BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA

COLEGIO DE GEOFÍSICA

EVALUACION TÉCNICA DE LA REFORMA ENERGÉTICA 2013 EN EL SECTOR PETROLERO

Tesis que para obtener el título de

LICENCIATURA EN INGENIERIA GEOFISICA

PRESENTA:

ERNESTO ALFONSO LÓPEZ RAMÍREZ

DIRECTOR (A): JOSÉ LUIS GONZÁLEZ GUEVARA

CO-DIRECTOR: JULIO CÉSAR GONZÁLEZ HERNÁNDEZ

OCTUBRE 2019

AGRADECIMIENTOS

GRACIAS A MI FAMILIA, A MI PADRE ALFONSO POR SUS CONSEJOS Y SU GUÍA, AGRADEZCO A MI MADRE ARACELI POR SU APOYO Y SU EJEMPLO PROFESIONAL, AGRADEZCO A MIS PROFESORES POR COMPARTIR SU CONOCIMIENTO CONMIGO, GRACIAS A MIS AMIGOS LUIS FELIPE, MICHAEL Y JULIO POR TODAS LAS EXPERIENCIAS QUE VIVIMOS Y QUIENES SE VOLVIERON MI FAMILIA, GRACIAS A MI NOVIA ANDREA POR SIEMPRE CREER EN MÍ Y SER MI PRINCIPAL MOTOR Y APOYO MORAL, A MI SOBRINOS YAEL, REGINA Y RENATA POR SER UNA MOTIVACIÓN MÁS PARA MI.

PARA GUILLERMO VLAZQUEZ ROSAS (Q.E.P.D) ESTO ES PARA TI

COMITÉ DE SINODALES:

Profesor José Luis González Guevara

Profesor julio Cesar Gonzales Hernández

Profesor Raúl Vázquez Sánchez

INDICE

CAPÍTULO 1: EL PETRÓLEO EN LA HISTORIA DE MÉXICO 1

1.1 El Porfiriato 1

1.1.1 Primera ley petrolera 2

1.1.2 La Revolución Mexicana 3

1.2 La Constitución de 1917 4

1.2.1 Precedentes de la constitución 4

1.2.2 Promulgación de la constitución 5

1.2.3 El sector petrolero tras la promulgación de la constitución 6

1.2.4 Preludios de la Expropiación Petrolera 7

1.3 La Expropiación Petrolera 8

1.3.1 La fundación del STPRM 9

1.3.2 La nacionalización de la industria petrolera 10

1.4 El milagro Mexicano 11

1.4.1 El pago a las petroleras 12

1.4.2 La Segunda guerra mundial 13

1.4.3 Los contratos de riesgo 14

1.4.4 El crecimiento del sector petrolero en México 15

1.5 Las diversas crisis petroleras 17

1.5.1 Crisis petrolera de 1973 17

1.5.2 Crisis petrolera de 1979 19

1.5.3 Crisis petrolera de 2008 22

1.5.4 Caída de 2014 23

CAPÍTULO 2.- DESARROLLO DE LA INDUSTRIA PETROLERA 25

2.1 la industria petrolera Mexicana tras la nacionalización 25

2.1.1 Maduración de la perforación nacionalizada 26

2.1.2 Perforación de los grandes yacimientos 28

2.1.3 incorporación de tecnologías y creación de la unidad de perforación 31

2.2. Evolución de la tecnología en la industria petrolera a nivel mundial 34

2.2.1. Periodo 1960 – 1979 34
2.2.2. Periodo 1980 – 1986 35
2.2.3. Periodo 1987 – 1990 35
2.2.4. Periodo 1991 – 2004 36
2.2.5 Periodo 2005 – 2011 37
2.3. Desarrollo de la industria petrolera mexicana 38
2.3.1. Proceso de la administración de la tecnología 39
2.3.2 Desarrollo de profesionistas 39
2.3.3 El papel del instituto Mexicano del petróleo 40
2.3.4 Tecnología en la industria petrolera nacional 41
CAPÍTULO 3. LA REFORMA ENERGÉTICA DE 2013 43
3.1 Objetivos en materia petrolera 43
3.2 Reforma energética constitucional 44
3.2.1 Reforma al artículo 25 45
3.2.2 Reformas al artículo 27 46
3.2.3 Reformas al artículo 28 49
3.3 Antecedentes 51
3.3.1 Reforma de Ernesto Zedillo 51
3.3.2 Reforma de Vicente Fox 52
3.3.3 Reforma de Felipe Calderón 53
3.4 Aspectos técnicos de la reforma energética en el sector petrolero 54
3.4.1 La era del petróleo barato 54
3.4.2. El fenómeno del pico del petróleo 57
2.4.3 El declive del petróleo barato en México 58
3.4.4 El petróleo no convencional 64
CAPÍTULO 4. RETOS Y PERSPECTIVAS ANTE LA REFORMA ENERGÉTICA DE 2013 69
4.1 Reservas de petróleo en México 69
4.1.1 Clasificación de las reservas de petróleo 70
4.2 Yacimientos de hidrocarburos en México 72
4.2.1 Provincia Sabinas-burro-picachos 73
4.2.2 Provincia Burgos 74

4.2.3 Provincia Tampico-Misantla 75
4.2.4 Provincia de Veracruz 76
4.2.5 Provincia Suroeste 77
4.2.6 Provincia del Golfo de México profundo 78
4.3 Localización geográfica de los yacimientos 80
4.3.1 Región Norte 80
4.3.2 Región Sur 80
4.3.3 Región Marina 81
4.4 Aceite y gas 81
4.4.1 Tipos de Aceite 81
4.4.2 Tipos de Gas 83
4.5 Petróleo no convencional en México 83
4.5.1 Petróleo de aguas profundas en México 84
4.5.2 Shale Oil y Shale gas en México 86
4.6 Gestión de los campos petroleros Mexicanos 88
4.6.1 Ronda 0 88
4.6.2 Ronda 1 90
4.7 Explotación de petróleo no convencional en México 96
4.7.1 Fracking en México 97
4.7.2 Impacto ambiental del fracking 105
4.7.2 Explotación de petróleo de aguas profundas 109
CONCLUSIONES 114
BIBLIOGRAFÍA 116

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Aumento en la producción de petróleo y los equipos perforadores..... 27

Figura 2. Precio del barril del petróleo y pozos perforados 1938 – 1960…… 28

Figura 3. Éxito en pozos perforados 1961 – 1980…….. 29

Figura 4. Pozos exploratorios y reservas encontradas 1961 – 1980……. 30

Figura 5. Éxito en pozos perforados 1961 – 1980…….. 30

Figura 6. Precio del barril de petróleo y pozos perforados 1961 – 1980……. 31

Figura 7. Pozos perforados y tipos de petróleo producidos…… 32

Figura 8. Pozos perforados y reservas encontradas 1980 – 1998…….. 33

Figura 9. Éxito y pozos perforados 1980 – 1999……. 33

Figura 10. Explotación de petróleo de aguas profundas…… 37

Figura 11. Consumo mundial de petróleo 1985…….. 55

Figura 12. Clasificación de las reservas mundiales…… 56

Figura 13. Caída en la producción petrolera en noruega……. 58

Figura 14. Ubicación del activo integral Cantarell……. 59

Figura 15. Ubicación del activo integral ku-Maloob-Zaab…… 61

Figura 16. Declive de la producción en campos petroleros Mexicanos…… 64

Figura 17. Excavación de arenas impregnadas de petróleo ……65

Figura 18. Planta separadora…… 66

Figura 19. Tipos de infraestructura según la profundidad…… 67

Figura 20. Perforación horizontal y Fracturación Hidráulica…….. 68

Figura 21. Reservas remanentes totales de hidrocarburos en México al primero de enero de 2012 (mmbpce)……71

Figura 22. Provincias Petroleras de México……..……... 73

Figura 23. Ubicación y Distribución de campos de la cuenca Sabinas……..…….. 74

Figura 24. Ubicación y distribución de los campos de gas de la cuenca de Burgos……. 75

Figura 25. Ubicación de la provincia Tampico-Misantla y principales campos de aceite y gas……..……. 76

Figura 26. Ubicación y principales campos de la Cuenca de Veracruz……..…….. 77

Figura 27. Ubicación, Subprovincias y principales campos de la Provincia Sureste…….78

Figura 28. Provincias prospectivas de la parte mexicana profunda del Golfo de México……. 79

Figura 29. Provincias geológicas de aguas profundas en el golfo de México. (Anuncia Pemex importante recorte de personal, 2015)…… 85
Figura 30. Paleocanal de Chicontepec (Ocampo, 2013)……87
Figura 31. Áreas otorgadas a Pemex (Rodríguez, J., Olvera, J., 2015)…….… 89
Figura 32. Áreas correspondientes a la primera licitación. (CNH) (CNH)…….. 90
Figura 33. Áreas correspondientes a la segunda licitación. (CNH))…… 91
Figura 34. Área correspondiente a la tercera licitación (CNH)…… 94
Figura 35. Área correspondiente a la cuarta licitación. (CNH)……..95
Figura 36. Proceso del fracking (Shale gas extraction explained)…….…….… 97
Figura 37. Regiones con fracking en México. (Ferrari, 2015)…….. 98
Figura 38. Disponibilidad de agua en México. (Ocampo, 2016)……...106
Figura 39.Contaminación de un acuífero por fracturas existentes……..... 106
Figura 40. Piscina de fluido de inyección al aire libre…….108
Figura 41. Accidente British Petroleum 2010……...112
Figura 42. Pelicanos afectados por el derrame de British Petroleum. ……113

Tabla 1.Total de pozos perforados en México 1938 – 1958…….……26
Tabla 2. Países con más reservas de petróleo……..……..57
Tabla 3. Producción del complejo Cantarell 1990 – 2014……..……...60
Tabla 4. Producción del activo integral Ku-Maloob-Zaab……...……62
Tabla 5. Producción total de hidrocarburos…….. 63
Tabla 6. Tipos de aceite y su escala en grados API (Ferrar, 2014)…… 82
Tabla 7. Volumen de reservas 2p y prospectivas asignado a Pemex por tipo de yacimiento (Rodríguez, J., Olvera, J., 2015)…… 89
Tabla 8. Ganadores de tercera licitación y los campos ganados (CNH)…….,,,…. 94
Tabla 9 Ganadores de la licitación y las áreas ganadas (CNH) …….,,… 96
Tabla 10. Pozos de Fracking en México……..……...104

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un análisis técnico en materia geológica y geofísica sobre el modelo planteado por la reforma energética de 2013 en el sector petrolero, también se explica él porque es que se llegó a este modelo y las ineficiencias que se producen debido a la implementación de este e información estadística para reforzar este análisis, además de un recorridos histórico a través de los acontecimientos más importantes en materia petrolera y el desarrollo de la industria petrolera en México.

OBJETIVO GENERAL

- Determinar las causas del funcionamiento o ineficiencia de la Reforma Energética propuesta por el presídete Enrique Peña Nieto en México desde un punto de vista críticamente académico

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una revisión exhaustiva de la historia de la industria petrolera en México.
- Realizar una revisión del contexto nacional en el sector petrolero antes y después de la implementación de la reforma energética

- La búsqueda y análisis e información estadística de los efectos de la reforma energética.
- Revisar los posibles efectos contra el medio ambiente que causa la explotación del petróleo no convencional.

INTRODUCCIÓN

Surgen varias preguntas de investigación principales, la primera y como consecuencia lógica es ¿Qué es la Reforma Energética? Se escucha mucho en los medios de comunicación actuales, televisión, radio, internet, periódicos y revistas comerciales de análisis político-económico, etc., sobre la Reforma Energética, y genéricamente se comenta que beneficia al país y a los mexicanos.

Sin embargo tras un sexenio de la implementación de esta reforma y sin ver los resultados prometidos las preguntas son:

- ¿Cuál es el motivo del incremento en los precios de los energéticos?
- ¿Era realmente necesaria una nueva reforma energética?

Al aclarar estas dudas y entrar de lleno al tema técnico surgen nuevas interrogantes:

- ¿Cal es el impacto ambiental que se genera de la explotación de los recursos no convencionales?
- ¿Por qué la caída en la producción del petróleo?

