
RESUMEN.

El trabajo que a continuación se desarrolla, comprende los siguientes cinco capítulos:

- 1) Rocas generadoras
- 2) Migración
- 3) Las rocas almacenadoras y sello
- 4) Evaluación petrolera de cuencas sedimentarias
- 5) Yacimientos petroleros de México.

Los temas antes mencionados, se abordan de forma clara, amplia, y sobre todo con información actualizada.

En el Capítulo uno, se abarca todo lo referente a la roca generadora, siendo la unidad sedimentaria con más del 1% de materia orgánica (carbono orgánico total) que ha generado o es potencialmente generadora de petróleo y/o gas; también trata lo referente a la forma en que se origina a través de restos de organismos vegetales y animales que en grandes cantidades fueron depositados en Cuencas Sedimentarias durante millones de años. Desde que se acumula la materia orgánica en un medio que favorece su preservación (ambiente reductor), se va cubriendo por sepultamiento y experimenta una serie de cambios junto con los sedimentos que la contiene, estos cambios o evoluciones se dividen en tres etapas: Diagénesis, Catagénesis y Metagénesis. La materia orgánica acumulada y ubicada cerca de la superficie terrestre es sintetizada por medio de organismos vivientes y posteriormente depositada y preservada en los sedimentos; dependiendo de eventos geológicos posteriores, parte de la materia orgánica se puede transformar en hidrocarburos de aceite y/o gas de diferente calidad, otra parte en carbón mineral y el resto circula en el agua, rocas, atmósfera y diferentes formas de vida (ciclo del carbono). La mayoría de los yacimientos de petróleo del Mesozoico de México están relacionados genéticamente

con las rocas del Jurásico Superior, especialmente las rocas del Tithoniano; sus yacimientos son de gas y aceite, y en la mayoría de los casos se encuentran acumulados en rocas calcáreas del Mesozoico, en cambio los yacimientos de gas se formaron principalmente a partir de secuencias mesozoicas y cenozoicas, y se encuentran en secuencias siliciclásticas jóvenes.

En el Capítulo dos se desarrolla de forma muy amplia la forma en que se manifiestan los hidrocarburos en la naturaleza, la clasificación de los diferentes tipos de manifestaciones que existen, así como sus principales características. Enseguida se desarrolla lo que se conoce como migración de los hidrocarburos, la clasificación que guarda éste concepto, así como las causas que lo producen y los factores que hacen que el hidrocarburo cargue una trampa o se destruye cuando llega a la superficie al no encontrar barreras a su migración.

En el Capítulo tres se aborda lo referente a la roca almacenadora y sello, los principales tipos de rocas que existen para cada una de ellas y las características propias de las mismas, analizando sus propiedades petrofísicas. Se analizan las características principales de las Trampas Petroleras Estratigráficas, Estructurales y Mixtas, la clasificación de cada una de ellas, así como de los diferentes tipos de fallamiento y plegamiento.

En el Capítulo cuatro se desarrolla de forma muy amplia, los diferentes tipos de sistemas de depósito, así como las secuencias estratigráficas. También se aborda el tema de la tectónica de placas, la cual resulta muy importante para comprender que a lo largo de la historia de la Tierra las condiciones de la misma han cambiado notablemente; se analiza la forma de llevar a cabo el mapeo de cuencas. Se define el sistema petrolero así como el concepto de Play, resaltando

la importancia de éstos conceptos en la exploración y explotación petrolera.

En el Capítulo cinco se hace un análisis detallado de la historia geográfica y geológica de México, donde se encuentran todas las cuencas sedimentarias que existen a lo largo de la República Mexicana, así como de los diferentes yacimientos petroleros que existen en ellas, y la distribución geográfica que guardan. En el último subtema que titula, zonas potenciales futuras, se hace referencia a las zonas que pudieran ser consideradas como potenciales en un futuro no muy lejano, las cuales deberán de ser exploradas y explotadas, para poder reponer nuestras reservas e incrementar las misma. En la parte final se describen casos particulares de yacimientos petroleros recientemente descubiertos, en la República Mexicana.

INTRODUCCIÓN

El trabajo que a continuación se desarrolla, tiene como objetivo principal, el de proporcionar una herramienta indispensable dentro de la formación profesional de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Petrolera, y de otras áreas de las Ciencias de la Tierra, de modo que con ello, y como el mismo nombre del trabajo lo dice, se traten, definan y desarrollen los fundamentos de la Geología del Petróleo, para la explotación óptima de Hidrocarburos. Es por ello que una de las finalidades de elaborar este trabajo, es la de tener en conjunto, conceptos y fundamentos teórico-prácticos acerca del petróleo, de las características propias del mismo, y de todo lo que conlleva la caracterización del lugar en donde se encuentra en la naturaleza.

Dentro de este trabajo se abordan diferentes temas y sub-temas que corresponden a identificar las características de los yacimientos petroleros, las herramientas para identificar sus propiedades de modo que con ello, se pueda llevar a cabo en detalle, un buen trabajo de exploración y explotación.

Es importante señalar que este trabajo contiene información completa sobre las principales características que tiene un yacimiento petrolero, está en español está actualizado y está ordenado de tal manera que el usuario encuentre en los diferentes temas y sub-temas de interés agrupados en un solo escrito. La importancia de este trabajo, consiste en que muestra de manera ordenada, clara y amplia los diferentes elementos que definen la Geología del Petróleo.

Uno de los problemas más comunes y delicados graves de cualquier unidad de exploración petrolera, y con ella, la de las empresas mismas, y la de la gente que en ella labora, es la de decidir que provincia

petrolera inexplorada o parcialmente explorada, ofrece la mayor promesa de un hallazgo de un nuevo yacimiento petrolero que justifique el gasto de recursos financieros y humanos y que la empresa se consolide y crezca. Todos ellos en conjunto deben elegir entre un cierto número de áreas que tienen diversas características con la mayor probabilidad de haber elegido la mejor. Hoy en día las grandes compañías hacen un gran esfuerzo en buscar la orientación adecuada de los trabajos de exploración, basándose de acuerdo con sus políticas de trabajo y tomando en cuenta las condiciones de mercado, innovando programas de cómputo así como generando tecnología de vanguardia, y capacitando permanentemente al personal; en cada zona a evaluar se deben de considerar diversos factores como son: políticos, económicos, de operación, y sobre todo el factor tiempo, los cuales son elementos importantes que se deben de tener en cuenta en todo proyecto petrolero, pero el factor de vital importancia que se debe de considerar como prioridad, es la de tener una buena base de datos respecto de la geología petrolera del lugar y de las áreas de interés; pues ella es fundamental para toda la evaluación del proyecto a realizar.

Resulta de vital importancia el tener información geológica de calidad, que nos permita decidir de entre diversos escenarios de producción, el más óptimo para llevar a cabo la exploración y explotación de yacimientos petroleros, el cual nos arroje el mayor beneficio económico, considerando siempre el factor tiempo.

Este trabajo se desarrolla, tomando como base principal, el plan de estudios actualizado de la asignatura: "Geología de Explotación Agua y Vapor", de modo que los alumnos de las nuevas generaciones tendrán la oportunidad de consultar una fuente bibliográfica valiosa en contenido, e importante por su actualización.

Es por ello y por todo lo anteriormente mencionado, se puede decir que este trabajo podrá ayudar a alumnos de los primeros semestres de la carrera de ingeniería petrolera a entender conceptos y fundamentos de la geología del petróleo, así como a alumnos de otras carreras afines, como ingeniería geológica e ingeniería geofísica. A continuación se definen y desarrollan diferentes temas relevantes, respecto de la industria petrolera.

A. Definición y alcance de Geología del Petróleo y Geología de Explotación.

Concepto de petróleo

La palabra petróleo, proviene del latín petroleus que significa (*petra*, piedra y *oleum*, aceite)

Es una mezcla de hidrocarburos que en forma natural se encuentran en la corteza terrestre como gas, líquido o sólido; puede existir en una o varias formas en el mismo lugar y su color puede presentar varias esencias de negro hasta incoloro. Contiene en la mayoría de los casos cantidades menores de Nitrógeno, Oxígeno, Sodio , Azufre, etc., como impurezas.

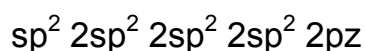
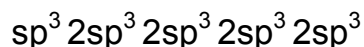
Los hidrocarburos son cadenas de átomos de hidrógeno y carbono, las cuales son la fuente más importante en cuanto a la generación de energía, por lo que a continuación se describirán las principales características de sus compuestos:

Carbono (C)

Es un elemento sólido que se encuentra en el Grupo IV en la Tabla Periódica de los elementos, con número atómico 6,

Tetravalente (4 Valencias), cuenta con una masa atómica de 12.0115, un peso atómico de 12.011 y se estima un porcentaje del carbono en los hidrocarburos de 82 a 87%.

El átomo de carbono puede enlazarse a otros carbonos mediante enlaces que se clasifican como simples, dobles o triples, lo cual se debe a que éste átomo al reaccionar con otro puede adquirir conformaciones híbridas:



Los compuestos de Carbono tienen las siguientes características básicas:

- Son bastantes estables debido a las energías de enlace C-C y C-H (356 y 414 KJ/mol, respectivamente).
- Poseen un número de átomos a menudo muy grande en sus moléculas.
- Poseen sistemas de cadenas abiertas o de cadenas cerradas.
- Son sustancias relativamente poco polares y no tienen la propiedad de ionizarse.
- Presentan reacciones lentas y reversibles.
- Poseen puntos de fusión y de ebullición bajas que aumentan progresivamente con el peso molecular.
- Contienen muchos isómeros.

Hidrógeno (H)

Elemento de símbolo H (en griego 'creador de agua'), es gaseoso reactivo, insípido, incoloro e inodoro, de número atómico 1; a temperatura ambiente es un gas inflamable, el más abundante del universo y forma parte de un gran numero de compuestos por ejemplo el agua. El Hidrógeno en estado libre sólo se

encuentra en muy pequeñas cantidades en la atmósfera, aunque en el espacio interestatal abunda en el Sol y otras estrellas, siendo de hecho el elemento más común en el Universo. En combinación con otros elementos se encuentra ampliamente distribuido en la Tierra, en donde el compuesto más abundante e importante del hidrógeno es el agua; (H_2O), se halla en todos los componentes de la materia viva y de muchos minerales, así como también es parte esencial de todos los hidrocarburos y de una gran variedad de otras sustancias orgánicas.

Todos los ácidos contienen hidrógeno; una de las características que define a los ácidos es su disociación en una disolución produciendo iones hidrógeno. El Hidrógeno reacciona con una gran variedad de elementos no metálicos, se

combina con nitrógeno en presencia de un catalizador formando amoníaco, con azufre para crear sulfuro de hidrógeno, con cloro produce cloruro de Hidrógeno y con Oxígeno da como resultado agua, para que se produzca la reacción entre Oxígeno e Hidrógeno a temperatura ambiente se necesita la presencia de un catalizador como el platino finamente dividido, si se mezcla con aire u Oxígeno y se prende, explota. También se combina con ciertos metales como sodio y litio, formando hidruros. En otros casos actúa como agente reductor de óxidos metálicos como el óxido de cobre, extrayendo el oxígeno y dejando el metal en estado puro. En la tabla A.1 observamos los elementos que componen a los hidrocarburos y sus características más representativas:

Hidrocarburo

| <p>CARBONO "C"</p> | <p>HIDRÓGENO "H"</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ◆ Sólido ◆ Grupo IV en la Tabla Periódica de los elementos ◆ Numero atómico: 6 ◆ <u>Tetravalente (4 valencias)</u> ◆ Masa atómica: 12.0115 ◆ Peso atómico: 12.011 ◆ Porcentaje del "C" en los hidrocarburos: 82-87 % | <ul style="list-style-type: none"> ◆ Gas ◆ Grupo I en la Tabla Periódica de los elementos ◆ Numero atómico: 1 ◆ <u>Valencia: 1</u> ◆ Masa atómica: 1.00797 ◆ Peso atómico: 1.0078 ◆ Porcentaje del "H" en los hidrocarburos: 13-18 % |

Tabla A.1 Características generales del Carbón y del Hidrógeno.

