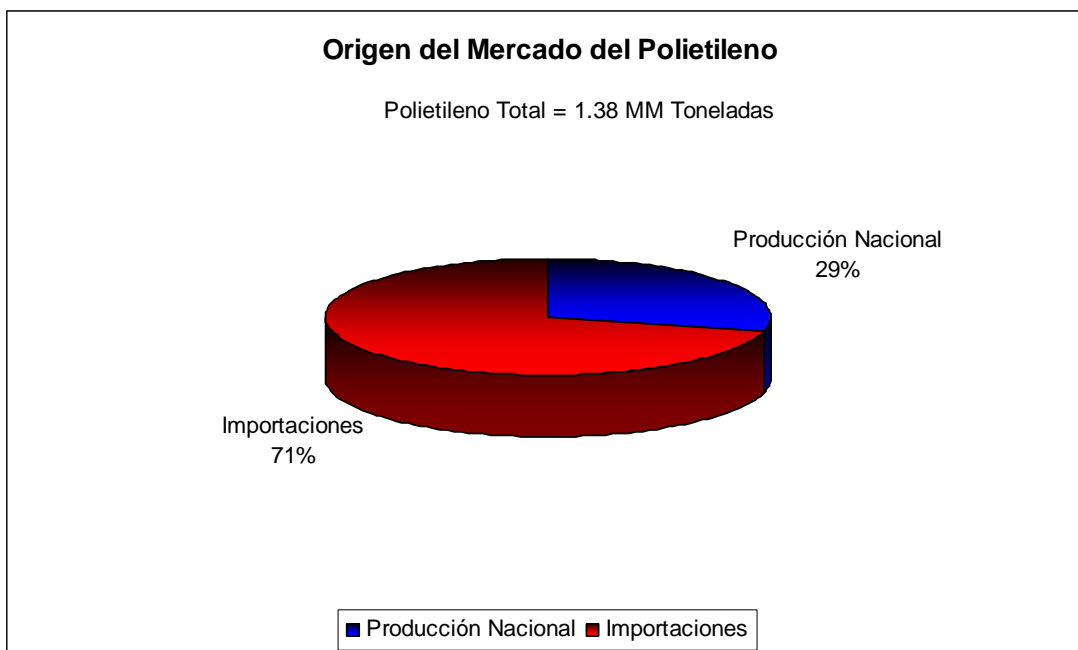
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 4 Distribución del Mercado del Polietileno en 2003



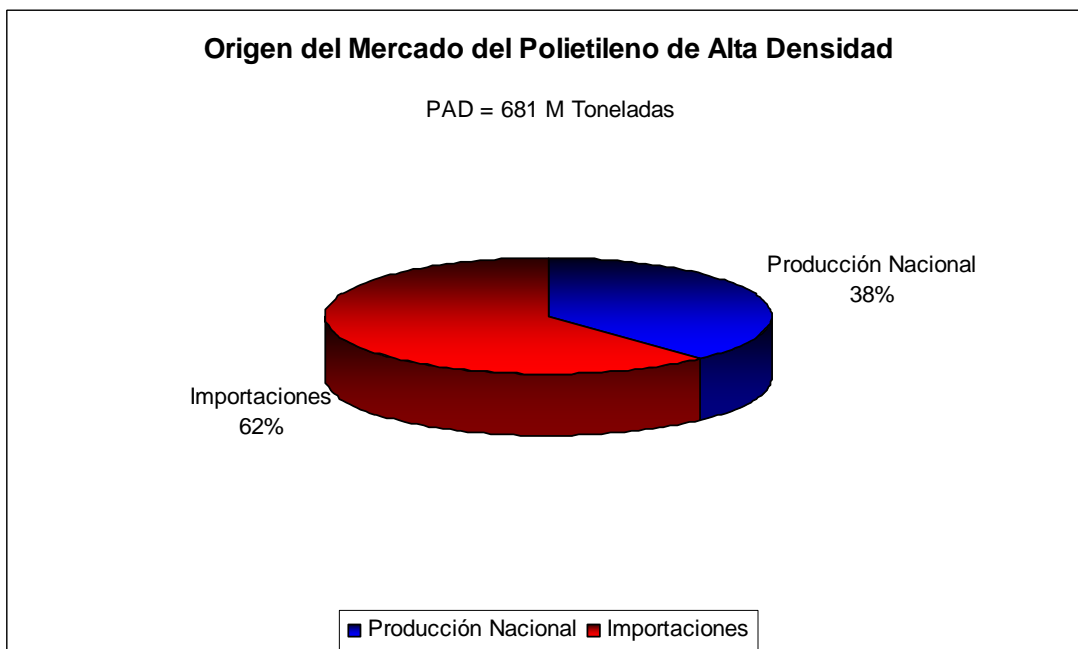
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 5 Origen del Mercado del Polietileno en 2003



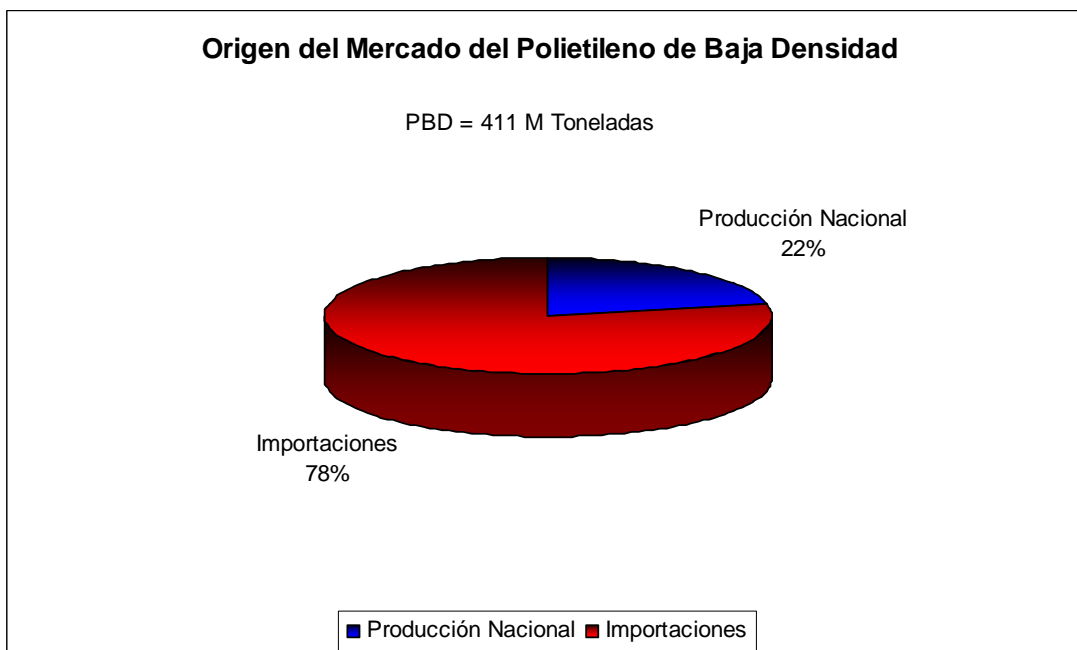
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 6 Origen del Mercado del Polietileno de Alta Densidad en 2003



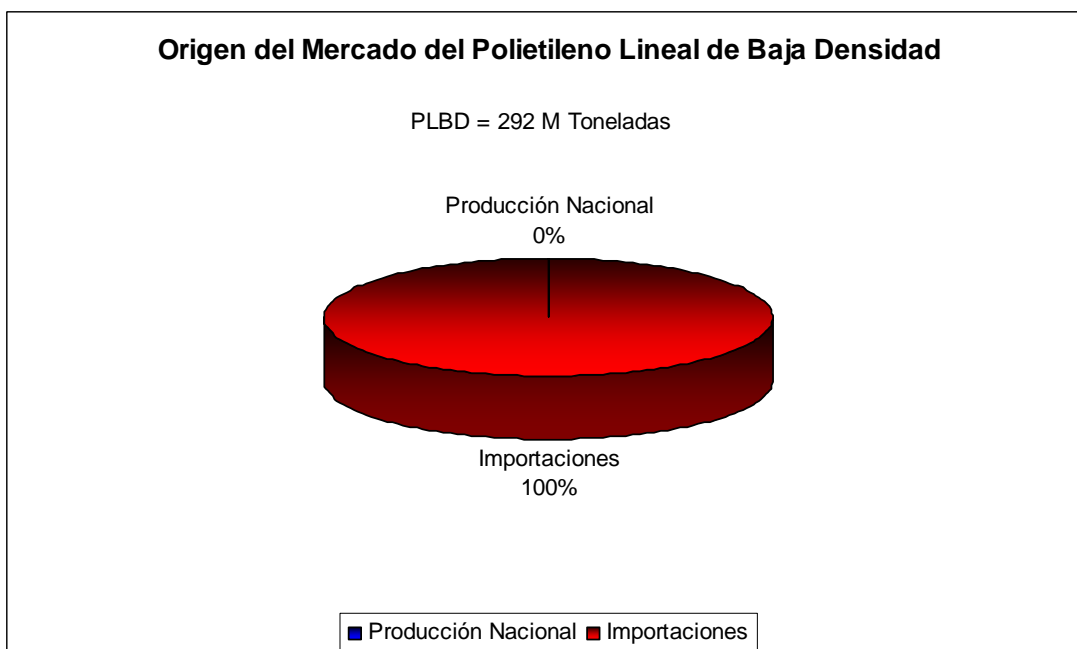
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 7 Origen del Mercado del Polietileno de Baja Densidad en 2003



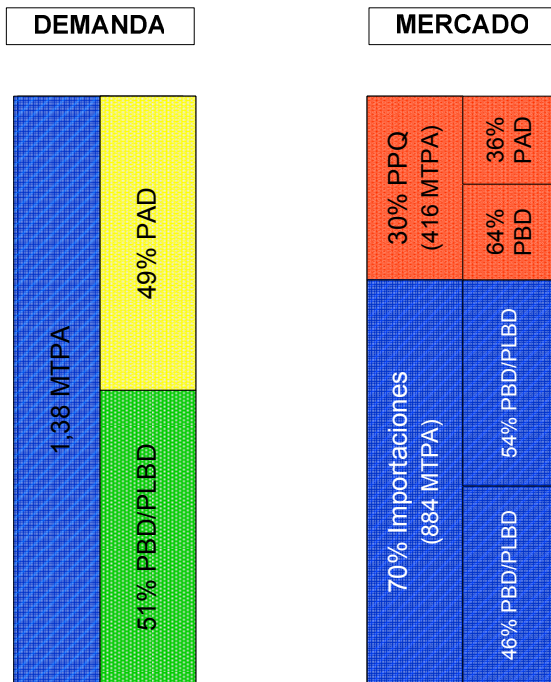
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 8 Origen del Mercado del Polietileno Lineal de Baja Densidad en 2003



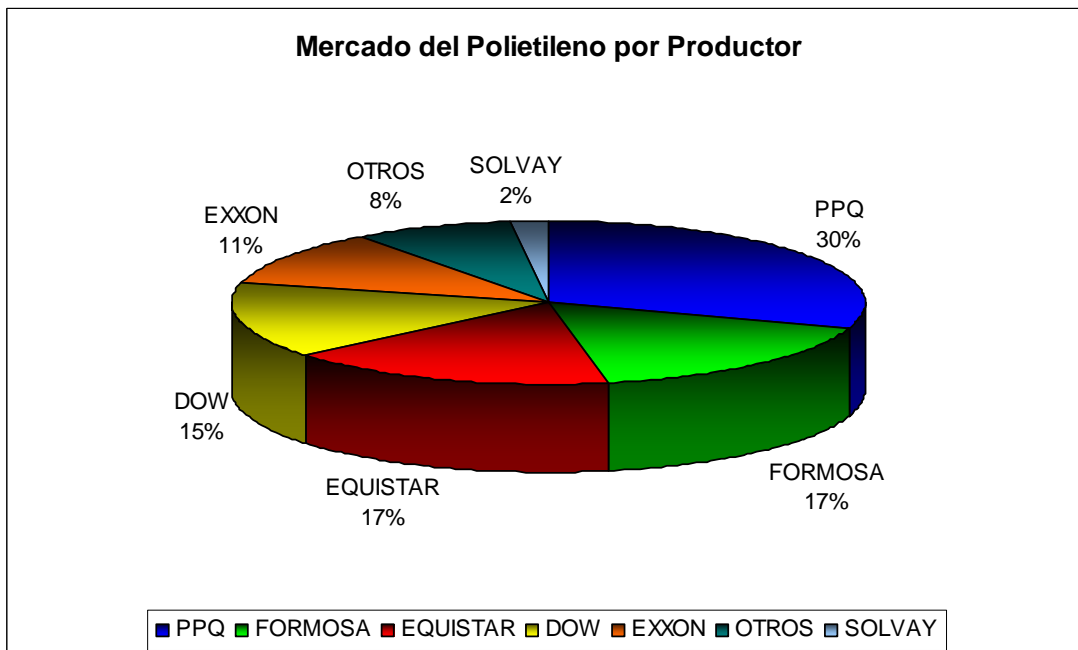
Fuente: Elaboración Propia

Figura 2 Resumen del Mercado del Polietileno en 2003



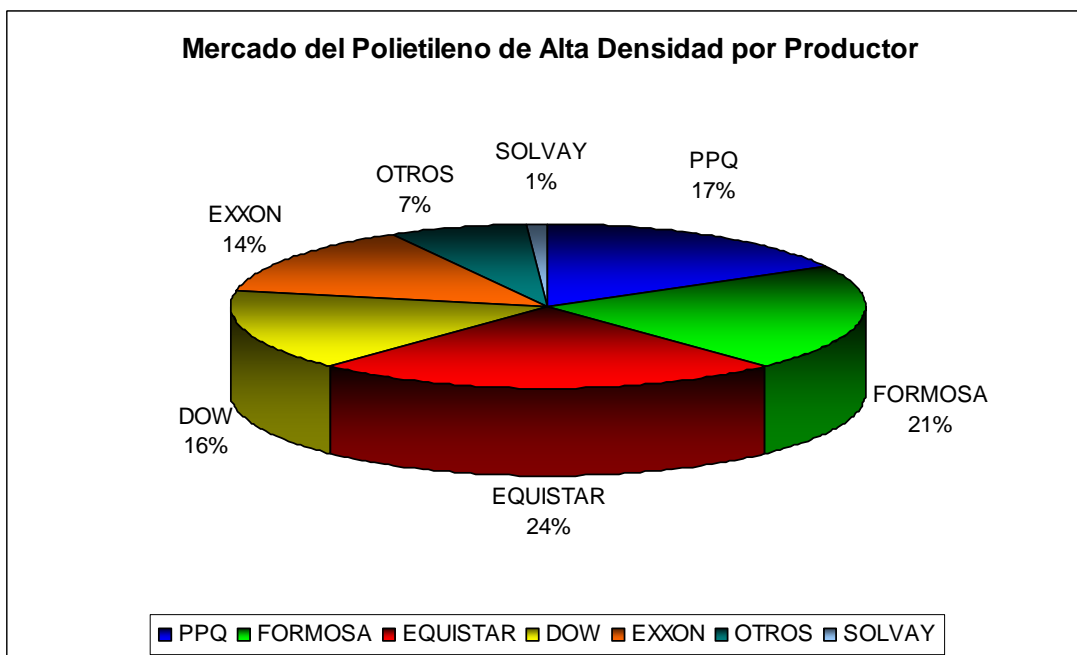
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 9 Mercado del Polietileno por Productor en 2003



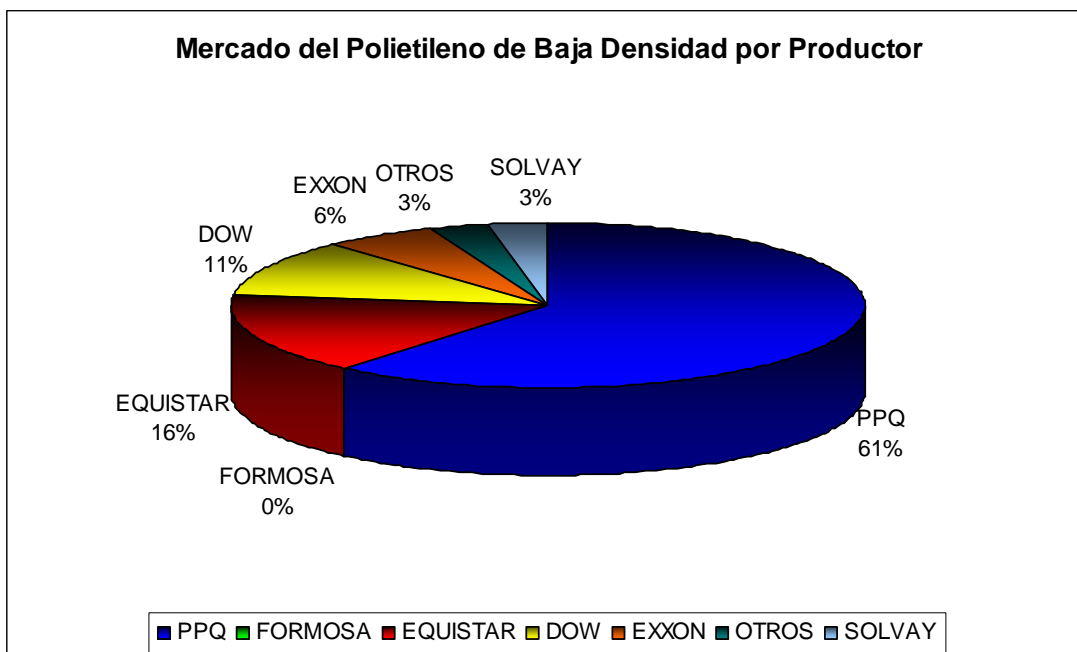
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 10 Mercado del Polietileno de Alta Densidad por Productor en 2003



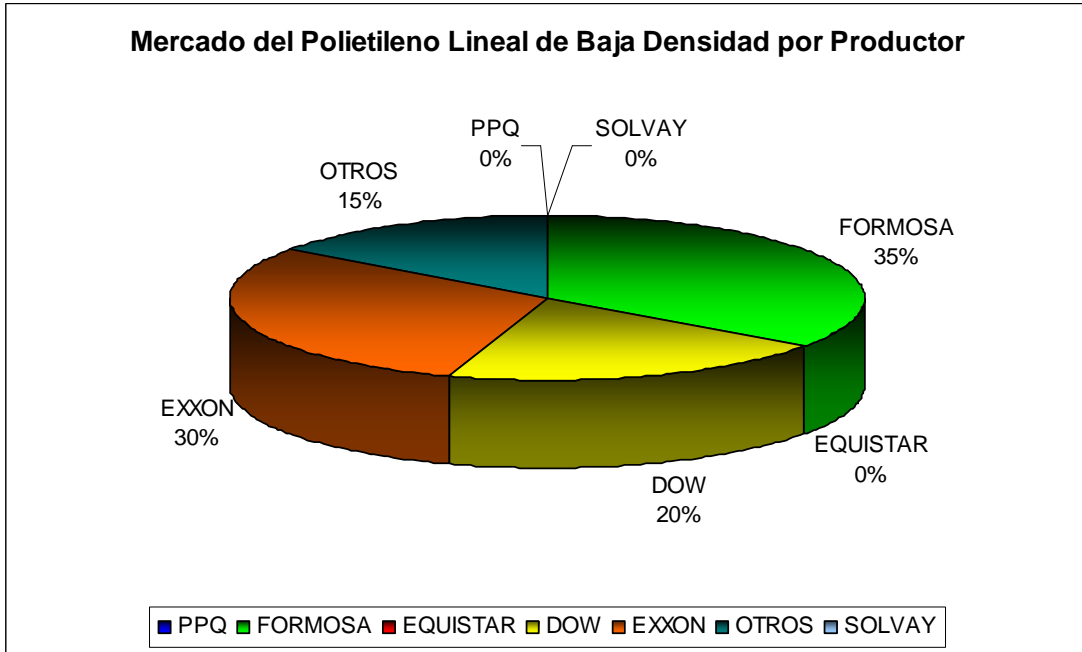
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 11 Mercado del Polietileno de Baja Densidad por Productor en 2003



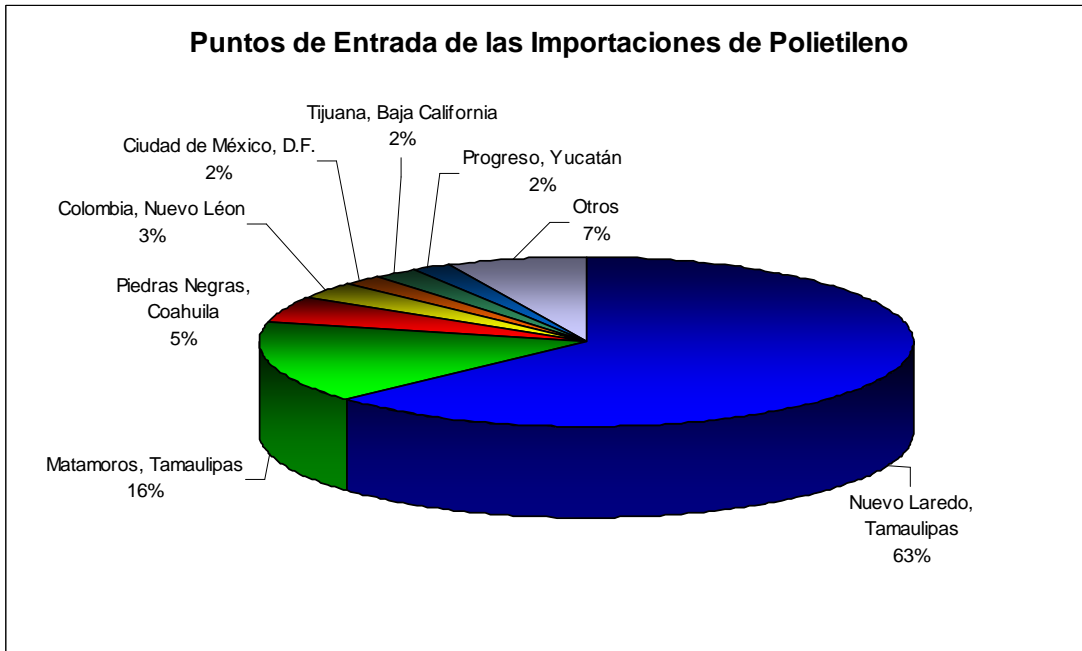
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 12 Mercado del Polietileno Lineal de Baja Densidad por Productor en 2003



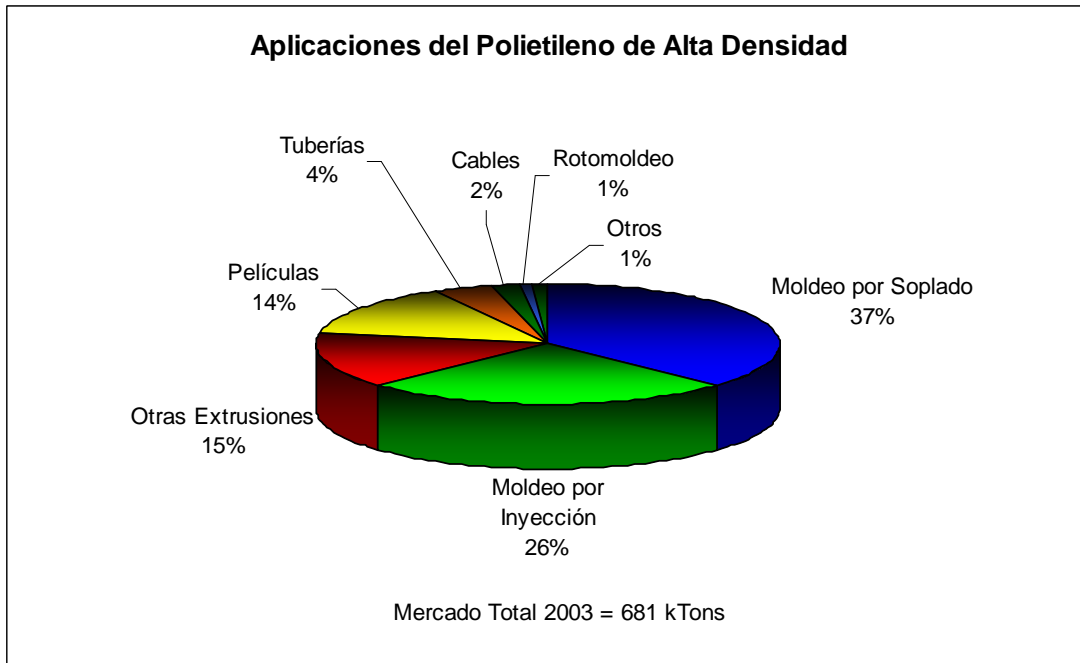
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 13 Puntos de Entrada de las Importaciones de Polietileno