ANTECEDENTES

El petróleo tiene un papel muy importante en la economía, historia y cultura de México y la dependencia de este ha ocasionado diversos conflictos con naciones extranjeras y sus empresas petroleras, a las cuales durante el gobierno de Porfirio Díaz se les concedió todo tipo de ventajas mediante las disposiciones de la ley minera de 1882 y la primera ley petrolera de 1901 para la explotación del petróleo mexicano, siendo la empresa extranjera Waters-Pierce Oil Company la primera en explotar el petróleo del territorio nacional de manera exitosa, haciendo que el gobierno porfirista sea considerado como el más irresponsable en materia de hidrocarburos.

Tras la promulgación de la constitución estas normas cambiaron, si bien no se les prohibió la explotación de este recurso por parte de la empresas extranjeras como se estipulaba en la constitución, si se reguló su participación en la explotación, producción y comercialización de este valioso recursos natural, pero fue hasta 1938 cuando se terminó con todo tipo de participación de empresas extranjeras en el sector petrolero además de que fueron confiscadas las instalaciones, oleoductos, refinerías, tanques de almacenamiento y maquinaria usada para cualquier tipo de actividad petrolera. Gran parte de la simpatía de los ciudadanos mexicanos hacia esta expropiación fue debido a la situación de explotación y malos salarios que sufrieron los obreros mexicanos al trabajar en las zonas petroleras, como lo retrata Bruno Traven en su obra literaria “rosa blanca. La decisión de expropiación fue tomada por el gobierno cardenista ante la negativa de las empresas petroleras extranjeras para cumplir las demandas del STPRM

(sindicato de trabajadores petroleros de la república mexicana), en las cuales se exigía que los trabajadores petroleros tuvieran el mismo ingreso, además de contar con prestaciones sociales como vacaciones, indemnizaciones por accidentes de trabajo y servicios médicos.

Las empresas petroleras extranjeras más importantes expropiadas fueron El Águila, (London Trust Oil-Shell), Mexican Petroleum Company of California con sus tres subsidiarias: Huasteca Petroleum Company, Tamiahua Petroleum Company y Tuxpan Petroleum Company. Pierce OilCompany, subsidiaria de Standard OilCompany, Californian Standard Oil Co. de México, sin embargo se les fue ofrecida una indemnización durante un periodo de 10 años. Los meses posteriores a la expropiación los gobiernos de Estados Unidos e Inglaterra impusieron un bloqueo comercial al petróleo mexicano y también a la venta de refacciones para la maquinaria que fue expropiada y que era usada para explotar y refinar petróleo en México con la finalidad de que el gobierno mexicano se retractara de las leyes promulgadas.

Tras el comienzo de la segunda guerra mundial inicio una época de crecimiento en el sector petrolero mexicano, pues aunque continuaba el bloqueo por parte de Inglaterra y Estados Unidos, el panorama mundial hizo que el gobierno nazi fuera uno de los principales compradores del petróleo mexicano y posteriormente a la guerra se reanudaron los acuerdos comerciales entre Estados Unidos y México, volviendo al petróleo como el principal engrane en la economía nacional, invirtiendo grandes sumas de dinero en su desarrollo, la mayoría de estas provenientes de créditos obtenidos del exterior principalmente con Estados

Unidos, lo que le permitió al gobierno norteamericano volver a tener injerencia en la política petrolera nacional.

Esta apuesta por el petróleo como principal fuente de ingresos para el país históricamente no ha sido la opción más correcta, pues los precios del barril de petróleo están sujetos a los diversos eventos políticos que suceden internacionalmente, ya sean conflictos bélicos como la guerra del golfo, la incursión al mercado petrolero de una nación cuyas reservas recientemente aprobadas aumentan significativamente su producción, como es el caso de Venezuela y la aprobación de las reservas de la faja del Orinoco, o la sobre oferta de petróleo, estos factores hacen que los precios del barril de petróleo.

El objetivo de esta breve sinopsis es denotar que históricamente la total dependencia del petróleo como principal fuente de ingresos para México ha sido opción viable, pues las diversas caídas en los precios del petróleo han golpeado fuertemente la economía nacional impidiendo un desarrollo estable de la misma y siempre a merced de la tambaleante economía petrolear internacional.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las principales promesas de la reforma energética en materia petrolera fueron la modernización y fortalecimiento de PEMEX sin su privatización, el contar con un mayor abasto de energéticos a menores precios, la reducción de los riesgos financieros, geológicos y ambientales en las actividades de exploración y extracción de petróleo y gas, además de atraer inversión al sector energético mexicano para impulsar el desarrollo del país. Teniendo tasas de restitución de reservas probadas de petróleo y gas superiores al 100%, así como el aumento de producción de petróleo a 3 millones de barriles para 2018 y a 3.5 millones de barriles en 2025.

Para esto se propone la explotación de los yacimientos de aguas profundas del golfo de México y la explotación de petróleo de lutitas del paleocanal de Chicontepec, pues la caída en la producción de los principales campos petroleros como Cantarell ha ido aumentando desde 2004.

Sin embargo tras cuatro años de la implementación de la reforma energética propuesta por el presidente Enrique Peña Nieto no se han manifestado los resultados principales, pues la producción de petróleo sigue decayendo y los costos de los energéticos van en aumento, y PEMEX ha presentado despidos de personal en grandes cantidades, pues se argumenta una falta de presupuesto.

CAPÍTULO 1: EL PETRÓLEO EN LA HISTORIA DE MÉXICO

El petróleo ha jugado un papel económico y cultural muy importante a través del tiempo, no solo en México sino también en el mundo, siendo no solo el recurso más importante para el funcionamiento de la economía mundial si no también un arma geoestratégica y el control por esta ha provocado diversas guerras y conflictos políticos a través de la historia.

La historia petrolera Mexicana surge desde 1863 con el hallazgo de chapopoteras en tabasco y su explotación realizada por el entonces gobernador de tabasco Simón Sarlat Nova quien es conocido con el primer mexicano que emprendió la explotación del petróleo (Suarez, 2008).

El siguiente apartado es un breve resumen de los eventos históricos más importantes en materia petrolera, y como han afectado a la sociedad mexicana, empezando por el régimen de Porfirio Díaz hasta la última crisis petrolera.

1.1 El Porfiriato

Desde la colonización el sector petrolero y minero se regía por las leyes que reconocían a la nación como propietaria del petróleo, donde las actividades mineras estaban limitadas a españoles y nativos de la nueva España, prohibiéndose la intromisión a extranjeros. Tras la independencia, en 1836 la corona española al reconoció la soberanía de México y el dominio de este sobre

todos sus recursos minerales e hidrocarburos, sin embargo tras las disposiciones de 1982 de la nueva ley minera se cedieron los yacimientos petroleros de México junto con sus demás riquezas minerales a los propietarios de los terrenos en cuestión, de esta de esta ley resalta los artículos mostrados a continuación:

- Artículo 4.- El dueño del suelo explotara libremente sin necesidad de concesión espacial en ningún caso, las sustancias minerales siguientes: Los combustibles minerales, aceites y aguas minerales…"
- Artículo 1º.- La propiedad minera legalmente adquirida y la que en lo sucesivo se adquiera con arreglo de esta ley, será irrevocable y perpetua (González, 1972)

Cinco años más tarde en el gobierno porfirista cede a la empresa Waters Pierce Oil los permisos necesarios para la explotación del suelo mexicano y en 1901 el ingeniero Ezequiel Ordoñez descubriría un yacimiento petrolero importante en San Luis Potosí, el cual serian exitosamente explotado 3 años más tarde con una producción de 1,500 bd.

1.1.1 Primera ley petrolera

Esta ley entró en vigor en 1091, en la cual el presidente puede otorgar a empresas y particulares permisos con duración de un año, para explotar territorios propiedad de la nación, así como diversas facilidades para la explotación y comercialización, dentro de las que destacan:

- La exportación de todo tipo de producto derivado del hidrocarburo explotado sin pagar ningún impuesto sobre este.
- La libre importación de la maquinaria necesaria para explotar y refinar el hidrocarburo.
- La inversión para explotación sea libre de todo impuesto federal
- El derecho de los concesionarios de comprar más hectáreas de terreno para el establecimiento de la maquinaria que importaron, y si en caso de que el terreno sea de propiedad particular, los concesionarios podrían expropiar dicho terreno a sus dueños originales (Gonzales. 1972).

La Waters-Pierce Oil Company fue la primera en explotar exitosamente yacimientos de hidrocarburos bajo estas nuevas leyes, esto ah echo que el gobierno porfirista sea considerado como el más irresponsable en materia de hidrocarburos, dando prioridad a los intereses de las empresas extranjeros sobre el pueblo Mexicano. (González, 1972).

1.1.2 La Revolución Mexicana

Tras el inicio de la revolución se rompen precedentes de exportación convirtiendo a México en el cuarto principal productor de petróleo a nivel mundial generando:

- En 1911 12.5 mdb
- En 1912 161.5 mdb
- En 1913 25.6 mdb

Sin embargo el 94% de la producción petrolera estaría en manos de empresas extranjeras británicas y norteamericanas, principalmente la Mexican Eagle Oil por parte de Inglaterra y la The Mexican Petroleum Company por parte de Estados Unidos (Uhthoff, 2008).

1.2 La Constitución de 1917

La posición del entonces presidente Venustiano Carraza frente a los intereses petroleros de extranjeros quedó bien definida con los proyectos y leyes que intentaron recuperar la riqueza petrolera de la nación y que sentaron las bases para los artículos 26 y 27 de la actual constitución.

1.2.1 **Precedentes de la constitución**

En el año 1915 el presidente Venustiano Carranza dictó un tratado que limitaba las explotaciones petroleras a los yacimientos ya existentes, haciendo referencia al enriquecimiento de las petroleras sin que la nación tenga algún de este documento destacan el artículo 1º y 4º.

- Artículo 1º.- Desde fecha y hasta la expedición de nuevas leyes que determinen la condición jurídica del petróleo y sus derivados, deberán suspenderse todas las obras que se estén ejecutando para la construcción de oleoductos, perforaciones de pozos petrolíferos y en general cualquier obra relacionada con la explotación de petróleo.

- Artículo 4º.- los manantiales de petróleo que broten por obras ejecutadas en contravención de la presente ley, se consideraran propiedad de la nación (González, 1972).

Durante el periodo presidencial de Carranza México se encontraba en una etapa de exportación muy buena, pasando de ser el cuarto más importante a ser el segundo, debido al comienzo de la primera guerra mundial, tal demanda de petróleo pudo ser cubierta gracias a la explotación de uno de los pozos más importantes; el cerro azul No. 4, cuya producción se estimaba en 260 000 barriles diarios, junto con este pozo se continuó la explotación del pozo la pez, cuya producción llegaría a ser de 1500 barriles diarios. La importancia del petróleo mexicano fue tal, que las potencias mundiales querían intervenir en la política nacional, con el fin de que continuará el flujo del hidrocarburo, sin embargo, la participación del estado en cuestión petrolera aun no era tanta, por lo que en 1915 se funda la Comisión Técnica del petróleo con el objetivo de investigar todo asunto referente al hidrocarburo, desde su explotación, producción y exportación, hasta la creación de leyes para la correcta conservación de este recurso natural (Uhthoff, 2008).

1.2.2 **Promulgación de la constitución**

En materia petrolera la constitución establece en el párrafo cuarto del artículo 27 que la nación volverá a tener dominio sobre el subsuelo y los hidrocarburos que

se encuentren en él, quedando olvidado el sistema implementado por Porfirio Díaz, así como todas las concesiones y contratos petroleros a particulares concedidas bajo su mandato y aunque a las empresas extranjeras no se les exigió algún retroactivo por el tiempo que explotaron el petróleo, tampoco se les reconocería ningún tipo de derecho sobre este. (Cárdenas, 2009),

1.2.3 El sector petrolero tras la promulgación de la constitución

Después de la cúspide alcanzada en 1921 se inicia el declive de la producción petrolera, reduciendo la producción un 70% para 1930 debido principalmente al descubrimiento de nuevos yacimientos encontrados en otros países lo que condujo a una baja de los precios del petróleo, sin embargo, aun así México siguió siendo la principal fuente de petróleo para Estados Unidos, al producir el 46% del petróleo que esta nación obtenían externamente (Cárdenas, 2009)

Al iniciar la década de 1920 y durante el gobierno de Álvaro Obregón, se trató de que la inversión privada recobrara fuerza en México, al devolver los derechos de propiedad adquiridos antes de la promulgación de la constitución a los particulares, además de ser más laxo en el cumplimento de la constitución para beneficiar a compañías extranjeras (González, 1972).