Geología del Petróleo para la Explotación de Hidrocarburos.

Es aquella que utiliza los conocimientos geológicos a través de sus diferentes disciplinas, para establecer a nivel de

Campos y Yacimientos, la "forma", "geometría", "tamaño", características petrolíferas (porosidad, permeabilidad, tipo de fluido) y su distribución para optimizar la explotación y recuperación de

hidrocarburos; por lo que es considerada una Geología de carácter más local y de mayor detalle que la geología de explotación. Con todo lo anterior podemos decir que se trata de la aplicación de la Ingeniería Petrolera, la Geología, la Geoquímica y la Geofísica en la exploración y explotación eficiente de los

yacimientos de aceite y/o gas. A continuación en la tabla A.2, se describe de forma simple las funciones básicas de la Geología de Explotación:

| FUNCIONES BÁSICAS |
|---------------------------------------------------|
| 1. Conocer la geología superficial y del subsuelo |
| 2. Evaluar cuencas sedimentarias |
| 3. Definir el sistema petrolero |
| 4. Caracterizar plays |
| 5. Localizar yacimientos |
| 6. Estimar el potencial (reservas) |
| 7. Colaborar en la explotación |
| 8. Economizar en la exploración y explotación |

Tabla A.2 Funciones básicas de la geología de explotación.

Clasificación de los Depósitos Económicos

Los depósitos económicos de hidrocarburos se pueden clasificar en:

- a) Yacimiento
- b) Campo
- c) Provincia

A continuación se describen las principales características de cada uno de éstos depósitos:

a) Yacimiento.- Es la acumulación natural en la corteza terrestre de gas y/o aceite de la misma composición, comprendida en los mismos límites y sometida a un mismo sistema de presión en una trampa petrolera; como ejemplo podemos citar al yacimiento Lankahuasas y al yacimiento Jurásico San Andrés(Fig. A.1)

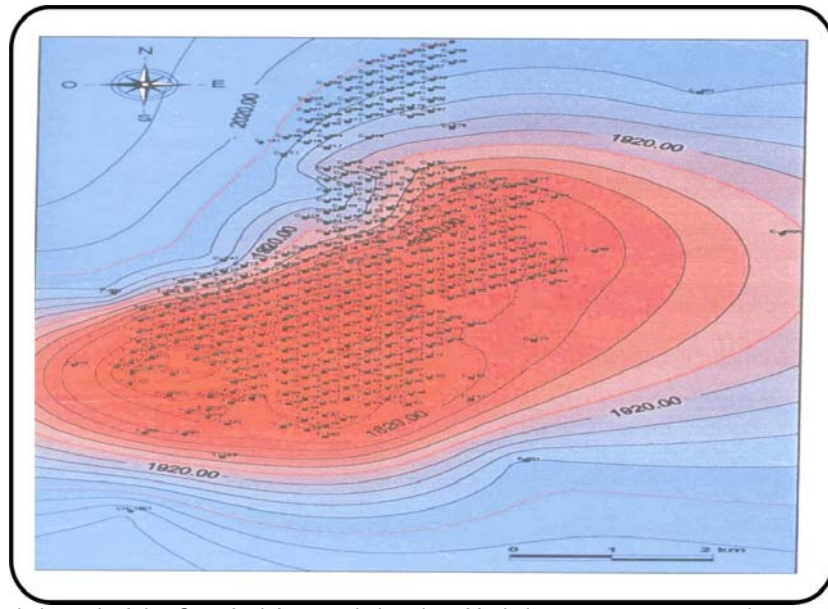


Fig. A.1 Yacimiento Jurásico San Andrés, uno de los cinco Yacimientos que componen el campo Tamaulipas-Constituciones.

b) Campo.- Comprende dos o más yacimientos de hidrocarburos relacionados a una determinada condición geológica (cuenca sedimentaria, estructura, formación), como ejemplo podemos citar al campo Poza Rica, Agua Fria, Cantarell, Sonda Magallanes(Fig. A.2) y acmpo Ku-Maloob-Zaap (Fig. A.3)

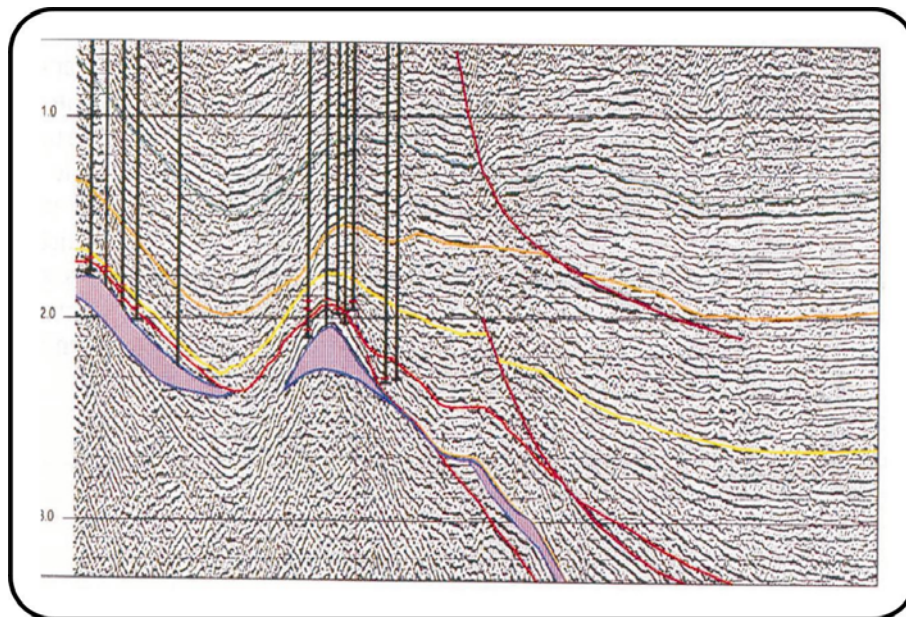
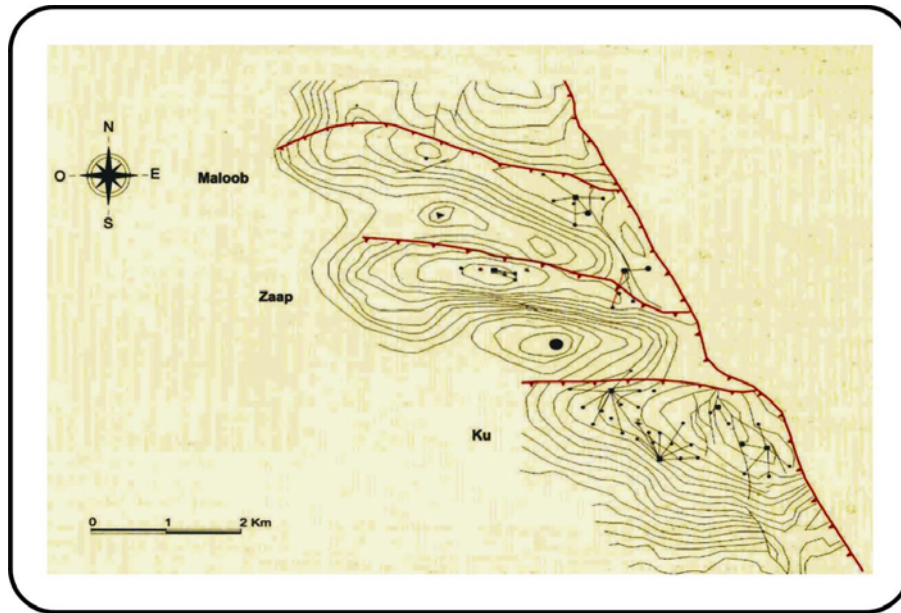
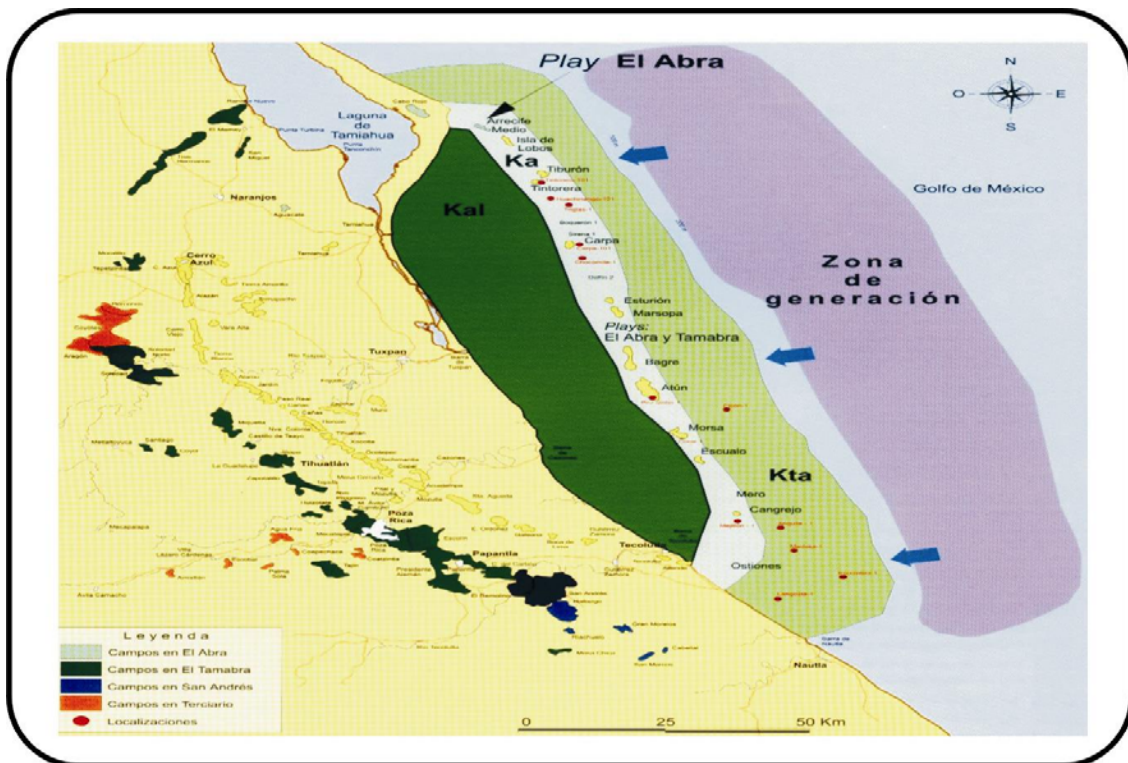


Fig. A.2 Campo Sánchez Magallanes, se ubica en el activo cinco presidentes, en la región sur, en la cuenca Salina del Istmo.



c) Provincia.- Comprende varios campos localizados en una región geológico-petrolera, en la cual los yacimientos se formaron en condiciones geológicas similares, por lo que presentan características generales parecidas, como ejemplo se puede citar a la Cuenca Salinas del Istmo, Cuenca de Veracruz y la Faja de Oro (Fig. A.4)



B. Evolución Histórica de la disciplina

La historia del petróleo forma parte de la historia de México, por lo que es necesario tener conocimientos sobre la evolución histórica y su importancia social y económica que ha representado para el país.