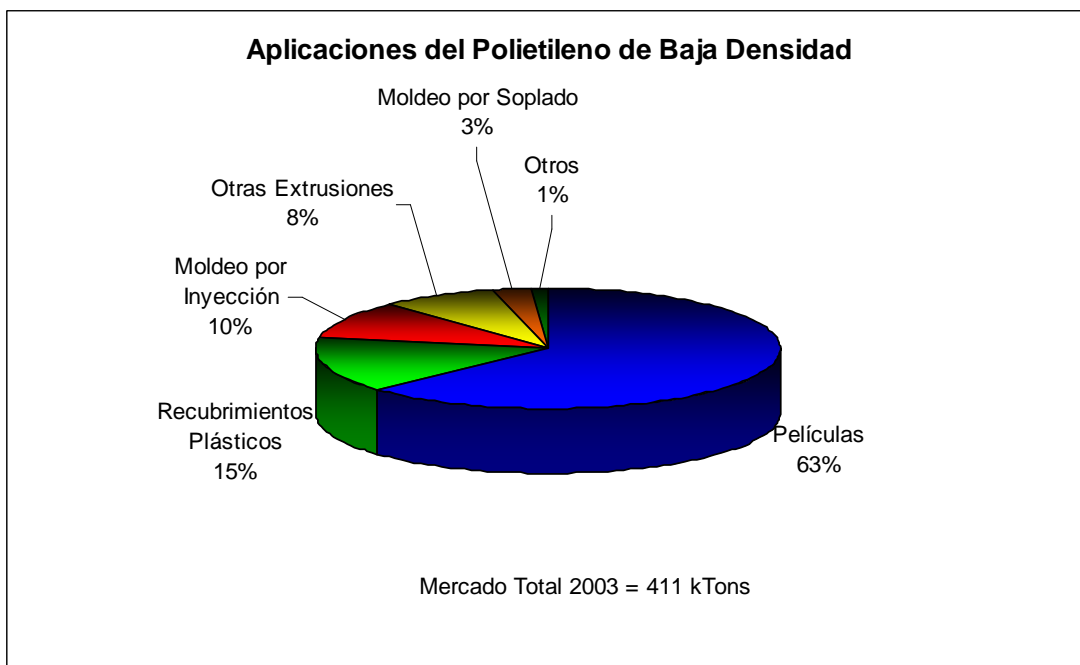
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 14 Segmentación del Mercado del Polietileno de Alta Densidad



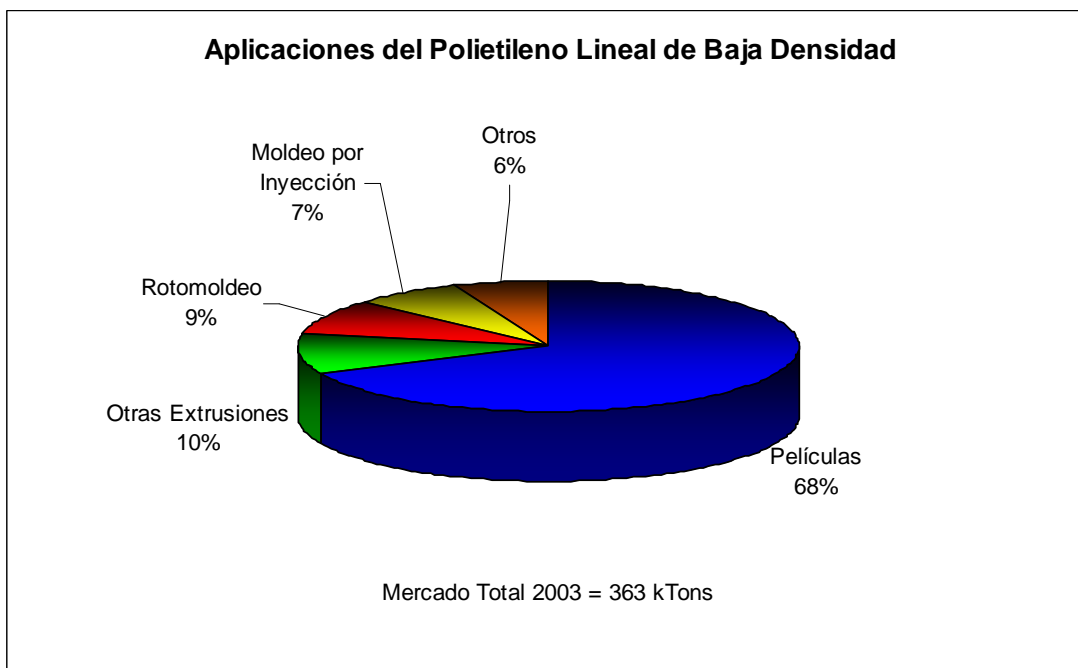
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 15 Segmentación del Mercado del Polietileno de Baja Densidad



Fuente: Elaboración Propia

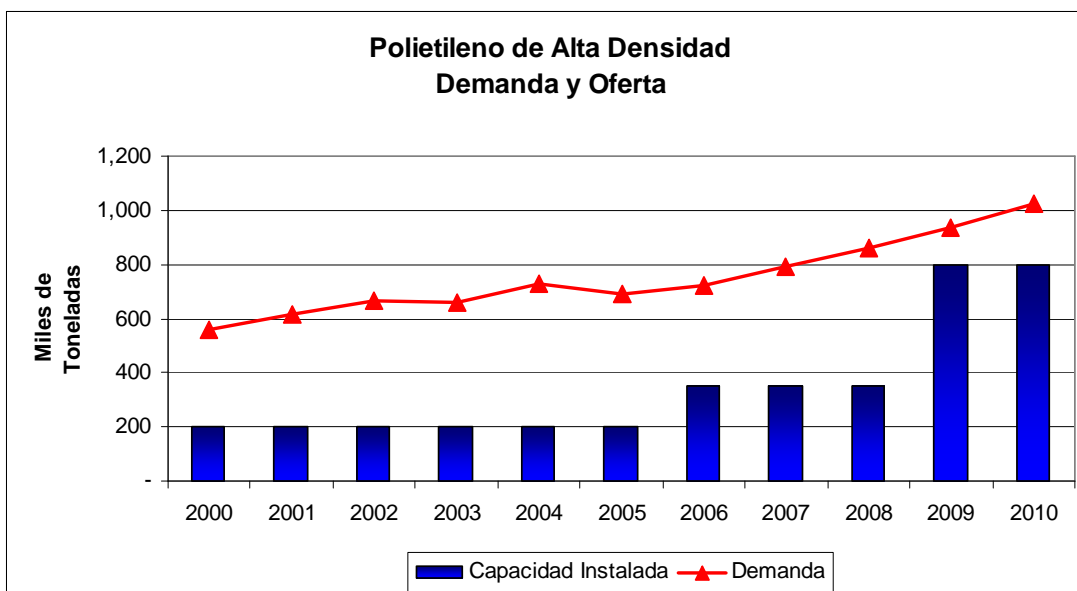
Gráfica 16 Segmentación del Mercado del Polietileno Lineal de Baja Densidad



Fuente: Elaboración Propia

Oferta y Demanda de los Productos Principales del Proyecto Fénix

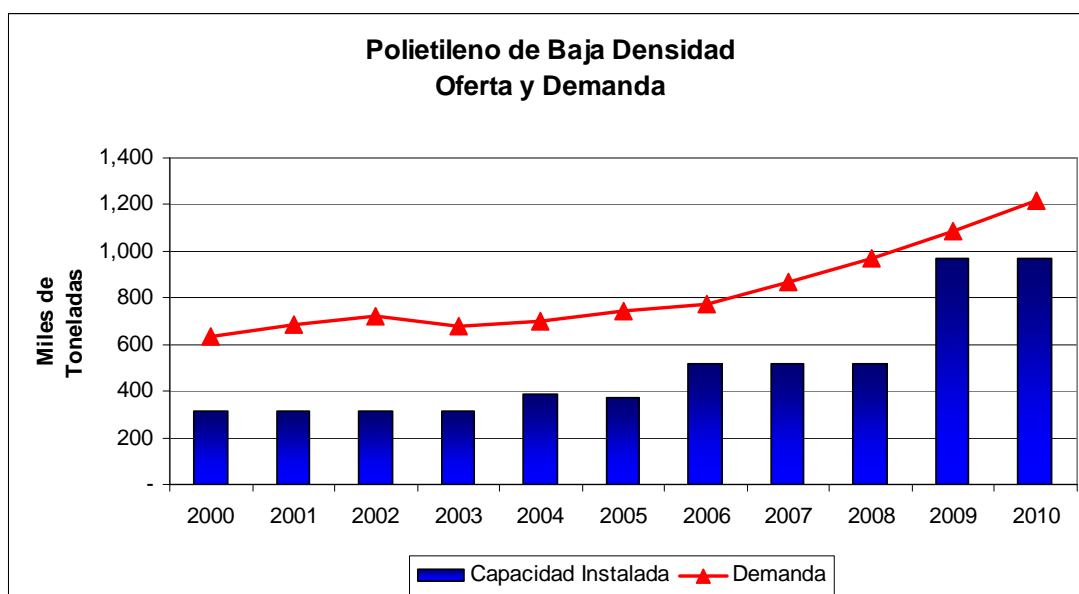
Gráfica 17 Proyección del Mercado del Polietileno de Alta Densidad



Fuente: Elaboración Propia

En el caso del polietileno de alta densidad se esperaba una tasa promedio de crecimiento anual de la demanda del 9% para el periodo 2006-2010. Esta demanda sería cubierta con la construcción de una planta swing de PEMEX de 150 ktpa en 2006 y con la ejecución del Proyecto Fénix con una capacidad de 450 ktpa, alcanzando así las 800 ktpa en 2009, mismas que no serían capaces de cubrir la totalidad del mercado doméstico. Es importante mencionar que en realidad, no se ejecutó el proyecto para la construcción de la planta swing que arrancararía en 2006, solamente se realizó una expansión de una planta ya existente con la que se alcanzó una capacidad instalada de alrededor de 300 ktpa y no de 350 ktpa como se tenía planeado.

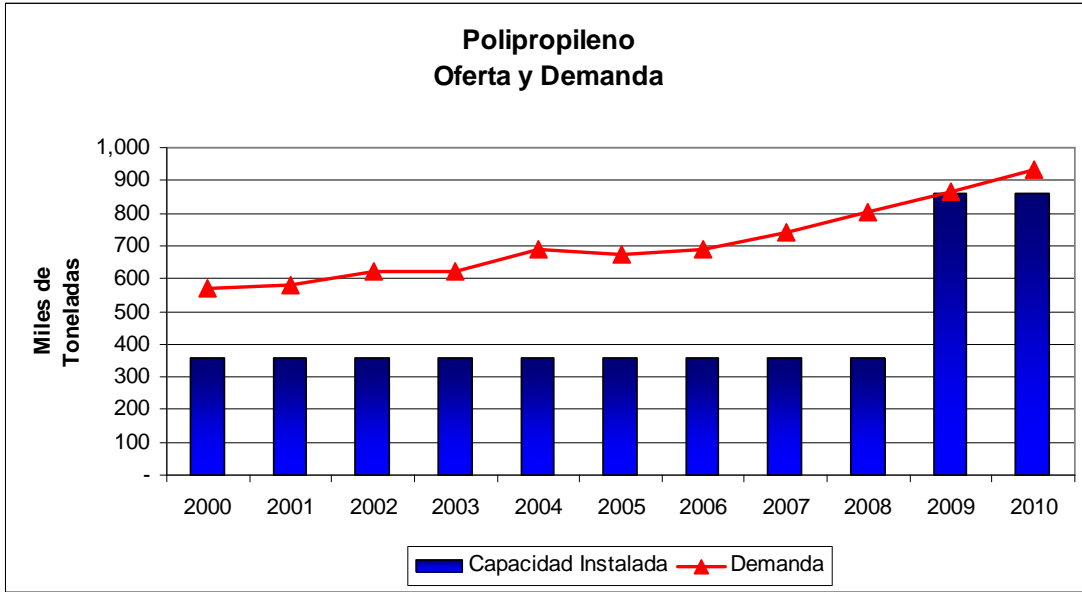
Gráfica 18 Proyección del Mercado del Polietileno de Baja Densidad



Fuente: Elaboración Propia

En esta gráfica se incluye tanto el polietileno de baja densidad como el polietileno lineal de baja densidad. Se esperaba una tasa promedio de crecimiento anual de la demanda del 1.65% en el caso del polietileno de baja densidad y del 15% para el polietileno lineal de baja densidad en el periodo 2006-2010, obteniendo así una tasa ponderada del 12.2%. La demanda sería cubierta, y no en su totalidad, con la operación de una planta swing de 150 ktpa en 2006 y con la del Proyecto Fénix que tendría una capacidad de 450 ktpa, para alcanzar las 970 ktpa en 2009. La planta swing que arrancararía en 2006 es la misma que se mencionó anteriormente y que nunca se construyó, por lo tanto la capacidad instalada de polietileno de baja densidad real en el año 2006 fue de 370 ktpa.

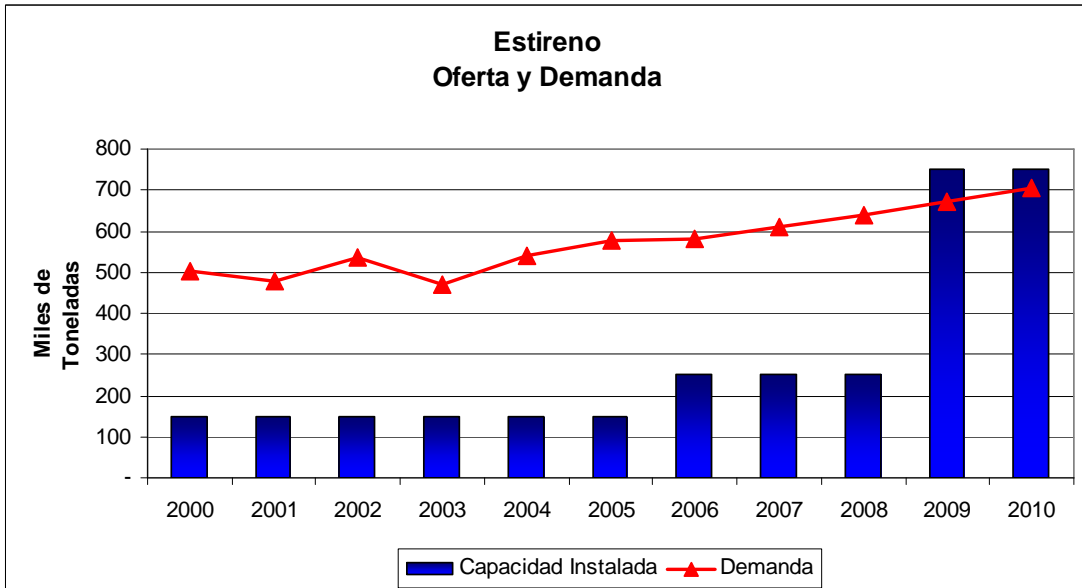
Gráfica 19 Proyección del Mercado del Polipropileno



Fuente: Elaboración Propia

Para el periodo 2006-2010 se esperaba una tasa promedio de crecimiento anual de la demanda del propileno del 6%, misma que sería cubierta casi en su totalidad con la ejecución del Proyecto Fénix, que aportaría 500 ktpa para alcanzar en 2009 las 860 ktpa.

Gráfica 20 Proyección del Mercado del Estireno



Fuente: Elaboración Propia

La demanda del estireno presentaría una tasa promedio de crecimiento anual del 5% para el periodo 2006-2010, misma que sería cubierta con las 500 ktpa que aportaría el Proyecto Fénix para alcanzar las 750 ktpa en 2009. Sin embargo, se tenía planeada en 2006 la expansión de una planta en Cangrejera que incrementaría en 100 ktpa la capacidad instalada, proyecto que no se llevó a cabo por lo que la capacidad instalada en 2006 permaneció en las 150 ktpa.

Desarrollo del Proyecto Fénix

Ya planteados los orígenes y los objetivos del Proyecto Fénix, y analizados los mercados en los que participarían los productos obtenidos de las plantas construidas, se presentan a continuación noticias que aparecieron en diversos diarios de circulación nacional, en orden cronológico, para mostrar paso a paso el desarrollo del proyecto, desde sus inicios hasta su cancelación.

Fecha: 10/Feb/2004

Fuente: Reforma

Encabezado: Van 12 empresas por el Proyecto Fénix de PEMEX

Será en octubre cuando PEMEX asigne uno de los contratos más ambiciosos del sexenio foxista: el Proyecto Fénix. Nos referimos a la construcción de varias plantas petroquímicas, con lo cual se busca disminuir las importaciones actuales.

Hasta el momento, la paraestatal que comanda Raúl Muñoz Leos ha recibido manifestaciones de interés de 12 compañías, de las cuales siete son de origen extranjero y cinco de capital mexicano.

Fénix implicará inversiones por unos 2,000 mdd a ejercerse en los próximos cinco años. Tan sólo en la primera etapa de construcción de las plantas se generarían cerca de 10 mil empleos directos.

PEMEX Petroquímica, la unidad de negocios petroquímicos de PEMEX al mando de Rafael Beverido, abrirá la inversión privada hasta un 70%, lo que significa que el gobierno podrá retener solamente el 30% restante.

Con este proyecto el gobierno de Fox busca alcanzar una producción de un millón de toneladas de etileno, petroquímico con el que se obtiene estireno y polietileno de alta y baja densidad.

La SENER, comandada por Felipe Calderón, junto con PEMEX, evalúan dos tipos de materias primas con las cuales obtener esta producción: una podría ser la gasolina natural y otra el gas natural que se quema indiscriminadamente.

Sin embargo, el tema tiende a politizarse. Y es que el Fénix originalmente estaba proyectado para Veracruz, pero en las recientes semanas el gobernador de Tamaulipas, Tomás Yarrington, arreció el cabildeo para llevárselo a su estado.

Fecha: 23/Abr/2004

Fuente: El Financiero

Encabezado: Quieren Proyecto Fénix para Coatzacoalcos

Esta semana se comentó la petición de varios sectores industriales para reanudar cuanto antes la inversión en petroquímica. El Proyecto Fénix es el que más interés ha despertado en PEMEX, dirigido por Raúl Muñoz Leos.

Entre los Gobiernos Estatales que se han apuntado para atraer este proyecto, se encuentra el Gobierno de Veracruz, encabezado por Miguel Alemán Velasco quien cree que la ciudad de Coatzacoalcos cuenta con la infraestructura necesaria para el desarrollo de un proyecto de esta magnitud.

La intención es promover las cadenas productivas en el sureste del país con complejos petroquímicos cercanos a los yacimientos de crudo y con la facilidad de transportar los productos obtenidos a costos competitivos.

Fecha: 01/Jul /2004

Fuente: Intélete

Encabezado: Buscan instalar Proyecto Fénix en Coatzacoalcos

El Gobierno de Veracruz intensificó las labores de promoción ante la paraestatal PEMEX para que Coatzacoalcos sea declarada como sede del Proyecto Fénix, donde se prevén inversiones de 1,800 mdd para la construcción de dos *crackers* de etileno. El director general de la Coordinación Institucional de la Secretaría de Desarrollo Económico, Fernando Vázquez Rigada, señaló que esperan el anuncio dentro de un mes, aunque el sur del estado se disputa la sede con la ciudad de Altamira en Tamaulipas.

Fecha: 09/Jul/2004

Fuente: Reforma

Encabezado: Tamaulipas y Veracruz se disputan el Proyecto Fénix

Aunque PEMEX no ha decidido siquiera quienes serán sus socios en el Proyecto Fénix, los Gobiernos de Tamaulipas y Veracruz están en plena batalla por acoger el segundo proyecto petroquímico más grande del mundo.

Fecha: 13/Jul /2004

Fuente: Intélate

Encabezado: Proyecto Fénix sólo para algunas empresas

El Proyecto Fénix que PEMEX impulsa favorecería a las empresas Quimir, Celanese Mexicana, Productos Químicos Coin, Idesa, Resirene y Agronitrogenados. Esto lo aseguró René Villarreal presidente del Centro de Capital Intelectual y Competitividad, quien explicó que se trata de las compañías que se dedican a la producción de petroquímicos.

En este proyecto hay catorce empresas interesadas, once extranjeras, entre las cuales están Exxon Mobil, Chevron Phillips, Basell, Nova, Repsol, SABIC y ENI. Las mexicanas son Alfa, Idesa y Primex.

Fecha: 26/Ago /2004

Fuente: El Universal

Encabezado: Idesa en Proyecto Fénix

Entre las firmas inscritas para participar en el Proyecto Fénix, destinado a construir el complejo petroquímico de capital mixto más grande del país, Idesa demuestra gran interés, quien invertirá cerca de 400 mdd, es decir, la sexta parte de los 2,400 reclamados.

La compañía petroquímica acaba de integrar su firma a la de otras tres mil empresas afines para que la sede del complejo se vaya al sur de Veracruz, concretamente a Coatzacoalcos, justo donde se ubican los complejos Cangrejera, Morelos, Pajaritos y Cosoleacaque.

Fecha: 31/Ago/2004

Fuente: La Jornada

Encabezado: PEMEX estudia dividir inversión del Proyecto Fénix

PEMEX analiza la posibilidad de dividir el Proyecto Fénix en dos fracciones que se realizarán tanto en Veracruz como en Tamaulipas para evitar que la inversión de casi 3,000 mdd se concentre en una sola región, anunció el director de PEMEX Refinación, Juan Bueno Torio.

Especificó que en la región sur de Veracruz se ubicaría 70% de la infraestructura, mientras el resto se levantaría en el puerto de Altamira, y en ambos sitios se invertirían 1,800 mdd en la etapa inicial del proyecto.

Bueno Torio recordó que este proyecto prevé la edificación de dos complejos para la refinación de hidrocarburos y así reducir las compras hasta en una tercera parte entre los años 2007 y 2008. Sostuvo que el proyecto será manejado en su totalidad por la dirección de PEMEX Petroquímica, pero advirtió que la decisión final no es exclusiva de la paraestatal ni del Gobierno Federal, pues el fallo provendrá de los socios que conformarán este consorcio petroquímico.

Fecha: 15/Oct/2004

Fuente: Intélate

Encabezado: El Proyecto Fénix no es un asunto político

Empresarios y legisladores demandaron al Gobierno Federal que se evite politizar el Proyecto Fénix, el cual podría ubicarse en Coatzacoalcos, Veracruz o Altamira, Tamaulipas.

René Villarreal, director del Centro de Capital Intelectual y Competitividad (CECIC), indicó que la decisión del ejecutivo sobre las empresas que conformarán la nueva entidad podría darse a conocer el 21 de octubre en el marco de la Convención Anual de la Industria Química (ANIQ).

Algunas de las empresas interesadas en el proyecto son: Alfa, Idesa, Grupo Primex, Basell, Nova y SABIC Arabia. Se espera que el proyecto logre una derrama de 2,800 mdd anuales.

Fecha: 22/Oct /2004

Fuente: El Espectador

Encabezado: Empresa canadiense al Proyecto Fénix

Luego de tres años de cálculos y maduración, el presidente Vicente Fox, dio a conocer el nombre de las empresas con las que PEMEX construirá y operará el proyecto petroquímico más grande del sexenio, El Fénix, que requerirá inversiones cercanas a los 2,700 mdd.

El complejo industrial estará encabezado por la paraestatal, que tendrá como socios a dos firmas mexicanas, Indelpro y Grupo Idesa, y a la canadiense Nova Chemicals.

En la inauguración de los trabajos del 36° Foro Nacional de la Industria Química en México, Fox Quesada informó que ya dio instrucciones a los funcionarios correspondientes para que realicen a la mayor brevedad los análisis que faltan.

Se sabe que las dos opciones para su construcción son Altamira, Tamaulipas y Coatzacoalcos, Veracruz. Se espera que El Fénix ayude a sustituir importaciones por alrededor de 2,500 mdd anuales de los 9,000 mdd totales, según datos de PEMEX. Las aportaciones al fisco por el Proyecto Fénix se encontrarán entre los 50 y 100 mdd anuales.

Quedaron fuera de la jugada las empresas extranjeras Repsol, Chevron, Shell y Dow. Arturo García, director ejecutivo del Proyecto Fénix, explicó que la participación accionaria de los socios será definida en los próximos seis meses, luego de que concluyan los estudios técnico-económicos.

Dale H. Stpiess, vicepresidente de Nova Chemicals, comentó que con su participación en El Fénix, esta firma incursionaría por primera vez en el mercado mexicano. Esta compañía es la petroquímica más grande de Canadá y está entre los líderes en producción en América del Norte. Actualmente tiene el *cracker* de etileno más grande del mundo, el cual produce un millón 600 mil toneladas al año.

El Fénix producirá 1.2 millones de toneladas de etileno y otras 500 mil toneladas de propileno, que podrán ser utilizadas en el mercado nacional e incluso exportar excedentes.

José Luis Uriegas, presidente de la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ), sostuvo que El Fénix es un parteaguas para el sector petroquímico en México.

Fecha: 10/Nov/2004

Fuente: El Economista

Encabezado: PEMEX Presenta Proyecto Fénix

PEMEX promovió inversiones para el ambicioso Proyecto Fénix que pretende reformar la industria petroquímica mexicana para obtener ganancias anuales por 1,500 mdd.

El director ejecutivo del Proyecto Fénix, Arturo García, participó en Buenos Aires en la 24ª Reunión Anual Latinoamericana de Petroquímica y dijo que las instalaciones de la iniciativa comenzarán a construirse en 2005 para que entre en operaciones en 2009.

Fecha: 09/Feb/2005

Fuente: Reforma

Encabezado: Confía ANIQ que se lleve a cabo el Proyecto Fénix

Es una falsa alarma el que no se lleve a cabo el proyecto petroquímico El Fénix en Veracruz, y se espera que éstas influyan satisfactoriamente, dijo José Luis Uriegas, presidente de la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ), señaló que este proyecto reactivaría diversas cadenas productivas del sector petroquímico y químico al reducir importaciones.

Aseguró ante los medios de comunicación que existían divergencias entre PEMEX y sus socios para desarrollar el Proyecto Fénix y anunció que en marzo próximo podría estar terminado el estudio técnico-económico de la obra.

El también director de Grupo Idesa, uno de los tres socios que participará con PEMEX Petroquímica en el complejo, aseguró que la paraestatal tiene pocos recursos por el régimen fiscal al que está sujeta, sin que ello signifique que no pueda desarrollar el complejo petroquímico.

El 21 de octubre del año pasado, la paraestatal designó a Grupo Idesa, Indelpro y a la canadiense Nova Chemicals Corporation como socios del proyecto que representaría una inversión por 1,900 mdd y desde entonces, los socios iniciaron las negociaciones y el estudio para definir la localización del complejo, así como la configuración del proyecto para la elaboración de polietileno y polipropileno, los estudios de mercado y de ingeniería para precisar el monto de la inversión, además de la estructura de capital definitiva.