1.2.3.1 Los tratados de Bucareli

Los llamados “infames” tratados de Bucareli fueron firmados como una medida desesperada por Álvaro Obregón para que el gobierno norteamericano lo reconociera como presidente legítimo y establecieron que: 1) las propiedades expropiadas se pagarían a los extranjeros con bonos siempre cuando no excedieran las 1755 hectáreas. 2) en caso de exceder esta cantidad de terreno, el pago seria inmediato y de contado. 3) el artículo 27 de la constitución no tendría ningún carácter retroactivo (Suarez, 2008).

Gracias a estos acuerdos las compañías petroleras fueron altamente beneficiadas del petróleo mexicano, llegando a existir para el final del periodo de Obregón más de 200 compañías privadas que explotaron desmedidamente los yacimientos de la faja de oro, dando así un panorama en cuestión petrolera similar al del porfiriato.(González, 1972) .

1.2.4 Preludios de la Expropiación Petrolera

A mediados de la década de 1920 la crisis productiva y la baja internacional de los precios del petróleo llevaron a las compañías petroleras a reducir el ritmo de producción al mínimo.

El 26 de diciembre de 1926 el control de administración del petróleo nacional formuló la primera ley reglamentaria del artículo 27 constitucional en cuestión petrolera. De esta ley destacan los artículos 14 y 15 los cuales básicamente tienen

el propósito de confirmar los derechos adquiridos antes de 1917 solamente por un periodo de 50 años y no a perpetuidad, siempre y cuando se haya encontrado y explotado petróleo nacional antes de esa fecha, en caso de que los propietarios no pudieran comprobar dicho acto antes de la fecha dada, entonces debería atenerse a lo que marcaba originalmente el artículo 27 (Gonzales, 1972).

Uno de los puntos que más descontento provoco por parte de las compañías extranjeras fue la cláusula denominada clavo, que las obliga a renunciar a la protección de sus gobiernos ante cualquier decisión del gobierno mexicano sobre sus propiedades.

En los años siguientes, previos a la expropiación petrolera, no habría una gran inversión por parte de extranjeros, producto de la crisis económica de la gran depresión así como lo impuestos sobre el barril del petróleo.

Fue durante el gobierno de Abelardo Rodríguez se estipulo que los hidrocarburos encontrados a lo largo de 100 km de costas y fronteras son reservas nacionales, además de formar la empresa Petromex la cual regulaba el mercado interno del petróleo y refinados, aseguraba el abastecimiento interno y capacitaba el personal mexicano (Uhthoff, 2008)

1.3 La Expropiación Petrolera

Previa la llegada de Lázaro Cárdenas a la presidencia, las diversas empresas extranjeras continuaban interponiendo amparos y demandas en contra del

gobierno Mexicano con la idea de retomar los beneficios que les fueron dados durante el gobierno porfirista, además de que los obreros mexicanos que se encontraba en las zonas petroleras, eran explotados, como lo retrata Bruno Traven en su obra literaria: rosa blanca", en donde plasma estos abusos, obra que posteriormente sirvió para generar simpatía hacia la expropiación por parte de los ciudadanos mexicanos (Suarez, 2008),

1.3.1 **La fundación del STPRM**

Fundado el 5 de agosto de 1935, el sindicato de trabajadores petroleros de la república mexicana (STPRM) exigió a las empresas privadas un contrato colectivo de trabajo en el que todos los trabajadores petroleros tuvieran el mismo ingreso, además de contar con prestaciones sociales como vacaciones, indemnizaciones por accidentes de trabajo y servicios médicos, sin embargo las empresas extranjeras se mostraron inflexibles a estas exigencias, argumentando la falta solvencia económica para acceder a estas demandas.

Ante el fallo de estas negociaciones se inició una huelga que detuvo todas las actividades petroleras del país, acto que resultó perjudicial al poner en riesgo el funcionamiento económico del país. Por lo tanto el gobierno de Cardenista solicito el reinicio de labores, dejando que la junta federal de conciliación y arbitraje se encargara del asunto en cuestión. El peritaje realizado demostró que si se contaba con el capital suficiente para cumplir con las exigencias del STPRM las cuales fueron estimadas en 90 millones de pesos, de los cuales la suprema corte

de justicia estipuló que se pagara la cantidad de 26 millones, pero la postura de las empresas extranjeras argumentaba que solo pagarían 14 millones de pesos. Por este motivo se cancelaron los contratos de los trabajadores, suspendiendo así las labores en todas las empresas petroleras el 18 de marzo de 1938 (Cárdenas, 2008).

1.3.2 La nacionalización de la industria petrolera

La negativa por parte de las empresas extranjeras de ceder a lo estipulado por la suprema corte de justicia llevo al gobierno a tomar una decisión drástica y decisiva en contra. El 18 de marzo de 1938 el presidente Cárdenas decretó la expropiación de la industria, embargando a las empresas su maquinaria, instalaciones, oleoductos, refinerías, tanques de almacenamiento y toda posesión referente a la explotación y exportación del petróleo, sin embargo cabe señalar que se les daría una indemnización a las compañías expropiadas en un periodo de 10 años.

Las empresas petroleras extranjeras más importantes expropiadas fueron El Águila, (London Trust Oil-Shell), Mexican Petroleum Company of California con sus tres subsidiarias: Huasteca Petroleum Company, Tamiahua Petroleum Company y Tuxpan Petroleum Company. Pierce Oil Company, subsidiaria de Standard Oil Company, Californian Standard Oil Co. de México (Silva 1964).

Debido a esto México rompió relación diplomática con Inglaterra cuyo gobierno no aceptó la legitimidad de la expropiación y exigió la devolución de los bienes a la empresa el águila.

1.3.2.1 Fundación de Petróleos Mexicanos

Para reorganizar, concentrar y coordinar la industria nacionalizada se crean el 7 de junio de 1938 las empresas nacionales: Petróleos Mexicanos y la Distribuidora de Petróleos Mexicanos las cuales estarían a cargo de la producción del petróleo, y su exportación y comercialización respectivamente, sin embargo en 1940 estas empresas fueron reformadas como una sola a cargo de toda la industria petrolera.

Los meses posteriores a la expropiación los gobiernos de Estados Unidos e Inglaterra impondrían un bloqueo comercial al petróleo mexicano y también a la venta de refacciones para la maquinaria que fue expropiada y que era usada para explotar y refinar petróleo en México con la finalidad de que el gobierno mexicano se retractara de las leyes promulgadas (Cárdenas, 2009).

En cuanto a la exportación Petróleos Mexicanos aprovecharía el escenario de la segunda guerra mundial teniendo de principal cliente a Alemania, el cual compraría la mayoría del petróleo exportado con el fin de abastecer a la flota naval nazi. (Ortiz, 2015).

1.4 El milagro Mexicano

Esta etapa es caracterizada por ser de crecimiento sostenido y ser el cambio hacia una nación moderna e industrializada, comenzando en 1940 con el estallido de la

segunda guerra mundial, época favorable para México, ya que hubo una gran demanda de petróleo por parte de Alemania como ya si menciono anteriormente.

A pesar del crecimiento económico del país producto de la demanda petrolera, durante el periodo presidencial de Manuel Ávila Camacho se volvió a permitir la participación externa en el sector petrolero mediante contratos de riesgo, los cuales estipulaban que las empresas extranjeras podrían tener participación en el sector petrolero nacional, siempre y cuando no fuera en grandes campos petroleros, y su participación estaría limitada a la exploración y perforación, también se acordaban el reembolso de gastos de inversión a las empresas, el cual consistía en la entrega del 50% de los hidrocarburos producidos y otorgarle a la empresa una ganancia de 15% a 18% del valor de la producción por un periodo de 25 años.

1.4.1 El pago a las petroleras

En 1942 se funda la comisión intergubernamental la cual estableció un pago de 24 millones de dólares a las empresas norteamericanas principalmente la Estándar Oil en un plazo de 5 años, sin embargo entre 1943 y 1947 México pagó casi 6 millones de dólares más de lo estipulado por dicha comisión. En el caso de Inglaterra y la empresa El águila no se llegó a ningún acuerdo a pesar de la reanudación de las relaciones diplomáticas en 1941, la resolución llegó durante el periodo presidencial de Miguel alemán donde se acordó el pago de más de 81 millones de dólares en un plazo de 15 años con un 3% de interés a dicha

empresa, para dar un total de más de 130 millones de dólares. Por otro lado es en 1942 cuando Petróleos Mexicanos crea su departamento de exploración (Cárdenas, 2009).

1.4.2 La Segunda guerra mundial

Sin importar el acuerdo al que se llegó con el gobierno norteamericano, este continuaba ejerciendo presión sobre el gobierno mexicano para volver a tener injerencia en el petróleo nacional, debido a la severa disminución de petróleo que sufría, producto de su participación en la segunda guerra mundial

Fue durante el gobierno de Ávila Camacho cuando Estados unidos disuadió a México de vender petróleo a las potencias del eje, suspendiendo así todo comercio con Alemania, por su parte el gobierno de Adolfo Hitler trato sin éxito de reanudar relaciones comerciales con México

En diciembre de 1942 se llegó a un nuevo acuerdo comercial con el gobierno norteamericano, el cual estableció a Estados Unidos como comprador exclusivo del petróleo Mexicano, así como proveedor de los materiales necesarios para el desarrollo de la industria petrolera mexicana, y se le retiró el bloqueo económico a México.

En mayo de 1942 las potencias del eje hundieron dos buques petroleros Mexicanos, potrero del llano y faja de oro, con este acontecimiento México declara la guerra a alemana, enviando al escuadrón 201 formado por 300

soldados de la fuerza aérea mexicana a combatir como parte de los aliados (Ortiz, 2015).

El panorama de la segunda guerra mundial hizo que México elevara su producción de petróleo de 35.1 millones de barriles a 49.2 millones de barriles al finalizar la guerra.

1.4.3 Los contratos de riesgo

Durante el periodo presidencial de Miguel Alemán se firmaron los primeros contratos de riesgo, de los cuales solo se llevaron a cabo los siguientes:

- Contrato de tierra sumergida, con las empresas Edwin W. Pauley, Signal Oil and Gas Company y American Independent Oil Company, en la zona del litoral comprendido entre la Barca de Sontecomapan, Veracruz y Puerto Real, Campeche, con una extensión de 400 kilómetros cuadrados
- Contrato de tierra firme, con las empresas Edwin W. Pauley, Signa Oil and Gas Company y American Independent Oil Company, en un área de 456 kilómetros cuadrados que comprende los estados de Campeche, Tabasco, Veracruz y Nuevo León, llegando a abarcar 8 estructuras geológicas
- Contrato de exploración y perforación con la empresa Sharmex en un área de 318 kilómetros cuadrados entre Poza Rica y Tamiahua

- Contrato con la empresa Edwin W. Pauley que le brinda permisos de exploración y perforación en un área de 923 kilómetros cuadrados en la zona noroeste del país.
- Contrato con la empresa Isthmus Development Company para explorar y perforar un área de 161 kilómetros cuadrados al sur de Veracruz.

Estos contratos no dieron a Pemex los recursos externos que esperaba, sin embargo ayudarían a disminuir las presiones externas por parte del gobierno norteamericano (Cárdenas, 2009).

Por otro lado los descubrimientos geológicos más importantes al comienzo de la década de 1950 fueron: la prolongación de la faja de oro, en Veracruz, el capo petrolero Francisco Cano en los estados de Tamaulipas y Nuevo León, y el descubrimiento más importante sería el del yacimiento José Colomo en Macuspana, tabasco. (Fuentes para la Historia del Petróleo en México, 2017).

1.4.4 El crecimiento del sector petrolero en México

A partir de la década de 1950 se promovió la explotación de petróleo, y la creación de los recursos provenientes de este, los cuales antes tenían que ser importados del extranjero, además de una mejor infraestructura en el sector petrolero obteniendo así mejor tecnología en la industria, lo que aumentó en un 50% la producción del país (Oliver, 2005).

A finales de la década de 1950 se propondría la nueva ley reglamentaria del artículo 27, la cual dicta que solo a la nación le corresponden llevar a cabo las distintas actividades que constituyen la industria petrolera, como la exploración, explotación, comercialización, transporte, refinación, almacenamiento y distribución del petróleo (Cárdenas, 2009).