Historia del petróleo en México

Se sabe que en gran parte de Mesoamérica antes de la llegada de los españoles el uso de chapopote era común. El primer texto en el que se deja constancia del petróleo en nuestro país es en "Historia General de las Cosas en la Nueva España" de Fray Bernardino de Sahagún (1558-1569). Antes de la Colonia el chapopote se utilizaba para calafatear embarcaciones, como medicina, incienso o como pegamento; el llamado "betún, pez o alquitrán marino"

quedó incluido dentro del dominio español hasta 1884. La palabra Chapopote proviene del náhuatl "chapopoctli", **chiáhuatl**=grasa y **poctli**=humo, que derivó en la palabra castellanizada "chapopote".

En la época de la Colonia se le dio poca importancia al petróleo; lo mismo ocurrió durante la guerra de Independencia, ya que no existieron las condiciones propicias para la exploración y no es sino hasta el efímero imperio de Maximiliano en el que se aprueban los primeros denuncios de "criaderos" de petróleo en 1864. En el siglo XIX numerosos autores mencionan la presencia de manifestaciones superficiales de petróleo en la zona de Tuxpan, Ver.

En la segunda mitad del siglo XIX la explotación petrolera es destinada al comercio internacional debido a que los países industrializados buscaban abastecedores de materias primas como

son los minerales y los hidrocarburos líquidos.. Algunos consideran que la historia moderna del petróleo inicia con la aparición de la kerosina, que desplazó a las grasas animales como lubricantes e iluminantes. Después de la Guerra de Independencia la situación económica y social del país impidió un desarrollo amplio de la industria petrolera. Durante el imperio de Maximiliano se otorgaron 38 concesiones a diferentes empresas en Tabasco, el norte de Veracruz, Tenancingo, la zona del Istmo y en la Huasteca Veracruzana. Los primeros intentos de explotación en México fracasaron debido a la insuficiencia de recursos, un oscilante mercado internacional y la falta de vías de comunicación, entre otros factores. En 1864, en las cercanías de Ebano, en San José de las Rusias y Chapopote, Tamaulipas, se otorgó al Sr. Idefonso López la primera concesión para explotar petróleo a escala superficial. En 1869, se perforó de manera rudimentaria (pico y pala) el primer pozo petrolero en las chapopoterías de Furbero en Veracruz.

Hacia 1883, Simón Sarlat Nova formó la primera compañía petrolera mexicana, reiniciando la explotación del yacimiento Mina de Petróleo de San Fernando, en Tabasco; sin embargo, no tuvo el éxito esperado debido a la escasa demanda nacional y la falta de vías de comunicación para transportar el producto. Para este tiempo los capitales extranjeros empezaron a tener en sus manos el dominio de la explotación del petróleo de nuestro país; un ejemplo es la compañía inglesa London Oil Trust, que inicia sus actividades en 1884 en la región de Papantla, sin éxito. En el lapso 1890-1900, en el rancho denominado "Cubas", el Dr. Autrey descubrió un yacimiento, que denunció la Compañía "Exploradora del Golfo Mexicana", convirtiéndose en el primer yacimiento explotado mediante perforación; sin embargo, no tuvieron éxito y fue abandonado. En el año de 1901, la Mexican Petroleum Company,

alcanzo a producir 18,000 barriles en la región de Ebano. A principios de 1900, el norteamericano Edward Doheny vino a México por invitación del presidente del Ferrocarril Central Mexicano, A.A. Robinson, quien deseaba sustituir el carbón por el petróleo en las locomotoras que utilizaban carbón mineral. Posteriormente adquiere terrenos en el distrito de El Ébano, en donde se instala la Mexican Petroleum Company.

Hacia 1901 se promulga la primera Ley del Petróleo en la que se establecen las condiciones legales para su explotación; en esta ley se favorece a las inversiones extranjeras. En otros países como Estados Unidos e Inglaterra, durante esta época, se vivía un auge en la industria automotriz con vehículos de motor de combustión interna (Fig. B.1), por lo que se incrementó de forma significativa la demanda de hidrocarburos líquidos y lubricantes. En nuestro país se buscaba atraer capitales extranjeros con el fin de industrializar el país.

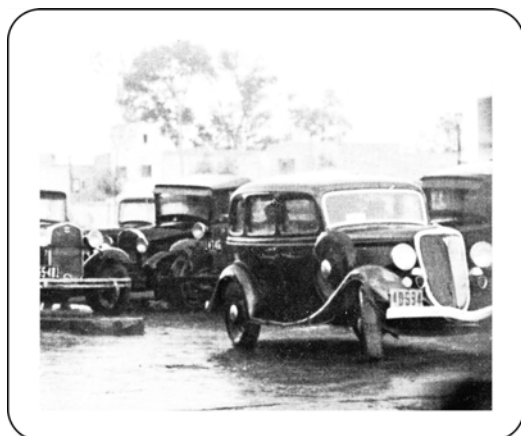


Fig. B.1 Automóviles de combustión interna de la época.

En 1903, Ezequiel Ordoñez descubrió el Campo Ebano y más tarde algunos yacimientos de la Faja de Oro; Ordoñez trabajó para la Huasteca Petroleum Company de 1904 a 1917. La Mexican Petroleum Company produjo en San Luis Potosí, cerca del Cerro La Pez (en el pozo Pez No. 1, perforado en 1903), la cantidad de 3'669,000 barriles de petróleo,

convirtiendo a la zona en la más productiva en 1910. El pozo Pez No. 1 tuvo una profundidad de 502 m, y una producción promedio de 1500 barriles diarios de aceite.

En mayo de 1908 en el pozo San Diego No. 2, la Compañía Pearson reportó una producción de 2,500 barriles por día, siendo prácticamente este pozo el descubridor de la "Faja de Oro".

A fines de 1908, el inglés Weetman C. Pearson, al frente de la sociedad S. Pearson and Son Limited realizó con éxito trabajos de perforación en el Istmo de Tehuantepec. Sin embargo, un incendio en el pozo Dos Bocas No. 3, provocó una serie baja en la producción de esta compañía, que con el tiempo se convirtió en la Compañía de Petróleo El Águila (Fig. B.2).

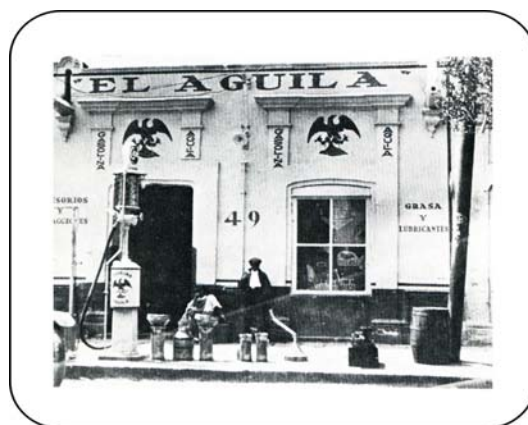


Fig. B.2 Antigua estación de servicio de la Compañía "El Águila".

A finales de 1908, la Pearson transfirió sus proyectos a una nueva compañía llamada Compañía Mexicana de Petróleo "El Águila" (Fig. B.3), reportando una producción de 5,000 barriles por día en la zona de Potrero del Llano; de aquí en adelante se daban cifras record de producción a cada momento, pues la East Coast Oil Co. Reportó 25 000 barriles diarios en el pozo Juan Casiano No. 7.



Fig. B.3 Carro tanque de la Compañía "El Águila", surtiendo gasolina.

Hacia 1910 se descubrieron varios yacimientos en Veracruz como el Pánuco y Tojula en la cuenca del río Pánuco; estos pozos colocaron a México como uno de los productores de petróleo más importantes en el mundo para ese tiempo. Por otro lado, la Tampico Oil Ltd, en 1912, perforó el primer pozo importante en Mata Chapopote Veracruz.

En 1913, se descubrió el Campo El Alamo por la Penn Mex Fuel Company y el Campo Los Naranjos por la Aguila Company. En 1914 la Corona Petroleum Company tuvo éxito en la zona de Pánuco, posteriormente lo hizo la Freeport and Mexican Fuel Company y más tarde, la Mexican Sinclair Corporation. La época comprendida entre 1910 y 1920 se conoce como la "edad dorada" de la industria petrolera mexicana, ya que se tuvo gran producción de aceite en la Faja de Oro

Desde 1911 y hasta 1918 México ocupó el tercer lugar mundial como productor de petróleo; sin embargo, la producción mayor estaba en manos de dos compañías norteamericanas y una inglesa. En 1920 existían 343 pozos productivos en el país, encontrándose 154 en la región de Pánuco.

La Primera Guerra Mundial y sus repercusiones en los Estados Unidos (la falta de crudo), contribuyeron a la sobreexplotación de los Yacimientos y al posterior derrumbe de la Faja de Oro.

Por otro lado, esto también ocasionó que se exploraran otras zonas y se buscarán nuevos campos apoyándose en las nuevas tecnologías creadas por la guerra como la geofísica, además de los avances del conocimiento paleontológico, la aviación, nuevos equipos y herramientas de perforación.

En la década de 1920 se descubrieron campos de gas en Texas, por lo que se empezó a contemplar el noroeste del país como un área con potencial petrolero, específicamente la Cuenca de Burgos. Los trabajos de explotación fueron realizados por las compañías El Águila, Mexican Gulf y Ohio Oil Company.

En 1923 se realizó en la Faja de Oro Terrestre, el primer levantamiento sísmico de refracción. En 1924 se descubrió el primer yacimiento petrolero por métodos geofísicos en la Faja de Oro. En 1935 se crea la carrera de ingeniería geológica en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y en 1940 el Instituto Politécnico Nacional (IPN).

El resultado más importante de la aplicación de las nuevas tecnologías en la exploración petrolera, fue el descubrimiento del Campo Poza Rica, una de las razones de no haberlo descubierto anteriormente fue debido a la profundidad de perforación (anteriormente era del orden de los 500 a los 900 metros). Sin embargo, esto no suscitó un nuevo auge exploratorio debido a que ocurrió una sobresaturación del mercado. Por otro lado, otras compañías iniciaron sus perforaciones como la Stanford en Tajín cerca de Papantla, aunque en 1938 sus operaciones y las de todas las demás compañías se vieron truncadas por la expropiación petrolera, la cual fue originada por el mal trato, los míseros sueldos que percibían y a la discriminación de que eran víctimas los trabajadores mexicanos que prestaban sus servicios en las distintas compañías petroleras que operaban en el país.

Originalmente se organizaron pequeños grupos para reclamar sus derechos, pero estos eran reprimidos por pistoleros y guardias blancas al servicio de las compañías, lo que en lugar de aplacar el movimiento, generó un descontento mayor y propició la creación de un sindicato fuerte apoyado por casi toda la población mexicana. Hasta esta fecha se habían producido aproximadamente en nuestro país 2 mil millones de barriles de petróleo. En los años siguientes a la expropiación petrolera los trabajos exploratorios se continuaron, aunque a una escala menor.

En 1938, el presidente de la República, el General Lázaro Cárdenas, luego de una huelga que casi paralizó la actividad económica del País (Fig. B.4), trató de conciliar los intereses en pugna mediante un convenio para instaurar un Contrato Colectivo que regulara a toda la industria del petróleo.