Fecha: 16/Feb /2005

Fuente: El Economista

Encabezado: Se está empantanando el Proyecto Fénix

El Proyecto Fénix podría convertirse en un gravísimo dolor de cabeza para la administración de Vicente Fox puesto que la mayoría de las señales indican que se está complicando el proceso y, en una de esas, podría entrar al mismo catálogo que del aeropuerto de Texcoco, es decir, aquellas cosas que se debieron haber hecho, pero que México nunca las verá.

Algunos precandidatos a la presidencia de la República como Felipe Calderón, Jorge Castañeda y en particular Cuauhtémoc Cárdenas, han puesto énfasis en los graves problemas de la industria petroquímica del país.

Además de los 9,000 mdd que se dejarían de importar de productos petroquímicos, este proyecto sería un gran motor de la generación de empleos, no solamente para la construcción del complejo sino también para la operación del mismo.

El problema de fondo es que no existen acuerdos políticos suficientes como para lograr llevar adelante este proyecto, y el encargado de PEMEX, Arturo García, tiene que caminar sobre una cuerda muy, pero muy delgada no sólo para mantener el interés de los inversionistas, sino para que el gobierno tome la determinación del sitio oficial donde se desarrollará el proyecto y la fecha de inicio de operaciones del complejo.

Fecha: 13/Abr/2005

Fuente: El Financiero

Encabezado: En su etapa crucial el proyecto petroquímico Fénix

El proyecto de reactivación de la industria petroquímica El Fénix está en su etapa crucial, ya que en los próximos días se definirá el precio y las condiciones del contrato de suministro de materias primas que dará PEMEX a las tres empresas socias que invertirán en las obras.

José Luis Uriegas, presidente de la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ), aseguró que a ellos les interesa mucho la participación de la paraestatal en ese plan que desarrollará Idesa, Grupo Alfa y Nova Chemicals.

PEMEX sigue revisando el porcentaje de su participación, es decir, si pondrá el 20, 30 ó 40% del total de la inversión que se requiere.

Fecha: 09/Jun/2005

Fuente: Reforma

Encabezado: Detenido Proyecto Fénix

Gran sorpresa causó la declaración del vocero presidencial, Rubén Aguilar, sobre las causas que han frenado el Proyecto Fénix, pues atribuyó a los socios privados Idesa, Indelpro y Nova Chemicals, la responsabilidad de que el asunto no camine.

Tanto en PEMEX como en la Secretaría de Energía se mostraron sorprendidos, pues es de todos sabido que si el proyecto no avanza es porque la SHCP se niega a otorgar un precio a largo plazo para la materia prima que se utilizará y a últimas fechas, porque está en entredicho la rentabilidad social del proyecto.

Fecha: 15/Jun/2005

Fuente: El Economista

Encabezado: Retrasan Estudio de El Fénix

Pasó ya más de una semana y PEMEX aún no hace público el nombre de la consultora que realizará el estudio de factibilidad social del Proyecto Fénix, situación que ya empezó a preocupar a los inversionistas.

Pedro Fernández Cuesta, presidente de la ANIQ, alertó que es urgente que se inicie el estudio, pues los tres inversionistas interesados están preocupados por el retraso en los resultados que debieron publicarse este mes y que aún no han comenzado.

Destacó que la fecha más importante es la que comprometió PEMEX para finales de julio o principios de agosto, "que son los plazos fatales en los que se debe definir el proyecto, sino, su viabilidad se puede ver afectada.

Fecha: 29/Jun/2005

Fuente: Reforma

Encabezado: Problemas para el Proyecto Fénix

Fuertes obstáculos impiden la realización del Proyecto Fénix, donde las versiones dicen que la SHCP no aprobará el precio de largo plazo de la materia prima, lo que haría inviable la inversión y se canceló el estudio de factibilidad de PEMEX Petroquímica. Se espera que en unos días se decida el futuro de este proyecto.

Fecha: 11/Jul/2005

Fuente: Notimex

Encabezado: Cancelan el proyecto petroquímico Fénix

El Gobierno Federal decidió cancelar el proyecto petroquímico Fénix, el más importante de la administración del presidente Vicente Fox.

La SHCP se negó a subsidiar a las empresas que participarían en el proyecto con 300 mdd anuales, descuentos del 15% en el precio de la materia prima que el complejo requiere. La SHCP consideró que no puede otorgar un precio especial a las naftas, que son la materia prima del proyecto, porque podría ser considerado un subsidio. En el proyecto se pretendía utilizar 100% de las naftas o gasolinas naturales, cerca de 65 mil barriles diarios, que PEMEX exporta al mercado de E.U.A.

En respuesta, PEMEX hará oficial una propuesta a los socios privados del Fénix para que participen en la ampliación de los complejos Morelos y Cangrejera para producir etileno y que construyan las plantas de polietileno y aromáticos que consideraba el proyecto inicial. Este

proyecto requerirá de una inversión de 1,000 mdd, la mitad de los que se preveía con el proyecto original de 2,200 mdd.

El anuncio se dará a conocer de manera oficial esta semana y consiste en la reorganización del proyecto que incluirá dos partes. La primera que se realizará totalmente en Veracruz, con una inversión directa de PEMEX. Sin embargo, no se descartó que pudiera entrar un financiamiento del sector privado. La segunda es un tren de aromáticos, 100% privado, en el que PEMEX Petroquímica, podría ser un socio minoritario, quizá con el 6% de las acciones. Este proyecto le compraría a la paraestatal la materia prima.

El director de PEMEX Petroquímica, Rafael Beverido Lomelí, señaló que “hay un retraso en términos de lo que se había propuesto para iniciar el proyecto, y tiene que ver con que los inversionistas han retenido el arranque del proyecto, pero está trabajando PEMEX en eso.”

La idea es que PEMEX y el sector privado concreten alianzas para invertir en esa ampliación y en la infraestructura del resto de la cadena productiva cuyo costo sería de 1,000 mdd la mitad de lo que originalmente costaba El Fénix y que ayudaría a producir un millón 700 mil toneladas de petroquímicos, es decir, igual nivel productivo y de rentabilidad, dijo Beverido Lomelí.

El Proyecto Fénix consistía en la asociación de PEMEX con Nova Chemicals Corporation, Indelpro e Idesa para desarrollar el complejo, cuyo costo se había previsto en casi 2,000 mdd para una producción de un millón 200 mil toneladas de etileno y 600 mil toneladas de propileno al año. Dicha producción ayudaría a disminuir el déficit de la balanza comercial de la industria química de 12,700 mdd de importaciones en el 2004 y a la vez se contribuiría a la autosuficiencia de productos plásticos.

La conformación de la empresa, donde PEMEX tendría el 49% del capital, buscaba abatir las crecientes importaciones de petroquímicos. El grupo invertiría 2,700 mdd en la construcción de una planta, cuya ubicación tenía como candidatos a Altamira, Tamaulipas y Coatzacoalcos, Veracruz. El gobernador de Tamaulipas, Eugenio Hernández, señaló que las condiciones que establece la dependencia hacen que el proyecto sea más rentable en Canadá que en México.

Fecha: 14/Jul/2005

Fuente: Reforma

Encabezado: El Fénix: La Otra Historia

En marzo, luego del rechazo en principio de la SHCP a la realización de El Fénix, PEMEX y la SENER obtuvieron un compromiso para que un tercero evaluara el costo-beneficio social del proyecto.

- El hecho de que la viabilidad financiera del proyecto implicara el tener que venderle a una empresa con participación privada la materia prima, las gasolinas naturales, a un precio por abajo del mercado spot, implicaba el otorgamiento de subsidios y, por tanto, un costo para las finanzas públicas.
- La propuesta fue que el BM hiciera la evaluación de la rentabilidad social del proyecto, con el objeto de verificar si se justificaba el costo para las finanzas públicas.
- El BM tenía conflicto de intereses en la medida que una de sus agencias, la Corporación Financiera Internacional, tenía planes de otorgar el financiamiento para el proyecto.
- Dentro de PEMEX se preparaba un proyecto alternativo para construir plantas nuevas dentro de los complejos de Morelos y Cangrejera, en Veracruz, y usar en ellos una parte de las gasolinas que se planeaban para El Fénix.
- Hacienda le señaló a PPQ que existía un traslape entre El Fénix y otros proyectos de la paraestatal, con la peculiaridad de que el nuevo proyecto implicaba varios cambios.
- El proyecto alternativo representaría una inversión menor para PEMEX, por lo que era más fácil que Hacienda aceptara los desembolsos; la rentabilidad del proyecto sería mayor y la participación privada sería minoritaria y, por lo tanto, bajo el control de PEMEX, ya no surgiría el tema de los descuentos, pues se transfería materia prima sólo al interior de PEMEX.
- Los socios de PEMEX, Idesa, Indelpro y Nova, estaban furiosos (por decir lo menos) cuando se enteraron de que se estaban planeando proyectos que ya estaban incluidos en el Plan de Negocios de la empresa como la nueva versión de El Fénix.
- Así que, “circunstancialmente”, el gobernador de Tamaulipas, Eugenio Hernández, aprovechó la presencia de Rafael Beverido, director de PPQ, para empujar a que la cancelación del proyecto se hiciera pública antes de lo planeado.
- Una vez más se visualiza la falta de cohesión del gabinete. Nuevamente va imperar un criterio estrictamente financiero. Hacienda ha hecho muy bien su tarea de cuidar las finanzas públicas y casi todas las otras dependencias no han sido eficaces en poner por encima de los objetivos fiscales, el propósito de generar una nueva dinámica en las industrias, en este caso, en la industria petroquímica.

Fecha: 07/Sep/2005

Fuente: La Jornada

Encabezado: PEMEX ofrece proyecto alternativo a sus socios en la construcción del Fénix

PEMEX ofreció un nuevo proyecto alternativo a sus socios estratégicos en la construcción del Proyecto Fénix, ante la insistencia de las empresas en obtener un descuento en las gasolinas que se utilizarían como materia prima para la reactivación de la industria petroquímica mexicana.

Ante la imposibilidad de garantizar precios con descuento en las materias primas en un contrato de largo plazo, como lo exigían inicialmente Indelpro, Idesa y la canadiense Nova Chemicals, PEMEX les ofreció la opción de ampliar los complejos petroquímicos Morelos y Cangrejera en Coatzacoalcos, Veracruz, y la construcción de un complejo en Altamira.

El presidente, Vicente Fox, durante su gira por Morelia, Michoacán, se comprometió a dar a conocer el nuevo esquema por medio del cual se podría iniciar el Proyecto Fénix.

Fecha: 21/Oct/2005

Fuente: La Jornada

Encabezado: Participación privada mayoritaria en el Proyecto Fénix

El Proyecto Fénix, “el único que siempre ha habido, pero ahora dividido en diferentes proporciones, con la misma fortaleza, no un Fénix *light*”, permitirá el reposicionamiento de la industria petroquímica mexicana eliminando exportaciones por 863 mdd de materias primas, que serán transformadas en 1,385 mdd en productos, con valor agregado de 522 mdd, aseguró Luis Ramírez Corso, director general de PEMEX.

Asimismo, el director de Grupo Idesa, José Luis Uriegas, anunció que su empresa, junto con Nova e Indelpro, se mantendrán en el proyecto que la paraestatal les presentó como plan alterno, a pesar de que éste no tenga las mismas dimensiones del original.

Destacó que no se ha definido la proporción en la que los empresarios podrán participar, pero una primera idea es que el 70% del capital sea aportado por las empresas privadas y el 30% restante por la paraestatal.

Fecha: 21/Oct/2005

Fuente: Excélsior

Encabezado: Resucita el Proyecto Fénix

El vocero de las empresas Indelpro, Idesa y Nova Chemicals que se reunirán con PEMEX para desarrollar el Proyecto Fénix en un esquema de sociedad en la que la paraestatal participará con 25 ó 30% del capital, aceptó que el nuevo proyecto consiste en reconfigurar las plantas Cangrejera

y Morelos en Coatzacoalcos, lo que representaría apenas el 30% del proyecto original y que produciría 300 mil toneladas de polietileno, 250 mil de polipropilenos y 500 mil de aromáticos.

Aclaró que PEMEX sólo abastece parte del mercado nacional por lo que el nuevo proyecto no desplazará a la paraestatal y que sólo se sustituirían importaciones, mientras que la SHCP negó a las empresas privadas descuentos en gasolineras naturales y etano.

Fecha: 06/Dic/2005

Fuente: Excélsior

Encabezado: El Fénix, proyecto fallido

El Fénix no encontró el apoyo para convertirse en un proyecto más fácil de financiar, afirmó, Rafael Beverido, director de PEMEX Petroquímica, en el marco del foro La Petroquímica de México 2005. Mencionó que el ejercicio presupuestal para 2006 en su área es de diez mil mdp, similar a lo que recibieron el presente año.

Abraham Musisnsky, subdirector de Planeación de PEMEX Petroquímica, mencionó que esta dirección está invirtiendo lo mismo que invierten otras empresas internacionales, pero el valor absoluto es muy poco. La petroquímica nacional está prácticamente en quiebra técnica, pues sufre de rezago tecnológico y de inversiones. Detalló que actualmente PEMEX sólo abastece el 7% del consumo nacional, las compañías privadas el 43% y el resto se importa.

Beverido adelantó que en el intento para sustituir importaciones se analiza un segundo tren petroquímico en Coatzacoalcos, Veracruz. Los interesados en el proyecto son Idesa, Indelpro y Nova Chemicals, a los que se han sumado UOP de Alemania y Chevron Texaco.

Fecha: 06/Ene/2006

Fuente: Milenio Diario

Encabezado: Vicente Fox da por muerto el proyecto petroquímico El Fénix

El más grande complejo petroquímico del Gobierno Federal, el Proyecto Fénix, ya no existe, admitió el presidente Vicente Fox, al detallar que, en su lugar, se están consolidando proyectos e inversiones para construir plantas en Veracruz y Tamaulipas.

“El proyecto ya no existe como tal, como Fénix, lo que existe es una serie de inversiones que juntas dan un proyecto como aquel, eso sí está en marcha y se está realizando en Veracruz y Tamaulipas”.

En una gira por el municipio de Huayacocotla, Fox estuvo acompañado del gobernador veracruzano Fidel Herrera Beltrán, quien el año pasado presentó al presidente una propuesta para edificar el complejo en este estado, después de que en julio el proyecto original se fracturó cuando la SHCP se negó a otorgar precios preferenciales en las materias primas a los socios del complejo petroquímico.

En el otoño de 2005, el asesor económico de Fox, Eduardo Sojo, coordinador de Políticas Públicas, revivió El Fénix, y en ese tiempo, el mandatario federal defendió su viabilidad.

Fecha: 10/Ene/2006

Fuente: El Universal

Encabezado: Cancelan el proyecto El fénix en definitiva

PEMEX abandonó desde finales del año pasado la intención de construir el nuevo proyecto petroquímico El Fénix. Así lo hizo saber a las empresas constructoras agremiadas en la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), al presentarles su cartera de negocios 2006, puesto que en el paquete de nuevas obras no aparece el megaproyecto petroquímico del sexenio como tal.

A cambio, según Rafael Beverido, director de PEMEX Petroquímica, la empresa centrará los recursos disponibles en la ampliación y modernización de los complejos Morelos y Cangrejera, a los cuales se destinarán 1,307 mdp de una inversión total de 4,744 mdp en 2006.

Horacio Lobo Zertuche, presidente de la Asociación Nacional de la Industria del Plástico, lamentó la cancelación definitiva del proyecto y aseguró que ello traería serias consecuencias para la industria, sobre todo el cierre de empresas y el desempleo, porque empiezan a resentir la falta de abasto de materias primas, que según las autoridades saldrían de este proyecto.

El proyecto nació como una alternativa para reactivar a la industria petroquímica nacional mediante la inversión conjunta de PEMEX e iniciativa privada y consistía en la construcción de un nuevo complejo con una inversión de 2,500 mdd.

Eduardo Sojo Garza Aldape, coordinador de Políticas Públicas de la Presidencia de la República, salió al paso de esas declaraciones y subrayó que “no hay ningún cambio de planes y estamos en lo dicho respecto a El Fénix”.

El Proyecto Fénix pretendía reactivar la industria petroquímica mexicana, una industria cuyo objetivo en algún tiempo era el de competir a nivel global, posteriormente cuando no se alcanzó este objetivo, se esperaba que por lo menos fuera capaz de proveer satisfactoriamente al mercado nacional; con el paso del tiempo y la falta de inversión en este sector industrial, la industria petroquímica se rezagó frente al crecimiento y las necesidades del país y como consecuencia, México se convirtió en un importador neto de productos petroquímicos. A pesar de la magnitud del Proyecto Fénix, el producto principal que se produciría en el nuevo complejo, el polietileno, no cubriría en su totalidad la demanda del mercado mexicano, es decir, el resultado que se alcanzaría con la ejecución del proyecto sería únicamente la disminución de las importaciones de este producto. Sin embargo, la ejecución del proyecto no traería beneficios únicamente a la balanza comercial petroquímica, también sería generador de empleos y por lo tanto un motor para el desarrollo económico del país; la tan cuestionada rentabilidad social del proyecto era evidente, pero la sobreprotección de las finanzas públicas provocaron el fracaso del Proyecto Fénix, un proyecto que impulsaría el desarrollo de una nueva industria petroquímica mexicana, y que tal vez retomaría los objetivos que se han planteado en el pasado.

CAPÍTULO 7. PERSPECTIVAS DE LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA

La Globalización

Un punto de gran importancia que se debe discutir antes de presentar los posibles escenarios de la industria petroquímica mexicana, es la situación actual del mercado petroquímico a nivel mundial y su globalización.

El comercio es un mecanismo que se utiliza para la movilización de productos y servicios alrededor del planeta, además de ser esencial para la transferencia de la tecnología. Conecta los mercados domésticos con los internacionales, desencadenando nuevas fuerzas competitivas y transformando las economías domésticas. En la actualidad el comercio es una parte integral de la estructura de la producción nacional de los considerados Estados modernos.

Hoy en día son muy pocas las industrias que dependen exclusivamente de los mercados de su país o de las materias primas producidas domésticamente, esto es consecuencia de la revolución que ha generado el comercio. La globalización del comercio no implica solamente el intercambio de bienes y servicios entre economías separadas, sino también la creación de los mercados mundiales para dichos bienes y servicios. La existencia de un mercado global se basa en niveles significativos de intercambio regularizado de bienes o servicios interregionalmente. Esto se consigue cuando las barreras del comercio, como los costos logísticos o la sobreprotección a la economía nacional, han bajado lo suficiente para que los productores extranjeros de una región puedan competir con los productores domésticos de otra. Con la evolución de esta competencia transregional, la demanda y oferta de los productos se vuelve cada vez más global, las empresas son proveedoras de artículos alrededor del mundo y deben ser competitivas ante las empresas extranjeras.

El surgimiento del libre comercio global ha proporcionado la base para la apertura mundial de los mercados. Es necesaria la creación de redes comerciales entre las regiones y los países para que se presente el surgimiento de estos mercados. Las redes comerciales que existen hoy en día, a pesar de ser muy extensas, están concentradas dentro de ciertas áreas geográficas como son Europa, las Américas y la región Asia-Pacífico, creando bloques comerciales regionalizados más que globalizados. Sin embargo, se ha demostrado que esta regionalización del comercio es complementaria para el comercio interregional, ya que en ninguno de los acuerdos de libre comercio que se han llevado a cabo en el mundo, como la Unión Europea, el TLCAN y la APEC, han adoptado una política comercial proteccionista, simplemente han reducido las barreras entre

los países involucrados. Los acuerdos comerciales regionales actuales se han diseñado para liberar el comercio, no para construir barreras protectoras.

A pesar de que hoy en día la mayoría de los países están incorporados al sistema de comercio global, existen diversos niveles de interconexión y desigualdad entre las regiones que provocan la estratificación del comercio global, siendo los países desarrollados los que tienen una mayor participación en el comercio global (alrededor del 70%). El perfeccionamiento de las redes de transporte y las comunicaciones han proporcionado la infraestructura necesaria para un sistema de comercio global; a su vez, la institucionalización de la liberación del comercio ha contribuido al incremento de la intensidad del mismo.

En la actualidad, el sistema de comercio mundial se define por una red intensiva de relaciones comerciales y por los mercados globales en evolución. El cambio hacia los mercados globales se ha facilitado por la existencia de infraestructuras de transporte y comunicaciones en el mundo, por el fomento de la liberación del comercio global mediante la creación de instituciones que regulan el sistema comercial global y por la internacionalización de la producción. Las empresas se enfrentan a un mercado global potencial, pero simultáneamente se tienen que hacer cargo de la competencia directa por parte de empresas extranjeras en sus propios mercados domésticos.

A continuación se presentan las características de la globalización del comercio en la actualidad:⁶²

- Alcance: una participación casi universal y un nivel elevado de conexión entre los países; actualmente la Organización Mundial de Comercio (OMC) cuenta con más de 137 miembros.
- Intensidad: elevada, hoy en día existen niveles sin precedentes en relación a la producción; la existencia de producción privada comerciable también ha alcanzado niveles récord.
- Velocidad: elevada, el cambio tecnológico es muy rápido y la competencia es global.
- Tendencia de la repercusión: elevada, parte clave de las economías y cada vez más importante para determinar el ingreso y las estructuras industriales.
- Infraestructura: consolidación de las bajas en los costos logísticos y grandes avances de las comunicaciones.
- Institucionalización: la Organización Mundial de Comercio (OMC) actúa cada vez más como una institución global para asegurar reglas comunes en todo el mundo y la intensificación de la liberación del comercio.
- Estratificación: el comercio todavía se realiza predominantemente entre los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE); sin embargo, ha disminuido la concentración del comercio. Existe un creciente papel de otros países,

⁶² Held, David, Transformaciones Globales: Política, Economía y Cultura, México, Editorial Oxford University, 2002, 648 p.

inicialmente de los exportadores de petróleo y posteriormente de las economías recién industrializadas.

- Desigualdad: la creciente diferenciación por tipo de comercio es un elemento clave del crecimiento para algunas economías pero de marginalización para otras.

La transformación del orden comercial global tiene consecuencias importantes en la administración de las economías nacionales, sobre todo en la capacidad de los gobiernos para garantizar la prosperidad nacional.

Otro aspecto de gran importancia para la globalización son las corporaciones transnacionales (CTN). Una CTN es una empresa que a través de una inversión extranjera directa (IED), administra y controla subsidiarias en varios países. Las operaciones de estas corporaciones son esenciales para los procesos de la globalización económica, constituyen alrededor de dos terceras partes del comercio mundial y han generado un cambio estructural hacia una mayor competencia global.⁶³

Los costos de transporte y las restricciones en el comercio internacional son los dos factores más importantes que impulsaron a que las empresas se establecieran en el exterior, en lugar de exportar a los mercados extranjeros; sin embargo, estas barreras comerciales ya no explican el crecimiento de la producción transnacional, ya que a pesar de que tanto las restricciones en el comercio como los costos de transporte han disminuido impresionantemente en los últimos años, el ritmo de expansión de estas empresas no se ha visto afectado. Existen otras ventajas estratégicas que han contribuido al establecimiento de este tipo de empresas, por ejemplo, tener el control en manos propias ayuda a impedir la difusión de cualquier ventaja tecnológica corporativa hacia los competidores. Las CTN, por lo general, se encuentran dentro del grupo de las compañías más innovadoras y son las que ejercen la mayor parte del gasto en investigación y desarrollo.

La ubicación geográfica de las CTN es de gran importancia. El acceso a los principales mercados no sólo es una restricción sobre la ubicación, sino un incentivo para la producción transnacional. La producción no se puede cambiar o reorganizar a voluntad, las economías nacionales aún restringen la habilidad de las CTN para intercambiar la producción, sin embargo la movilidad existente se ha convertido en un elemento clave en las negociaciones con los gobiernos locales o nacionales en lo referente a las nuevas inversiones. En pocas ocasiones la producción se transfiere únicamente en respuesta a los costos cambiantes ya que es posible protegerse contra algunos de ellos. Las restricciones sobre la movilidad geográfica del capital industrial son más evidentes en la regionalización de la producción, la distribución y la IED; a pesar de que existe

⁶³ Schwartz, Peter, The Art of the Long View, E.U.A., Editorial Doubleday, 1991, 258 p.

cierta regionalización de las redes de producción y de la IED, ésta es complementaria de la globalización de los negocios y de la producción.

La IED juega un papel muy importante para obligar a las empresas nacionales a producir bajo los esquemas de productividad global y estimular la innovación. Sin embargo, los efectos a largo plazo de la IED sobre el crecimiento son muy relativos y pueden variar de una situación a otra; algunos investigadores han descubierto que la IED es un factor positivo en el crecimiento de los países de ingreso medio, pero no para los países de ingreso bajo, esto significa que las instituciones económicas y la infraestructura existentes son de gran importancia para aprovechar los beneficios inherentes de la IED.

Las CTN son esenciales para las economías y la innovación tecnológica doméstica de los países miembros de la OCDE. Sin embargo, la investigación indica que la globalización de la producción trae como consecuencia el desacoplamiento progresivo del desempeño económico nacional y el de las CTN domésticas. El apoyo a las CTN con base doméstica y la creación de un ambiente de inversión favorable para la IED no garantizan un mejor desempeño en la economía nacional. La orientación de la política económica nacional hacia las necesidades de un capital transnacional puede tener repercusiones importantes en la estructura y desempeño de las economías nacionales.

A continuación se presenta un breve análisis para comprender la operación de las CTN en el sector de productos químicos y farmacéuticos, sector en el que se encuentra la industria petroquímica.