Al comenzar la década de 1960 la economía mexicana se encontraba en auge y se impulsó el desarrollo de la industria petrolera mediante el crédito nacional, por la cantidad de10 millones de libras esterlinas del consejo británico de equipo petrolero y por 50 millones de dólares por parte de diversas instituciones norteamericanas entre ellas el Chase Manhattan Bank. Durante esta década se mantiene la misma línea de producción y se establece que la industria petrolera es sumamente importante para atender las necesidades económicas del país y los beneficios que conlleva el impulsarla. (Oliver, 2005),

También se cancelarían todos los contratos de riesgo que fueron aprobados durante el sexenio de Miguel Alemán, esto para evitar una interpretación dudosa de la legislación (Cárdenas, 2009)

Sin embargo la industria petrolera recibió un impulso aún mayor en 1964 al crear el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), convirtiéndose en el motor tecnológico de PEMEX al encargarse de desarrollar todo tipo de investigación científica referente al petróleo y así poder reducir los altos costos de la importación de tecnología (Fuentes para la Historia del Petróleo en México, 2017).

1.5 Las diversas crisis petroleras

Las diferentes crisis petroleras fueron generadas por el repunte de los precios del petróleo y el desplome de los mismos, que a su vez son producto de diversos eventos políticos que ocurren en el mundo. Estos repuntes afectaron directamente a la economía mexicana, pues desde los comienzos de la segunda guerra mundial el petróleo ha sido el principal engrane en la misma, además de que las inversiones que se realizaron en la industria fueron en base al crédito nacional.

1.5.1 Crisis petrolera de 1973

Esta crisis fue propiciada por La OPEP (organización de países exportadores de petróleo), al cancelar toda exportación a los países que habrían apoyado a Israel en contra de Siria y Egipto durante la guerra de Yom Kippur, además del aumento del precio del barril hasta casi los 12 dólares.

La crisis hizo que los países exportadores de petróleo que no eran parte de la OPEP comenzaran a acumular riquezas, México que para entonces se encontraba en una etapa de importación, no se quedaría fuera y aprovecharía el alza para aumentar la exportación de petróleo principalmente a Estados Unidos, que fue uno de los principales países afectados por esta crisis, pasando de 681000 bd a 830000 bd, sin haber una disminución en el precio del barril, a pesar del aumento de producción (Oliver, 2005).

Toda esta cantidad de exportación fue posible gracias a las reservas de tabasco y Chiapas que para finales de 1978 generaban el 79 por ciento de la producción total del país, lo que mantuvo al petróleo como el principal engrane de la economía Mexicana.

Debido a este a esta gran necesidad de exportar petróleo en 1976 se inició la explotación de depósitos submarinos en Campeche, el campo Chac fue el primero de estos, dando pie a nuevos descubrimientos que posteriormente formaron el complejo Cantarell (Fuentes para la historia del petróleo en México, 2017).

1.5.1.1 La caída de la economía Mexicana

Tras el aumento de la demanda petrolera y el posterior crecimiento económico de los países exportadores de petróleo no afiliados a la OPEP se generó una sobreoferta que provoco la drástica disminución de los precios del petróleo, los cuales llegaron a descender hasta menos de 10 dólares, debido en gran parte a la re incursión en el mercado petrolero por parte de los países de la OPEP.

Para México esta crisis sin precedentes fue un golpe brutal a su economía, lo que llevo a otra devaluación del peso y a que la deuda externa se elevara a casi 90 000 millones de dólares (Cárdenas, 2009).

1.5.2 Crisis petrolera de 1979

Esta crisis se produjo bajo los efectos conjugados de la revolución iraní y de la Guerra Irán-Irak, debido a la congelación de exportaciones iraníes los precios del petróleo aumentaron de inmediato, llegando a los 39 dólares para 1981, lo que afecta al mercado global del petróleo.

Ante el panorama mundial favorable para los países petroleros la política mexicana económica sufrió considerables modificaciones orientando sus esfuerzos a la construcción de una mejor infraestructura petrolera, gracias a esto se retomó el crecimiento económico hasta los inicios de la década de 1980 en donde la exportación del petróleo ocupó el lugar central de la economía mexicana y atrajo más de la mitad de la inversión pública, sin embargo el capital que se invertido fue producto de préstamos externos por parte del banco mundial y el fondo monetario internacional.

Debido al incremento de esta deuda se implementó en 1983 una reforma al artículo 27 en la que se determina que el petróleo, hidrocarburos, y petroquímica básica constituyen un área estratégica de la economía nacional, y el estado tendría la exclusividad sobre el funcionamiento, operación y explotación de estas áreas (Cárdenas, 2009).

Sin embargo pero las condiciones favorables cambiaron en 1982, cuando los precios del petróleo comenzaron a descender llegando en 1985 a15 dólares. La caída de estos precios fue debido nuevamente al incremente significativo en la

producción de petróleo principalmente por parte de arabia saudita, lo que propicio una saturación del mercado.

1.5.2.1 Crisis mexicana de 1985

La crisis petrolera mexicana de 1985 fue producto nuevamente de la apuesta total al petróleo mexicano como principal engrane de la economía nacional, sin tener en cuenta lo volátil del mercado petrolero, a pesar de haberse visto en una situación similar años antes. Esta crisis provoco una nueva devaluación del 400% de la moneda nacional donde el dólar pasó de 22 a 70 pesos mexicanos, por este motivo el entonces se inició una política de contención salarial que duraría diez años.

Por otro lado los préstamos solicitados al extranjero para impulsar la industria petrolera sirvieron como un arma de doble filo, pues la deuda que se adquirió al comenzar el periodo presidencial de José López Portillo fue de 21 mmdd y al terminar su administración fue de 76 mmdd, posteriormente al terminar el mandato de Miguel de la Madrid la deuda llegó a los 105 mmdd.

1.5.2.2 El nuevo modelo empresarial de PEMEX

Tras la creación de la ley orgánica de petróleos Mexicanos y organismos subsidiarios se reorganizó a Petróleos Mexicanos en un nuevo modelo y se establecieron cuatro subsidiarias:

- PEMEX – exploración y producción
- PEMEX – refinación
- PEMEX – gas y petroquímica básica
- PEMEX – petroquímica

En estos años la inversión pública en la industria petrolera fue sustituida por capital privado, generando diversas presiones para privatizar PEMEX por parte de Estados Unidos (Cárdenas, 2009).

1.5.2.3 El efecto tequila

También conocida como el “error de diciembre” en México y comenzando en dicho país, es la crisis financiera más severa del siglo pasado, la cual trajo consigo repercusiones internacionales, fue provocada por la falta de reservas internacionales, que a su vez causó la repentina devaluación del peso en un 50% frente al dólar durante los primeros días del mandato de Ernesto Zedillo.

En México miles de deudores de la banca comercial se declararon en quiebra lo que generó una fuerte situación de cartera vencida en los bancos mexicanos, llevando a muchas entidades financieras a desaparecer.

Unas semanas antes de comenzar la devaluación el gobierno de Ernesto Zedillo obtuvo nuevamente un préstamo de 50 mmdd por parte del fondo monetario internacional con ayuda del entonces presidente norteamericano Bill Clinton, de los cuales 20 mmdd provenían de Estados Unidos, quedando México nuevamente

a merced de los intereses norteamericanos. El gobierno Norteamericano pidió a México un deposito anual de 7 000 millones de dólares como garantía de este pago, además del pago de la deuda con petróleo e hidrocarburos y a entregar toda la información estratégica de Pemex a Estados Unidos (Oliver, 2005)

En este periodo presidencial se reformo el artículo 27 de la constitución, dejando fuera de la industria petrolera nacional, el transporte, comercio, almacenamiento y venta del gas natural, lo que propicio que se vendieran las redes de gas natural de Pemex (Cárdenas, 2009).

1.5.3 Crisis petrolera de 2008

Tras el aumento paulatino del precio del petróleo desde inicios de 2003, la producción anual de crudo en México se incrementó hasta alcanzar la cifra de 1 237 millones de barriles diarios en 2007, siendo Cantarell el principal campo productor de petróleo durante el periodo presidencial de Felipe Calderón, sin embargo, es también en este periodo presidencial cuando se inicia la declinación de este campo, debido a la sobreexplotación que sufrida desde su descubrimiento.

En diciembre de 2008 el precio del barril que en 2007 había alcanzado 147 dólares, sufrió una drástica caída hasta a los 40 dólares, producto de la recesión de varios países, entre ellos Estados Unidos, disminuyendo la demanda de crudo (Fuentes para la historia del petróleo en México, 2017).

1.5.3.1 El impacto en México

Debido a la poca demanda de petróleo y la caída del precio de este, México se vio afectado por diversas devaluaciones de la moneda nacional que lo llevaron a perder el 50% de su valor frente al dólar.

En el sector salud y educación hubo recortes de presupuesto, así como también en algunos municipios del país generando paros de labores, disminución de salarios de trabajadores y desabasto de medicamentos, la idea era destinar una parte este dinero al gasto corriente del gobierno y la otra al pago de obra pública.

Otro sector afectado fue el desempleo, pues en julio de 2009 la tasa de desempleo alcanzó el 6.12%, dos por ciento más que el año anterior.

1.5.4 Caída de 2014

La última caída de los precios de petróleo se registró en noviembre de 2014 pasando de 112 dólares a valores por debajo de los 45 dólares y puso fin a tres años de estabilidad en los precios, que de junio de 2011 a junio de 2014 estuvo en una media de 105 dólares por barril.

Según el banco mundial, las razones de la caída en los precios fueron principalmente el exceso en la oferta de crudo en un momento en la que la demanda era débil, el cambio en las políticas de la OPEP 7.

Como era de esperar la caída de estos precios repercutió negativamente a la economía mexicana, ajustando aún más el presupuesto del gasto público. En enero de 2015 se anunció un recorte de más de 124 mmdp y en octubre de ese mismo año se anuncia otro recorte de presupuesto por 135 mmdp para el año 2016, además de que los ingresos en las exportaciones de crudo disminuyeron (Fuentes para la historia del petróleo en México, 2017).

CAPÍTULO 2.- DESARROLLO DE LA INDUSTRIA PETROLERA

Originalmente la explotación de hidrocarburos estuvo enfocada en la extracción de grandes volúmenes de crudo por medio de perforación intensiva, sin embargo la disminución de los yacimientos someros y fáciles de perforar y el hecho de que muchos otros yacimientos con grandes reservas estén en lugares remotos a grandes profundidades, han hecho que la industria petrolera evolucione y se vuelva una actividad multidisciplinaria, que consta de un proceso de exploración y explotación, sin embargo ha estado afectada por varios factores políticos económicos y sociales los cuales se reflejan en la oferta y demanda de las disciplinas de las que consta, estos factores también han propiciado diversos repuntes en los precios, producción y pozos perforados (Escobar).

En este capítulo se analizara la evolución de la industria petrolera en un aspecto técnico y tecnológico, además de los factores que la llevaron a desarrollarse y como afecto a la producción de crudo esta tecnología.

2.1 la industria petrolera Mexicana tras la nacionalización

El desarrollo tecnológico en la industria petrolera nacional ha estado determinado por la evolución de la tecnología a nivel internacional, debido a la escaza innovación interna.

La industria petrolera Mexicana enfrento diversos problemas de producción, debido en gran parte al bloqueo impuesto por Estados Unidos e Inglaterra, por lo

en 1917 se perforaron solo diecisiete pozos de los cuales once resultaron productivos, además de esto hubo una gran carencia de personal capacitado para la operación de la maquinaria que se expropió.

Al comienzo de la década de 1940 los niveles de perforación continuaron bajos siendo el mejor año 1946 al perforarse 49 pozos de los cuales 31 fueron productivos (Escobar).

2.1.1 Maduración de la perforación nacionalizada

Para la década de 1950 comenzó la consolidación de la industria petrolera y la perforación, logrando un incremento en el éxito de pozos productores, gracias a la capacitación de personal dedicado al trabajo de perforación.

Tabla 1. Total de pozos perforados en México 1938 – 1958

Año	Productivos	Improductivos	Total
1938	11	6	17
1942	7	8	15
1946	31	18	49
1950	133	85	218
1954	193	100	293
1958	286	93	379

La creciente producción de petróleo debido a la fuerte demanda fue la principal razón para incrementar la perforación de pozos petroleros.