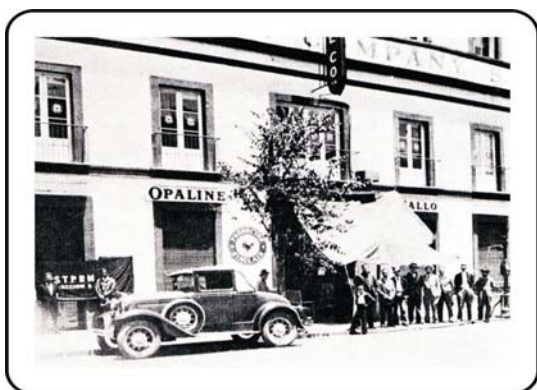


Fig. B.4 Empleados en la huelga de la Standard Oil Company frente a sus oficinas, Mayo 29 de 1937. (Tomado de "El Petróleo", PEMEX, 1984)

Los lineamientos del contrato Colectivo de Trabajo no fueron aceptados por las compañías, por lo que el asunto se trasladó a la Junta Federal de Conciliación y Arbitraje. Después de un minucioso estudio del problema se determinó que dichas compañías debían acatar las demandas de los trabajadores, sin embargo, las compañías no aceptaron y promovieron un amparo ante la Suprema Corte. El fallo de la Suprema

Corte de Justicia de la Nación no fue aceptado y las compañías entraron en franca rebeldía y en consecuencia, la noche del 18 de marzo de 1938, el presidente dio a conocer al pueblo de México por las estaciones de radio, el Decreto de Expropiación de la Industria Petrolera Mexicana (Fig. B.5), por causa de utilidad pública, basándose en el Artículo 27 Constitucional. Las empresas expropiadas se llevaron toda la información geológica y de producción generada a lo largo de su estancia en el país, lo que desembocó prácticamente en la semiparalización de las actividades de exploración y explotación.

Posteriormente Estados Unidos realizó un boicot a los suministros y a los equipos que operaban en México. Después de esto se vino la Segunda Guerra Mundial, por lo que creció nuevamente la demanda de hidrocarburos; con esta guerra hubo también escasez y elevación de precios de hidrocarburos, pero existió un impulso en la exploración. En esta ocasión también se incorporaron los adelantos tecnológicos desarrollados para la guerra.

Fig. B.5 Lázaro Cárdenas anuncia por radio la expropiación petrolera, entre otras personas lo acompaña Manuel Ávila Camacho, Srío. De la Defensa Nacional, marzo 18 de 1938.

Con estos adelantos y el estímulo de un mercado demandante se descubrieron cuatro campos gigantes, el José Colomo en Tabasco, el San Andrés-Hallazgo en una extensión de la Faja de Oro, el Tamaulipas-Constituciones, y el Tres hermanos. En 1904 se crea la Sociedad Geológica Mexicana (SGM), y en 1949 se crea la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros (AMGP), en 1954 la Asociación Mexicana de Geofísica de Exploración (AMGE), en 1958 la Asociación de Ingenieros Petroleros de México (AIPM).

Después de la Segunda Guerra Mundial se incorporaron los adelantos tecnológicos desarrollados, algunos ejemplos son las técnicas de localización submarina, la aviación y los registros eléctricos de pozos. En 1951 se produjo el descubrimiento del Campo Tamiahua, en 1952 el Campo Solís y el Arco Sur de la Faja de Oro.

El 23 de agosto de 1965 se funda el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), siendo director de Pemex Jesús Reyes Heróles; su primer director, el ingeniero Javier Barrios Sierra, impulsó el desarrollo de tecnología para la industria del petróleo, mediante la investigación científica básica y aplicada, la formación de investigadores y la difusión de los avances y su aplicación. El año de 1972 se considera un parteaguas ya que se descubren los yacimientos de Chiapas-Tabasco.

Posteriormente en la década de los setentas se exploraron nuevas áreas, una de gran importancia corresponde con la zona marítima denominada "Sonda de Campeche", la cual representa uno de los grandes descubrimientos de Pemex, por su superficie con posibilidades de 40,000 km², lo que la hace 6 veces mayor a la del Mesozoico Chiapas-Tabasco. El pozo descubridor en 1976 de la Sonda de Campeche fue el Chac No.1, localizado a 80 km, frente a las costas de Isla del Carmen. Dentro de esta importantísima

región petrolera se encuentra ubicado el Complejo Cantarell clasificado como uno de los campos gigantes del mundo.

En el sexenio de Luis Echeverría, se continuó con la exploración y el desarrollo de campos petroleros en la zona marina frente a las costas de Tamaulipas, así como la Sonda de Campeche; se estudió nuevamente la cuenca de Burgos, La cuenca de Macuspana y la del Papaloapan. Con todo esto las reservas no crecieron sino que incluso hubo que importar crudo de Venezuela para abastecer las refinerías de Tampico y Minatitlán. Posteriormente, durante el sexenio de López Portillo se dio prioridad al desarrollo de cuatro importantes áreas: la Chiapas-Tabasco, la Sonda de Campeche, la del Golfo Mesozoico de Sabinas y la Cuenca de Chicontepec. Con esto se incorporaron importantes reservas.

En la actualidad, el mayor conocimiento geológico (Sedimentología, Estratigrafía y Geología Estructural), el uso de la computación (hardware y software), mejores técnicas de perforación y el desarrollo y aplicación de los métodos geofísicos (Sismología, Gravimetría y Registros Geofísicos), han permitido conocer y evaluar mejor el subsuelo de las zonas con potencial económico-petrolero.

Tiempos Actuales y las Nuevas Tecnologías.

Hoy en día sabemos bien que las compañías realizan una labor muy importante dentro de las tareas de la generación de nueva tecnología para la industria del petróleo, esto porque conforme avanza el tiempo, nos damos cuenta de que no es posible que sigamos utilizando tecnología obsoleta, ya que esta industria requiere de todo el potencial en puerta para poder desarrollarse, es por ello que dentro de este tema, hemos querido hablar de algunas de las nuevas

tecnologías que se utilizan dentro de la industria petrolera, y de la importancia de éstas. Las nuevas técnicas de adquisición de datos por un lado y por otro la política petrolera del país y del mundo, nos dejan vislumbrar un panorama de crecimiento de la industria petrolera en el corto y mediano plazo, con muchos retos que afrontar para descubrir y explotar eficientemente nuevos yacimientos y así incrementar las reservas de hidrocarburos.

Tendencia de la Tecnología: Uso De Tubería Flexible para Perforación y Terminación de Pozos, en Yacimientos Petroleros.

En los últimos años se han registrado avances significativos en lo que respecta a materiales y fabricación de unidades de tubería flexible (Fig. B.6) para perforación de pozos petroleros y se está desarrollando la tecnología para equipar pozos con tubería flexible para la explotación de los mismos.



Fig. B.6 Tubería flexible dentro de los trabajos de terminación de Pozos en la Región Norte de la República Mexicana.

Perforación Direccional.

La evolución de la tecnología de perforación direccional (Fig. B.7), inicio con motores de desplazamiento positivo y los motores para perforación direccional suplantaron la primitiva deflexión de la barrena, utilizando cuñas de desviación. Los sistemas rotativos direccionales, son los dispositivos en posibilitar ajustes tridimensionales de la trayectoria mientras rotaban en forma continua.

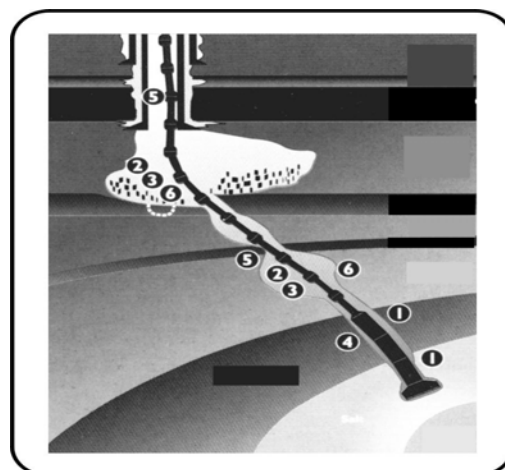


Fig. B.7 Imagen en la que se muestra el ángulo de desviación dentro de la perforación direccional.

Sistemas de Cómputo Modernos.

Con los sistemas de cómputo y de comunicación modernos (Fig. B.8), se logra obtener información de cualquier operación en cualquier parte del mundo en tiempo real.

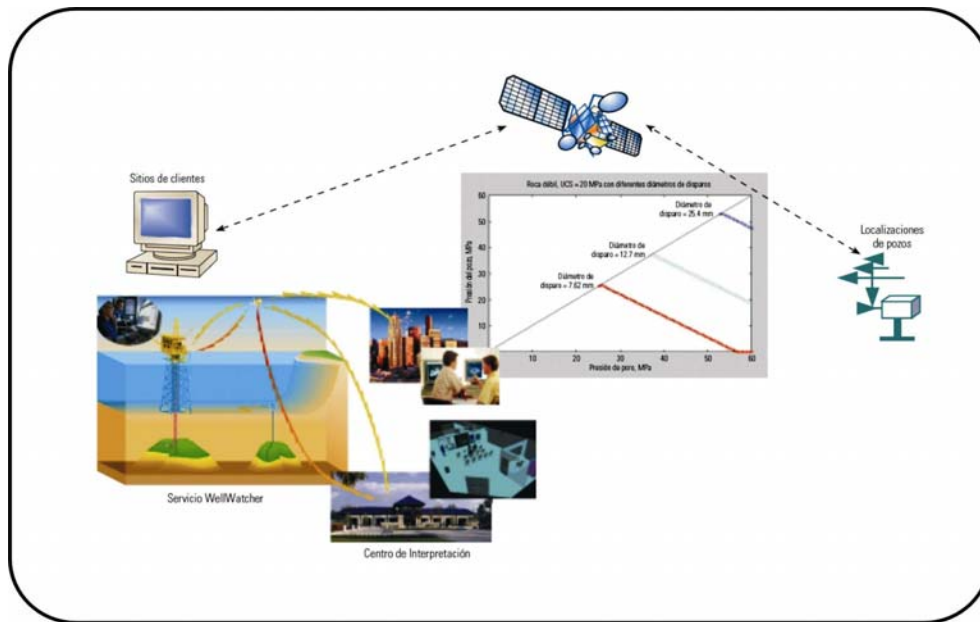


Fig. B.8 Sistemas de cómputo y comunicación vía satélite en tiempo real.

Tendencia de la Tecnología en Exploración Sísmica

La sísmica (Fig. B.9), ha mejorado sustancialmente a través del tiempo y se sigue mejorando, dando como resultado mejores resultados en la exploración y explotación de yacimientos petroleros, como por ejemplo la sísmica multicomponente.

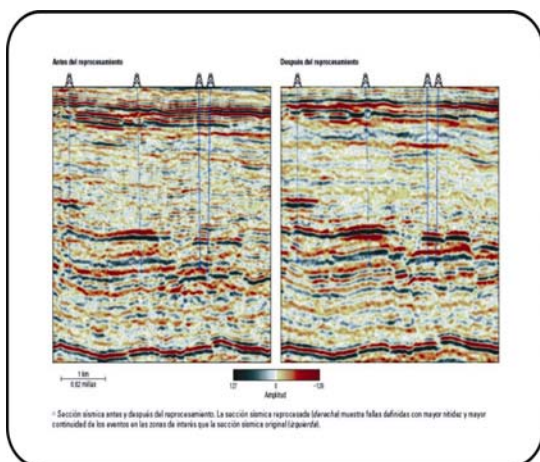


Fig. .9 Estudios de sísmica realizados a pozos.