La producción internacional de la industria química data de antes de la Primera Guerra Mundial, pero es a partir de la Segunda Guerra Mundial cuando comenzó la intensa competencia global que perdura hasta nuestros días. Esta industria está dividida en productos industriales, agrícolas y farmacéuticos; los productos petroquímicos constituyen gran parte de las primeras dos categorías. Alrededor del 75% de la producción y de las ventas de productos químicos se encuentran en los países miembros de la OCDE. La industria petroquímica se caracteriza por economías de escala intensivas y por una tecnología relativamente estandarizada; por otra parte, la industria farmacéutica también tiene economías de escala intensivas, sin embargo, la producción de productos farmacéuticos innovadores se caracteriza más por los elevados niveles de gastos en investigación y desarrollo.

Las empresas petroquímicas estadounidenses establecieron rápidamente operaciones transnacionales después de la Segunda Guerra Mundial; las más grandes se enfocaron en crear estrategias globales de distribución y organizaron su producción en base a éstas. Debido a las

intensivas economías de escala en la industria, las empresas concentraron la producción en un número reducido de ubicaciones y abastecían a los mercados a través de la exportación. Además, a pesar de la tecnología estandarizada, las CTN en este sector industrial prefirieron concentrar la producción geográficamente en lugar de otorgar licencias, con el único fin de conservar las ventajas tecnológicas. Como los principales mercados de la industria petroquímica están dentro de las economías de la OCDE y los salarios representan un pequeño porcentaje del costo total de producción, hay pocos incentivos económicos para trasladar la producción a los países en vías de desarrollo como ha ocurrido en otros sectores. A partir de la década de 1980, la creciente competencia, los costos crecientes y los mercados declinantes provocaron una disminución importante en los márgenes de utilidad; esto a su vez provocó una racionalización de la industria, por lo que a partir de ese periodo se ha convertido en una industria concentrada, con menos participantes pero más fuertes. Cada vez más se crean sociedades de capitales mixtos y alianzas estratégicas para desarrollar y explotar las ventajas competitivas entre las CTN pertenecientes al sector petroquímico.

Por otra parte, debido a que la segmentación de los mercados, originada por una intensa demanda de los servicios de salud, se satisface mejor localmente, la producción transnacional farmacéutica es mucho más frecuente. Las empresas subsidiarias en el exterior representan la mitad del total de las ventas de productos farmacéuticos y de la mayor parte de la producción en los países en vías de desarrollo. Sin embargo, los enormes gastos que se ejercen en investigación y desarrollo están muy concentrados geográficamente, más de la mitad de éstos se ubican en los países del G5 y Suiza. Los productos farmacéuticos han demostrado la lógica de las compañías en generar productos competitivos globalmente desde su base nacional. Los costos elevados para desarrollar nuevos productos están creando una industria concentrada pero con una producción globalmente organizada.

Recapitulación de la Evolución de la Industria Petroquímica Mexicana

Para plantear los posibles escenarios que pueden presentarse en el sector petroquímico mexicano es necesario recapitular los orígenes, la evolución y la problemática actual de esta industria.

La industria petroquímica mexicana nace en los primeros años de la década de 1950 al arrancar PEMEX sus primeras plantas. Para evitar que esta industria cayera en manos extranjeras, se creó a finales de esta misma década una legislación en la que se le cerraban las puertas a la inversión extranjera; PEMEX tenía la exclusividad de la producción, comercialización y distribución de los productos que eran considerados como estratégicos para el desarrollo de la petroquímica nacional. La industria privada podía participar solamente en la conocida petroquímica secundaria y con la

aprobación del Gobierno Federal, PEMEX y la Comisión Petroquímica Mexicana, quienes se encargaban de establecer la dirección que debía seguir este sector.

La etapa de oro de la industria petroquímica mexicana se presentó a finales de la década de 1970 y perduró hasta mediados de la década de 1980. Fue en este periodo que se construyeron los grandes complejos petroquímicos de La Cangrejera, Morelos y Cosoleacaque. México se convirtió en un importante productor de etileno al operar dos *crackers* de 500 mil toneladas, instalados en los complejos La Cangrejera y Morelos; además, con la operación de cinco plantas en Cosoleacaque, se convirtió en uno de los principales exportadores de amoníaco en el mundo. Durante esta etapa la industria petroquímica privada dependía, como se había planeado, de las materias primas que PEMEX produjera, se instalaban plantas de derivados de productos que sólo PEMEX podía producir. Por ejemplo, Resistol construyó una planta para producir poliestireno a partir del estireno que se producía en La Cangrejera; Idesa construyó plantas de etilenglicol en Tlaxcala y Coatzacoalcos para consumir el óxido de etileno proveniente de PEMEX. La industria petroquímica privada estaba de cierta forma “enganchada” a PEMEX.

Tras diversos problemas, crisis económicas y la desregulación y apertura comercial de muchos productos petroquímicos en la década de 1990, PEMEX dejó de interesarse por el sector petroquímico. Ante la falta de una planeación entre el gobierno y el sector privado, la industria petroquímica se enfrentó a una situación muy crítica. En 1996 PEMEX se segmentó en los cuatro organismos subsidiarios que hasta la fecha persisten: PEMEX Exploración y Producción (PEP), PEMEX Refinación (PR), PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB) y PEMEX Petroquímica (PPQ). En el caso de PEMEX Petroquímica la fragmentación fue aún mayor convirtiendo cada uno de los complejos petroquímicos en una sociedad anónima independiente. En 2006 se disolvieron estas sociedades anónimas y PPQ opera hoy en día como un conjunto, pero aún no se han superado los obstáculos generados a partir de esta fragmentación.

Como consecuencia de la evolución que se ha presentado en la industria petroquímica mexicana, la integración de las cadenas es muy débil. La cadena del etileno-óxido de etileno- etilenglicol y la del etileno-estireno-poliestireno son de las cadenas más consolidadas de la industria, sin embargo es necesario importar cantidades significativas tanto de etilenglicol como de estireno para satisfacer la demanda actual del país. En otros casos, la situación es mucho más grave, la cadena del propileno es inexistente, por lo que las empresas privadas que utilizan materias primas derivadas de esta cadena se ven obligadas a importar estos insumos o a comprar directamente a PEMEX Refinación corrientes de propileno-propano, las cuales requieren de un proceso de separación para su aprovechamiento, incrementando así los costos de producción. La cadena de los xilenos está bastante limitada, a pesar de que se produce cierta cantidad de p-xileno que se utiliza como materia prima en la producción del ácido tereftálico (PTA) que a su vez es el insumo

principal en la obtención de PET, se tiene que importar alrededor del 80% de la demanda total del p-xileno utilizado en esta cadena. De las cinco plantas de amoniaco que operaban en la década de 1980 actualmente solamente opera una de forma continua y otra intermitentemente. En el caso del metanol, ya no existen plantas productivas en México, por lo que todo el metanol utilizado en la producción del MTBE es importado.

La industria petroquímica mexicana está realmente en manos de la SHCP y no de PEMEX, ya que es ésta quien tiene el control sobre el destino de los ingresos y el poder para la toma de decisiones cuando se trata de realizar inversiones, las cuales son prioritarias para el sector de la exploración petrolera y no para la petroquímica. En teoría, con el cambio de legislación que se presentó en la década de 1990, la industria privada puede invertir en la producción de los productos que encabezan las cadenas petroquímicas como el etileno o el propileno, sin embargo ahora se tienen que negociar contratos a largo plazo con PEMEX Gas y Petroquímica Básica para asegurar el suministro de materias primas y no con PEMEX Petroquímica como tradicionalmente se ha dado, situación que ha generado nuevos obstáculos en estas negociaciones, sobre todo con la intervención de la SHCP, como se demostró con el truncamiento del Proyecto Fénix. Se puede decir que como consecuencia de la falta de inversión tanto de PEMEX como de la industria privada, la industria petroquímica mexicana es obsoleta hoy en día, las plantas más modernas de PEMEX tiene por los menos 20 años.

Diagnóstico de la Industria Petroquímica Mexicana

Los antecedentes históricos y la política económica que rige a la industria petroquímica mexicana en la actualidad, han provocado que este sector industrial ya no sea considerado como un sector estratégico para el desarrollo de nuestro país. Para establecer un nuevo plan en el cual se incluyan las acciones necesarias para impulsar el desarrollo de una nueva industria petroquímica mexicana, es necesario analizar las fortalezas y debilidades de este sector industrial para poder aprovechar eficientemente las primeras y afrontar y superar las debilidades que lo aquejan.

Debilidades:

- La capacidad petroquímica en operación no satisface la demanda del mercado nacional.
- Los costos de producción son elevados ya que no se alcanza la economía de escala necesaria para contar con costos unitarios más competitivos. En casos extremos, como el del acrilonitrilo, se han tenido que parar las operaciones ya que la economía de escala en combinación con los precios de las materias primas, han provocado que no se puedan cubrir siquiera los costos variables.

- Los procesos, equipos y materiales utilizados en las plantas productivas cuentan con un alto grado de obsolescencia. Esto ha sido consecuencia de la falta de inversión para llevar a cabo la modernización de la industria.
- Actualmente se tiene un déficit en la balanza comercial de productos petroquímicos de aproximadamente 11 mil MUSD. Ya que la producción no satisface la demanda del mercado nacional, el sector privado se ha visto en la necesidad de abastecer el suministro de las materias primas a través de la importación.
- La inexistencia de flexibilidad en la política gubernamental vigente de precios ha tenido un impacto negativo en el desempeño de las plantas productivas y en la aprobación de importantes programas de inversión. Un ejemplo muy claro de cómo ha afectado esta política el desempeño de las plantas es el caso del amoniaco; México llegó a ser el productor número uno de este producto, sin embargo, como se toma como base para establecer el precio del gas natural (materia prima principal para la producción de amoniaco) el precio Henry Hubb, siendo éste uno de los más caros del mundo, la competitividad de PEMEX como productor de amoniaco ha disminuido considerablemente. Por otra parte, el Proyecto Fénix es un caso puntual de cómo la política de precios ha frenado el desarrollo de nuevos proyectos de inversión.
- La industria petroquímica básica, en la cual participa únicamente el sector público, cuenta con una poca integración con el resto de la industria en donde participa el sector privado.
- Pobre aprovechamiento de materias primas y productos disponibles entre las subsidiarias de PEMEX por una falta de sinergia entre éstas. Desde la fragmentación de PEMEX en el año de 1996, como cada subsidiaria es evaluada individualmente, el desempeño de PEMEX como un todo ha pasado a un segundo plano, hoy en día es más importante para las subsidiarias su propio desempeño que el del sector petrolero en general.
- Inversión limitada enfocada al desarrollo de este sector industrial.

Fortalezas

- Gran disponibilidad de reservas de hidrocarburos y de otras materias primas utilizadas en la industria petroquímica. El gas natural mexicano tiene un alto contenido de etano (14%), hecho que favorece la producción del etileno a partir de esta materia prima. Además, actualmente se producen cantidades importantes de gasolinas naturales, que son exportadas casi en su totalidad; estas gasolinas podrían aprovecharse y ser utilizadas como materia prima para los proyectos de expansión tanto de la cadena del etileno como la de aromáticos.
- El coque y los gasóleos pesados, obtenidos en los procesos de refinación de crudo, podrían utilizarse en un futuro como materias primas de la industria petroquímica

mexicana. En la industria petroquímica internacional ya se utilizan estos productos como materia prima.

- México cuenta con el capital humano necesario para ejecutar los nuevos proyectos de inversión relacionados con la industria petroquímica; la selección de la tecnología, la ingeniería básica y de detalle y la construcción, arranque, operación y mantenimiento de las plantas son algunas de las actividades que sin problema alguno serían ejecutadas por personal mexicano sin necesidad de recurrir a personal extranjero.
- Mercado doméstico atractivo. Las tasas de crecimiento presentan un gran potencial dado el incremento del consumo per cápita esperado de los productos finales, que utilizan como materias primas productos obtenidos a partir de la petroquímica.
- Posibilidad de establecer sinergias entre las subsidiarias de PEMEX y las empresas pertenecientes al sector privado. De esta forma se aprovecharían las materias primas disponibles para producir productos de un mayor valor agregado; mediante estas sinergias sería posible compartir tanto la inversión requerida como las utilidades generadas entre las empresas participantes, para implementar el esquema ganar-ganar.
- Importante estructura física disponible en los Complejos y Unidades Industriales de PPQ y Centros Procesadores de Gas de PGPB. En el Complejo Petroquímico Morelos se cuenta con un área que estaba destinada para alojar la Terminal Oriente, terminal que nunca fue instalada; en esta área se llevaron a cabo las actividades correspondientes a la preparación del terreno. Si se decidiese utilizar ésta para construir nuevas instalaciones petroquímicas, el monto de la inversión requerido sería menor.
- Situación geográfica privilegiada. Cercanía con importantes mercados, principalmente E.U.A y Sudamérica.

Propuestas para el Desarrollo de la Industria Petroquímica Mexicana

Como se ha mencionado, la situación de la industria petroquímica mexicana es grave. México se está convirtiendo en un país exportador de crudo e importador de derivados, resultado de las decisiones de la política económica nacional. El valor agregado de las cadenas productivas no se queda en nuestro país. Actualmente existe mucha capacidad petroquímica en construcción en Medio Oriente y Asia; ante esta situación México no ofrece ninguna ventaja competitiva para atraer a los inversionistas, la única ventaja real que ofrece México es su cercanía al mercado de E.U.A. Sin embargo, ésta ya no será suficiente por la fuerte disminución de los costos logísticos que se ha presentado en los últimos años.

La industria petroquímica mexicana debe convertirse en una industria moderna, integrada, rentable y competitiva; se buscará que se satisfaga la demanda nacional, se reduzca el déficit de la balanza comercial y se aprovechen las ventajas competitivas con las que actualmente cuenta México. El objetivo de reactivar el sector petroquímico mexicano es el de proporcionar un mayor valor agregado a los hidrocarburos de una manera sustentable.

En octubre de 2006 el Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos (IMIQ), mediante su Comité Técnico de Petroquímica, encabezado por el Ing. Alejandro Villalobos Hiriart, publicó una propuesta para el desarrollo de la industria petroquímica mexicana. Este documento⁶⁴ es de gran valor ya que en su elaboración participaron un gran número de personas involucradas en este sector. A partir de este documento se extraen y se complementan con ideas propias, los puntos más relevantes para impulsar la reactivación de la industria.

1. El desarrollo de la industria petroquímica debe ser considerado como una estrategia prioritaria nacional
 - La industria petroquímica tiene una relación directa o indirecta con la mayoría de las ramas industriales. Por lo tanto este sector es un elemento que impulsa el desarrollo económico de un país. Sin embargo, el Gobierno Federal en 1996 decidió que la petroquímica ya no sería un área estratégica para el desarrollo de México; intentó vender los activos fijos de PPQ por lo que se dejó en claro que el gobierno no estaba dispuesto a invertir más en este sector.
 - Establecer reglas claras para facilitar la integración de las cadenas productivas.
 - Llevar a cabo la actualización tecnológica de las instalaciones existentes.
 - Creación de un marco legal adecuado y coherente
 - Establecer alianzas estratégicas por cadena productiva entre PEMEX y las empresas petroquímicas privadas. En éstas se deben compartir riesgos, inversiones, y utilidades; esto se logra mediante el uso de fórmulas de precios de rentabilidades igualadas. Estas fórmulas han demostrado su efectividad ya que son las rigen las operaciones de una gran parte de la industria petroquímica internacional.
 - Conocer la problemática y necesidades de la industria química en general para tomar las decisiones adecuadas en la elección del rumbo que tomará la industria petroquímica.

2. Establecimiento de una estrategia de desarrollo a largo plazo
 - Definir la misión y visión del sector energético del país a un plazo no menor a diez años.

⁶⁴ IMIQ, Propuesta del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos para Potenciar el Desarrollo de la Industria Petroquímica en México, IMIQ, México, octubre de 2006, 77 p.

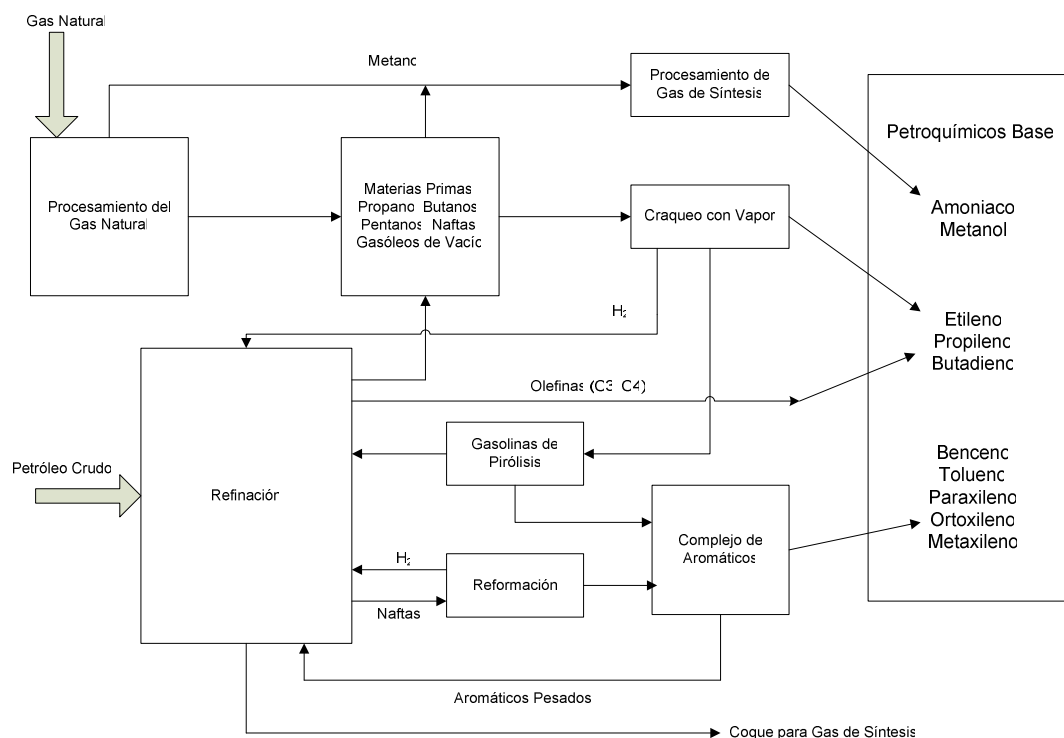
- Participación de los siguientes órganos gubernamentales en el desarrollo del nuevo plan estratégico del sector energético: Secretaría de Energía, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Petróleos Mexicanos, Comisión Federal de Electricidad y Comisión Reguladora de Energía.
 - Definir la posición que se tomará en cuanto al sector petrolero. Existen dos alternativas, continuar con la posición que se ha asumido hasta ahora, siendo un país exportador de crudo e importador de productos petrolíferos y petroquímicos o convertirnos en un país que genera valor agregado a sus recursos primarios.
3. Garantizar el suministro de materias primas en el largo plazo
- PEMEX Gas y Petroquímica Básica y PEMEX Refinación deben asumir su responsabilidad como proveedores de materias primas iniciales de la industria petroquímica, siendo sus potenciales clientes tanto PEMEX Petroquímica como las empresas pertenecientes al sector privado.
 - Establecer los requerimientos en tipo y cantidad de materias primas que se requerirán para desarrollar el sector petroquímico, considerando un periodo de tiempo de por lo menos quince años.
 - Si para garantizar este suministro se requieren inversiones en PR y/o PGPB, se deberá diseñar un programa a través del cual se obtenga una rentabilidad adecuada para estas subsidiarias de PEMEX.
 - El suministro de materias primas deberá ser suficiente y competitivo, en condiciones mejores o por lo menos equivalentes al mercado internacional. Solamente así se podrá aprovechar la ventaja de contar con reservas de hidrocarburos.
4. Crear una política de precios mediante la cual se explote la ventaja de contar con reservas abundantes de hidrocarburos
- La nueva política de precios debe ser competitiva a nivel mundial.
 - Las diversas fórmulas de precios deberán basarse en los costos de producción y no en los precios internacionales.
5. Cambiar los criterios para la selección de proyectos de inversión
- Se deberán tomar en cuenta los criterios de rentabilidad social y retorno de impuestos y no solamente los de retorno de inversión y valor presente neto para la selección de proyectos de inversión. Algunos proyectos de inversión han sido cancelados ya que la SHCP ha argumentado que al otorgar descuentos sobre las materias primas, estaría otorgando subsidios que generarían pérdidas importantes; sin embargo la SHCP no ha considerado en ningún momento el retorno de esta pérdida mediante la recaudación de los impuestos

generados a través de las cadenas productivas. Tampoco ha considerado el desarrollo económico-social traducido en generación de empleos que provocaría el desarrollo de la industria petroquímica nacional.

6. Establecer sinergias entre las empresas subsidiarias de PEMEX y entre PEMEX y las empresas privadas

- Aprovechar la ventaja de ser una empresa petrolera totalmente integrada. Desde la fragmentación de PEMEX en 1996, se han generado una serie de situaciones que obstaculizan la operación de las subsidiarias de este organismo.
- Es posible crear sinergias entre la refinación del crudo y la petroquímica. Estas sinergias se traducen en el intercambio de productos entre ambos sectores. Por ejemplo, la petroquímica requiere de productos como las naftas, el propileno y gasóleos provenientes del sector de la refinación de crudo. Por otra parte, la petroquímica puede convertirse en el proveedor de hidrógeno (requerido en los procesos de hidrot ratamiento), aromáticos pesados y otros productos utilizados en los distintos procesos de la refinación. Un caso muy particular es el de los gasóleos pesados, éstos podrían ser utilizados como materia prima de la petroquímica y al mismo tiempo se solucionaría el problema que hoy en día enfrenta PR por su acumulación derivada de la poca demanda de los mismos. Mediante esta sinergia se materializaría el concepto de “refinería petroquímica” que se utiliza actualmente entre las grandes empresas petroleras y petroquímicas alrededor del mundo.
- Asociación del sector público y privado. Existen diversas opciones de asociación como lo son la participación accionaria de una sociedad, la aplicación de esquemas de regalías o simplemente el empleo de fórmulas de rentabilidades igualadas.

Figura 1 Sinergias Refinación-Petroquímica



Fuente: IMIQ, Propuesta del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos para Potenciar el Desarrollo de la Industria Petroquímica en México, IMIQ, México, octubre de 2006, 77 p.

7. Promoción de la inversión en el sector petroquímico

- Fomento para la inversión de capital, tanto nacional como extranjero, para atender la demanda nacional. Urgen inversiones para incrementar la oferta de petroquímicos básicos e intermedios
- Para asegurar la competitividad de la industria petroquímica mexicana, se deberá verificar que se apliquen las tecnologías de punta en cada uno de los procesos productivos elegidos.
- Para que el beneficio del desarrollo de una nueva industria petroquímica mexicana obtenga el alcance deseado, la ingeniería básica y de detalle y los bienes de consumo para la construcción de las nuevas plantas deberán desarrollarse y fabricarse por empresas nacionales.
- Será necesario contar con un órgano de representación de la industria petroquímica ante el exterior, para promover y difundir la situación y los avances en el campo petroquímico de nuestro país.

8. Globalización comercial de la industria petroquímica mexicana

- Participación activa de la industria petroquímica mexicana en el mercado internacional mediante la promoción de las exportaciones.
- Promover los diversos programas de apoyo financiero existentes que apoyan a las empresas en la exportación de productos.
- Creación de un sistema de información referente a los mercados internacionales que contenga datos sobre la oferta, la demanda y los precios de los insumos y productos petroquímicos. Con este sistema las empresas tendrán acceso para conocer las áreas de oportunidad existentes.

9. Creación de parques industriales petroquímicos

- Establecimiento de parques industriales en los cuales se alojarán plantas de los diversos eslabones de las cadenas petroquímicas partiendo de las cabezas de grupo; inclusive se podría considerar la opción de construir plantas de manufactura de productos finales destinados al consumidor. El sector público y el sector privado estarían dentro de las mismas instalaciones consiguiendo las sinergias necesarias para obtener una operación eficiente e integrada.
- Estudiar la posible relocalización de plantas existentes que por su ubicación geográfica no alcanzan la rentabilidad necesaria para su operación.

10. Fabricación de productos de alto valor agregado

- Producción de especialidades químicas de alto valor agregado, satisfaciendo la demanda interna de éstas y logrando participar en el creciente mercado internacional.
- Se propone la producción de poliuretanos, alcoholes oxo y plásticos de ingeniería.
 - Poliuretanos: se obtienen a partir de la reacción entre un monómero que contenga al menos dos grupos isocianato con otro monómero que contenga al menos dos grupos hidroxilo, en presencia de un catalizador. Se sugiere la elaboración de estos productos ya que tienen un gran número de aplicaciones generando una nueva cadena productiva dependiente de las cadenas petroquímicas del etileno, propileno, benceno y tolueno.
 - Alcoholes oxo: se obtienen mediante la adición de monóxido de carbono e hidrógeno, que por lo general se encuentran combinados en el denominado gas de síntesis, a una olefina. Es una reacción de dos pasos, en donde primero se forma un aldehído que se hidrogena posteriormente para obtener el alcohol. Los alcoholes oxo más importantes son el n-butanol, el 2 etilhexanol, el alcohol isononílico y el alcohol isodecílico. Se sugiere la elaboración de éstos por su alto valor agregado, en 2007 el precio del n-butanol se mantuvo en un rango entre los

1,800 y 2,000 USD/Ton; a su vez, el precio del 2 etilhexanol en 2007 se posicionó en un rango entre los 1,900 y 2,100 USD/Ton. En la actualidad, no existe producción nacional de ninguno de estos alcoholes.

- Plásticos de ingeniería: el acrilonitrilo-butadieno-estireno, el policarbonato, el nylon, el poliéster termoplástico, el óxido de polifenileno y los poliacetales son algunos de los plásticos de ingeniería más importantes a nivel comercial. Se sugiere la elaboración de estos productos por su atractiva tasa de crecimiento basada en el crecimiento de consumo per cápita de plásticos para los próximos años.