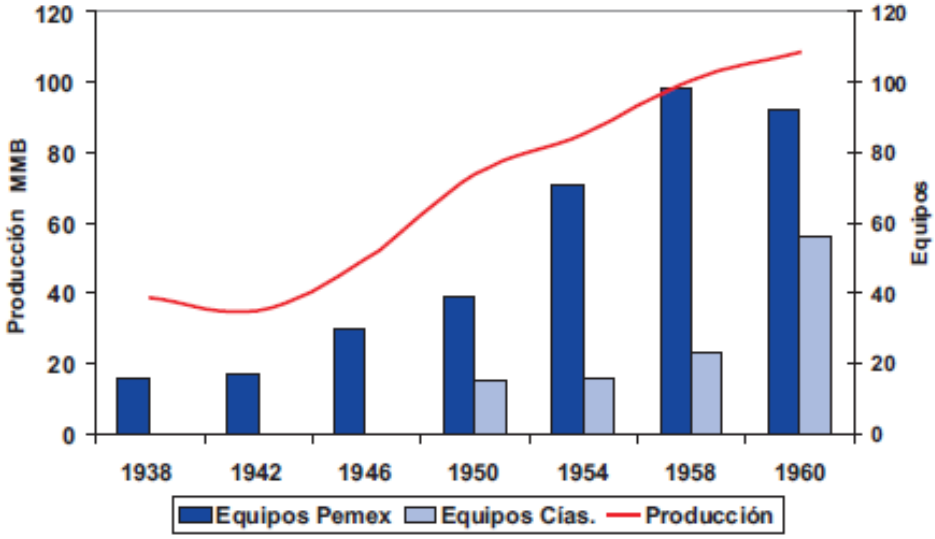

Figura 1. Aumento de la producción de petróleo y los equipos perforadores 1938 – 1960

El aumento del precio del barril de petróleo fue otro factor en el aumento en la perforación de pozos llegando a un costo de 3.1 dólares por barril. De 1930 a 1960 se perforaron un total de 4 mil 669 pozos de los cuales 3 mil 663 fueron productivos y cada vez más profundos, iniciando en 1938 a una profundidad de 1000 metros y para 1960 llegando a más de 3 mil metros (Escobar).

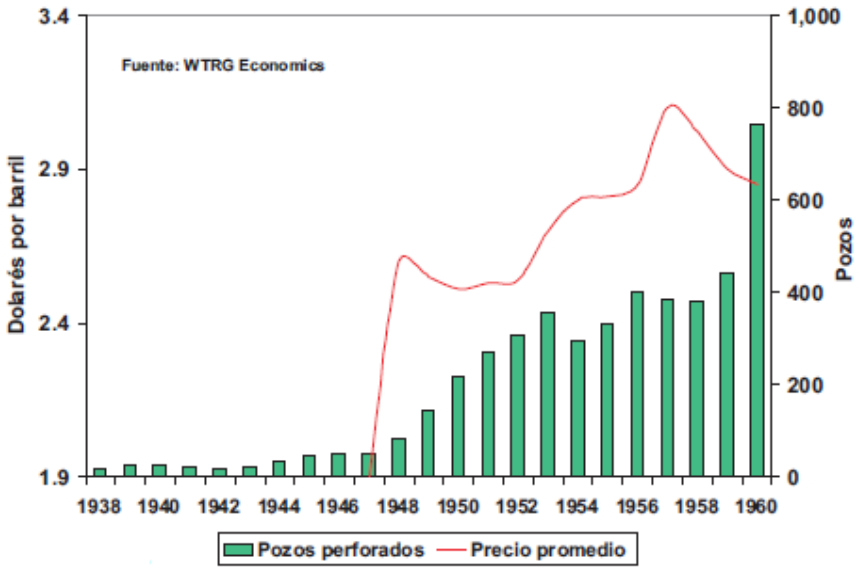

Figura 2. Precio del barril del petróleo y pozos perforados 1938 – 1960

2.1.2 Perforación de los grandes yacimientos

El aumento del precio del barril durante la década de 1960 obligo a PEMEX a buscar nuevas estrategias de explotación y voltear hacia áreas con mayor potencial productivo.

De 1960 a 1080 se perforarían más de 9 mil pozos en los estados de Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Veracruz, Tabasco, Chiapas y Campeche con un porcentaje de éxito que iría del 10 al 40 por ciento.

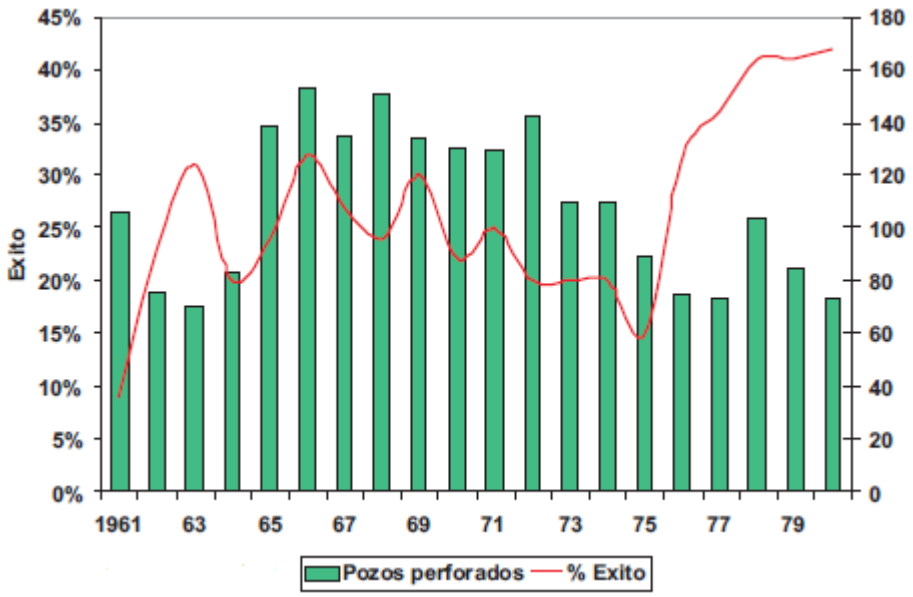

Figura 3. Éxito en pozos perforados 1961 – 1980

Tras el éxito alcanzado en la exploración de hidrocarburos durante la década de 1970 México se convirtió en un exportador neto con grandes reservas a escala mundial y un país importante en el mercado petrolero internacional.

Los descubrimientos más importantes durante la década de 1970 fueron el área cretácica de Chiapas-tabasco y el campo Chac en la sonda de Campeche, este último inició las operaciones marinas al sureste. Las reservas probadas también aumentaron, debido al uso de nuevos procesos de cálculo y nuevos conceptos de clasificación que se incorporaron a los campos de tabasco y Chiapas. Los campos del paleocanal de Chicontepec y el descubrimiento del campo Akal, extensión del campo Chac, el cual es parte del complejo Cantarell fueron la principal fuente de petróleo en México durante muchos años, además del aumento de éxito en los pozos productores, el cual llegó a un 85 por ciento.

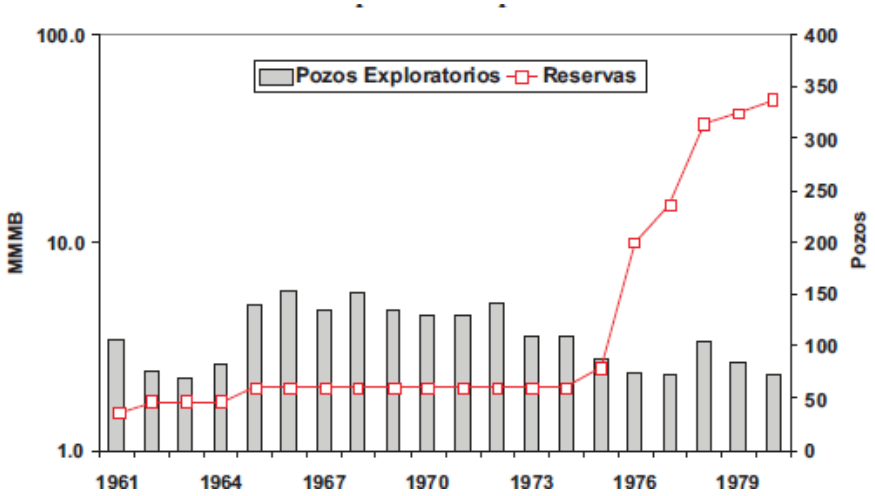

Figura 4. Pozos exploratorios y reservas encontradas 1961 – 1980

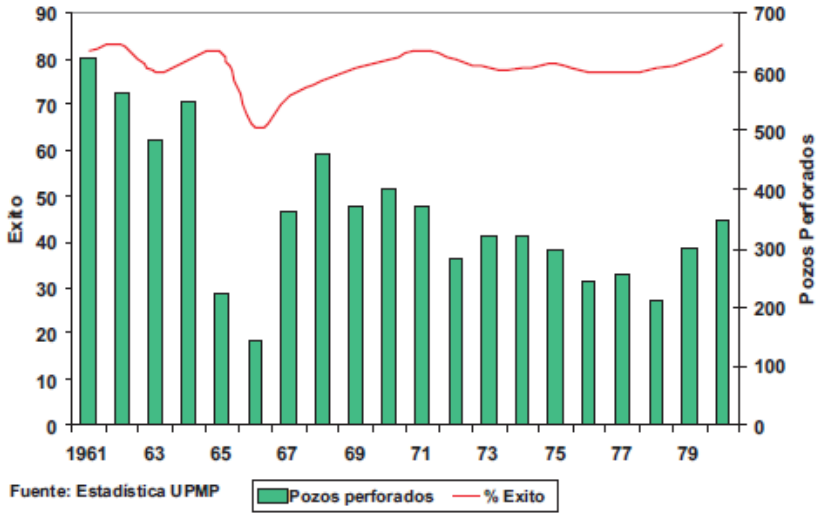

Figura 5. Éxito en pozos perforados 1961 - 1980

Durante la década de 1980 la cantidad de pozos perforados alcanzó 7 mil 143 pozos a una profundidad promedio de más 2 900 metros. En cuestión de precios durante la década de 1960 el costo del barril fue de 2 dólares sin embargo, al

comenzar la década de 1970 el precio del barril fue aumentando hasta alcanzar valores superiores a los 30 dólares lo que aumentó el número de compañías perforadoras extranjeras en México (Escobar).

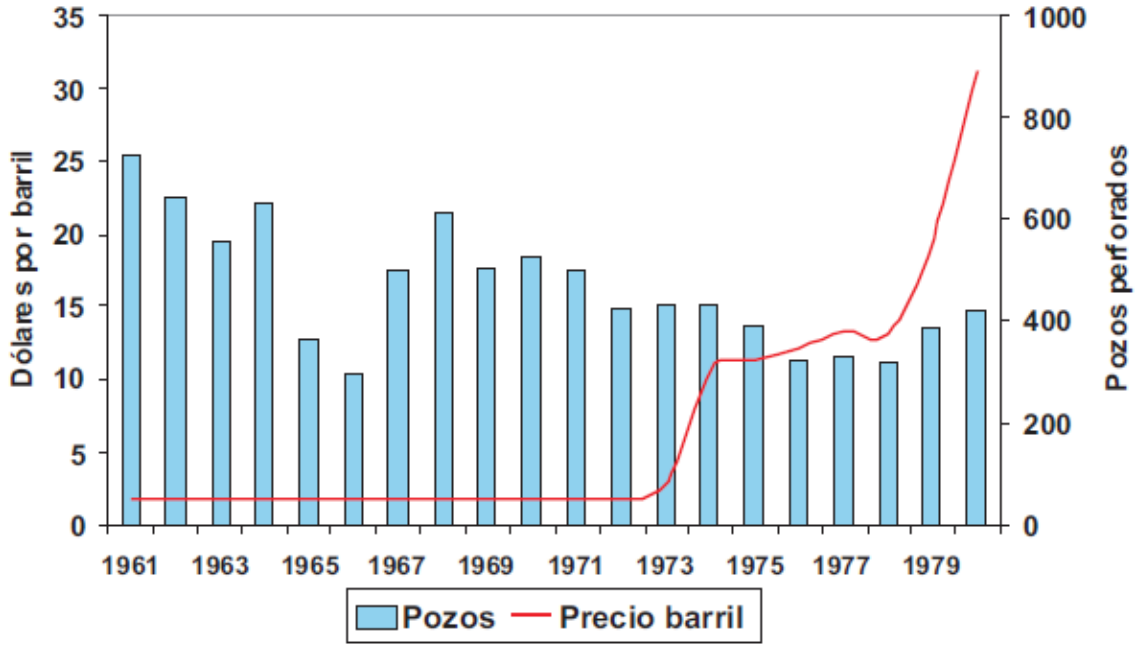

Figura 6. Precio del barril de petróleo y pozos perforados 1961 – 1980

2.1.3 incorporación de tecnologías y creación de la unidad de perforación

La década de 1980 fue buena para el mercado petrolero mexicano, pues el crudo del Istmo alcanzo un elevado valor de 39 dólares por barril debido a los grandes volúmenes de petróleo que consumían los países desarrollados como Alemania, Francia y Estados Unidos, gracias a esto México mantendría un nivel de perforación con un promedio de 327 pozos por año de 1980 a 1985