C. El estado actual del Petróleo, políticas nacionales e internacionales

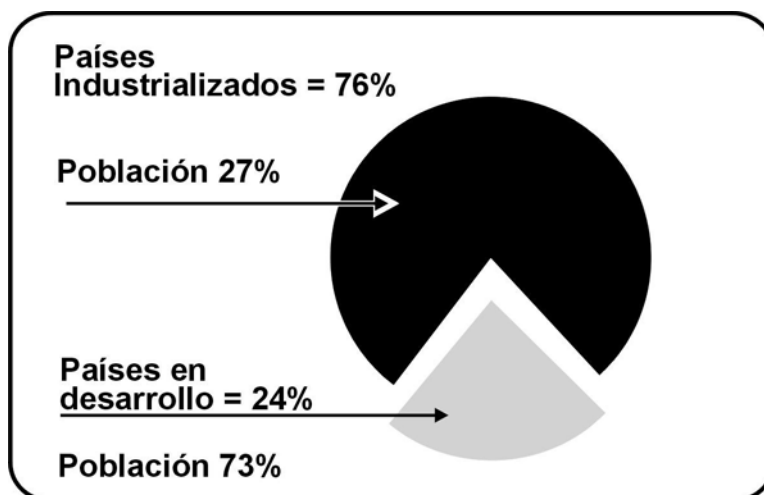
La industria petrolera internacional involucra un enorme valor y poder. En muchos países, ya sea exportado o importado, el petróleo domina la economía. Los recursos petroleros son para el país un preciado valor que es cuidado muy celosamente.

La importancia del petróleo y el gas atañe a todos los países, sean productores o no; la producción de los mismos, se encuentra concentrada en unos cuantos, entre ellos México. La energía es un elemento esencial de nuestra civilización, es un recurso de gran importancia en el consumo de energía en el ámbito mundial.

Los países industrializados consumen un 76% de energía con una población de 27%, mientras que los países en desarrollo consumen aproximadamente un 24% con una población de 73% (Gráfica C.1).

Lo que nos indica que en los países en desarrollo no se cubren las necesidades básicas de la población, sin embargo conforme pasa el tiempo crece el número

de personas que demandan cada vez mas satisfactores.



Gráfica C.1 Consumo mundial de energía. (Zamarripa M. ". 2002 "Recursos y Necesidades de México).

Es importante estudiar y comprender como ocurre la generación de hidrocarburos para conocer y explotar de manera eficaz los yacimientos, ya que la evolución de la sociedad viene marcada por una mejora de las condiciones de vida del hombre, como resultado de su creciente dominio sobre los recursos energéticos y otros recursos; por lo que resulta indispensable para los ingenieros en ciencias de la Tierra, estar informados desde el punto de vista económico y social sobre lo que tiene que ver con los hidrocarburos.

La ciencia y la tecnología se enfocan a resolver los problemas del desarrollo integral de todos países, explorando hidrocarburos en nuevas áreas, principalmente en aguas profundas. Para que un país se desarrolle se requiere:

1. Localizar recursos e industrializarlos (hidrocarburos, agua, minerales).
2. Encontrar fuentes de energía alterna y hacerlas accesibles.

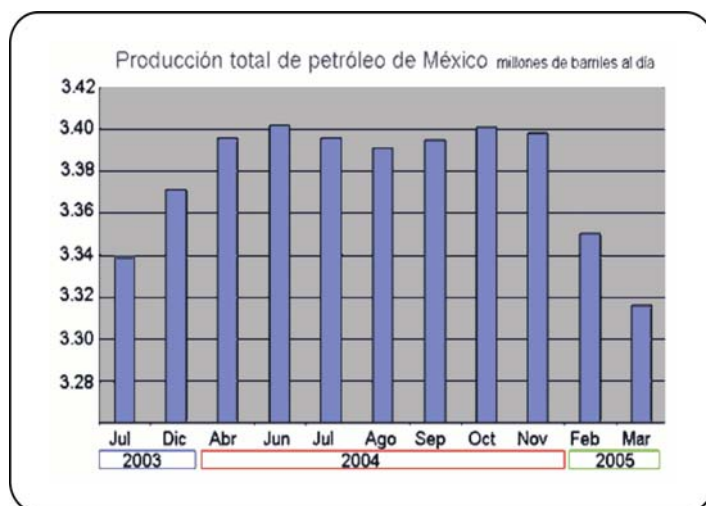
Las consecuencias de las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos repercuten negativamente en el medio ambiente. Por lo que los profesionales de las carreras de ingeniería geológica, geofísica y petrolera, enfrentan grandes retos, para cuidar y preservar el medio ambiente. Por lo que la problemática y retos son:

1. Preservación del ambiente.
2. Hacer accesible la disponibilidad de recursos energéticos.
3. Realizar el fortalecimiento y mejora de la infraestructura básica.
4. Fomentar la cultura de prevención de los riesgos.
5. Incrementar las reservas petroleras.
6. Optimizar todos los recursos.

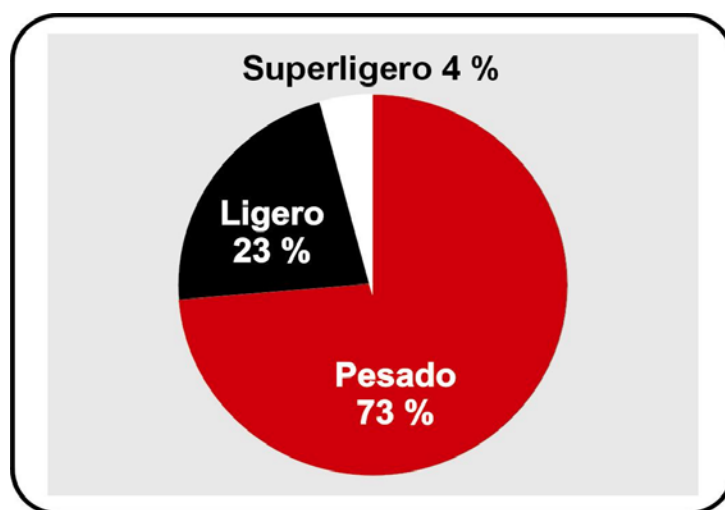
La producción promedio de hidrocarburos líquidos en el 2005, como se muestra en la gráfica C.2, es de aproximadamente 3.318 millones de barriles al día (mbd), de los cuales el 73% es aceite pesado (Maya), el 23% corresponde con aceite

ligero (Istmo) y solo el 4% es de aceite superligero (Olmeca), este último tiene una densidad de 0.84 gr/cm^3 , es el aceite de mejor valor en el mercado, el aceite con calidad intermedia es el Istmo con

una densidad promedio de 0.89 gr/cm^3 y el que más se produce es el aceite maya de menor calidad, con una densidad promedio de 0.94 gr/cm^3 , gráfica C.3.



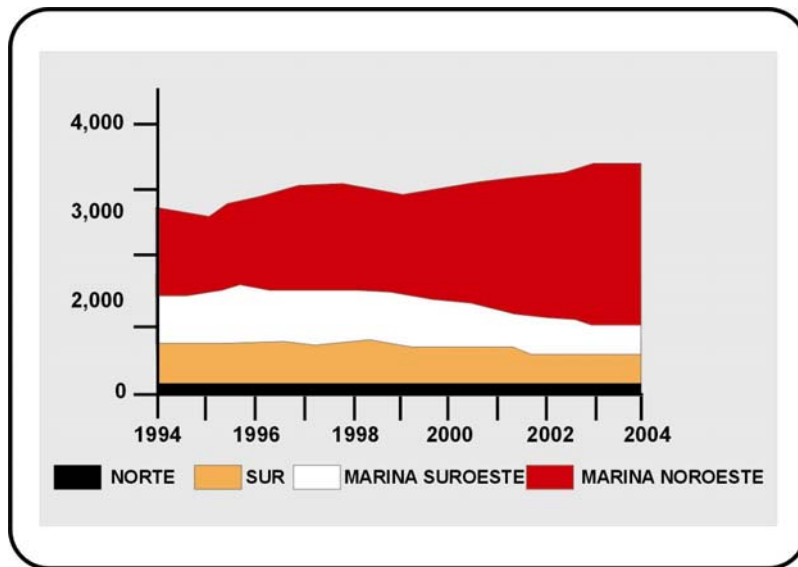
Gráfica C.2 Producción promedio diaria de petróleo crudo que se producen en México, en miles de barriles (Datos tomados de PEMEX Exploración y Producción, Anuario Estadístico 2005).



Gráfica C.3 Producción de petróleo crudo por tipo (Datos tomados de PEMEX Exploración y Producción, Anuario Estadístico 2005).

México se ubica como el sexto productor mundial de aceite crudo (Tabla C.1) y durante el año 2005 produjo aproximadamente 3383 miles de barriles diarios de petróleo crudo, ocupando el sexto lugar en ventas con relación a las demás empresas petroleras del mundo. Con relación a la producción de petróleo crudo por región y activo que tiene México

(gráfica C.4), sobresale la Región Marina Noreste con más de 2440.8 miles de barriles diarios, seguida de la Región Marina Suroeste con 388.2 miles de barriles por día, la Región Sur produce 472.7 miles de barriles por día; la región menos productiva de petróleo crudo es la Región Norte con una producción de 81.2 miles de barriles por día.

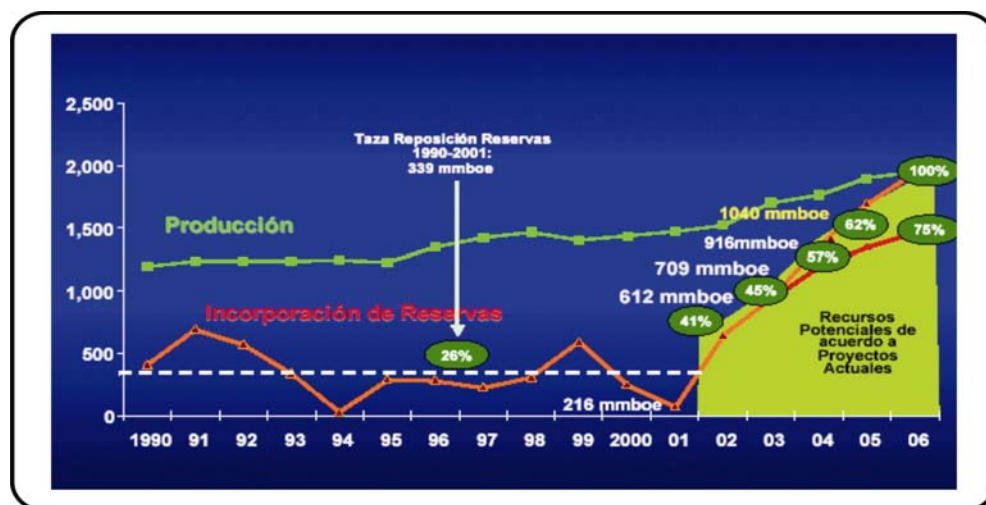


Gráfica C.4 Producción de petróleo crudo de las 4 regiones productoras de México (Datos tomados de PEMEX Exploración y Producción, Anuario Estadístico 2005).

| PRINCIPALES PAISES PRODUCTORES DE PETRÓLEO CRUDO | | |
|--------------------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Posición | País | Miles de Barriles |
| 1 | Arabia | 7,509 |
| 2 | Rusia | 7,405 |
| 3 | E.U.A. | 5,817 |
| 4 | Irán | 3,430 |
| 5 | China | 3,394 |
| 6 | México | 3,383 |
| 7 | Noruega | 3,148 |
| 8 | Reino | 2,306 |
| 9 | Venezuela | 2,285 |
| 10 | Canada | 2,185 |
| 11 | Irak | 2,014 |
| 12 | Emiratos Arabes | 1,995 |
| 13 | Nigeria | 1,945 |
| 14 | Kuwait | 1,870 |
| 15 | Brasil | 1,458 |

Tabla. C.1 Producción de Petróleo de los 15 principales países productores, en miles de barriles por día (Datos tomados de PEMEX Exploración y Producción, Anuario Estadístico 2005).