11. La competitividad como fundamento de la planeación operativa

- La condición de competitividad será una prioridad en la reactivación de la industria petroquímica mexicana.
- Se debe expandir la capacidad de producción de las cadenas petroquímicas más rentables y en las cuales se aprovechen al máximo las ventajas competitivas de México.
- Las cadenas petroquímicas más rentables son la del etileno (margen = 60%) y la de los aromáticos (margen = 28%)
- Se sugiere, como una primera etapa del plan de desarrollo, expandir la capacidad de producción de estas cadenas petroquímicas. Algunos de los productos que se obtendrán a partir de esta expansión son: polietileno (PEAD, PEBD y PLBD), óxido de etileno, glicoles, monómero de cloruro de vinilo, monómero de estireno, polipropileno, butadieno, benceno, paraxileno y ortoxileno.
- Para lograr esto será necesario la construcción de una planta de etileno. Dicha planta tendrá una capacidad instalada de 1,300,000 TPA y la tecnología utilizada corresponderá a la de un *flexicracker*, ya que se utilizará una alimentación mixta de etano (40 al 50%), gasolinas naturales (20 al 30%) y naftas y gasóleos pesados (40 al 50%). El monto de inversión requerido para un proyecto de esta naturaleza es elevado, sin embargo, el tiempo de recuperación de esta inversión que es relativamente corto (entre 3 y 5 años) y el crecimiento esperado del mercado nacional, son suficientes para garantizar la rentabilidad del proyecto.

En días pasados, el 18 de febrero de 2008, el presidente Felipe Calderón anunció la posibilidad de reactivar la industria petroquímica mediante la ejecución de un nuevo proyecto. En este proyecto, PEMEX licitará contratos de largo plazo (por 15 años) para el suministro de etano y gasolinas naturales que se utilizarán como materias primas en un complejo en el que se producirá etileno. La planta requerirá una inversión, por parte del sector privado, de 1,000 millones de dólares aproximadamente, y otros 700 millones de dólares para construir plantas en donde se producirán

derivados del etileno. Este proyecto podría generar 6 mil 500 empleos durante la etapa de construcción y alrededor de 500 plazas de alta especialización para su operación. El mandatario aseguró que este proyecto se llevaría a cabo a través de un mecanismo financieramente viable, no sólo para la reactivación del sector, sino que además estimulará la inversión y el empleo, mejorará los ingresos fiscales y reducirá importaciones de petroquímicos. “Se trata de un paso firme en el relanzamiento de la industria petroquímica nacional y en la búsqueda de una petroquímica moderna y más integrada. Es un esfuerzo que reduce la dependencia de México del exterior en materia de derivados del petróleo y, además, se inscribe en el marco de la agenda de competitividad que me comprometí a impulsar desde el inicio de la administración”.

Faltan muchos detalles para determinar el verdadero alcance de este proyecto, sin embargo, por el monto de la inversión requerida será similar al que presentaba el Proyecto Fénix. A diferencia con este último, PEMEX no participará como accionista del complejo, simplemente será el proveedor de la materia prima. Mediante el esquema de la licitación se pretende superar el obstáculo que no permitió la ejecución del Proyecto Fénix, el otorgamiento de descuentos en el precio de la materia prima. A pesar de que el presidente Calderón aseguró la competitividad en el precio que se licitará para las materias primas, algunos especialistas no están tan convencidos de esta supuesta competitividad, aseguran que en el último análisis oficial realizado para determinar el precio del etano, la fórmula planteada presenta un incremento del 14% con respecto al precio actual, dicen que el precio se sujetaría al mercado del Pacífico que es uno de los más caros y por lo tanto inaccesibles para un buen número de productores nacionales. Cabe aclarar que esto es mera especulación ya que todavía no se ha fijado nada al respecto.

Anteriormente se establecieron las ventajas que hubiera traído consigo la ejecución del Proyecto Fénix, desde la disminución de las importaciones de productos petroquímicos hasta la generación de empleos y la reactivación de la industria petroquímica nacional. Falta mucho para determinar cuál será el destino de este nuevo proyecto, pero si se llegara a ejecutar sería un buen punto de partida para comenzar la tan anhelada reactivación de la industria petroquímica mexicana.

Independientemente del camino que siga la industria petroquímica mexicana, es importante mencionar que el tiempo y las importaciones de productos petroquímicos siguen avanzando. Cualquier proyecto que se decida ejecutar tardará por lo menos entre tres y cuatro años en iniciar operaciones. Además, los costos de ingeniería y construcción de plantas petroleras y petroquímicas han incrementado considerablemente en los últimos años.

La Reforma Energética de México

Para llevar a cabo la reactivación de la industria petroquímica mexicana será necesario asegurar el suministro oportuno de las materias primas que se utilizarán en los nuevos complejos. Estas materias primas provienen, como se ha comentado anteriormente, de dos fuentes principales: el petróleo y el gas natural. Es por esto que la reforma energética, tan controversial en los últimos días, tendrá repercusiones sobre el posible desarrollo de una nueva industria petroquímica nacional.

El panorama al que debe enfrentarse PEMEX previo a la reforma energética es complicado: la producción de crudo va a la baja al igual que las reservas petroleras, la capacidad de refinación es insuficiente y la carga fiscal de la paraestatal no le permite obtener los recursos necesarios para enfrentar estos problemas.⁶⁵ México requiere un diagnóstico integral para establecer el marco y el rumbo que debe seguir su industria petrolera, analizando todas las opciones disponibles en materia energética.

El sector petrolero de nuestro país incluye al petróleo crudo, al gas natural y a la petroquímica; en la mayoría de las actividades, tanto industriales como comerciales, opera como un monopolio del gobierno sustentado por la legislación que considera a este sector como un área estratégica para el desarrollo de la economía nacional.

Los resultados que ha obtenido PEMEX en materia de exploración en los últimos 25 años son poco alentadores, solamente se ha utilizado menos del 15% de las reservas probadas para reemplazar la producción de crudo, cifra que se encuentra por debajo de la media global de la industria. Además, el activo integral Cantarell, que contribuye con más de la mitad de la producción de crudo, ha comenzado a experimentar una declinación que se incrementará significativamente en los próximos años. Se estima que los yacimientos localizados en aguas profundas del Golfo de México podrán cubrir el decaimiento presentado en Cantarell, sin embargo, explotar estos yacimientos sin los conocimientos, experiencia y capacidades técnicas necesarias, sería una tarea muy arriesgada tanto en los ámbitos financieros como en los ambientales. La posible participación de la industria petrolera internacional en la exploración y explotación de estos yacimientos, será uno de los temas más controvertidos durante la negociación de la reforma energética.

La capacidad instalada de refinación no ha aumentado de acuerdo a la demanda del mercado nacional. Las refinerías no logran abastecerlo, como consecuencia, las importaciones son significativas y van en aumento. En 2007 se importó cerca del 40% de la demanda de gasolinas. Según datos de PEMEX, de 1996 a 2006 la producción nacional de gasolinas aumentó de 415,900

⁶⁵ Garduño Morán, Karla, PEMEX ante su Reforma, Reforma, México, 20 de enero de 2008, Sección Suplemento Enfoque.

barriles diarios a 442,400 barriles diarios, presentando un incremento del 6%; en este mismo periodo de tiempo la demanda pasó de 480,600 barriles diarios a 718,300 barriles diarios (49% de incremento).

La producción de gas natural tampoco satisface la demanda nacional y los resultados obtenidos de la exploración de nuevos yacimientos son poco optimistas, al no otorgar elementos necesarios para asegurar que se superará esta situación. El Gobierno de México ha enfrentado esta situación incrementando las importaciones de gas licuado mediante buque tanque y las importaciones de gas seco por ducto desde E.U.A. En ambos casos, el precio del gas se establece con respecto a precios internacionales mediante el mecanismo del costo de oportunidad. Se debe tener mucho cuidado en la política de fijación de precios del gas natural, ya que si se decide seguir con la misma, la volatilidad de los precios de E.U.A. podría convertirse en un obstáculo de la modernización y la inversión en la producción de gas en territorio nacional.

A pesar de que México cuenta con materia prima suficiente, con un mercado creciente y con inversionistas (tanto mexicanos como extranjeros) interesados en el sector petroquímico, ha sido imposible negociar los acuerdos requeridos entre el sector público y/o el sector privado para incrementar la capacidad petroquímica existente.

La deuda de PEMEX, derivada de los pasivos laborales y del préstamo de capital para inversión, es de alrededor de 100 mil millones de dólares, convirtiendo a la paraestatal en la empresa más endeudada del mundo. No es posible concebir el desarrollo de PEMEX en el largo plazo si su financiamiento se sigue basando en el incremento de la deuda.

Otro punto que se debe tratar previo a la reforma energética es el de la administración corporativa de PEMEX. En el Artículo 59 de la Ley de Entidades Paraestatales se establecen las facultades y obligaciones de los directores generales de esta clase de entidades, sin embargo, en el caso de PEMEX, este cargo tiene poca flexibilidad y herramientas insuficientes para implementar los planes estratégicos desarrollados. Este hecho es consecuencia de que tanto el Director General de PEMEX como algunos funcionarios de alto nivel son nombrados directamente por el Presidente de la República, creando ambigüedades en cuanto a la lealtad y a la rendición de cuentas. Se deberá dotar con nuevas atribuciones ejecutivas al cargo de Director General de PEMEX para que la dirección corporativa de este organismo sea comparable con el resto de las grandes empresas petroleras mundiales. Además, el nombramiento del encargado de este puesto no debe recaer en la figura del Presidente, debe ser una decisión compartida y generada, probablemente, en el Congreso de la Unión avalada por ambas cámaras.

Actualmente, el Consejo de Administración de PEMEX está conformado por once miembros, seis de ellos provenientes de diferentes secretarías gubernamentales y cinco pertenecientes al sindicato petrolero. Por lo general, ninguno de estos miembros cuenta con los conocimientos necesarios, para establecer las estrategias financieras y comerciales de la empresa; como consecuencia este organismo es ineficiente en su labor de supervisión pública. Los miembros de este consejo deberán contar con los conocimientos y experiencia necesarios, y apoyarse en consejeros independientes que tengan conocimientos tanto del mercado nacional como del mercado internacional, para funcionar eficientemente como un organismo de supervisión pública. También sería de gran ayuda contar con comités de auditoría que tuvieran la facultad de solicitar información sobre todas las opciones disponibles para PEMEX, que se pudieran implementar en las áreas operativas.

La Secretaría de Hacienda y Crédito Público tiene un impacto importante sobre las políticas energéticas de México, al ser ésta la encargada de aprobar o rechazar el financiamiento de los proyectos de inversión presentados por PEMEX. Por otra parte, la Secretaría de Economía también contribuye con la política energética al estar encargada de establecer los precios de los productos energéticos.

Tanto la exploración como la explotación de crudo por parte de PEMEX es autorregulada, es decir, no existe ninguna supervisión pública que regule estas actividades. En diversas ocasiones se ha estudiado y comprobado la necesidad de contar con un órgano regulador independiente para la actividad petrolera de México; incluso la Secretaría de Energía ha documentado esta necesidad, sin embargo, no se ha ejecutado ninguna acción para asignar nuevas facultades a la Comisión Reguladora de Energía o para crear un nuevo organismo encargado de la supervisión efectiva de dichas actividades.

En muchos casos, los elementos contenidos en la Ley de Obra Pública y Servicios no satisfacen las necesidades de PEMEX, en lo concerniente a la adquisición de tecnología y a la prestación de bienes y servicios. El problema central es el método utilizado para elegir al ganador de una licitación pública; éste sólo toma en consideración el criterio del precio para la elección, es decir, el proveedor que ofrezca el precio más bajo será el ganador. Se ha demostrado en más de una ocasión que este método no es el más adecuado; tal es el caso de la modernización de la refinería de Cadereyta, en donde por la falta de experiencia del contratista ganador, los costos y el tiempo de ejecución del proyecto se incrementaron de forma significativa. Actualmente, gobiernos de otros países utilizan métodos más eficaces en donde además del precio, se toman en consideración la confiabilidad, la calidad, la atención al cliente, el apoyo y las garantías ofrecidas por el contratista.

Otro problema en la licitación de obra pública en México, es la rigidez a la que están atadas las actividades una vez iniciada la obra. En la mayoría de los proyectos del sector petrolero surge información con el avance del mismo que provoca modificaciones al plan original, los cuales permiten la optimización de los recursos. Los contratos de licitación deberían permitir la ejecución de estos cambios, contando con la experiencia suficiente para saber el momento exacto para ejecutarlos.

En la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en la Rama del Petróleo, publicada en 1958, se prohíbe la operación comercial de compañías petroleras privadas en México. Si en algún momento se decidiera modificar esta política se tendrían que modificar diversas leyes, reglamentos y normas para evitar ambigüedades que podrían traer altos costos tanto para PEMEX como para las empresas del sector privado participantes. El vínculo entre los Artículos Constitucionales 25, 27, 28 y 73 haría necesaria la modificación de todos éstos en caso de modificar alguno de ellos. “No se puede convertir la figura jurídica de PEMEX, un organismo del Gobierno Federal, a la de una corporación comercial de la noche a la mañana, se necesita de una estrategia jurídica completa”.⁶⁶

No es posible profundizar en la problemática de PEMEX sin considerar una visión internacional que cubra todas las áreas del sector petrolero. No se propone que se copien modelos que han funcionado en otros países y bajo otras circunstancias, sino que mediante el análisis profundo de la realidad mexicana y la internacional, se encuentre una solución que encaje dentro de los valores y las instituciones mexicanas. PEMEX es actualmente la única compañía petrolera nacional que no puede hacer crecer sus capacidades tecnológicas, sus prácticas comerciales y sus oportunidades de inversión mediante alianzas o cualquier otra clase de figuras administrativas. Lo más importante es que no se debe no sobreestimar ni subestimar los beneficios que aportaría un replanteamiento del marco que rige al sector petrolero mexicano.

La Modernización de PEMEX

Entiéndase como modernización a la necesidad organizacional de adecuarse a las circunstancias internas y externas para asegurar el mayor logro de la misión y los objetivos a través del tiempo. La importancia estratégica que tiene PEMEX en el desarrollo del país trasciende a cualquier visión futura que pudiera realizarse entorno a esta empresa. Solamente mediante la actualización integral de todas sus áreas podrá llevarse a cabo la modernización de PEMEX, la cual es una necesidad y una preocupación tanto del gobierno como de la sociedad mexicana. La actividad futura de PEMEX dependerá en la medida en que su papel sea definido claramente por parte del Estado.

⁶⁶ Lic. Raúl Nocedal, experto jurídico que ha ocupado cargos importantes en la SENER y en CRE.

En nuestro país, la explotación de petróleo y gas natural, que como sabemos son recursos no renovables, son actividades con más de un siglo de antigüedad; estas actividades generan gran cantidad de divisas además de proveer de materias primas a otros procesos productivos. Sin embargo, la balanza comercial de productos petroleros es negativa debido a la importación de productos derivados de las transformaciones provenientes de la refinación de crudo y de la petroquímica secundaria.

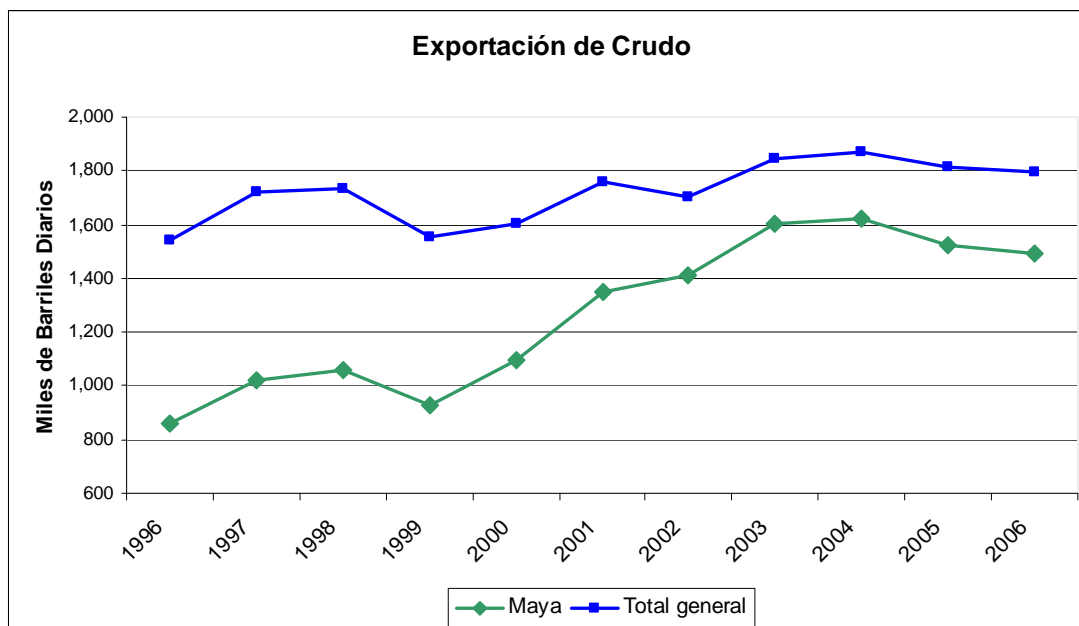
Tabla 1 Balanza Comercial de PEMEX en MMUSD

| Balanza Comercial | Grupo | | | |
|-------------------|----------|--------------|---------------|---------------|
| Año | Petróleo | Petrolíferos | Petroquímicos | Total general |
| 2002 | 13,392 | (1,313) | (704) | 11,375 |
| 2003 | 16,676 | (809) | (1,423) | 14,444 |
| 2004 | 21,258 | (1,845) | (1,557) | 17,857 |
| 2005 | 28,329 | (4,867) | (1,123) | 22,339 |
| 2006 | 34,705 | (6,434) | (892) | 27,378 |
| 2007 | 37,947 | (11,763) | (549) | 25,635 |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico 2007 (PEMEX)

La mezcla de hidrocarburos mexicana tiene un nivel medio de aceptación, demostrado en su demanda externa, que a pesar de la volatilidad de los mercados se ha garantizado su venta debido a la regionalización de los mismos. No obstante, el país requiere que PEMEX amplíe sus actividades para que se convierta en un instrumento eficaz para el desarrollo nacional, además de fortalecer el flujo de divisas a través de la venta directa de crudo, es necesario impulsar la industria para que la balanza comercial se revierta, impulsando la integración de las cadenas productivas tanto horizontal como verticalmente.

Gráfica 1 Volumen de Exportación de Crudo



Fuente: Petróleos Mexicanos, Anuario Estadístico 2007, México, Petróleos Mexicanos, 2007, 68 p.

La modernización deberá incluir misiones claras para el desarrollo de la institución que permitan valorar objetivamente su desempeño, para que esto conlleve a cambios estructurales en la economía nacional y esquemas claros para que se distribuyan sus beneficios en la sociedad de manera directa o indirecta, a través de una nueva vía fiscal.

PEMEX ha sido considerado solamente como un instrumento de política económica a través de su historia, sus resultados económicos y financieros forman parte de la política económica del Estado, por lo que su actuación está subordinada a las decisiones centrales que tomen las dependencias normativas,⁶⁷ los resultados finales solamente son importantes para las finanzas públicas y la economía nacional, dejando a un lado la política interna de la empresa y poniendo en riesgo su viabilidad. Si no se establece una congruencia de la operación con la toma de decisiones, la fijación de precios, el régimen fiscal, el pago de contribuciones, el presupuesto aprobado y los flujos financieros, pueden llegar a contradecir las necesidades propias de la paraestatal. A continuación se presenta información sobre los ingresos de PEMEX y la participación de la contribución fiscal.

⁶⁷ Chávez Hoyos, Marina, op. cit. supra, nota 24.

Tabla 2 Contribución Fiscal de PEMEX en Millones de Pesos

| Año | Ventas Netas | Contribución Fiscal | Participación |
|------------|---------------------|----------------------------|----------------------|
| 1996 | 231,993 | 144,972 | 62.49% |
| 1997 | 264,030 | 159,485 | 60.40% |
| 1998 | 256,987 | 151,887 | 59.10% |
| 1999 | 334,814 | 208,826 | 62.37% |
| 2000 | 468,267 | 293,768 | 62.74% |
| 2001 | 445,330 | 263,463 | 59.16% |
| 2002 | 481,437 | 293,590 | 60.98% |
| 2003 | 625,429 | 382,442 | 61.15% |
| 2004 | 773,587 | 474,334 | 61.32% |
| 2005 | 928,643 | 580,629 | 62.52% |
| 2006 | 1,062,495 | 582,855 | 54.86% |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos del Anuario Estadístico 2007 (PEMEX)

En cuanto a la parte administrativa, el modelo que se utiliza actualmente en PEMEX es uno emanado a partir de un marco normativo excesivo, cuyo diseño no permite la autonomía de la paraestatal en ciertas áreas que son ahora esenciales para conseguir una administración estratégica. La autonomía de gestión, supeditada a los objetivos nacionales y sectoriales, ofrecería tener una mayor conjunción y claridad en la toma de decisiones y en los resultados económicos; un mayor grado de autonomía implica un mayor grado de flexibilidad organizacional en el uso de sus recursos internos y es un factor clave para obtener mayores niveles de productividad.

La modernización de PEMEX debe darse en un plano del ámbito nacional con proyectos muy definidos, integrando una estrategia de diversificación entre la producción y la exportación de petróleo y las alianzas estratégicas en el área de la petroquímica secundaria expandiendo el portafolio de inversión con compañías internacionales y el fomento de inversiones compartidas en territorio nacional. Aunado a lo anterior es indispensable fortalecer y expandir la planta productiva introduciendo nuevas tecnologías, para innovar en primer lugar los procesos de refinación y evitar así la importación de gasolinas y aprovechar eficientemente el gas natural como fuente de energía o como abastecedor de materias primas.

Otro cambio que debe llevarse a cabo para lograr la modernización de PEMEX, es la forma de evaluar los proyectos de inversión; actualmente la rentabilidad de estos proyectos se mide solamente tomando en cuenta la recuperación financiera de éstos sin considerar la recuperación económica del país. Tal es el caso de la inversión en Pidiregas, en la cual al permitir niveles de endeudamiento, cuyo impacto en la economía nacional no ha sido calculado de forma debida, trae como consecuencias sobrecostos implícitos y explícitos en intereses capitalizables y amortizables de los proyectos. Por lo tanto, el costo-beneficio de los proyectos no solamente debe considerar

una ganancia financiera inmediata, sino que debe enfocarse al desarrollo de la actividad económica nacional estimulando procesos en las diferentes ramas industriales.

Para lograr esto PEMEX deberá enfrentarse a su rigidez institucional en los ámbitos económicos, financieros, operativos y administrativos; se conoce la actual fragmentación existente entre las dependencias centrales y la paraestatal y entre ésta y sus organismos subsidiarios, derivada de una compleja administración y un marco normativo que impide la fluidez en las actividades de la paraestatal. Se debe comenzar estableciendo mayores niveles de gestión de autonomía los cuales permitirán un mayor grado de flexibilidad en la fijación de las reglas y normas que serán más apropiadas e incrementarán la capacidad de respuesta de la empresa. Es importante mencionar que ningún proyecto modernizador tendrá éxito si éste no se concibe desde la más alta voluntad institucional.

A continuación se presentan diversos factores que deben ser tomados en cuenta para lograr la modernización de PEMEX:⁶⁸

- Se deben distinguir los tres planos en los que actúa PEMEX y que deberán estar vinculados: el del interés nacional, el sectorial y el organizacional.
- Los objetivos de los tres planos deben ser congruentes y consistentes entre sí.
- La autonomía de gestión no implica una soberanía en la toma de decisiones y acciones de la paraestatal.
- La visión organizacional no debe basarse en los resultados obtenidos en un diagnóstico sobre las fortalezas y debilidades de PEMEX, sino en la integración sistemática de los aspectos técnicos, operativos, económicos, financieros y valorativos, que se logrará mediante el análisis detallado de las variables determinantes de su campo de acción.
- Deberá establecerse una visión transparente para los miembros de esta institución mediante la cual se puedan trazar los programas anuales. Para lograr esto es necesario cambiar la cultura institucional, se requiere que esta cultura comprenda su propia realidad, promueva la innovación constante del presente y forme recursos humanos capacitados para el desempeño óptimo de PEMEX y del país.

Fuentes Financieras Alternas para PEMEX

En términos de su Ley Orgánica, PEMEX y sus organismos subsidiarios pueden celebrar toda clase de actos, convenios, contratos y suscripción de títulos de créditos con personas físicas y morales. Sin embargo, el marco jurídico que regula la actividad petrolera en nuestro país establece

⁶⁸ Petróleos Mexicanos, Aspectos Jurídicos de la Industria Petrolera Mexicana en el Contexto de la Globalización, 1ª Edición, México, Petróleos Mexicanos, 2001, 95 p.

que la propiedad y el control de los hidrocarburos son exclusivos del Estado Mexicano. El artículo 6 de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo otorga la facultad a PEMEX para celebrar contratos de obras y de prestación de servicios relacionados con la industria petrolera con personas físicas y morales, siempre y cuando el pago de dichos contratos sea siempre en efectivo y sin conceder ningún tipo de porcentajes en los productos ni participación en los resultados de las exploraciones. Además, la Ley General de Bienes Nacionales es aplicable a todos los bienes de PEMEX y sus organismos subsidiarios. Esta ley establece que los bienes nacionales, ya sean del dominio público o privado de la Federación, son inembargables y están sujetos a la jurisdicción de los tribunales federales mexicanos. Por estas razones es y ha sido muy complicado para PEMEX obtener créditos y financiamientos al no poder dar en garantía sus bienes muebles e inmuebles y los recursos naturales, que por las disposiciones constitucionales y legales antes mencionadas no le pertenecen.