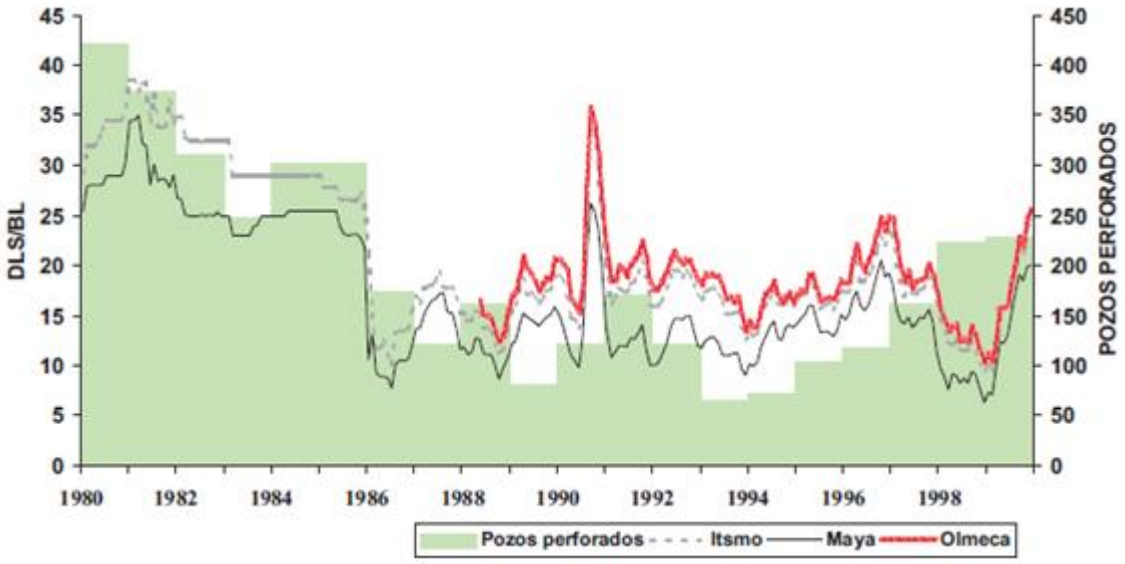

Figura 7. Pozos perforados y tipos de petróleo producidos

Sin el periodo de crisis e incertidumbre de 1986 en la industria petrolera propició una disminución de la actividad de perforación a solo 136 pozos por año, cabe mencionar que a un nivel menor de pozos perforados, las reservas incorporadas también son menores, sin embargo para el año 1996 la actividad de perforación retomo fuerza.

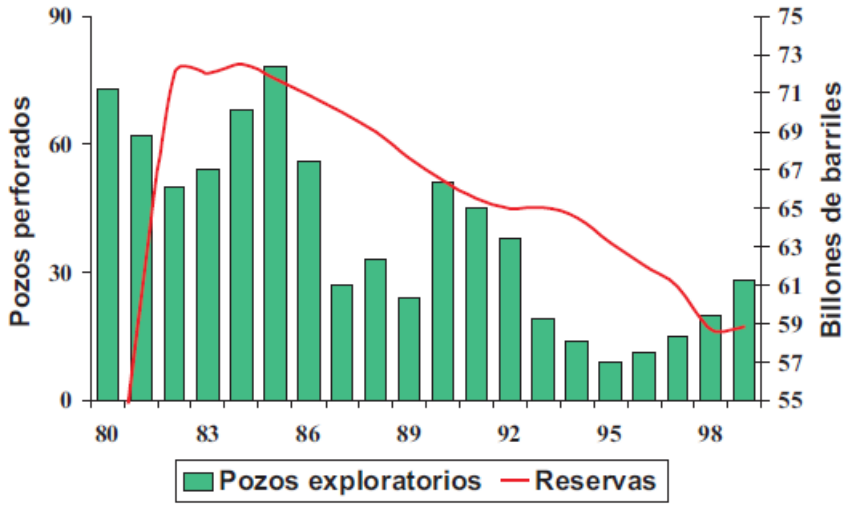

Figura 8. Pozos perforados y reservas encontradas 1980 – 1998

El éxito alcanzado desde 1980 fue de un 90 a 98% gracias a los avances tecnológicos y al grado de desarrollo que alcanzo esta disciplina en México. Durante el periodo de 1980 a 1999 se perforaron más de 2 mil 700 pozos (Escobar).

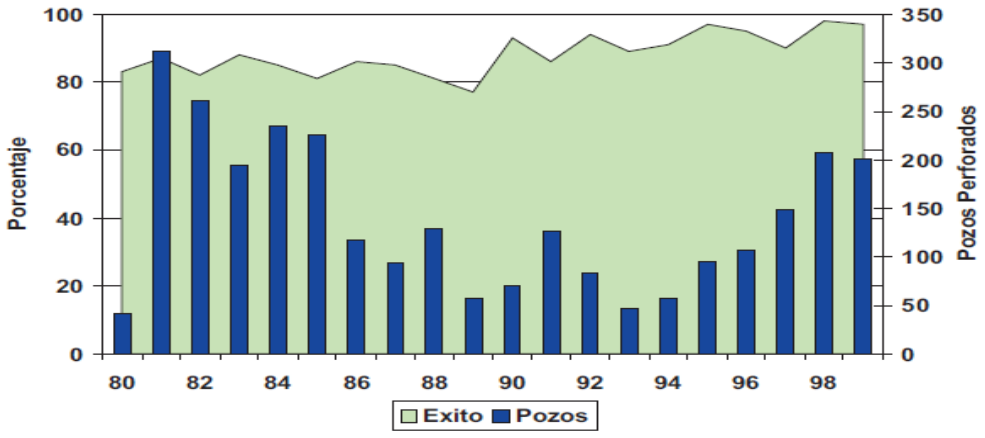

Figura 9. Éxito y pozos perforados 1980 - 1999

2.2. Evolución de la tecnología en la industria petrolera a nivel mundial

Para comprender la situación tecnológica de la industria petrolera en México actualmente es necesario saber cómo ha evolucionado a nivel mundial, y cuales han sido los motivos de este cambio, además de tener un punto de referencia. Cabe destacar que en México el desarrollo de tecnología o adquisición de esta ha ido de la mano con los precios del petróleo en el mercado internacional, tomando como inicio la década de 1960, periodo en el que comenzó la consolidación de México como un importante productor de hidrocarburos.

Para llevar a cabo este análisis se comenzara a partir de la década de 1960 y se dividirá en 5 periodos, en cada uno de los cuales se identifican avances tecnológicos de suma importancia para la industria petrolera

2.2.1. Periodo 1960 – 1979

A comienzos de 1960 la demanda mundial fue mayor a 20 mbpd, la cual fue sustentada principalmente por países de medio oriente y Estados Unidos, la tecnología más importante desarrollada en la explotación fue de recuperación terciaria que consistía en inyección de vapor e inyección de aire, además comenzó el desarrollo de la simulación de yacimientos.

En la exploración se tuvieron avances en la sísmica en 2d y en los registros geofísicos debido al surgimiento del registro de inducción y el registro sónico compensado. En 1970 comienza el uso del registro de densidad de neutrón

permitiendo evaluar de mejor manera las formaciones contenedoras de hidrocarburos.

La situación vivida en ese momento debido al embargo petrolero propiciado por la OPEP hizo que las empresas orientaran sus esfuerzos a producir en regiones geológicamente inciertas, aumentando los costos de producción (Zepeda, Cruz, Porres, Rangel, Estrada. 2001).

2.2.2. Periodo 1980 – 1986

Un drástico aumento en el petróleo a más de 40 dólares por barril obligó a los países desarrollados a reforzar programas de cooperación internacional, almacenamiento estratégico y uso eficiente de la energía. En el aspecto tecnológico destaca la sísmica en 3D, los conceptos de sistemas petroleros y la estratigrafía de secuencias, en la exploración y la explotación se consolidaron los procesos térmicos, como método de recuperación terciaria comenzó el desarrollo de inyección de productos químicos , además de que la simulación de yacimientos tuvo mayor interés (Zepeda, Cruz, Porres, Rangel, Estrada. 2001).

2.2.3. Periodo 1987 – 1990

Tras la caída de los precios de petróleo ocurrida en 1986 las empresas petroleras optimizaron sus actividades, como consecuencia de eso redujeron su personal y cerraron pozos o incluso campos cuyos costos de producción eran muy altos. En

cuanto a la exploración, se tuvo uno de sus puntos más críticos, pero gracias al uso de sísmica en 3D se pudo mantener un nivel estable. Por otro lado el desastre de Exxon Valdez en Alaska obligo a las empresas petroleras a tener mayor seguridad en sus operaciones, además de que se modificó la normatividad hacia el cuidado del medio ambiente y la seguridad industrial (Zepeda, Cruz, Porres, Rangel, Estrada. 2001).

2.2.4. Periodo 1991 – 2004

El costo de 30 dólares por barril incrementó nuevamente las actividades petroleras convirtiendo ésta en una etapa decrecimiento, tanto en volúmenes como en el uso de tecnología, especialmente en aguas profundas.

El gran desarrollo tecnológico en la exploración petrolera al poder contar con modelaje tridimensional y mayor capacidad de procesamiento, avances importantes en los registros geofísicos y sobre todo en el desarrollo del registro sónico dipolar, aumentó significativamente los descubrimientos de campos de mayor tamaño (Zepeda, Cruz, Porres, Rangel, Estrada. 2001).

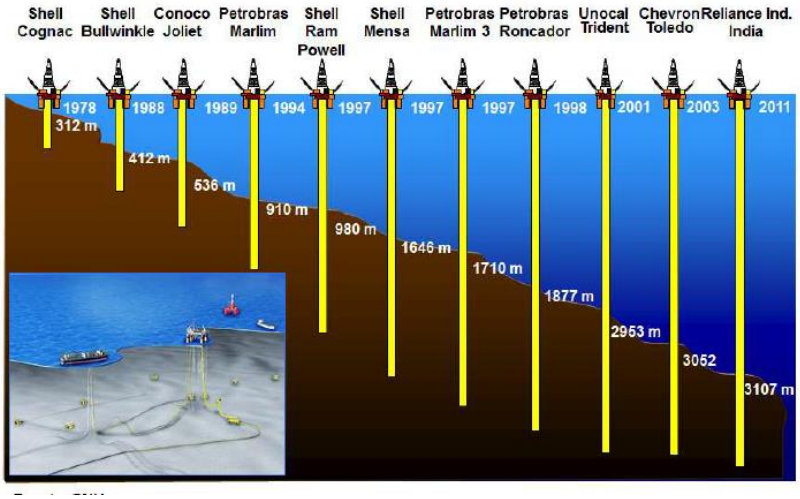

Figura 10. Explotación de petróleo de aguas profundas

2.2.5 Periodo 2005 – 2011

El descontrol del pozo macondo en el golfo de México alertó a la industria petrolera a nivel internacional, para dar una revisión exhaustiva a la regulación para la perforación en aguas profundas en todas las partes del mundo en donde se llevan a cabo estas actividades.

La inversión en investigación y desarrollo por parte de compañías extranjeras internacionales se habría mantenido con una tendencia creciente hasta finales de la década de 2010, también se trató de dar aumento a la recuperación final de campos ya descubiertos con el empleo de nuevas tecnologías como la perforación de pozos multilaterales y una mejor fracturación hidráulica (Zepeda, Cruz, Porres, Rangel, Estrada. 2001).

2.3. Desarrollo de la industria petrolera mexicana

A partir de la década de 1990 PEMEX tuvo su desarrollo tecnológico más importante, con el objetivo de acortar la brecha tecnológica con las empresas extranjeras más avanzadas en este campo. La evaluación critica de la competitividad de la empresa demostró que se tenían grandes rezagos en comparación con las empresas líderes en el uso de la mayoría de las tecnologías críticas, por este motivo PEMEX lanzó su plan de negocios 1995 – 2000, que tuvo como estrategia reducir las restricciones tecnológicas y de recursos humanos, para esto se desarrolló un proceso de la administración de la tecnología (PAT) y un programa desarrollo profesional.