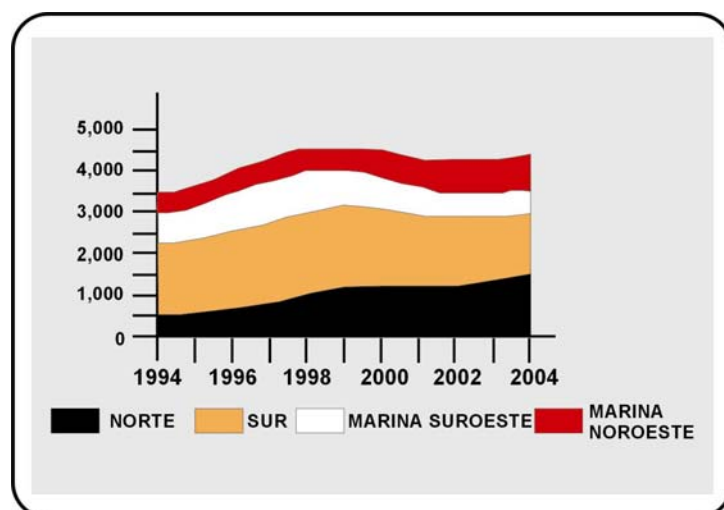
Desde el punto de vista histórico, a principios del siglo pasado, México tenía muy baja producción de petróleo crudo, tuvo un repunte entre 1920 y 1930, después decayó la producción teniendo un incremento progresivo con algunas bajas menores a partir de la década de los setentas, en la siguiente gráfica 1.3.4, se puede ver detalladamente la producción histórica de petróleo crudo en México, a partir de los años noventas.



Gráfica c.5 Producción de petróleo crudo en México, desde 1990 hasta la actualidad (Tomado de II Congreso Nacional: La Ingeniería en el Desarrollo de México, 2005).

Producción de gas natural en México

México se ubica como el noveno productor mundial de gas (Tabla C.2) y la producción promedio diaria de gas natural durante 2005 es de 4572.9 millones de pies cúbicos por día (mpcd). En las Cuencas Petroleras de México, se produce diariamente más gas en la Región Norte (1527.8 mpcd), seguida por la Regiones Marinas (Marina Suroeste y Marina Noreste), con 1550.1 mpcd y la menos productiva es la Región Sur con 1495.1 mpcd (gráfica C.6).



Gráfica. C.6 Producción de gas natural en las cuatro regiones productoras de México (Datos tomados de PEMEX Exploración y Producción, Anuario Estadístico 2005).

| PRINCIPALES PAISES PRODUCTORES DE GAS NATURAL | | |
|-----------------------------------------------|------------------------|--------|
| Posición | País | MMpcd |
| 1 | Rusia | 65,520 |
| 2 | E.U.A. | 55,219 |
| 3 | Canada | 20,080 |
| 4 | Reino Unido | 10,466 |
| 5 | Argelia | 7,268 |
| 6 | Holanda | 6,879 |
| 7 | Noruega | 6,295 |
| 8 | Indonesia | 5,715 |
| 9 | México | 4,573 |
| 10 | Irán | 4,277 |
| 11 | Arabia Saudita | 4,099 |
| 12 | Malasia | 4,027 |
| 13 | Argentina | 3,700 |
| 14 | Emiratos Arabes Unidos | 3,634 |
| 15 | Australia | 3,273 |

Tabla. C.2 Producción de Gas de los 15 principales países productores (Datos tomados de PEMEX Exploración y Producción, Anuario Estadístico 2005).

Economía y Petróleo en México

Los impuestos en la industria petrolera son un vital aspecto de ésta en su conjunto. Los principios geológicos, de ingeniería y financieros, son universales; sin embargo, en el terreno de los impuestos petroleros hay un componente emocional adicional que los hace muy "sui géneris". En un país petrolero el tema de los impuestos es tan importante que un entendimiento, al menos de los principios básicos, debe ser obligatorio.

Una de las primeras cosas que un geólogo, ingeniero, empresario, abogado o economista, encuentra en el sector petrolero internacional, es la diversidad de sistemas fiscales. Cada país estructura de manera distinta y única la

forma de cómo aplicar sus impuestos. Cuando se dispone de recursos naturales como el petróleo, los impuestos petroleros reciben especial atención. Los gobiernos no tienen control sobre los dones de la naturaleza, sin embargo, sí controlan los impuestos.

Para México, durante los últimos 4 años los impuestos y derechos pagados por PEMEX representaron un promedio de 35% del ingreso total del gobierno; cantidad equivalente al 5.7% del Producto Interno Bruto (PIB). Durante 2003 los ingresos por concepto de impuestos y derechos petroleros fueron de 420 mil millones de pesos; 35% del ingreso total del gobierno.

Concepto de Renta Económica Petrolera.

La teoría de la renta económica establece que las ganancias de una empresa sean repartidas entre los factores de la producción. A los trabajadores se les retribuye con los salarios; a los propietarios del capital les toca cierta utilidad o ganancia; y a los propietarios de la tierra o los recursos, les corresponde la renta económica.

Renta económica petrolera es aquella parte de ganancia que el estado retiene como propietario de los recursos petroleros. Este principio es universal y funciona para cualquier estado, ya sea comunista, socialista, capitalista, etc. Renta económica petrolera es la diferencia entre el valor de la producción y los costos para obtenerla. Estos costos son los de exploración, desarrollo, explotación y una adecuada ganancia para la empresa (Fig. C.1).



Fig.C.1 Origen de la renta económica (Tomado de Publicación mensual de Asociación de Ingenieros Petroleros de México, A.C., Febrero 2006).

Repartición de las Ganancias Estado-empresa.

Al final de todo trabajo en el cual se involucre un capital que genere ganancias, lo que interesa, tanto al Estado como a la empresa, es obtener la máxima cantidad de ganancias; es decir, aquella parte de las utilidades una vez

que se han descontado los costos de exploración, de desarrollo y de operación. Naturalmente que las ganancias varían de país a país, ya sea por utilizar distinto régimen fiscal o por utilizar diversas bases o tasas impositivas (Fig. C.2).

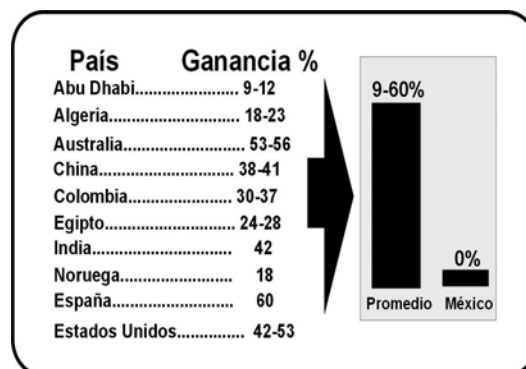


Fig. C.2 Ganancias para la empresa por países (Tomado de Publicación mensual de Asociación de Ingenieros Petroleros de México, A.C., Febrero 2006).

México y su sistema fiscal petrolero.

Cualquier empresa vende su producto al mercado, el mercado le entrega dinero y la empresa paga impuestos quedándose con una parte de la ganancia, la cual utiliza para operar y consolidar su programa de inversiones. En el caso de PEMEX, como empresa real opera con cero ganancias porque entrega producción al mercado, el mercado entrega en términos prácticos el dinero al gobierno y el gobierno lo único que le permite gastar a la empresa es el presupuesto. Es decir, nuestro único egreso, por eso decimos que nuestra empresa opera en la práctica con cero ganancias y poca seguridad en la disponibilidad de recursos para proyectos, cuyo ciclo de maduración es de varios años. Todo esto está regido por la Ley de Ingresos.

Por ejemplo, para el 2004, de acuerdo a la Ley de Egresos, PEMEX recibirá el 14% del presupuesto y regresará de acuerdo a la Ley de Ingresos, el 33% de los ingresos totales del gobierno. Lo que se ve en otros países, es que los

gobiernos no ponen recursos federales y obtienen renta económica, lo que sí ponen son reglas justas para maximizar los recursos del país y aumentar la renta al mismo tiempo (Fig. C.3).

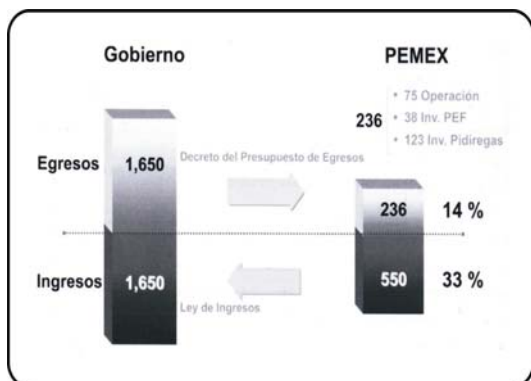


Fig. C.3 Cuentas para 2004 (Tomado de Publicación mensual de Asociación de Ingenieros Petroleros de México, A.C., Febrero 2006).

Como ejemplo, veamos el caso de Chicontepec en donde a pesar de que tenemos una ganancia por barril de 11.9 dólares, ninguna entidad en PEMEX o en la región en la que se desarrolla el proyecto recibe algo de este beneficio de manera directa (Fig. C.4).

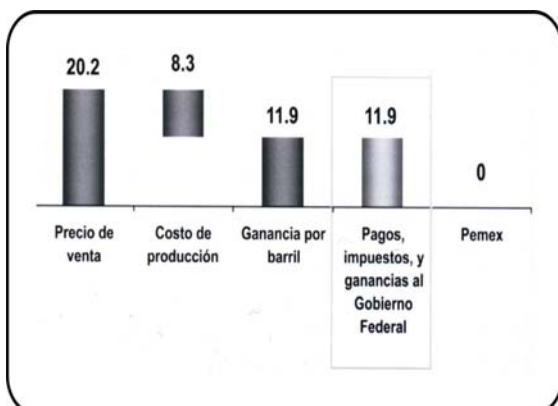
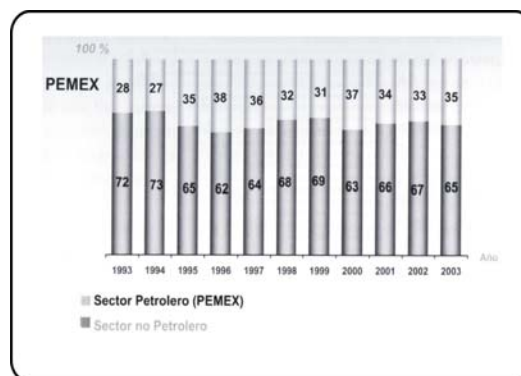


Fig. C.4 Caso Chicontepec (Tomado de Publicación mensual de Asociación de Ingenieros Petroleros de México, A.C., Febrero 2006).

Por lo anterior es que la Secretaría de Energía ha sugerido en alguna ocasión excluir a PEMEX del sector público. Se dice que PEMEX sería una empresa aparte, que no forme parte del sector público y así pueda disponer de la parte

de su ganancia para mayores inversiones. No se sugiere privatizar, sino solo considerar a PEMEX como una real empresa para poder operar con más eficiencia y productividad. Esta propuesta sería un importante paso; sin embargo, éste no sería completo si no se modifica también el esquema fiscal vigente, ya que como hemos visto, se le debe de permitir a PEMEX recibir mayor capital para su crecimiento.