A continuación se presenta una alternativa, planteada por Luis Moreno Treviño y Marcelo Páramo Fernández,⁶⁹ para que PEMEX pueda obtener los fondos monetarios necesarios para llevar a cabo la tan anhelada modernización de PEMEX.

Derivado de las restricciones mencionadas, PEMEX históricamente ha conseguido recursos mediante la colocación de deuda en los principales mercados internacionales de capital, sin tener acceso al financiamiento puro y directo de las instituciones financieras internacionales. Es importante mencionar que el esquema de financiamiento que se presentará a continuación no requiere de ninguna reforma legal en el sector petrolero ya que se ajusta al marco normativo actual.

La alternativa viable de financiamiento que se propone es la comercialización de la cartera de cuentas por cobrar, presente y futura, de PEMEX y de sus organismos subsidiarios. Para llevar a cabo esto sería necesario constituir un fideicomiso, establecido por razones fiscales en el extranjero y de preferencia en un país con el que México tenga un tratado para evitar la doble imposición de impuestos. PEMEX enajenaría su cartera, presente y futura, de cuentas por cobrar a dicho fideicomiso, con un descuento determinado de acuerdo a las necesidades financieras de la institución.

Se emitirían como parte de la venta, certificados similares a los certificados de participación ordinaria. Estos certificados acreditarán a su propietario el derecho de una pequeña parte de la cartera enajenada de PEMEX al fideicomiso. Para comercializarlos, los certificados deben generar atractivos rendimientos para aquellos que decidan adquirirlos.

⁶⁹ Idem.

Con la emisión de certificados se crearía un mercado secundario para comercializar indirectamente las cuentas por cobrar presentes y futuras de PEMEX, permitiendo que se realice su cobro a través de la venta de los certificados a los inversionistas interesados, situación que traería consigo liquidez inmediata para PEMEX.

La enajenación de la cartera se haría mediante la cesión de derechos de cobro de “clientes seleccionados” de PEMEX que participarían en el programa. De esta forma, además del rendimiento atractivo que tendrán los certificados, se generaría un valor adicional ya que sólo aquellas cuentas de clientes que tengan un grado importante de inversión, podrían incluirse en dicho programa, haciendo que éste sea altamente apalancado por los propios clientes de PEMEX y de esta forma no sea necesario garantizar el pago de los certificados con otros medios.

En este programa, el hecho de que PEMEX sea una empresa paraestatal lo beneficiaría, ya que al no poderse declarar en quiebra o ser participe en un concurso mercantil, garantiza el cobro de los certificados y resuelve el problema derivado de la cesión de los derechos de cobro, debido a que por ley PEMEX no estaría obligado a responder por el cobro de la cartera sino que únicamente por su legitimidad.

Se espera que los probables inversionistas sean del tipo institucional, es decir, bancos e instituciones financieras de prestigio internacional, quienes adquirirán partes substanciales de la emisión y que por tratarse de títulos negociables, podrían ofrecerlos a terceros para su venta en el mercado secundario que genere la emisión.

Se pretende que el programa no sea sujeto a una única emisión de certificados, el fideicomiso podría ser objeto de varias emisiones futuras, hecho que dependerá del éxito obtenido en la primera.

Mecánica del Programa

Una vez que se hayan seleccionado los “clientes calificados” que participarán en el programa, se les notificaría sobre la cesión de derechos de cobro para que en lugar de pagar directamente a PEMEX por los productos o servicios proporcionados, lo hagan en una cuenta que estará registrada en México o en el extranjero y cuyo beneficiario será el propio fideicomiso, para garantizar el pago del valor de los certificados junto con el de sus rendimientos a su vencimiento.

Probablemente el fiduciario y los inversionistas querrán asegurarse de que en caso que los montos depositados por los clientes no alcanzarán a cubrir los rendimientos establecidos, existiera algún mecanismo que les garantizase la adquisición de éstos. Si bien la legislación mexicana prohíbe el pacto de retroventa, razón por la cual PEMEX no podría recomprar la cartera, nada le impediría

comprar los certificados pendientes de pago. Otra posible solución a este problema sería la entrega de cartera adicional al fideicomiso hasta que se liquiden en su totalidad los certificados.

Es importante aclarar que ésta es solamente una alternativa para el financiamiento de PEMEX y que tendría que ser analizada con más profundidad en caso de que se lleve a cabo. Sin embargo, su implementación resulta factible a primera vista; además en este caso muy específico, el hecho de que PEMEX sea una empresa paraestatal trae consigo un beneficio para el programa.

Fuentes Alternativas de Materias Primas para la Industria Petroquímica

En un futuro, cuando se hayan consumido en su totalidad las materias primas que hoy en día se utilizan en la industria petroquímica, el primer reto al que se afrontará esta industria será el de encontrar nuevas materias primas a partir de las cuales sea posible obtener los productos que el mercado demande. En algunos casos será posible utilizar las instalaciones petroquímicas existentes, llevando a cabo modificaciones no tan complejas con las cuales se podrían transformar estas nuevas materias primas; sin embargo, en otros casos, será necesario desarrollar una tecnología totalmente diferente a la que se conoce actualmente, no sólo para el procesamiento sino para la extracción de dichas materias primas. Se presentan a continuación algunos de los productos que podrían sustituir a las materias primas que se han utilizado en la industria petroquímica desde su aparición.

El carbón, el esquisto bituminoso, la arena de alquitrán y algunos hidratos gaseosos son materiales que pueden ser utilizados como fuentes de energía y productos químicos cuando se hayan consumido en su totalidad el petróleo y el gas natural. Sin embargo, presentan algunas desventajas:⁷⁰

- La relación H/C de estos materiales es menor en comparación con la que se presenta en la mayoría de los crudos.
- Al ser sólidos o semisólidos, su manejo y su uso es más complicado.
- Tienen un alto contenido de nitrógeno y/o azufre que requieren de un procesamiento costoso para su remoción.
- Transformar estos materiales en hidrocarburos líquidos o combustibles gaseosos es posible pero muy costoso.

⁷⁰ Matar, Sami y Hatch Lewis Frederic, *op. cit. supra*, nota 27.

Carbón

El carbón es una piedra combustible natural compuesta de sustancias orgánicas heterogéneas contaminadas con cantidades variables de compuestos inorgánicos. La mayor parte de las reservas de carbón se encuentran en América del Norte, Europa y China.

El carbón se clasifica de acuerdo al grado de transformación química ocurrida durante el proceso de descomposición de los desechos vegetales. En general, se considera que un carbón con alto poder calorífico y alto contenido de carbono fijo, ha sufrido cambios más severos que uno con menor poder calorífico y contenido de carbono. Los grados de carbón más importante son la antracita, el carbón bituminoso, el carbón sub-bituminoso, y la lignita.

Durante 1970-1980, cuando los precios del petróleo se elevaron después de la guerra de 1973, se realizó una profunda investigación para convertir el carbón en hidrocarburos líquidos. Sin embargo, el resultado obtenido demostró que los hidrocarburos obtenidos a partir de carbón eran más costosos que aquellos obtenidos del petróleo. Otra forma de utilizar el carbón es mediante su gasificación para obtener una mezcla gaseosa de CO y H₂. Esta mezcla puede utilizarse como combustible o como gas de síntesis para la producción de combustibles y productos químicos mediante un proceso Fischer Tropsch.

Tabla 3 Composición del Petróleo vs. Carbón

| | % Peso | | | | | Relación Molar H/C |
|-------------------|--------|-------|------|------|-------|--------------------|
| | C | H | S | N | O | |
| Petróleo | 84.6% | 12.8% | 1.5% | 0.4% | 0.5% | 1.82 |
| Peat | 56.6% | 5.6% | 0.3% | 2.7% | 34.6% | 1.18 |
| Lignite | 68.8% | 4.9% | 0.7% | 1.1% | 24.5% | 0.86 |
| Carbón Bituminoso | 81.6% | 5.6% | 1.5% | 1.4% | 9.7% | 0.82 |
| Antracita | 91.7% | 3.5% | 0.0% | 0.0% | 2.7% | 0.46 |

Fuente: Matar, Sami y Hatch Lewis Frederic, Chemistry of Petrochemical Processes, 2ª Edición, E.U.A., Editorial Gulf, 2001, 392 p.

Esquisto Bituminoso

El esquisto bituminoso es una piedra semipermeable compuesta de material inorgánico mezclado con una sustancia orgánica de alto peso molecular conocida como "kerogeno". Cuando se calienta el esquisto se obtiene una sustancia aceitosa con una estructura compleja. La composición del esquisto depende de la ubicación de la fuente de obtención de éste y se presentan grandes variaciones entre uno y otro. Industrialmente, el esquisto se muele y se calienta con temperaturas elevadas para pirolizarlo y obtener el kerogeno, que posteriormente se procesa para convertirlo en un combustible líquido.

Los mayores problemas que presenta la producción industrial del kerogeno son el manejo de los desechos sólidos de la pirólisis y la obtención de la materia prima.

Arena de Alquitrán

Las arenas de alquitrán son grandes depósitos de arena saturada con bitúmenes y agua. Estos depósitos se localizan por lo general en la superficie terrestre en grandes cuencas sedimentarias. Alrededor del 98% de esta arena se concentra sólo en siete grandes depósitos, siendo el del oeste de Canadá el mayor del mundo, del que este país obtiene alrededor del 99% de su crudo. Los depósitos de arena de alquitrán están cubiertos por una masa semiflotante de vegetación en descomposición con un espesor de seis metros.

El manejo de esta arena es complicado ya que durante el verano es un líquido viscoso pero en invierno se vuelve un material sólido. El betumen puede extraerse utilizando agua caliente y vapor en compañía de una base para dispersarlo. Este producto es un líquido muy viscoso cuya densidad es de 1.05 g/cm^3 aproximadamente, después de su extracción se alimenta a un proceso de *cracking* del que se obtienen combustibles destilados y coque.

Hidratos Gaseosos

Los hidratos gaseosos son materiales sólidos (parecidos al hielo) constituidos por moléculas de metano encerradas por moléculas de agua unidas por puentes de hidrógeno. Estos materiales se encuentran en grandes depósitos marinos localizados principalmente en el círculo ártico (Siberia). Se estima que los depósitos de estos hidratos contienen casi el doble de carbón que cualquier otro combustible fósil existente. Esta fuente, si se comprueba que su extracción es rentable, podría convertirse en una fuente muy importante de energía y químicos en un futuro no muy lejano.

Debido a su naturaleza física (sólido bajo presiones elevadas y bajas temperaturas), no podría procesarse mediante los procesos convencionales de la industria petroquímica. Una alternativa para su procesamiento es disociarlo, para obtener metano y agua, mediante la inyección de agua caliente. Otra opción es taladrar el depósito para que de esta forma se reduzca la presión y libere el metano del agua.

Biotecnología

En caso de que no resultara rentable utilizar nuevas materias primas para la industria petroquímica, sería necesario obtener los productos para satisfacer las necesidades de la población mundial de alguna manera. Una posible alternativa, que se ha desarrollado en forma acelerada en los últimos

años, es la industria biotecnológica. Esta industria, a diferencia del sector petroquímico, se basa en el uso de materias primas renovables a partir de las cuales es posible obtener un gran número de productos. Sería necesario desarrollar mucho más esta industria para que pudiera satisfacer la demanda actual de productos químicos, pero se debe tener en mente que es una opción viable, que ha demostrado ser rentable y ofrecer muchos otros beneficios.

Materias Primas Renovables vs. Fósiles

El uso de materias primas renovables con fines técnicos no es una actividad reciente. Desde las primeras civilizaciones el hombre utilizó estas materias primas para cubrir sus necesidades básicas; utilizó las fibras naturales para hacer ropa y protegerse del medio ambiente, el calor lo obtuvo de la combustión de la madera y utilizó la grasa animal como fuente de iluminación. Las primeras actividades industriales también se basaron en el empleo de materias primas renovables, hecho que continuó hasta la llegada de la revolución industrial.

Los dos hechos más importantes que tuvieron una repercusión en el decaimiento del consumo de materias primas renovables fueron la aparición de la química orgánica (basada en el carbón, los aromáticos y el gas de síntesis) en el siglo XIX y el desarrollo de la industria petroquímica en el siglo XX. El uso de materias primas renovables decayó drásticamente como consecuencia de los precios bajos de los recursos petroquímicos; la industria química del siglo XX se basó sistemáticamente en estos recursos. Actualmente, la mayor parte de la industria química se basa en la petroquímica y las necesidades energéticas son cubiertas por combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural; alrededor del 96% de la producción total de compuestos orgánicos utiliza como materias primas recursos fósiles.

A pesar de esto, algunas industrias importantes se basan en el consumo de materias primas renovables. Tal es el caso de la industria textil en la que la mitad de las fibras utilizadas son de origen natural (algodón, lana, etc.); la industria oleoquímica, que provee al hombre del jabón y detergentes necesarios para cubrir sus necesidades higiénicas, utiliza aceites vegetales como materia prima. Además, la petroquímica no ofrece alternativas rentables para la elaboración de todos los productos requeridos actualmente por el hombre; por ejemplo, la mayor parte de los antibióticos se obtienen de procesos de fermentación, partiendo de azúcares naturales o de organismos vivos.

Cuando se presentó la crisis petrolera entre 1973 y 1979, y la OPEC incrementó los precios del petróleo de 2 a 30 USD/Barril, surgió un nuevo interés en el uso de recursos renovables. Se comenzó a cuestionar la gran dependencia que se tenía sobre los recursos fósiles, sobre todo por el hecho de que su disponibilidad no sería infinita. Derivado de la crisis, se llevaron a cabo diversas

investigaciones sobre posibles fuentes de energía y químicos alternativas, sin embargo, estas investigaciones arrojaron que el uso de materias primas renovables todavía no podría competir, económicamente hablando, en contra del petróleo. Cuando el precio del petróleo se estabilizó, el entusiasmo por el uso de recursos renovables desapareció y la industria regresó a la normalidad.

Ya en 1990, las discusiones sobre el desarrollo sustentable y el efecto invernadero, dieron un nuevo impulso al uso de recursos renovables. Creció el interés en el uso de productos biodegradables, derivado de los efectos causados en el medio ambiente por los desechos industriales. La biodegradabilidad fue la característica principal para el desarrollo de diversos productos, los cuales partían en su gran mayoría de materias primas renovables.

Actualmente enfrentamos una situación paradójica, ya que a pesar de que el consumo de petróleo crece aceleradamente, las reservas probadas de éste, se han mantenido en el mismo nivel desde hace treinta años como consecuencia del descubrimiento de nuevos yacimientos. Sin embargo, el acceso a algunos de estos yacimientos es muy complicado y por lo tanto el costo de extracción del petróleo presentará un incremento, mismo que se verá reflejado en el precio de venta de los productos terminados. En contraste, el costo de producción de algunos productos derivados de la agricultura, como el trigo y el maíz, es menor día con día derivado de las nuevas tecnologías utilizadas y de la disponibilidad de campos de cultivo. A largo plazo, esta situación se perturbará un poco por los efectos transitorios de los mercados y las políticas aplicadas, sin embargo se cree que para un gran número de aplicaciones la balanza económica se inclinará por el uso de materias primas renovables. A continuación se presenta una tabla con los precios de diversas materias primas, tanto fósiles como renovables.

Tabla 4 Precios de Materia Primas Renovables vs. Materias Primas Fósiles

| Materia Prima | Precio Promedio (2000-2004) USD/Ton |
|----------------------|------------------------------------------------|
| Petróleo | 170 |
| Carbón | 34 |
| Etileno | 390 |
| Maíz | 78 |
| Paja | 19 |
| Azúcar | 175 |

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que en general los precios de las materias primas renovables se encuentran muy por debajo de los precios de las materias primas fósiles. Es importante mencionar que los precios del petróleo y del azúcar se localizan en el mismo nivel, sin embargo el azúcar es un producto muy puro y refinado a diferencia del petróleo que es una materia prima no refinada, compuesta de una

mezcla de hidrocarburos y otros compuestos, que tiene que ser procesada para su posterior utilización en la industria. Por las razones antes mencionadas, es claro que el uso de materias primas renovables tiene perspectivas de crecimiento muy favorables para el mediano y largo plazo; sin embargo, se debe considerar no solamente el precio sino también el consumo de estas materias primas para obtener una cantidad similar a la obtenida a partir de las materias primas tradicionales, y establecer si es posible obtener las materias primas renovables a las escalas requeridas.

Materias Primas Renovables para la Industria

Las materias primas renovables se basan esencialmente en el uso de la biomasa, es decir, en el conjunto de todas las sustancias que forman a todo organismo vivo. Por lo tanto, las materias primas renovables tienen un origen biológico; se basan principalmente en la producción de plantas las cuales utilizan la fotosíntesis como fuente de energía.

Se estima que la producción total de biomasa en el planeta es de 170 billones de toneladas, de las cuales el 75% son carbohidratos (azúcares), 20% ligninas (compuestos químicos que se encuentran en las paredes celulares de las plantas cuya función es la de enlazar las fibras de celulosa para formar la madera) y 5% otras sustancias como aceites, grasas, proteínas, alcaloides, etc. De la producción total de biomasa solamente el 3.5% (seis billones toneladas) se utiliza actualmente para cubrir las siguientes necesidades humanas:⁷¹

- 3.7 billones de toneladas (62%) para alimentación.
- 2 billones de toneladas (33%) de madera que se utiliza con fines energéticos, para producir papel o en la industria de la construcción.
- 300 millones de toneladas (5%) utilizadas como materias primas para cubrir necesidades humanas no alimenticias (ropa, detergentes, químicos).

El 96.5% restante de la producción de biomasa se utiliza en los ecosistemas naturales como alimento de las especies animales o se pierde como resultado del proceso natural de mineralización.

Las materias primas renovables que se utilizan actualmente o podrían utilizarse en la industria son en su mayoría de origen agrícola o forestal. La crianza de animales contribuye con algunas materias primas, como la grasa animal, pero en comparación con el número de materias primas que ofrecen las otras dos fuentes, este sector se vuelve insignificante.

⁷¹ Royal Belgian Academy Council of Applied Science, Industrial Biotechnology and Sustainable Chemistry, Bélgica, 2004, 32 p. Artículo disponible en la siguiente dirección electrónica: www.massey.ac.nz/~ychisti/IndBiotech.pdf

Existen diversas tecnologías que pueden utilizarse para convertir industrialmente esta biomasa disponible en materias primas renovables o materias portadoras de energía. Esta actividad industrial por lo general esta ligada a la industria alimenticia debido a que tanto los productos alimenticios, como los que se utilizan como materias primas para procesos industriales, pueden producirse en la misma unidad industrial a partir de la misma materia prima. Un ejemplo de esta clase de productos es la glucosa que se puede utilizar para consumo humano o como materia prima en los procesos industriales de fermentación.

A continuación se enlistan los sectores industriales proveedores de materias primas renovables:

- Azúcares y almidón: en este sector se producen carbohidratos como el azúcar, la glucosa, el almidón y la melaza, que utilizan derivados de plantas como materias primas. Algunas de las plantas de los que provienen estos productos son remolacha, caña de azúcar, trigo, maíz, papas y arroz.
- Aceites y grasas: en este sector se producen diversos productos químicos oleicos intermediarios como triglicéridos, ácidos grasos, alcoholes grasos y glicerol, a partir de materias primas provenientes de plantas como semillas de nabo, soya, aceite de palmito, cocos y grasas animales.
- Madera: se producen principalmente celulosa, papel y ligninas a partir de la madera.

Estas industrias utilizan dos pilares tecnológicos para procesar las diferentes materias primas provenientes de plantas:

- Tecnología de Fraccionamiento: se basa en métodos de separación tanto física como química para separar los componentes de las materias primas.
- Tecnología Enzimática: se utiliza para la transformación de las materias primas; en la práctica, las enzimas hidrolíticas son las más utilizadas.

A pesar de que estas tecnologías son muy diferentes por su naturaleza, la interacción entre ambas es un factor clave que ha llevado a la industria biotecnológica a alcanzar el éxito con el que hoy en día cuenta. Los productos básicos obtenidos por estos métodos se convierten en diversos productos empleando procesos físicos, químicos y biotecnológicos; por ejemplo, azúcares como la sucrosa y la glucosa se unen químicamente a derivados oleicos para obtener detergentes y emulsificantes.

Con respecto a los procesos industriales biotecnológicos, la fermentación ocupa un lugar especial. Esta tecnología utiliza microorganismos (bacterias, levaduras y hongos) para convertir materias primas como azúcares y aceites en un número casi ilimitado de productos. Por ejemplo, el azúcar puede ser convertido a un gran número de productos, algunos de ellos con estructuras químicas

semejantes a la materia prima utilizada (ácido glucónico a partir de glucosa) y otros que prácticamente no tienen nada en común con la materia prima (antibióticos, enzimas, etc.)

Para demostrar el rango de productos que pueden obtenerse a partir de una sola materia prima, se presenta la siguiente lista de productos que se producen a escala industrial actualmente a partir del maíz:

- Glucosa
- Ácido Cítrico
- Bio-etanol
- Bio-plástico (polilactato) utilizado como material de empaque y fibra textil
- Almidón
- Lisina
- Antibióticos
- Vitaminas
- Bio-colorantes
- Biopolímero de xantano utilizado como agente controlador de viscosidad

Por lo general, la cadena de procesos necesarios en la industria biotecnológica se llevan a cabo dentro de un mismo complejo industrial conocido como *bio-refinería*, el cual es comparable con las refinerías de petróleo. La diferencia fundamental entre las bio-refinerías y las refinerías de petróleo es que las primeras utilizan materias primas agrícolas renovables a la vez que las segundas utilizan materias primas fósiles como el petróleo y el gas natural.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Actualmente, el hombre moderno tiene la necesidad de contar con productos que se han convertido en indispensables en su vida cotidiana. Estos productos provienen de diversos sectores industriales, pero muchas veces se desconoce su verdadero origen. La industria petroquímica, que representa hoy en día el 70% del sector químico, se ha encargado de satisfacer gran parte de estas necesidades desde 1920, cuando la Standard Oil arrancó la primera planta de alcohol isopropílico, revolucionando la producción de la química orgánica en el mundo entero.

La petroquímica surgió para aprovechar los productos de la extracción y refinación de crudo y posteriormente se utilizó para sustituir productos naturales; sin embargo no se limitó a esto, ya que logró sintetizar productos novedosos que modificaron la vida del hombre. La petroquímica en el siglo XXI satisface la demanda de materias primas y productos terminados de los mercados de adhesivos, aditivos para alimentos, agentes tensoactivos, colorantes, explosivos, agentes farmoquímicos, fertilizantes, fibras sintéticas, plaguicidas, plastificantes, entre otros.

Como se sabe, México es un país productor de petróleo, por lo tanto se esperaría que la demanda nacional de los productos derivados del mismo estuviera cubierta eficientemente, incluso que nuestro país fuera un fuerte competidor en el mercado internacional. Como consecuencia de las decisiones que se han tomado en el pasado tanto en el ámbito económico, político y social, que han favorecido a la exportación de crudo y no a su procesamiento, el sector de la refinación y de la petroquímica han sufrido grandes rezagos ante la demanda de productos petrolíferos y petroquímicos de la creciente población mexicana.

Por medio del estudio exhaustivo de la industria petroquímica nacional e internacional, fue posible obtener un diagnóstico integral que contiene las bases políticas, económicas, sociales, tecnológicas, culturales y legales que rigen la actividad de este sector en nuestro país.

Se decidió iniciar con el nacimiento de la industria petrolera para recordar los efectos tan drásticos que ésta originó en la economía mundial, y sin la cual no hubiera sido posible el desarrollo de la industria petroquímica. Posteriormente, se estudió la evolución de esta última en México, con la finalidad de comprender los modelos que se establecieron para convertir a la petroquímica nacional en un área estratégica para el desarrollo económico del país. El modelo consistía en que PEMEX, con la ayuda del Gobierno Federal y la Comisión Petroquímica Mexicana, fuera quien dictara el rumbo que debía seguir esta industria, impulsando el desarrollo de las cadenas productivas. PEMEX se encargaría de producir las materias primas base de la petroquímica para satisfacer los procesos productivos de mayor valor agregado en los que podía participar el sector privado, por lo tanto este último dependería de las decisiones tomadas por PEMEX.

El auge de la petroquímica nacional se presentó entre 1970 y 1984, periodo en el cual se construyeron los grandes complejos petroquímicos de PEMEX y parecía que se alcanzarían los objetivos antes establecidos, incluso se vislumbraba que México se convertiría en un fuerte competidor a nivel internacional, hecho apoyado por la construcción del Complejo Cosoleacaque que colocaba a nuestro país como uno de los principales productores de amoniaco en el mundo. Desgraciadamente, por diversos factores como crisis económicas, falta de realismo en la planeación de los proyectos y retrasos en la ejecución de los mismos, nunca se alcanzó la meta establecida, mucho menos se logró que México fuera un jugador importante en el mercado mundial de la petroquímica.

Fue indispensable el análisis del origen y la evolución de la industria petroquímica, para que con estas dos herramientas, fuera posible plantear las acciones que se deben llevar a cabo para reactivar la industria petroquímica mexicana, evitando cometer los errores que hasta ahora han frenado su desarrollo.

Por otra parte, el marco legal que regula las actividades del sector petroquímico en México, tuvo sus orígenes a finales de la década de 1950. Cuando se creó esta legislación, el pago de la deuda correspondiente a la Expropiación Petrolera de 1938 no había sido cubierto en su totalidad; México había aprendido la lección, el gobierno no permitiría que la naciente industria petroquímica cayera en manos de empresas extranjeras, dejando al país al margen de los beneficios económicos, científicos y tecnológicos inherentes a este sector industrial. Por lo tanto, la legislación creada entre 1958-1959 fue de tipo proteccionista, cerrando las puertas a la inversión extranjera.