Por su parte la subdirección de tecnología y desarrollo profesional de PEMEX se organizó en torno a 6 tecnologías críticas

- Sismología y modelado geológico
- Perforación no convencional
- Administración de yacimientos
- Productividad de pozos
- Sistema de producción e infraestructura de producción
- Transporte

(Zepeda, Cruz, Porres, Rangel, Estrada. 2001).

2.3.1. Proceso de la administración de la tecnología

Consiste en un conjunto de actividades de detección de necesidades y valoración de la tecnología, así como su adquisición, investigación y desarrollo, fue aplicado por primera vez en el distrito Altamira, en los campos del litoral de tabasco, ku-maloob-zaap, cinco presidentes y en la subdirección de perforación y mantenimiento de pozos de Pemex exploración y producción en 1997. Gracias a este proceso se clasificaron 369 necesidades tecnológicas que dieron origen a 12 proyectos a corto plazo los cuales lograron una producción de aceite de 27.9 mbd, en el año siguiente se aplicó el proceso nuevamente en 34 áreas de Pemex exploración y producción (Zepeda, Cruz, Porres, Rangel, Estrada. 2001).

2.3.2 Desarrollo de profesionistas

El desarrollo de personal es una actividad primordial para la industria petrolera a nivel internacional, en PEMEX la subdirección de tecnología y desarrollo de personal (STDP) es la encargada de la adquisición de conocimientos y habilidades de los recursos que integran la organización, este fue otro de los sectores en el que se aplicó el proceso de la administración de tecnología, teniendo como meta el aumento en la eficiencia del uso de tecnología a través de talleres, cursos, diplomados, vista técnicas, estancias y especialidades para el personal.

.

Las redes de especialistas son una delas prácticas que las compañías internacionales aplican como parte de su proceso productivo, y que PEMEX comenzó a aplicar en 2002, están constituidas por grupos de trabajo que no requieren estar en un área en específico pues lo importante es generar información y conocimiento para después compartirlo a través de cualquier medio. El factor humano se volvió muy importante, y se realizaron grandes inversiones en su desarrollo, implantando diversos programas para capacitar al personal con el objetivo de formar especialistas en las diferentes áreas de trabajo (Zepeda, Cruz, Porres, Rangel, Estrada. 2001).

2.3.3 El papel del instituto Mexicano del petróleo

El instituto mexicano del petróleo se creó ante la necesidad de incrementar la tecnología relacionada con la industria petrolera y petroquímica, sin embargo fue en la década de 1970 cuando registró sus primeras patentes, logrando comercializar sus avances e iniciando proyectos mancomunados con empresas extranjeras.

La modernización de Pemex en la década de 1990 dio ayudo a la creación de otras actividades de investigación y desarrollo de tecnologías.

Durante el periodo de 2000 – 2005 el objetivo principal del instituto mexicano del petróleo fue el desarrollo tecnológico de proyectos estratégicos en áreas como yacimientos naturalmente fracturados, aguas profundas, transporte de

hidrocarburos y combustibles limpios (Zepeda, Cruz, Porres, Rangel, Estrada. 2001).

2.3.4 Tecnología en la industria petrolera nacional

Hasta antes de 1996la industria petrolera nacional tuvo un perfil de seguidor tecnológico, dependiendo de los avances disponibles en el mercado internacional, además de no contar con los criterios necesarios para una adecuada adquisición, aplicación, difusión de los conocimientos, habilidades y avances tecnológicos, sin embargo durante la década de 1990 se incorporaron avances en las tecnologías críticas de la industria, dentro de las que destacan la exploración, perforación y producción de hidrocarburos (Zepeda, Cruz, Porres, Rangel, Estrada. 2001).

2.3.4.1 Exploración

La principal técnica de exploración desde 1965 fue la sísmica en 2D, lo que permitió el descubrimiento de los campos de Chiapas y tabasco, pero fue a partir de la década de 1990 cuando se inició una intensa actividad en 3D, logrando incrementar el tamaño de los descubrimientos, así como el porcentaje de éxito en la perforación, esta tecnología se sigue empleando (Zepeda, Cruz, Porres, Rangel, Estrada. 2001).

2.3.4.2 Perforación

La evolución tecnológica ha llevado a la industria petrolera nacional hacia los pozos horizontales y de alcance extendido gracias a herramientas como los sistemas de navegación, además el desarrollo de pozos multilaterales ha permitido explotar áreas a las que no se puede acceder por pozos de trayectorias convencionales y varios yacimientos simultáneamente, dando como resultado un incremento importante en los campos de explotación. La tecnología también se ha enfocado en evitar el daño a las formaciones productoras, formulando nuevos fluidos de perforación (Zepeda, Cruz, Porres, Rangel, Estrada. 2001).

2.3.4.3 Producción

Originalmente en la etapa de producción primaria se aprovechaba la energía del yacimiento, para luego instalar sistemas de explotación como el bombeo neumático o mecánico para compensar la poca presión del yacimiento, sin embargo los avances tecnológicos han diversificado los sistemas artificiales de producción, estos se adaptan en función de las características de cada pozo. Dentro de los sistemas de bombeo más utilizados se encuentran el sistema electro centrífugo, mecánico hidráulico jet e hidráulico pistón (Zepeda, Cruz, Porres, Rangel, Estrada. 2001).

CAPÍTULO 3. LA REFORMA ENERGÉTICA DE 2013

El 12 de agosto de 2013 el presidente Enrique Peña Nieto presentó una nueva iniciativa en materia energética, la cual pretende disminuir las tarifas eléctricas y el precio de los combustibles en beneficio de la población, generar más empleos con la ayuda de una mayor inversión privada, reforzar y modernizar a Petróleos Mexicanos y a la Comisión Federal de Electricidad sin su privatización. La iniciativa dio lugar a una nueva reforma a los artículos 27 y 28 de la constitución y fue aprobada por el senado el 11 de diciembre de 2013, por la cámara de diputados el 12 de diciembre de 2013 y entro en vigor el 21 de diciembre de 2013.

En este apartado se mencionaran los objetivos, antecedentes y los artículos modificados de la constitución, así como los aspectos técnicos que la reforma propone en el sector petrolero, específicamente en la exploración y producción.

3.1 Objetivos en materia petrolera

- Mantener la propiedad de los hidrocarburos que se encuentran el subsuelo
- Modernizar y fortalecer a PEMEX sin privatizarla
- Contar con un mayor abasto de energéticos a menores precios
- Combatir de manera más efectiva la corrupción en el sector energético
- Impulsar el desarrollo con responsabilidad social y protegiendo el medio ambiente

- Atraer inversión al sector energético mexicano para impulsar el desarrollo del país
- Reducir los riesgos financieros, geológicos y ambientales en las actividades de exploración y extracción de petróleo y gas

Con estos objetivos se pretende que en el sector petrolero se logren tasas de restitución de reservas probadas de petróleo y gas superiores al 100%, así como el aumento de producción de petróleo a 3 millones de barriles para 2018 y a 3.5 millones de barriles en 2025 (Gobierno de la república, 2013).

3.2 Reforma energética constitucional

La reforma energética presentada por el presidente Enrique Peña Nieto cambió el marco jurídico constitucional, para permitir la participación de las empresas privadas en la generación y distribución de energía eléctrica, extracción y procesamiento de petróleo y otras formas de energía, mediante las modificaciones al párrafo cuarto, sexto y octavo del artículo 25, al párrafo sexto del artículo 27 y a los párrafos cuarto y sexto del artículo 28, e incorporando un párrafo séptimo al artículo 27 y un párrafo octavo al artículo 28 (Gobierno de la república, 2013).

A continuación se enlistan dichas modificaciones y adiciones así como una explicación de lo que se propone en cada uno de los artículos reformados y artículos transitorios relacionados exclusivamente en cuestión de producción y exploración de hidrocarburos.

3.2.1 Reforma al artículo 25

- Párrafo cuarto: “El sector público tendrá a su cargo de manera exclusiva las áreas estratégicas que se mencionan en el artículo 28 párrafo cuarto de la constitución, manteniendo siempre el gobierno federal la propiedad y el control sobre los organismos y empresas productivas del estado que en su caso se establezcan. Tratándose de la planeación y el control del sistema eléctrico nacional, y del servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica, así como la exploración y extracción de petróleo y demás hidrocarburos, la nación llevara a cabo dichas actividades en términos de lo dispuesto por los párrafos sexto y séptimo del artículo 27 de esta constitución. En las actividades citadas la ley establecerá las normas relativas a la administración, organización, funcionamiento, procedimientos de contratación y demás actos jurídicos que celebren las empresas productivas del estado, así como el régimen de remuneraciones de su personal, para garantizar su eficacia, eficiencia, honestidad, productividad, transparencia y rendición de cuentas, con base en las mejores prácticas y determinara las demás actividades que podrán realizar” (artículo 25, 2013).

- Párrafo sexto: “Bajo criterios de equidad social, productividad y sustentabilidad se apoyara e impulsara a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte

el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente" (artículo 25, 2013).

- Párrafo octavo: "La ley alentara y protegerá la actividad económica que realicen los particulares y proveerá las condiciones que el desenvolvimiento del sector privado contribuya al desarrollo económico nacional, promoviendo la competitividad e implementando una política nacional para el desarrollo industrial sustentable que incluya vertientes sectoriales y regionales, en los términos que establece esta constitución" (artículo 25, 2013).

En esta reforma se busca que las áreas estratégicas en materia de energía como la electricidad e hidrocarburos queden bajo la responsabilidad de las empresas productivas del estado, por este motivo se modifican las reglas relacionadas a la administración, organización, contratación de bienes y servicios, producto del cambio en el marco legal de PEMEX y CFE.

3.2.2 Reformas al artículo 27

- Párrafo sexto: "En los casos a que se refieren los dos párrafos anteriores, el dominio de la Nación es inalienable e imprescriptible y la explotación, el uso o el aprovechamiento de los recursos de que se trata, por los particulares o por sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas, no podrá realizarse sino mediante concesiones, otorgadas por el Ejecutivo Federal,

de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes, salvo en radiodifusión y telecomunicaciones, que serán otorgadas por el Instituto Federal de Telecomunicaciones. Las normas legales relativas a obras o trabajos de explotación de los minerales y substancias a que se refiere el párrafo cuarto, regularán la ejecución y comprobación de los que se efectúen o deban efectuarse a partir de su vigencia, independientemente de la fecha de otorgamiento de las concesiones, y su inobservancia dará lugar a la cancelación de éstas. El Gobierno Federal tiene la facultad de establecer reservas nacionales y suprimirlas. Las declaratorias correspondientes se harán por el Ejecutivo en los casos y condiciones que las leyes prevean. Tratándose de minerales radiactivos no se otorgarán concesiones. Corresponde exclusivamente a la Nación la planeación y el control del sistema eléctrico nacional, así como el servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica; en estas actividades no se otorgarán concesiones, sin perjuicio de que el Estado pueda celebrar contratos con particulares en los términos que establezcan las leyes, mismas que determinarán la forma en que los particulares podrán participar en las demás actividades de la industria eléctrica" (artículo 27, 2013).

- Párrafo séptimo adicionado: "Tratándose del petróleo y de los hidrocarburos sólidos, líquidos o gaseosos, en el subsuelo, la propiedad de la Nación es inalienable e imprescriptible y no se otorgarán concesiones. Con el propósito de obtener ingresos para el Estado que contribuyan al desarrollo de largo plazo de la Nación, ésta llevará a cabo las actividades de

> exploración y extracción del petróleo y demás hidrocarburos mediante asignaciones a empresas productivas del Estado o a través de contratos con éstas o con particulares, en los términos de la Ley Reglamentaria. Para cumplir con el objeto de dichas asignaciones o contratos las empresas productivas del Estado podrán contratar con particulares. En cualquier caso, los hidrocarburos en el subsuelo son propiedad de la Nación y así deberá afirmarse en las asignaciones o contratos" (artículo 27, 2013).

La reforma a este articulo respeta el principio perseguido desde 1917, haciendo énfasis en que los hidrocarburos son propiedad de la nación y no se les aplicara ninguna concesión, sin embargo si podrán existir contratos en todas las actividades de la industria petrolera como la extracción, exploración de hidrocarburos, procesamiento y refinación de petróleo, transporte, almacenamiento y distribución de hidrocarburos, de manera que PEMEX como empresa productiva del estado, podrá realizar actividades de exploración y extracción, así como también las empresas particulares estando al servicio de la nación.