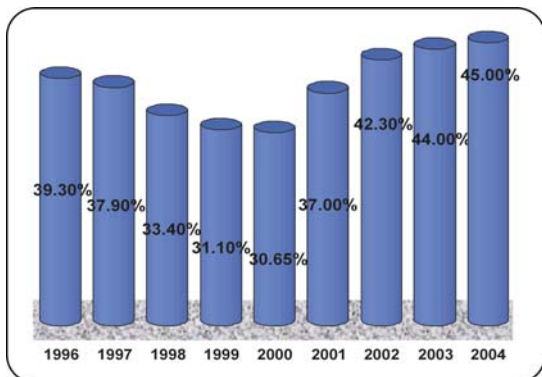
En los últimos 10 años, PEMEX siempre ha aportado la mayor cantidad de recursos al Gobierno Federal, lo anterior producto de un régimen fiscal especial y de una relación con el gobierno basada en asegurar la recaudación fiscal en lugar de promover el crecimiento de la industria petrolera, grafica C.7.



Gráfica C.7 Carga Fiscal de PEMEX (Tomado de Publicación mensual de Asociación de Ingenieros Petroleros de México, A.C., Febrero 2006).

Desde que ocurrieron los descubrimientos de los campos petroleros más grandes de México, en la Región Sur y en las Regiones Marinas, nuestra economía esta sustentada en la venta externa e interna de los hidrocarburos (gráfica C.8).

En los dos últimos años, el porcentaje de ingresos que ha obtenido el gobierno federal, rebasa el 40%. Con toda certeza se puede decir que la economía de México esta soportada por el petróleo y que cualquier cambio significativo en los precios del mismo impacta fuertemente, fortaleciendo la economía cuando el precio sube o con crisis económica.



Gráfica C.8 Porcentaje de ingresos del gobierno federal por la venta de hidrocarburos en los últimos 9 años.

Conclusiones de la Economía y petróleo en México.

El régimen fiscal petrolero vigente en México es uno de los más regresivos en el mundo. No permite en la práctica que PEMEX funcione como una empresa real. No es aconsejable aplicar el mismo régimen a todas las fases de la actividad petrolera; ni tampoco es conveniente valorar de la misma manera el destino de las inversiones para la exploración de recursos, que para el desarrollo de un campo altamente productivo como Cantarell, o un campo marginal como Ébano.

Precios del petróleo crudo y del gas natural

Durante el año pasado (2005), el precio promedio de la mezcla mexicana de petróleo de exportación (tabla C.3 y gráfica C.9) se ubicó en 42.74 dólares por barril. El comportamiento del mercado del petróleo crudo a la alza a nivel internacional ocurrió a partir del año 2001, repuntando siempre por su alta calidad el aceite ligero West Texas (WTI), siguiendo en valor el aceite mexicano Olmeca y el

Brent que tienen una calidad similar (gráfica C.10).

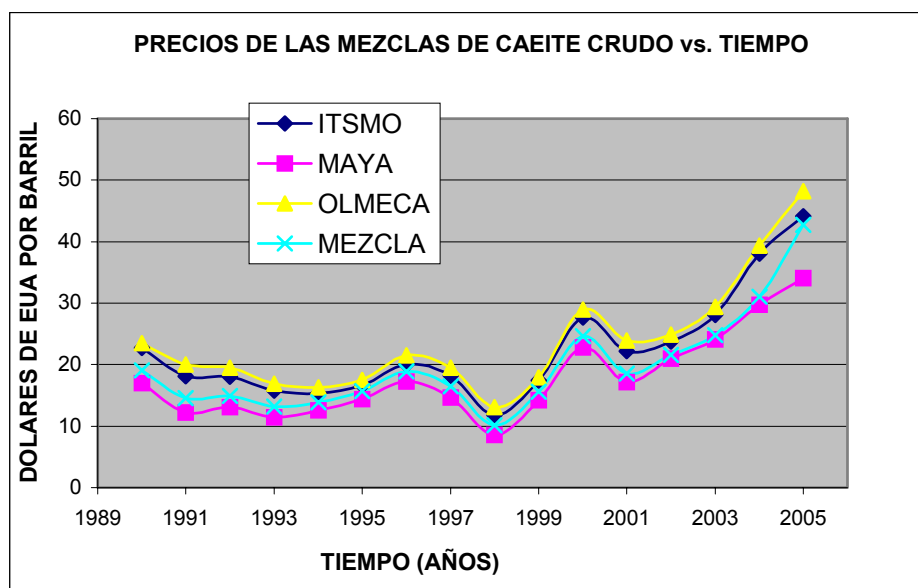
Sin embargo, se tuvo un alza de precios más significativa en el año 2003, tras el ataque contra el más importante oleoducto de Irak, que suministra de crudo a la terminal turca de Ceyhan y que interrumpió por meses las ventas; este oleoducto conduce las exportaciones a Turquía y de ahí a diversos compradores.

Antes de la guerra que USA y Reino Unido lanzada contra Irak a mediados de marzo del 2003, Irak producía aproximadamente tres por ciento del petróleo crudo mundial, es decir, 25 millones de barriles diarios. Actualmente, Irak, ahora bajo la dirección de Estados Unidos, produce aproximadamente 1.1 millones de barriles por día, de los cuales un millón son transportados al exterior a través del oleoducto de Ceyhan.

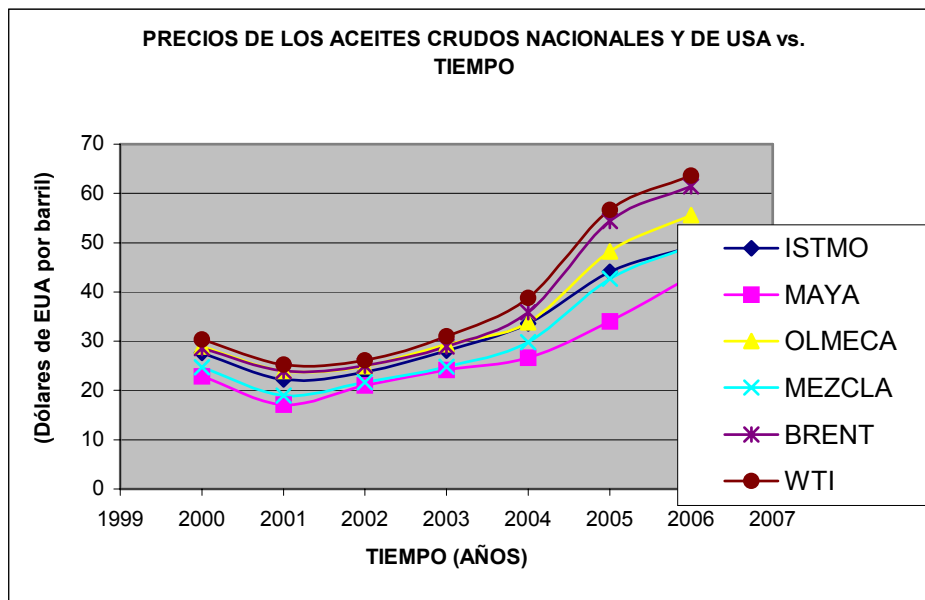
Los precios del crudo también subieron en el 2003 por la ola de violencia que se registró en Nigeria, ya que se interrumpieron los envíos desde el mayor productor de petróleo de África. Se prevé que los precios internacionales del petróleo se mantienen y mantendrán presionados al alza, debido principalmente, a los ataques a los oleoductos en Irak y al aumento en la demanda de petróleo a nivel mundial por el mayor desarrollo económico de todos los países y por el aumento de la población mundial, que requieren cada vez mas y mejores satisfactores, entre los que se encuentra la energía.

| PRECIOS DE LA MEZCLA DE PETRÓLEO CRUDO DE MÉXICO | | | | |
|--------------------------------------------------|-------|-------|--------|--------|
| AÑO | ITSMO | MAYA | OLMECA | MEZCLA |
| 1990 | 22.68 | 16.97 | 23.54 | 19.09 |
| 1991 | 18.11 | 12.25 | 20.07 | 14.58 |
| 1992 | 18.01 | 13.11 | 19.54 | 14.88 |
| 1993 | 15.81 | 11.44 | 16.95 | 13.2 |
| 1994 | 15.33 | 12.57 | 16.27 | 13.88 |
| 1995 | 16.66 | 14.41 | 17.51 | 15.7 |
| 1996 | 20.02 | 17.25 | 21.5 | 18.94 |
| 1997 | 18.19 | 14.65 | 19.52 | 16.46 |
| 1998 | 11.82 | 8.56 | 13.11 | 10.17 |
| 1999 | 17.47 | 14.18 | 17.92 | 15.62 |
| 2000 | 27.67 | 22.81 | 28.94 | 24.62 |
| 2001 | 22.23 | 17.15 | 23.93 | 18.57 |
| 2002 | 23.76 | 20.98 | 24.91 | 21.61 |
| 2003 | 28.05 | 24.14 | 29.35 | 24.79 |
| 2004 | 38.04 | 29.78 | 39.34 | 31.02 |
| 2005 | 44.1 | 34.07 | 48.24 | 42.74 |

Tabla C.3 Variación del precio por barril de la Mezcla Mexicana de Exportación de los últimos 15 años (Tomado de la Secretaría de energía, 2005).



Gráfica C.9 Precio por barril de la Mezcla Mexicana de Exportación de los últimos 15 años (Tomado de la Secretaría de energía, 2005).



Gráfica C.10 Precio por barril de seis tipos de petróleo crudo nacionales y de Estados Unidos de Norteamérica en los últimos 7 años (Tomado de la Secretaría de energía, 2005).

Costos de producción del petróleo crudo en México

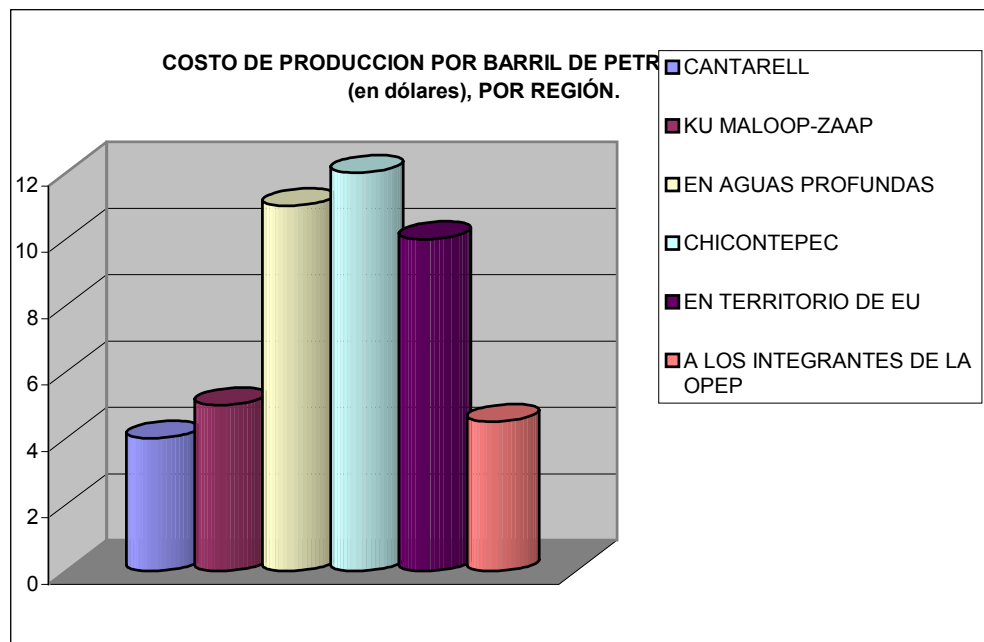
Petróleos Mexicanos (Pemex) corre el riesgo de asumir gastos adicionales por la explotación de nuevos yacimientos petroleros en caso de que los costos de producción rebasen los 6.5 dólares por barril, lo que implicaría pérdidas para la empresa. El subdirector de planeación económica de la Dirección Corporativa de Finanzas de la paraestatal explicó que están aumentando los costos de producción por barril, debido a las características de los nuevos campos, es decir, el petróleo está más disperso y cuesta más su extracción.