A pesar de que la legislación ha sido modificada en diversas ocasiones, en la actualidad aún es proteccionista, ya que México es el único país en el mundo en donde la petroquímica se divide en petroquímica básica y secundaria, siendo la primera, exclusiva del gobierno mexicano. Desde la década de 1990, cuando la industria petroquímica dejó de ser prioritaria para PEMEX, esta clase de legislación ha representado un obstáculo que no se ha podido superar; a pesar de que ahora el sector privado puede participar en un mercado mucho más amplio, no se han ejecutado proyectos de inversión relevantes en el área de la petroquímica.

Cualquier replanteamiento de la industria petroquímica mexicana, requiere del estudio completo del marco legal. Como resultado del análisis obtenido, existen dos posibilidades: la primera sería encontrar soluciones innovadoras y creativas para reactivar la industria petroquímica mexicana sin la necesidad de un cambio trascendental en el marco normativo; la segunda implicaría un cambio en el marco legal tradicional, el cual permitiría una mayor flexibilidad en las actividades industriales, comerciales y administrativas tanto de PEMEX como del sector privado participante.

Hoy en día México importa alrededor del 65% de la demanda de productos petroquímicos; como consecuencia la balanza comercial del sector presenta un déficit aproximado de 11 mil millones de dólares. Es claro que esta industria requiere de acciones inmediatas para su recuperación.

Es momento de dejar de lamentarse por proyectos fallidos, de aprender de los errores cometidos en el pasado y desarrollar un nuevo plan estratégico integral que impulse un nuevo desarrollo de la industria petroquímica mexicana.

Se recomienda que para la elaboración de este nuevo plan se tomen en consideración los siguientes puntos:

1. El desarrollo de la industria petroquímica debe ser considerado como una estrategia prioritaria nacional
2. Establecimiento de una estrategia de desarrollo a largo plazo
3. Garantizar el suministro de materias primas en el largo plazo
4. Crear una política de precios mediante la cual se explote la ventaja de contar con reservas abundantes de hidrocarburos
5. Cambiar los criterios para la selección de proyectos de inversión
6. Establecer sinergias entre las empresas subsidiarias de PEMEX y entre PEMEX y las empresas privadas
7. Promoción de la inversión en el sector petroquímico
8. Globalización comercial de la industria petroquímica mexicana
9. Creación de parques industriales petroquímicos
10. Fabricación de productos de alto valor agregado
11. La competitividad como fundamento de la planeación operativa

PEMEX será parte fundamental de la reactivación de la industria petroquímica mexicana, actuando bajo los lineamientos emitidos por parte de la Secretaría de Energía, contribuyendo con toda la experiencia adquirida durante décadas en la operación y mantenimiento de complejos petroquímicos.

La decisión final está en manos del Gobierno de México, del Presidente de la República y de los legisladores del Congreso de la Unión. Sin embargo, para que esta decisión tenga sentido, se requiere que sea tomada en cuenta la opinión de todos los participantes del sector petroquímico. De esta forma sería posible establecer las acciones necesarias para que los beneficios trasciendan a toda la sociedad mexicana y no sólo a una pequeña parte de ésta.

BIBLIOGRAFÍA

Libros

1. Albina Garavito, Rosa y Manzo Yépez, José Luis, La Petroquímica Mexicana: Industria Estratégica o Subordinada, México, Editorial Nuestro Tiempo, 1996, 170p.
2. Andrade, Manuel, Codificación Petrolera, México, Secretaría de Gobernación, Dirección de Talleres Gráficos, 1920, 380 p.
3. ANIQ, Anuario Estadístico 2000, México, ANIQ, 2000.
4. ANIQ, Anuario Estadístico 2006, México, ANIQ, 2007, Versión en Formato Digital.
5. ANIQ, Anuario Estadístico 2007, México, ANIQ, 2008, Versión en Formato Digital.
6. Chapman, Keith, The International Petrochemical Industry: Evolution and Location, E.U.A., Editorial Blackwell, 1991, 322 p.
7. Chávez Hoyos, Marina, Petróleo y Petroquímica, México, Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, 1997, 54p.
8. Chow Pangtay, Susan, Petroquímica y Sociedad, 3ª Edición, México, SEP:FCE, 2002, 193 p.
9. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de febrero de 1917, última reforma 13 de noviembre de 2007.
10. Domínguez Esquivel, José Manuel, La Transformación del Petróleo, México, Instituto Mexicano del Petróleo: Litoral, 2005, 48 p.
11. Held, David, Transformaciones Globales: Política, Economía y Cultura, México, Editorial Oxford University, 2002, 648 p.
12. Lombardo Pérez Salazar, Horacio, La Petroquímica en México, México, Celanese Mexicana, 1990, 124 p.
13. Matar, Sami y Hatch Lewis Frederic, Chemistry of Petrochemical Processes, 2ª Edición, E.U.A., Editorial Gulf, 2001, 392 p.
14. Méndez Ramos, Fabián, Análisis y Propuestas para Fomentar el Desarrollo de la Industria Petroquímica Mexicana, México, El Colegio de México, Centro de Estudios Económicos, Tesis (Maestro en Economía), 2006, 84 p.
15. Meyer, Lorenzo, México y Estados Unidos en el Conflicto Petrolero, 1917-1942, Edición Conmemorativa, México, Petróleos Mexicanos, 1988, 242 p.
16. Montano Aubert, Eduardo, Integración de la Petroquímica en México, México, Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial, UNAM, 2001, 301 p.
17. Petróleos Mexicanos, Anuario Estadístico 2007, México, Petróleos Mexicanos, 2007, 68 p.
18. Petróleos Mexicanos, Aspectos Jurídicos de la Industria Petrolera Mexicana en el Contexto de la Globalización, 1ª Edición, México, Petróleos Mexicanos, 2001, 95 p.

19. Petróleos Mexicanos, El Petróleo de México, México, Petróleos Mexicanos, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 1988, 3 volúmenes, 1,077 p.
20. Petróleos Mexicanos, La Verdad sobre la Expropiación de las Empresas Petroleras, México, Petróleos Mexicanos, 1988, 127 p.
21. Schwartz, Peter, The Art of the Long View, E.U.A., Editorial Doubleday, 1991, 258 p.
22. Secretaría de Energía, Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica 2005, 1ª Edición, México, Secretaría de Energía, 2006, 261 p.
23. Secretaría de Energía, Anuario Estadístico de la Industria Petroquímica 2006, 1ª Edición, México, Secretaría de Energía, 2007, 273 p.
24. Silva Herzog Jesús, Historia de la Expropiación de las Empresas Petroleras, 4ª Edición, México, Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas, 1973, 301 p.
25. Snoeck, Michèle, La Industria Petroquímica Básica en México, 1970-1982, México, El Colegio de México, Programa de Energéticos, 1986, 184 p.
26. Tablada Pérez, Carlos, Petróleo, Poder y Civilización, España, Popular, 2004, 271 p.
27. Yergin, Daniel, La Historia del Petróleo, México, J. Vergara, 1992, 1227 p.

Diario Oficial de la Federación

1. Diario Oficial de la Federación, Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, México, 29 de diciembre de 1976.
2. Diario Oficial de la Federación, Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, México, 16 de julio de 1992.
3. Diario Oficial de la Federación, Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo, 29 de noviembre de 1958.
4. Diario Oficial de la Federación, Reglamento de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo, en Materia de Petroquímica, México, 9 de febrero de 1971.
5. Diario Oficial de la Federación, Reglamento de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en la Rama del Petróleo, 25 de agosto de 1959.

Artículos

1. Bucay, Benito, Apuntes de Historia de la Química Industrial de México, México, 2003, 11 p.
2. Garduño Morán, Karla, PEMEX ante su Reforma, Reforma, México, 20 de enero de 2008, Sección Suplemento Enfoque.
3. IMIQ, Propuesta del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos para Potenciar el Desarrollo de la Industria Petroquímica en México, IMIQ, México, octubre de 2006, 77 p.

4. López, Mayolo, Buscan Reactivar la Petroquímica, Reforma, México, 19 de febrero de 2008, Sección Nacional, p.5.
5. Royal Belgian Academy Council of Applied Science, Industrial Biotechnology and Sustainable Chemistry, Bélgica, 2004, 32 p. Artículo disponible en la siguiente dirección electrónica: www.massey.ac.nz/~ychisti/IndBiotech.pdf

Páginas Web

1. www.gas.pemex.com (PEMEX Gas y Petroquímica Básica)
2. www.lummus.cbi.com
3. www.pemex.com
4. www.pep.pemex.com (PEMEX Exploración y Producción)
5. www.pmi.com.mx (PEMEX PMI Comercio Internacional)
6. www.ptq.pemex.com (PEMEX Petroquímica)
7. www.quiminet.com
8. www.ref.pemex.com (PEMEX Refinación)

ANEXOS

Anexo A. Productos Producidos y Comercializados por PEMEX Petroquímica

Aromáticos

Los aromáticos y solventes se producen en el Complejo Petroquímico Cangrejera. Se dirigen principalmente al mercado de pinturas, solventes, pegamentos, impermeabilizantes, recubrimientos, selladores y adhesivos.

| |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aromina 100 Es un líquido incoloro de un peso específico aproximado de 0.870 de la familia de los aromáticos. |
| Cómo se Produce Se obtiene del reformado de naftas. |
| Usos y Aplicaciones Industria de pinturas Industria textil Limpieza de prendas de poliéster Serigrafía Vehículo en insecticidas y herbicidas |
| Cómo se Transporta Autotanque |
| Centros de Distribución <ul style="list-style-type: none">• Centro Embarcador Cangrejera |

| |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Benceno Líquido incoloro, no polar, de olor característico agradable, sus vapores se queman con alta emisión de humo, forma mezclas explosivas con el aire, es tóxico por ingestión, inhalación y absorción por la piel, es poco soluble en agua, miscible con alcohol, éter, acetona, tetracloruro de carbono, disulfuro de carbono y ácido acético. |
| Cómo se Produce Se obtiene del reformado de naftas. |
| Usos y Aplicaciones Etilbenceno (para monómero de estireno), fenol, ciclohexano (para nylon), dodecibenceno, anhídrido maléico, dicloro difenil tricloroetano (DDT), nitrobenceno (para anilina), cumeno, hexaclorobenceno, solvente, resinas, ciclohexanol, bisfenol A, alquilfenoles, desinfectantes, removedores de pintura. |
| Cómo se Transporta Autotanque |

Buquetanque

Estireno

Líquido incoloro, transparente, olor dulce y apariencia aceitosa, insoluble en agua; soluble en alcohol y éter. Fácilmente polimeriza cuando es expuesto al calor, luz o a catalizadores de peróxido. La polimerización es exotérmica y puede dar riesgo de explosión. Es inflamable e inestable, se maneja inhibido, moderadamente tóxico por ingestión e inhalación.

Cómo se Produce

Se obtiene a partir de etileno y benceno, mediante el proceso catalítico Monsanto-Lummus.

Usos y Aplicaciones

Copolímeros de estireno ABS, SAN
Fibras
Láminas de fibra de vidrio
Poliestireno cristal
Poliestireno expansible
Poliestireno impacto
Resinas
Resinas poliéster
Sistemas de aislamiento
Tabletas electrónicas

Cómo se Transporta

Ducto
Autotanque
Buquetanque

Centros de Distribución

- Centro Embarcador Cangrejera
- Centro Embarcador Pajaritos (Ref)

Flux Oil Alquitrán de Benceno

Sustancia color negro, viscosa, flamable.

Cómo se Produce

Se obtiene como subproducto en la producción de estireno.

Usos y Aplicaciones

Aditivo

Cómo se Transporta

Autotanque

Centros de Distribución

- Centro Embarcador Cangrejera

Gas Nafta

Es un solvente incoloro de un peso específico aproximado de 0.768.

Cómo se Produce

Se obtiene del reformado de naftas.

Usos y Aplicaciones

Agente de limpieza en litografía
Desmanchador en tintorerías
Diluyente de aceites lubricantes
Solvente de pinturas y recubrimientos

Cómo se Transporta

Autotanque

Centros de Distribución

- Centro Embarcador Pajaritos (Ref)

Isohexano

Es un líquido incoloro alterno al hexano, con bajo contenido de benceno.

Cómo se Produce

Se obtiene del reformado de naftas.

Usos y Aplicaciones

Alcohol desnaturalizado
Diluyente en pinturas
Elaboración de thinners
Materia prima para síntesis orgánicas
Solvente para preparación de adelgazadores

Cómo se Transporta

Autotanque

Centros de Distribución

- Centro Embarcador Cangrejera

Ortoxileno

Incoloro, no corrosivo, insoluble en agua, aroma dulce.

Cómo se Produce

Se obtiene del reformado de naftas.

Usos y Aplicaciones

PVC flexible (tuberías, revestimientos, cables, aplicaciones de uso médico).

Cómo se Transporta

Autotanque
Carrotanque

Paraxileno

Líquido incoloro, inflamable, olor aromático, insoluble en agua.

Cómo se Produce

Se obtiene de la isomerización y cristalización de xilenos.

Usos y Aplicaciones

Poliéster (botellas PET, fibras para ropa y tapizado, rayos X, material deportivo, películas de video y de cassettes de audio)

Cómo se Transporta

Ducto
Buquetanque

Centros de Distribución

- Centro Embarcador Cangrejera

Solcan I-20

Es una mezcla de tolueno y xileno, líquido claro y libre de sedimentos o nebulosidad con un peso específico aproximado de 0.870.

Cómo se Produce

Se obtiene del reformado de naftas.

Usos y Aplicaciones

Elaboración de thinners.
Industria de pinturas.

Cómo se Transporta

Autotanque

Tolueno

Líquido incoloro, olor aromático agradable. Soluble en alcohol, benceno y éter, insoluble en agua, inflamable, tóxico por ingestión, inhalación y absorción por la piel.

Cómo se Produce

Se obtiene del reformado de naftas.

Usos y Aplicaciones

Gasolina de aviación y para mezclas de alto octanaje; benceno, fenol y caprolactama; solvente de pinturas y recubrimientos, gomas, resinas, la mayoría de aceites, hule, vinil organosoles; diluyente y thinner en lacas de nitrocelulosa; intermedio químico (ácido benzoico, sacarina, medicinas, perfumes); fuente de toluen diisocianatos (resinas de poliuretano); explosivos (TNT); toluensulfonato (detergentes).

Cómo se Transporta

Autotanque
Buquetanque

Centros de Distribución

- Centro Embarcador Pajaritos (Ref)

Xileno

Líquido incoloro, formado por la mezcla de los isómeros, orto, meta y paraxileno, inflamable; de olor aromático, insoluble en agua, soluble en alcohol y éter.

Cómo se Produce

Se obtiene del reformado de naftas.

Usos y Aplicaciones

Elaboración de cosméticos y secantes
Esmaltes
Lacas
Síntesis de químicos orgánicos
Solvente de resinas alquidálicas
Solventes

Cómo se Transporta

Autotanque

Centros de Distribución

- Centro Embarcador Pajaritos (Ref)

Químicos

Se incluyen en este grupo los derivados del gas natural como lo son el metanol y el amoniaco así como los derivados del etileno como el óxido de etileno, los glicoles, el acetaldehído, etc. En su mayoría se producen en los Complejos Petroquímicos Cangrejera y Morelos.

Es importante mencionar que el etileno es el componente más importante de la cadena petroquímica mexicana.

Ácido Cianhídrico

El ácido cianhídrico pertenece a la familia de los cianuros, es un subproducto obtenido en el proceso del acrilonitrilo, es un líquido incoloro o ligeramente azulado, a 20 °C y una atmósfera, con olor semejante a las almendras amargas, es sumamente tóxico.

Cómo se Produce

Se obtiene como subproducto en la producción de acrilonitrilo.

Usos y Aplicaciones

Como materia prima para las resinas acrílicas
Minería como sales de cianuro
Para formación de alimentos balanceados para el ganado
Para formación de productos farmacéuticos

Cómo se Transporta

Ducto

Ácido Muriático

Es un líquido amarillo claro, estable e irritante, altamente corrosivo, soluble en agua, no es inflamable pero reacciona con la mayoría de los metales, desprendiendo hidrógeno el cual es muy inflamable mezclado con el aire. Su fórmula química es: HCl (Concentración de cloro al 20% y al 30%).

Cómo se Produce

Se produce en el complejo Pajaritos como subproducto del proceso de obtención del cloruro de vinilo.

Usos y Aplicaciones

Agente limpiador, desinfectante.

Cómo se Transporta

Autotanque

Acrlonitrilo Grado Fibra

Líquido inflamable, incoloro, olor semejante al de las almendras de hueso de durazno; tóxico, es sensible a la luz, autopolimeriza y se maneja inhibido.

Cómo se Produce

Es producido por el proceso de amoxidación de propileno con amoníaco, desarrollado por SOHIO y actualmente soportado por BP Chemicals.

Usos y Aplicaciones

Fibras sintéticas, hule nitrilo NBR, plásticos, acrilato de metilo, acrilamida, emulsiones acrílicas, soluciones acrílicas, poliacrilato de sodio, en textiles como dispersantes, pigmentos y colorantes

azoicos, plastificante en resinas intercambiadoras de iones, poliéster de ácido acrílico.

Acrilonitrilo se convierte a Poliacrilonitrilo

Usos: fibra acrílicas.

Acrilonitrilo más Butadieno se convierte a hule nitrilo (NBR)

Usos: sellos, empaques, protectores para tubería, diafragmas para bombas, retenes, deflectores, mangueras para aceite y gasolina, rodillos para imprentas, suelas y tacones para calzado industrial y tapones para envases.

Acrilonitrilo más estireno se convierte a SAN

Usos: moldeo de artículos domésticos.

Acrilonitrilo más Butadieno más Estireno se convierte a ABS

Usos: Moldeo para inyección de partes automotrices, teléfonos, interiores de refrigeradores, paneles y juguetes.

Cómo se Transporta

Autotanque

Buquetanque

Centros de Distribución

- Centro Embarcador Morelos

Acrilonitrilo Grado San

Líquido inflamable, incoloro, olor semejante al de las almendras de hueso de durazno; tóxico, es sensible a la luz, autopolimeriza, se maneja inhibido.

Cómo se Produce

Es producido por el proceso de amoxidación de propileno con amoníaco, desarrollado por SOHIO y actualmente soportado por BP Chemicals.

Usos y Aplicaciones

Fibras sintéticas, hule nitrilo NBR, plásticos, acrilato de metilo, acrilamida, emulsiones acrílicas, soluciones acrílicas, poliacrilato de sodio, (en textiles como dispersantes), pigmentos y colorantes azoicos, plastificante en resinas intercambiadoras de iones, poliéster de ácido acrílico.

Acrilonitrilo se convierte a Poliacrilonitrilo

Usos: fibra acrílicas.

Acrilonitrilo más Butadieno se convierte a hule nitrilo (NBR)

Usos: sellos, empaques, protectores para tubería, diafragmas para bombas, retenes, deflectores, mangueras para aceite y gasolina, rodillos para imprentas, suelas y tacones para calzado industrial y tapones para envases.

Acrilonitrilo más estireno se convierte a SAN

Usos: moldeo de artículos domésticos.

Acrilonitrilo más Butadieno más Estireno se convierte a ABS

Usos: Moldeo para inyección de partes automotrices, teléfonos, interiores de refrigeradores, paneles y juguetes.

Cómo se Transporta

Autotanque
Buquetanque

Amoniaco

Es un gas incoloro, tiene olor intenso y sumamente irritante, es muy soluble en agua, alcohol y éter, licua fácilmente por presión, es combustible.

Cómo se Produce

Las plantas productoras son de capacidad mundial y operan con el proceso Haber-Bosch, a partir de gas natural.

Usos y Aplicaciones

Fertilizantes solo o en forma de compuestos como sulfato de amonio, nitrato de amonio y urea, sulfato de hidroxilamina, acrilonitrilo, fibras sintéticas y plásticos (nylon, resinas urea-formaldehído, uretano y melamina), refrigerantes, ácido nítrico, explosivos, hidrazina, aminas, amidas y para otros compuestos orgánicos nitrogenados que sirven como intermediarios en la industria farmacéutica.

Cómo se Transporta

Ducto
Autotanque
Carrotanque
Buquetanque

Centros de Distribución

- Centro Embarcador Cosoleacaque
- Centro Embarcador Guaymas

Bióxido de Carbono

Incoloro, inodoro, volátil, soluble en agua en un 88%.

Cómo se Produce

Se obtiene como subproducto en la producción de amoniaco y óxido de etileno.

Usos y Aplicaciones

Gas en los refrescos, les da el sabor ácido y la estimulante sensación de burbujeo. Inertización de reactores, tanques o equipos de transferencia. En procesos de soldadura por arco, en la industria de fundición, del plástico y en la industria química entre otras.

Cómo se Transporta

Ducto

Butadieno Crudo

Gas incoloro con suave olor a aromático, licua fácilmente, polimeriza fácilmente, particularmente si el oxígeno se encuentra presente, el material comercial contiene inhibidores para prevenir la polimerización espontánea durante su manejo o almacenamiento.

Cómo se Produce

Se obtiene como subproducto en la producción de etileno.

Usos y Aplicaciones

Elastómeros sintéticos (Estireno-Butadieno, Polibutadieno, Neopreno; nitrilos), resinas ABS, químico intermedio.

Cómo se Transporta

Buquetanque

Cloruro de Vinilo

Es un gas incoloro, licua fácilmente, olor etéreo. Usualmente se maneja como líquido y se le adiciona inhibidor, es inflamable y estable, pero a temperaturas elevadas en presencia de oxígeno o luz solar se polimeriza.

Cómo se Produce

Se produce a partir de etileno y cloro, a través del proceso de oxiclорación de BF Goodrich actualmente soportado por Oxyvinyls.

Usos y Aplicaciones

Cloruro de polivinilo y copolímeros, cloruro de polivinilideno (SARAN), síntesis orgánicas, adhesivos para plásticos.

Cómo se Transporta

Carrotanque
Buquetanque

Centros de Distribución

- Centro Embarcador Pajaritos (Ref)

Dicloroetano

Líquido oleaginoso incoloro, inflamable, de olor etéreo semejante al cloroformo, sabor dulce. Resistente a la oxidación. No corroe metales, muy poco soluble en agua, miscible con la mayoría de los solventes.

Cómo se Produce

Producto intermedio en la producción de cloruro de vinilo.

Usos y Aplicaciones

Cloruro de vinilo, tetraetilo de plomo, solvente (extracción de esteroides), removedor de pinturas, pinturas, barnices, desengrasantes, agentes humectantes y penetrantes, síntesis orgánicas, flotación de minerales, insecticidas.

Cómo se Transporta

Autotanque

Dietilenglicol

Líquido incoloro, inodoro, sispuroso y de sabor dulce, extremadamente higroscópico, no corrosivo, abate el punto de congelación del agua, alcohol etílico, acetona, etilenglicol y éter. Inmiscible con benceno, tolueno, tetracloruro de carbono, combustible.

Cómo se Produce

Se obtiene como subproducto en la producción de Monoetilenglicol.

Usos y Aplicaciones

Humectante para el tabaco, poliuretano.

Cómo se Transporta

Autotanque
Isocontenedor

Centros de Distribución

- Centro Embarcador Morelos

Etileno

Gas incoloro con aroma y sabor dulce, punto de congelación de -169°C , ligeramente soluble en agua, alcohol y etil éter. Gas asfixiante. Altamente flamable y explosivo. Límite de explosividad en aire: superior 3% en volumen e inferior 32% en volumen. Su fórmula química es: $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ ó C_2H_4 .

Cómo se Produce

Es producido mediante la pirólisis de etano. Se opera el proceso Lummus.

Usos y Aplicaciones

Acetato de vinilo
Cloruro de etilo
Dicloroetano
Estireno
Oxido de etileno
Polietilenos

Cómo se Transporta

Ducto

Buquetanque
Autotanque

Centros de Distribución

- Centro Embarcador Morelos
- Centro Embarcador Pajaritos (Ref)

Líquidos de Pirólisis

Líquido verdoso flamable.

Cómo se Produce

Se obtienen como subproductos en la producción de etileno.

Usos y Aplicaciones

Aumenta el octanaje en gasolinas.

Cómo se Transporta

Ducto
Buquetanque

Metanol

Líquido incoloro, altamente polar, miscible con agua, alcohol y éter, inflamable, tóxico por ingestión causa ceguera.

Cómo se Produce

Se sintetiza a partir de gas natural. PPQ tiene el proceso Lurgi.

Usos y Aplicaciones

Manufactura de formaldehído y tereftalato de dimetilo; síntesis químicas (metil aminas, cloruro de metilo, metil metacrilato), combustible de aviación; anticongelantes automotrices, solvente para nitrocelulosa, metilcelulosa, butiralpolivinilo, desnaturalizante de alcohol etílico, deshidratante de gas natural, materia prima para manufactura de proteínas sintéticas por fermentación continua, malatión, palatión metílico, salicilato de metilo, acetato de metilo, propionato de metilo, benzoato de metilo.

Cómo se Transporta

Autotanque

Centros de Distribución

- Centro Embarcador Independencia

Monoetilenglicol Grado Fibra

Líquido claro incoloro, siruposo de sabor dulce, extremadamente higroscópico, abate el punto de congelación del agua, inodoro, no volátil, soluble en agua, alcohol y éter. Tóxico por

ingestión e inhalación, dosis letal 100 cm³.

Cómo se Produce

Se produce a partir de óxido de etileno y agua. Proceso Scientific Design.

Usos y Aplicaciones

Antiebullentes.

Fibra Poliéster.

Cómo se Transporta

Autotanque

Buquetanque

Isocontenedor

Centros de Distribución

- Centro Embarcador Morelos

Monoetilenglicol Impuro

Líquido transparente, incoloro, olor ligeramente dulce y poco volátil. Es soluble en agua, alcohol y éter. Una de sus principales cualidades es bajar el punto de congelación del agua usándose por ello como base en los anticongelantes. Es tóxico por ingestión. Su fórmula química CH₂-OH-CH₂-OH Nombres comerciales: Meg puro o Meg grado industrial.