Cantarell tiene un costo de producción de petróleo antes de impuestos de cuatro dólares por barril, pero cuando inició su explotación en 1979 el costo era menor a los dos dólares. Además Ku Maloop Zaap tiene un costo de producción antes de impuestos de cinco dólares y en el largo plazo los costos para los proyectos de aguas profundas serán de 11 dólares y en Chicontepec de 12 dólares por barril; esto

no significa que no sea rentable el negocio de la explotación de "oro negro", sobre todo si los precios de referencia son de 60 dólares por barril y de 49.63 dólares en la mezcla mexicana de exportación.

Los costos de producción en el Golfo de México, territorio de Estados Unidos, según datos del mercado petrolero, son de entre ocho y diez dólares. A los grandes productores integrantes de la OPEP les cuesta hasta 4.50 dólares extraer un barril.

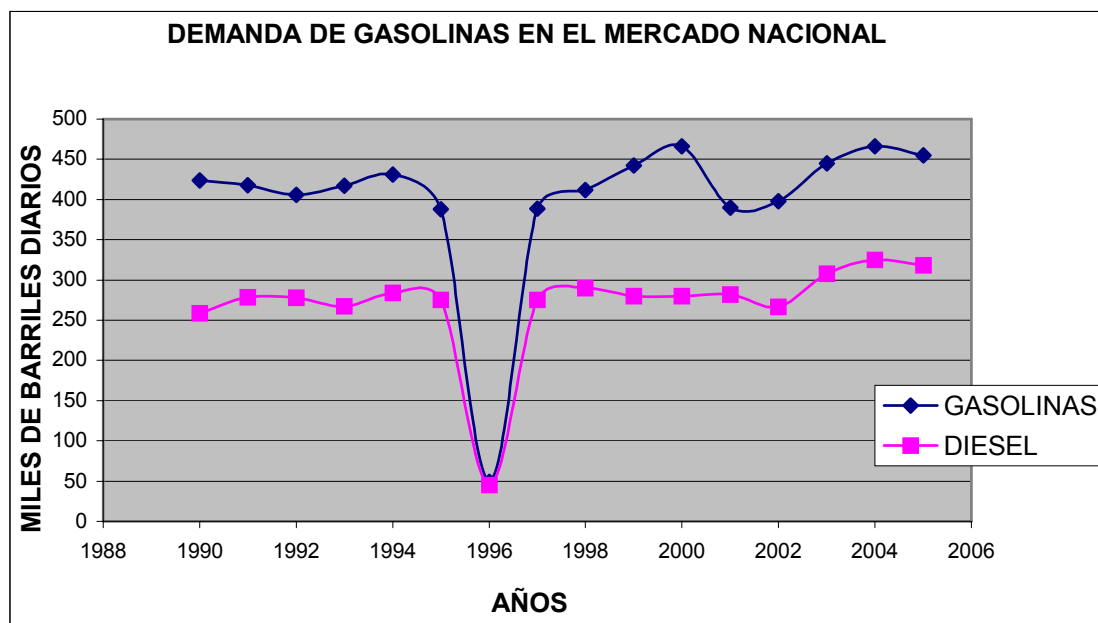
Las proyecciones de costos promedio de producción antes de impuestos al 2010 serán de 6.5 dólares por barril, lo cual sí podrá ser deducible, sin embargo, se espera que a partir de 2011 el costo sea de siete dólares por barril en promedio. Los costos promedio de producción del aceite crudo de las regiones petroleras de México son bajos comparados con los precios de venta en el mercado (gráfica C.11), influye en ese precio el tamaño de los yacimientos, su producción, la infraestructura y la mano de obra principalmente.



Gráfica C.11 Costo de producción por barril de petróleo crudo (en dólares), por región.

Demanda de gasolinas en el mercado nacional

Las gasolinas que se comercializan en México, son los tipos magna y premium, de la primera se consumen aproximadamente 500,000 barriles por día y de la segunda 100,000 barriles diarios (gráfica C.12).



Gráfica C.12 Tipos y demanda de gasolinas en México de 1988 hasta la actualidad.

Escenario de producción y consumo futuros de aceite crudo.

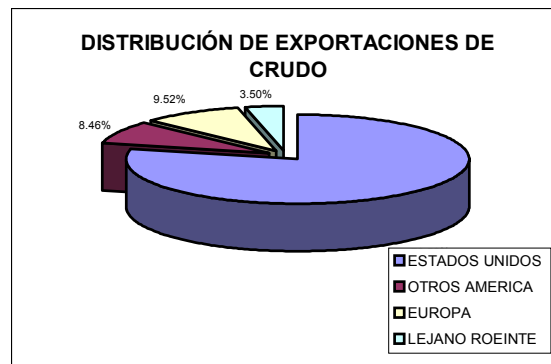
Considerando que la producción actual de hidrocarburos líquidos en México es de 3.32 millones de barriles al día, con un primer escenario, se considera que va a disminuir esa producción a 1.6 millones de barriles para el 2010. El escenario promedio considera un incremento de 3.8 millones de barriles al día a 4.6 millones de barriles en el 2020 para mantener una buena posición mexicana dentro del mercado global. El tercer escenario, es un escenario elevado de producción que corresponde a un nivel de 5.7 millones de barriles por día para poder llegar a tener una buena posición en el mercado mundial. Los puntos clave para poder ampliar este panorama mexicano es poder permitir una mayor exploración de áreas nuevas e incrementar la producción. La reserva mexicana de petróleo crudo ha disminuido de 28.3 miles de millones de barriles en 1991 a 14.803 al 2005, debido a la falta inversiones.

Por la producción de petróleo crudo y considerando incrementos a nivel elevado y promedio, se pronostica que en el mediano y largo plazo se incrementarían los ingresos fiscales, ya que se llegaría alrededor de 9.4 mil millones de dólares en el periodo de 2011 al 2020. Esto es equivalente a un incremento del 13% con respecto del 2005 de los ingresos fiscales para el Gobierno. Si se considera el escenario elevado, los ingresos fiscales que ahora son del orden de 23.397 miles de millones por año, se estima que se incrementarán un 20% en el año 2011. La magnitud de estos ingresos fiscales por venta de hidrocarburos es muy importante sobre todo porque en este momento el Gobierno Federal no tiene fuentes alternativas de ingresos fiscales y por lo tanto, va a tener que abordar lo referente a sus ingresos más allá del 2007, considerando en primera instancia los ingresos por la venta de petróleo crudo.

El Consumo Mundial de Petróleo y la Preponderancia

Petróleos Mexicanos registró en el mes de enero de 2006, el volumen de exportación de petróleo crudo más alto de su historia, al colocar entre los diferentes clientes de México en el mercado internacional un promedio diario de dos millones 52 mil barriles de Istmo, Maya y Olmeca, por lo que se rebasan las ventas al exterior en enero los dos millones de barriles al día en promedio, incrementándose la producción de petróleo con respecto al promedio de 2005 en 39 mil barriles diarios.

Con base en los Indicadores Petroleros, el promedio de ventas al exterior de petróleo crudo en el primer mes del año, fue 11.5 por ciento superior con respecto a enero de 2005 y porcentaje similar en comparación con el volumen de exportaciones reportado en el año pasado. Del total de las ventas al exterior de petróleo crudo, 86.98 por ciento se destinó a América, en especial a Estados Unidos, 9.52 por ciento al continente europeo y 3.5 por ciento al Lejano Oriente. De acuerdo a estos datos podemos observar que el mayor valor de exportación se concentra en Estados Unidos, pero no sólo para México, sino para todo el mundo se da de igual manera esta preponderancia (Gráfica C.13 y Fig. C.5).



Gráfica C.13 Distribución de las exportaciones de Crudo por destino geográfico en 2004. (Tomado de la Secretaría de Energía 20005).

En enero pasado, la producción de crudo Maya se ubicó en dos millones 410 mil barriles diarios, lo que representó 71 por ciento del total; la de Istmo se situó en 793 mil barriles, y la de Olmeca fue de 169 mil barriles por día, volúmenes que se destinaron a atender los requerimientos energéticos del país y a cumplir los compromisos de exportación de México. De la producción obtenida el pasado mes,

las regiones marinas suroeste y noreste de la Sonda de Campeche aportaron dos millones 789 mil barriles diarios de crudo, volumen que representó 82.7 por ciento del total. Por su parte, la zona sur contribuyó con 500 mil barriles, equivalente a 14.8 por ciento, en tanto el 2.5 por ciento restante provino de la región norte, con 83 mil barriles por día.

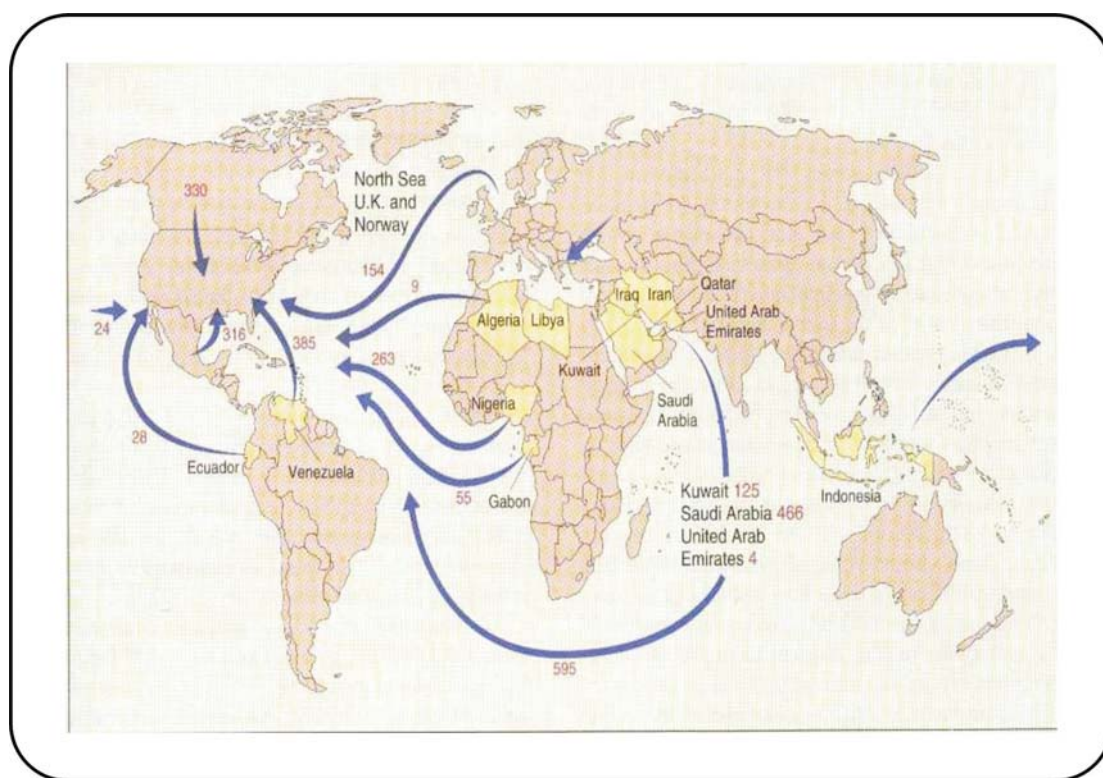


Fig. C.5 Preponderancia de exportación de petróleo en el mundo.