Cómo se Produce

Se produce a partir de óxido de etileno y agua. Proceso Scientific Design.

Usos y Aplicaciones

Anticongelantes automotrices

Frenos hidráulicos

Lubricantes automotrices

Plastificantes

Cómo se Transporta

Autotanque

Centros de Distribución

- Centro Embarcador Cangrejera

Monoetilenglicol Puro

Líquido transparente, incoloro, olor ligeramente dulce y poco volátil. Es soluble en agua, alcohol y éter. Una de sus principales cualidades es bajar el punto de congelación del agua usándose por ello como base en los anticongelantes. Es tóxico por ingestión. Su fórmula química CH₂-OH-CH₂-OH Nombres comerciales: Meg puro o Meg grado industrial.

Cómo se Produce

Se produce a partir de óxido de etileno y agua. Proceso Scientific Design.

Usos y Aplicaciones

Anticongelantes automotrices
Frenos hidráulicos
Lubricantes automotrices
Plastificantes

Cómo se Transporta

Autotanque

Centros de Distribución

- Centro Embarcador Cangrejera

Oxido de Etileno

Gas incoloro a temperatura ambiente, olor característico al del éter etílico, soluble en solventes orgánicos; miscible con agua en todas proporciones. Altamente inflamable, inestable, polimeriza con óxidos o cloruros metálicos o álcalis con elevación de temperatura y presión.

Cómo se Produce

Se produce a partir de etileno y oxígeno. Proceso Scientific Design.

Usos y Aplicaciones

Manufactura de glicoles; surfactantes; etanolaminas; desemulsificantes de petróleo; fumigantes; propelente de cohetes, esterilizante industrial, polietilenglicoles, éteres alquílicos de etilenglicol, surfactantes no iónicos, etanolaminas, cloruro de colina, beta-hidroxietilhidracina.

Cómo se Transporta

Carrotanque
Ducto

Centros de Distribución

- Centro Embarcador Cangrejera
- Centro Embarcador Morelos

Propileno G.P.

Gas incoloro; soluble en alcohol y éter; ligeramente soluble en agua; baja toxicidad; altamente inflamable; límite de explosividad en el aire de 2 a 11%; P.E. -47°C; P.F. -185.2°C; G.E (líquido) 0.5139 (20/4°C); densidad de vapor a 0°C (aire=1) 1 .46; P.F -162 °F; autoignición 927 °F

Cómo se Produce

Se obtiene de la pirólisis de propano.

Usos y Aplicaciones

Accesorios para baño

Adhesivos para aglomerados de madera y triplay
Agitadores de lavadoras
Asientos y volantes automotrices
Cascos de lanchas
Colchones y asientos
Componentes eléctricos
Oxido de propileno

Cómo se Transporta

Ducto
Buquetanque

Centros de Distribución

- Centro Embarcador Morelos

Propileno Grado Técnico

Gas incoloro, se maneja como líquido a presión, soluble en alcohol y éter, muy poco soluble en agua; altamente inflamable, olor olefínico, puede formar mezclas explosivas.

Cómo se Produce

Se obtiene de la pirólisis de propano.

Usos y Aplicaciones

Polipropileno, acrilonitrilo, cumeno, alcohol isopropílico, óxido de propileno, ácido acrílico, gasolina polimerizada.

Cómo se Transporta

Ducto
Buquetanque

Trietilenglicol

Líquido incoloro, higroscópico, prácticamente sin olor, soluble en agua, inmiscible con benceno, tolueno y gasolina. Combustible, baja toxicidad.

Cómo se Produce

Se obtiene como subproducto en la producción de Monoetilenglicol.

Usos y Aplicaciones

Deshidratante del gas natural
Fluidos hidráulicos
Humectante de tintas de impresión
Inhibidor de corrosión
Plastificantes

Cómo se Transporta

Autotanque
Isocontenedor

Polímeros

En PPQ se producen tres tipos de resinas: el polietileno de baja densidad, el polietileno de baja densidad lineal y el polietileno de alta densidad. El polietileno de baja densidad se utiliza principalmente en la obtención de bolsas para empaque de todo tipo de productos; el polietileno de alta densidad es utilizado en la fabricación de miles de artículos de plástico.

Las resinas producidas por PPQ pueden ser utilizadas en cuatro tipos de procesos, estos procesos son:

- **Extrusión:** consiste en alimentar un plástico para fundirlo y hacerlo fluir a través de un dado donde toma la forma final. El proceso de extrusión es uno de los más importantes en la industria de la transformación de plásticos. Entre los productos que se pueden manufacturar mediante la extrusión se encuentran las tuberías, mangueras, fibras, flejes, películas, perfiles, etc.
- **Inyección:** consiste en alimentar un plástico para fundirlo y hacerlo fluir a un molde o cavidad donde toma la forma final. El proceso de inyección es uno de los más importantes en la industria de la transformación de plásticos. Entre los productos que se pueden manufacturar mediante inyección se encuentran las cubetas, tarimas, conectores, cajas, tapas, accesorios, etc.
- **Soplado:** se lleva a cabo por extrusión o inyección y consiste en inflar un “parison” o preforma en un molde donde tomará la forma del mismo. Por extrusión se fabrica más del 80% de los recipientes de polietileno con capacidad desde 15 ml a 200 lts, así como juguetes, cubiertas, tableros, tanques y depósitos de autos. La inyección se concreta a envases menores a 1 lt y hasta de 1 ml.
- **Rotomoldeo**

Tabla 1 Polímeros Producidos en PPQ y sus Procesos Aplicativos

| | Procesos | | | |
|--------------------------------------------|----------|-----------|-----------|------------|
| | Soplado | Inyección | Extrusión | Rotomoldeo |
| Polietileno de Baja Densidad Lineal | | | | |
| Polietileno de Baja Densidad | | | | |
| Polietileno de Alta Densidad | | | | |

Fuente: www.ptq.pemex.com (PEMEX Petroquímica)

Polietilenos de Baja Densidad Lineal

Proceso de Extrusión

BDL 92010 C

Copolímero con buteno que ofrece excelente procesabilidad, alta resistencia mecánica, con una buena capacidad para mezclarse con polietileno de alta y baja densidad en extrusión. Contiene deslizante, antibloqueante y aditivos que mejoran la estabilidad y procesabilidad de la resina.

Cómo se Produce

En planta Swing, tecnología Univation.

Usos y Aplicaciones

Coextrusión
Bolsas
Película Tubular
Bolsas
Sacos

Cómo se Transporta

Trailer
Contenedor
Autotolva
Ferrotolva

Presentación

Saco de 25 Kg.
A granel

BDL 92010 S

Copolímero con buteno que ofrece excelente procesabilidad, alta resistencia mecánica, con una buena capacidad para mezclarse con polietileno de alta y baja densidad en extrusión. No contiene aditivo deslizante ni antibloqueante.

Cómo se Produce

Elaborado en la planta Swing, tecnología Univation.

Usos y Aplicaciones

Coextrusión
Bolsas
Película Tubular
Sacos

Cómo se Transporta

Sacos
Autotolvas
Ferrotolvas

Presentación

Saco 25 Kg.
Granel

BDL 92020 C

Copolímero con buteno que ofrece excelente procesabilidad, alta resistencia mecánica y buena capacidad para mezclarse con polietileno de alta y baja densidad en extrusión. Contiene deslizante, antibloqueante y aditivos que mejoran la estabilidad y procesabilidad de la resina.

Cómo se Produce

En planta Swing, tecnología Univation.

Usos y Aplicaciones

Películas para empacado automático
Bolsas
Película tubular
Coextrusión.

Cómo se Transporta

Trailer
Contenedor
Autotolva
Ferrotolva

Presentación

Saco de 25 Kg.
A granel

BDL 92020 S

Copolímero con buteno que ofrece excelente procesabilidad, alta resistencia mecánica y buena capacidad para mezclarse con polietileno de alta y baja densidad en extrusión. No contiene aditivo deslizante ni antibloqueante.

Cómo se Produce

En planta Swing, tecnología Univation.

Usos y Aplicaciones

Películas para empacado automático
Bolsas
Película tubular
Coextrusión

Cómo se Transporta

Trailer
Contenedor
Autotolva
Ferrotolva

Presentación

Saco de 25 Kg.
A granel

Proceso de Rotomoldeo**BDL 36050**

Copolímero con hexeno que ofrece excelente procesabilidad, en especial para artículos fabricados mediante el proceso de rotomoldeo. Contiene aditivo antioxidante para procesado y estabilizador UV.

Cómo se Produce

En planta Swing, tecnología Univation.

Usos y Aplicaciones

Tinacos, tanques y cisternas
Artículos deportivos de gran tamaño
Juguetes y Juegos infantiles de grandes dimensiones

Cómo se Transporta

Trailer
Contenedor
Autotolva

Ferrotolva

Presentación

Saco de 25 Kg.
A granel

Polietilenos de Baja Densidad

Proceso de Inyección

PX 18450 G

Homopolímero recomendado por su alta fluidez para moldeo por inyección en moldes con cavidades complicadas. Éste producto ofrece excelente procesabilidad y brillo.

Cumplimiento FDA:

Este material cumple con la regulación FDA título 21.CFR177.1520; la cual permite el uso y aplicación del producto en artículos y componentes de artículos que estén en contacto con alimentos.

Cómo se Produce

Se produce por la polimerización de etileno. Proceso ICI de alta presión.

Usos y Aplicaciones

Artículos deportivos
Tapas y taponés flexibles
Árboles, flores, follaje y césped artificial

Cómo se Transporta

Caja
Autotolva
Ferrotolva

Presentación

Sacos de 25 kg.
Granel

Centros de Distribución

- Centro Embarcador Escolín

Proceso de Extrusión

PX 17070 L

Homopolímero con excelente adhesión a cualquier sustrato a bajas temperaturas de extrusión. Éste polietileno ofrece buenas propiedades de estiramiento, es fácil de procesar y ofrece buena resistencia.

| |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Cumplimento FDA: Este material cumple con la regulación FDA título 21.CFR177.1520; la cual permite el uso y aplicación del producto en artículos y componentes de artículos que estén en contacto con alimentos.</p> |
| <p>Cómo se Produce</p> <p>Se produce por la polimerización de etileno. Proceso ICI de alta presión.</p> <p>Usos y Aplicaciones</p> <p>Artículos para el hogar Tapas y taponos flexibles con buen brillo Laminación Revestimiento de aluminio Revestimiento de cartón Revestimiento de celofán Revestimiento de envases para bebidas hechas a base de cartón (leche, jugo, fruta en conserva, etc.) Revestimiento de papel Kraft</p> <p>Cómo se Transporta</p> <p>Caja Autotolva Ferrotolva</p> <p>Presentación</p> <p>Sacos de 25 kg. Granel</p> <p>Centros de Distribución</p> <ul style="list-style-type: none"> • Centro Embarcador Escolín |

| |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>PX 20020 P</p> <p>Homopolímero con aditivos antioxidantes, deslizantes, antiestáticos y antibloqueo. El producto ofrece un magnífico balance en propiedades ópticas y mecánicas, que permiten dar estabilidad y estabilidad a la resina, logrando una combinación de baja nebulosidad, buena claridad y excelente brillo; además de obtener alta resistencia mecánica y estupenda procesabilidad, impermeable al agua y relativamente poco permeable al vapor de agua y gases.</p> <p>Cumplimento FDA y EEC: Este material cumple con la regulación FDA título 21.CFR177.1520 y con las directivas europeas 2002/72/EC, 85/572/EC y 97/48/EC; las cuales permite el uso y aplicación del producto en artículos y componentes de artículos que estén en contacto con alimentos.</p> |
| <p>Cómo se Produce</p> <p>Se produce por la polimerización de etileno. Proceso ICI de alta presión.</p> <p>Usos y Aplicaciones</p> <p>Bolsas impresas para pañales y toallas sanitarias desechables Laminación para productos pesados Película tubular, plana y termoencogible Recubrimiento para alambre y cable</p> |

Tubería Conduit
Tapas para botellas
Perfiles en general

Cómo se Transporta

Caja
Autotolva
Ferrotolva

Presentación

Sacos de 25 kg.
Granel

Centros de Distribución

- Centro Embarcador Cangrejera

PX 20020 X

Homopolímero grado película sin aditivos, recomendado para el moldeo por soplado o extrusión. Ofrece una combinación de aceptable nebulosidad, buena claridad y excelente brillo con una alta resistencia mecánica; logrando una excelente procesabilidad.

Cumplimento FDA y EEC:

Este material cumple con la regulación FDA título 21.CFR177.1520 y con las directivas europeas 2002/72/EC, 85/572/EC y 97/48/EC; las cuales permite el uso y aplicación del producto en artículos y componentes de artículos que estén en contacto con alimentos.

Cómo se Produce

Se produce por la polimerización de etileno. Proceso ICI de alta presión.

Usos y Aplicaciones

Película en general
Empaques y envases para alimentos
Inyección de tapas inviolables
Juguetes
Monofilamentos
Perfiles
Tubería de baja presión

Cómo se Transporta

Caja
Autotolva
Ferrotolva

Presentación

Sacos de 25 kg.
Granel

Centros de Distribución

- Centro Embarcador Cangrejera

PX 22004

Homopolímero recomendado para la elaboración de productos de uso rudo. Ofrece una combinación de buena apariencia visual con una excelente resistencia mecánica; así mismo ofrece máxima resistencia a fracturas por esfuerzos ambientales (ESCR). También puede usarse en moldeo por soplado.

Cumplimento FDA:

Este material cumple con la regulación FDA título 21.CFR177.1520; la cual permite el uso y aplicación del producto en artículos y componentes de artículos que estén en contacto con alimentos.

Cómo se Produce

Se produce por la polimerización de etileno. Proceso ICI de alta presión.

Usos y Aplicaciones

Película y empaque de alta resistencia para uso industrial y agrícola

Película para invernaderos

Sacos Industriales

Filamentos

Perfiles

Tubería flexible para riego

Cómo se Transporta

Caja

Autotolva

Ferrotolva

Presentación

Sacos de 25 kg.

Granel

Centros de Distribución

- Centro Embarcador Escolín

Polietileno de Alta Densidad**Proceso de Soplado****PADMEX 56035**

Copolímero grado soplado, con una distribución de peso molecular ancha. Ofrece excelente rigidez, procesabilidad, y resistencia al impacto; así como buena resistencia al agrietamiento por esfuerzo ambiental (ESCR). Contiene aditivo antioxidante y lubricante.

Cumplimento FDA y EEC:

Este material cumple con la regulación FDA título 21.CFR177.1520 y con las directivas europeas 2002/72/EC, 85/572/EC y 97/48/EC; las cuales permite el uso y aplicación del producto en artículos y componentes de artículos que estén en contacto con alimentos.

Cómo se Produce

Elaborado en la Planta Mitsui.

Usos y Aplicaciones

Botellas para conservar productos químicos y de limpieza de hasta 4 lts.
Tubería para drenaje y ductos no presurizados

Cómo se Transporta

Caja
Autotolva
Ferrotolva

Presentación

Sacos de 25 kg.
Granel

Centros de Distribución

- Centro Embarcador Morelos
- Guadalajara: HORCO, Centro Embarcador Autorizado

Proceso de Inyección

PADMEX 60120 / 60120 m

Copolímero con una distribución de peso molecular muy angosta. Excelente procesabilidad, buena capacidad para mezclarse con polietilenos de baja densidad PX, especialmente para moldeo por inyección de ciclos de producción rápidos. Contiene aditivo antioxidante y lubricante.

Cumplimento FDA y EEC:

Este material cumple con la regulación FDA título 21.CFR177.1520 y con las directivas europeas 2002/72/EC, 85/572/EC y 97/48/EC; las cuales permite el uso y aplicación del producto en artículos y componentes de artículos que estén en contacto con alimentos.

Cómo se Produce

Se produce por la polimerización de etileno. Proceso Asahi.

Usos y Aplicaciones

Artículos para el hogar
Cubetas
Palanganas
Recipientes para alimentos
Tapas

Cómo se Transporta

Caja
Autotolva

Ferrotolva

Presentación

Sacos de 25 kg.
Granel

Centros de Distribución

- Centro Embarcador Morelos
- Guadalajara: HORCO, Centro Embarcador Autorizado

PADMEX 65050

Copolímero con una distribución de peso molecular angosta. Alta resistencia al impacto, excelente resistencia al medio ambiente y luz solar. Contiene aditivo antioxidante, lubricante y protector UV.

Cumplimento FDA y EEC:

Este material cumple con la regulación FDA título 21.CFR177.1520 y con las directivas europeas 2002/72/EC, 85/572/EC y 97/48/EC; las cuales permite el uso y aplicación del producto en artículos y componentes de artículos que estén en contacto con alimentos.

Cómo se Produce

Se produce por la polimerización de etileno. Proceso Asahi.

Usos y Aplicaciones

Cajas para transportación de envases con bebidas
Cajas multiusos
Cubetas industriales
Línea hogar en recipientes grandes
Piezas industriales
Tarimas

Cómo se Transporta

Caja
Autotolva
Ferrotolva

Centros de Distribución

- Centro Embarcador Morelos
- Guadalajara: HORCO, Centro Embarcador Autorizado

PADMEX 65080

Copolímero con una distribución de peso molecular angosta. Ofrece alta resistencia al impacto, excelente resistencia al medio ambiente y luz solar, con buena procesabilidad y excelente dureza. Contiene aditivo antioxidante, lubricante y protector UV.

Cumplimento FDA y EEC:

Este material cumple con la regulación FDA título 21.CFR177.1520 y con las directivas europeas

2002/72/EC, 85/572/EC y 97/48/EC; las cuales permite el uso y aplicación del producto en artículos y componentes de artículos que estén en contacto con alimentos.

Cómo se Produce

Se produce por la polimerización de etileno. Proceso Asahi.

Usos y Aplicaciones

Cajas para transportación de envases con bebidas

Cajas multiusos

Cubetas

Cestos para basura

Cómo se Transporta

Caja

Autotolva

Ferrotolva

Presentación

Sacos de 25 kg.

Granel

Centros de Distribución

- Centro Embarcador Morelos

Anexo B. Encuesta IRIP 2006



SECRETARÍA DE ENERGÍA

SUBSECRETARÍA DE PLANEACIÓN ENERGÉTICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

INFORME DE RESULTADOS DE LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA (IRIP) 2006

La Secretaría de Energía, en ejercicio de sus funciones registrará los datos consignados en este cuestionario previa revisión y aprobación de los mismos, de acuerdo con el artículo 38 de la **Ley de Información Estadística y Geográfica** en vigor: "Los datos e informes que los particulares proporcionen en los cuestionarios serán estrictamente confidenciales y no podrán comunicarse, en ningún caso, en su forma nominativa o individual, ni serán prueba ante autoridad administrativa o fiscal, ni en juicio o fuera de él". De acuerdo con el artículo 49: "Los informantes estarán obligados a proporcionar con veracidad y oportunidad los datos e informes que les soliciten las autoridades competentes para fines estadísticos, censales y geográficos, y a prestar el auxilio y cooperación que requieran las mismas".

Este cuestionario tiene como objetivo integrar el **Anuario Estadístico Petroquímica 2006**, por lo que incluye tanto a productores como consumidores de productos petroquímicos y deberá llenarse, en su totalidad con información verídica, ya que una vez revisado y validado se agruparán los datos sin ninguna modificación posterior. Asimismo, se agradecerá que el cuestionario sea emitido a la Subsecretaría de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico: Insurgentes Sur No. 890, 3o piso, Col. Del Valle, C.P. 03100, México, D.F., Tel: 5000-6000 Ext. 2062, 2477, Fax: 5000-6223, e-mail: anuario@energia.gob.mx; khernandez@energia.gob.mx; inuno@energia.gob.mx.

I. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

I.1 Nombre completo de la razón social de la empresa, ubicación de las oficinas centrales y datos complementarios

| | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-----------------|--------------------------------------|--|
| 1. Clave de la empresa | | 2. Nombre o razón social | | 3. Siglas de la razón social | |
| 4. Calle, avenida, calzada o carretera | | 5. No. ext. o km | 6. No. interior | 7. Colonia, sector o fraccionamiento | |
| 8. Código postal | 9. Localidad, barrio o paraje | 10. Delegación política o municipio | | 11. Entidad federativa | |
| 12. Número(s) de teléfono(s) con clave Lada | | 13. Número(s) de fax con clave Lada | | 14. E-mail | |
| 15. Nombre del Director General o equivalente | | 15.1 Cargo | | | |
| 16. Responsable oficial de contestar el IRIP | | 16.1 Cargo | | 16.2 Teléfono / fax | |
| 17. Nombre del responsable directo de contestar el cuestionario | | 17.1 Cargo | | 17.2 Teléfono / fax | |

I.2 Ubicación de la Instalación Productiva

| | | | | | |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--|
| 1. Calle, avenida, calzada o carretera | | 2. No. ext. o km | 3. No. interior | 4. Colonia, sector o fraccionamiento | |
| 5. Código postal | 6. Localidad, barrio o paraje | | 7. Delegación política o municipio | | |
| 8. Entidad federativa | 9. Número(s) de teléfono(s) con clave Lada | | 10. Número de fax con clave Lada | | |
| 11. Nombre del Gerente de Planta o cargo equivalente | | 11.1 Teléfono del Gerente de Planta | | 11.2 Fax del Gerente de Planta | |

II. ESTRUCTURA PRODUCTIVA E INVERSIÓN

II.1 PROMEDIO DE PERSONAL OCUPADO EN PLANTAS PETROQUÍMICAS DURANTE EL AÑO⁹

| | | | | |
|---------------|--------------|-------------|------------|--------------------|
| 1. Directivos | 2. Empleados | 3. Técnicos | 4. Obreros | 5. Total (1+2+3+4) |
| _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |

II.2 CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO TOTAL DE LA EMPRESA EN SUS INSTALACIONES PRODUCTIVAS (NO SE REFIERE A INVENTARIOS)

| TIPO: E: esfera T: tanque A: almacén | PRODUCTO (nombre) | CAPACIDAD (toneladas) | DÍAS CUBIERTOS (producto) |
|-----------------------------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | _____ | _____ | _____ |
| <input type="checkbox"/> | _____ | _____ | _____ |
| <input type="checkbox"/> | _____ | _____ | _____ |
| <input type="checkbox"/> | _____ | _____ | _____ |
| <input type="checkbox"/> | _____ | _____ | _____ |
| <input type="checkbox"/> | _____ | _____ | _____ |
| <input type="checkbox"/> | _____ | _____ | _____ |
| <input type="checkbox"/> | _____ | _____ | _____ |
| <input type="checkbox"/> | _____ | _____ | _____ |
| <input type="checkbox"/> | _____ | _____ | _____ |
| <input type="checkbox"/> | _____ | _____ | _____ |

II.3 INVERSIONES REALIZADAS EN PLANTAS PETROQUÍMICAS DURANTE EL AÑO⁹ SI NO (PASAR AL PUNTO II.4)

| | | | |
|----------------------------------------|--------------------------------------|-------|-------|
| Destino de las inversiones realizadas: | 1. Nuevas plantas | _____ | PESOS |
| | 2. Ampliación de Capacidad instalada | _____ | PESOS |
| | 3. Reposición de equipo | _____ | PESOS |
| | 4. Proyectos ecológicos | _____ | PESOS |
| | 5. Otros ^{1/} | _____ | PESOS |
| | 6. Monto total (1+2+3+4+5) | _____ | PESOS |

^{1/}Especificar _____

II.4 PROYECTOS PETROQUÍMICOS EN EJECUCIÓN Y/O PLANEACIÓN

| A) EN EJECUCIÓN | | | | |
|------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1. Productos | 2. Capacidad instalada (t/a) | 3. Localización de la planta | 4. Fecha estimada de inicio de operación | 5. Inversión total estimada (miles de pesos) |
| _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| B) EN PLANEACIÓN | | | | |
| _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |

(t/a) toneladas anuales.

⁹ Desglosar por planta, agregando las hojas necesarias.

| III. ASPECTOS BARRIAD | | | |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|
| 1. CLAVE DEL PRODUCTO: | 2. NOMBRE DEL PRODUCTO: | 4. VOLUMEN DE VENTAS | |
| | 3- SECTORES O NICOS DE MERCADO EN LOS QUE SE COLOCA LA PRODUCCION | A) NACIONALES (t/a) | C) EXPORTACION (t/a) |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | 5. TOTAL | | |
| | | | |
| 1. CLAVE DEL PRODUCTO: | 2. NOMBRE DEL PRODUCTO: | 4. VOLUMEN DE VENTAS | |
| | 3- SECTORES O NICOS DE MERCADO EN LOS QUE SE COLOCA LA PRODUCCION | A) NACIONALES (t/a) | C) EXPORTACION (t/a) |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | 5. TOTAL | | |

t/a): toneladas anuales.
 * Esta información se rá utilizada para el balance de integración de las cadenas productivas del sector de referencia (sólo aplica para productos intermedios).

| IV. COMENTARIOS REFERENTES A LA PROBLEMÁTICA QUE ENFRENTÓ LA EMPRESA Y PERSPECTIVAS (De ser necesario para su respuesta, puede utilizar hojas complementarias) | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| TEMAS | |
| 1. SUMINISTRO DE INSUMOS (Ejemplo: Gas natural) | _____ |
| | |
| | |
| 2. OPERACIÓN | _____ |
| | |
| | |
| 3. VENTAS (Mercado interno y externo) | _____ |
| | |
| | |
| 4. ADMINISTRACIÓN | _____ |
| | |
| | |
| 5. FINANZAS | _____ |
| | |
| | |
| 6. INDUSTRIA (Aspectos sectoriales y de la subrama) | _____ |
| | |
| | |
| 7. ECONOMÍA (Aspectos macroeconómicos) | _____ |
| | |
| | |
| 8. OTROS | _____ |
| | |
| | |
| | |