Cabe mencionar que los diferentes tipos de contrato se enlistan en el artículo transitorio número cuatro y se explican a continuación:

- Contratos de servicios: cuando la contraprestación se paga en efectivo
- Contratos de utilidad compartida: cuando el estado comparte un porcentaje de la utilidad ya sea con PEMEX o empresas particulares

- Contratos de producción compartida: el estado comparte un porcentaje de la producción con PEMEX o con empresas privadas
- Contratos de licencia: cuando PEMEX o empresas privadas explotan un campo a cambio del pago al estado de una regalía (artículo cuarto transitorio, 2013)

Estos contratos los expedirá la comisión nacional de hidrocarburos (CNH) organismo que será responsable de la administración en materia técnica de los mismos (artículo sexto transitorio, 2013)

3.2.3 Reformas al artículo 28

- Párrafo cuarto “No constituirán monopolios las funciones que el estado ejerza de manera exclusiva en las siguientes áreas estratégicas: correos, telégrafos y radiotelegrafía; minerales radiactivos y generación de energía nuclear. La planeación y el control del sistema eléctrico nacional, así como el servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica, y la exploración y extracción del petróleo y de los demás hidrocarburos, en los términos de los párrafos sexto y séptimo del artículo 27 de esta Constitución, respectivamente; así como las actividades que expresamente señalen las leyes que expida el Congreso de la Unión. La comunicación vía satélite y los ferrocarriles son áreas prioritarias para el desarrollo nacional en los términos del artículo 25 de esta Constitución. El estado al ejercer en ellas su rectoría, protegerá la seguridad y la soberanía de la Nación, y al

otorgar concesiones o permisos mantendrá o establecerá el dominio de las respectivas vías de comunicación de acuerdo con las leyes de la materia" (artículo 28, 2013).

- Párrafo sexto: "El estado tendrá un banco central que será autónomo en el ejercicio de sus funciones y en su administración. Su objetivo prioritario será procurar la estabilidad del poder adquisitivo de la moneda nacional, fortaleciendo con ello la rectoría del desarrollo nacional que corresponde al estado. Ninguna autoridad podrá ordenar al banco conceder financiamiento. El estado contará con un fideicomiso público denominado Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo, cuya Institución Fiduciaria será el banco central y tendrá por objeto, en los términos que establezca la ley, recibir, administrar y distribuir los ingresos derivados de las asignaciones y contratos a que se refiere el párrafo séptimo del artículo 27 de esta Constitución, con excepción de los impuestos" (artículo 28, 2013).

- Párrafo octavo adicionado: "El Poder Ejecutivo contará con los órganos reguladores coordinados en materia energética, denominados Comisión Nacional de Hidrocarburos y Comisión Reguladora de Energía, en los términos que determine la ley" (artículo 28, 2013).

Las reformas realizadas a este articulo proponen que en las áreas de exploración y la extracción de petróleo, pasen a ser áreas prioritarias de la nación, además de que el fondo mexicano del petróleo para la estabilización y desarrollo reciba,

administre y distribuya los ingresos que generen los contratos asignados en materia de hidrocarburos exceptuando los impuestos, además de que la comisión reguladora de energía (CRE) y la comisión nacional de hidrocarburos quedaran constituidos como órganos reguladores coordinados en materia energética, por este motivo se les brindara un personalidad jurídica propia.

3.3 Antecedentes

La reforma energética de 2013 es la culminación de una serie de intentos de impulsar una reforma energética integral, los cuales iniciaron desde 1999, aunque si hubo algunos cambios en materia petrolera, no fueron los suficientes para detonar la producción de hidrocarburos en el país, ni para la creación de la tecnología necesaria para la correcta explotación (En 14 años, tres presidentes fracasaron al intentar una Reforma Energética; el Congreso los frena, 2013).

3.3.1 Reforma de Ernesto Zedillo

El primero en proponer una reforma energética integral fue Ernesto Zedillo el 2 de febrero de 1999, la cual reformaba los artículos 27 y 28 con la idea de una restructuración del sector eléctrico dejando de ser un área estratégica de la nación y ampliando la participación extranjera en la explotación y procesamiento de hidrocarburos, sin embargo esta propuesta fue rechazada por el congreso de la

unión (En 14 años, tres presidentes fracasaron al intentar una Reforma Energética; el Congreso los frena, 2013)

3.3.2 Reforma de Vicente Fox

Más enfocada al sector eléctrico, la reforma propuesta por Vicente Fox trato de abrir dicho sector a la iniciativa privada, pero sin la desaparición de la Comisión Federal de Electricidad, los representantes del partido revolucionario demócrata y una pequeña parte del Partido Revolucionario Institucional impidieron el paso de dicha propuesta, sin embargo la política petrolera de Vicente Fox, apuntaba a que al igual que en el sector eléctrico, se daría una mayor apertura a la inversión extranjera en la industria petrolera nacional, un ejemplo de esto fue la invitación al ministro de recursos naturales de Canadá junto con una comitiva de empresarios canadienses y los numerosos viajes a Europa en los que se ofreció la apertura del sector energético, con el falso argumento de que la aprobación de esta reforma era inminente (Gutiérrez, 2008).

sin embargo el fracaso más grande del mandatario en materia energética fue con el proyecto petroquímico fénix, el cual contemplaba una inversión de 2 700 millones de dólares y que tampoco fue aprobado debido a que hacienda se negó a subsidiar a las empresas participantes (Castro, 2005).

3.3.3 Reforma de Felipe Calderón

La reforma propuesta por el entonces presidente Felipe Calderón solo se llevó a cabo de manera parcial debido a la oposición sufrida (En 14 años, tres presidentes fracasaron al intentar una Reforma Energética; el Congreso los frena, 2013).

El argumento de la reforma fue que la modernización del país requería la explotación de las fuentes de energía no convencional y que la mejor forma de descubrirlos y explotarlos era abrir las puertas al capital extranjero, debido a que este contaba con la tecnología necesaria para su explotación (Cornejo, 2009)

Las iniciativas de reforma propuestas por Felipe Calderón fueron las siguientes:

- La reforma a la ley reglamentaria al artículo 27 en el ramo petrolero

  Las reformas realizadas en este artículo tienen el fin de que las empresas privadas y extranjeras apoyen a PEMEX con la explotación y exploración, con esto aumentaría la producción que estaba a la baja, en esta iniciativa también se menciona la necesidad tecnológica del país (Cruz Muñoz, 2008).
- Reforma a la ley orgánica de petróleos mexicanos y organismos subsidiarios.

  Con esta reforma se pretende dar una autonomía de gestión a PEMEX, además de la emisión de bonos ciudadanos con la intención de que los mexicanos se beneficien de forma directa del desempeño de petróleos Mexicanos (Cruz Muñoz, 2008).
- Ley de comisión de petróleo

Se propone la creación de una comisión que apoye a la secretaria de energía en las actividades de exploración y producción (Cruz Muñoz, 2008).

3.4 Aspectos técnicos de la reforma energética en el sector petrolero

En cuestión de explotación petrolera, la reforma energética de Enrique Peña Nieto propone la explotación del petróleo no convencional, ubicado en las aguas profundas del golfo de México y del petróleo de latitas del campo Chicontepec, replicando el modelo de producción y explotación de petróleo no convencional de Estados Unidos (Gobierno de la republica 2013).

3.4.1 La era del petróleo barato

En el mundo las reservas totales de petróleo explotadas, conocidas y no conocidas se estimaron en 3 000 000 de millones de barriles, sin embargo la explotación de este recurso ha ido aumentando exponencialmente, de manera que el primer millón de millones de barriles se consumió en los primeros 125 años del inicio de la explotación, se estima que el segundo millón de millones se esté terminando en los siguientes 30 años (Ocampo E, 2016).

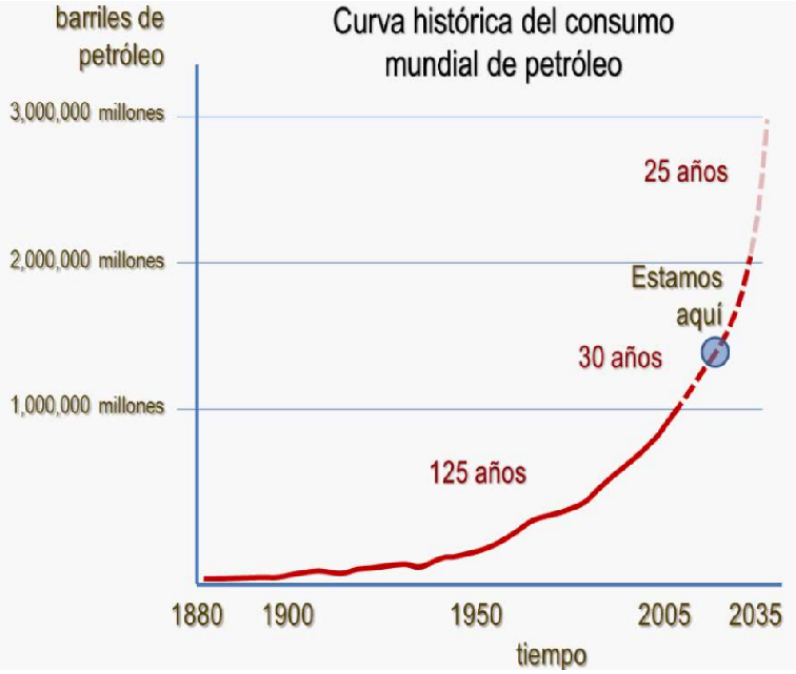

Figura 11. Consumo mundial de petróleo 1880

El pronóstico de esta grafica demuestra también que el tercer millón de millones se terminara en 25 años, es decir la era del petróleo durara aproximadamente 180 años.

Estas reservas se dividen en petróleo de fácil extracción, de difícil extracción y petróleo de muy difícil extracción, actualmente ya se ha consumido aproximadamente el 43 % de las reservas del mundo, comenzando con el petróleo de fácil extracción, del cual ha comenzado su declive (Ocampo E, 2016).

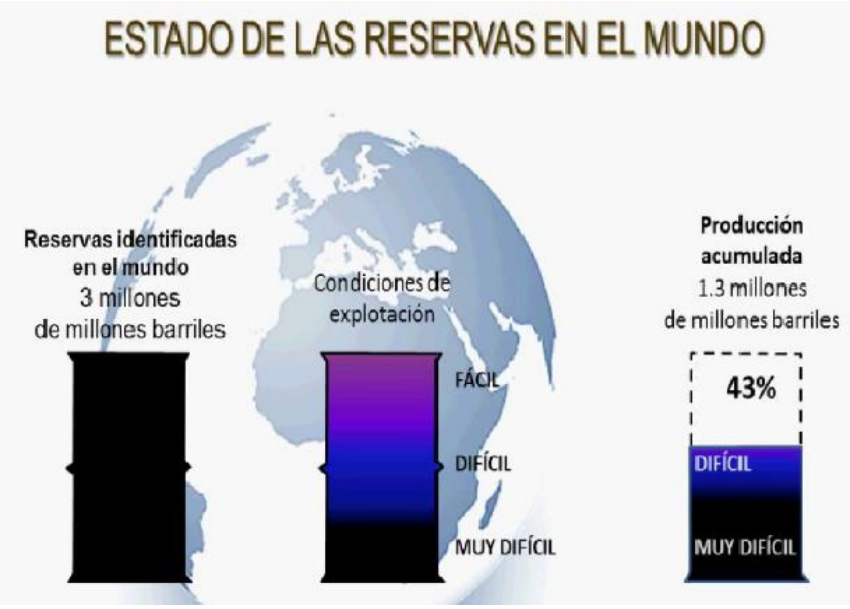

Figura 12. Clasificación de las reservas mundiales

Tabla 2. Países con más reservas de petróleo

País	Reservas mmbp
Venezuela	292
Arabia saudita	268
Canadá	173
Irán	157
Irak	140
Kuwait	104
Emirato árabes	97
Rusia	80

Libia	48 000 millones
Nigeria	37 000 millones
Estados unidos	36 000 millones
Kazajistán	30 000 millones
Qatar	25 000 millones
China	24 000 millones

Estos 14 países contienen el 92 % de las reservas de todo el mundo, cabe mencionar que México tiene el lugar número 17 y sus reservas son de 9700 millones de barriles (Ocampo E, 2016).

3.4.2. El fenómeno del pico del petróleo

Este fenómeno muestra que cuando cualquier formación que contenga petróleo llega a su producción más alta, comienza un declive de producción, y a pesar de los trabajos de reactivación que se realicen su producción no vuelve a recuperarse, un ejemplo claro de esto es el caso de noruega, el alcanzó su producción más alta en el año 2001 para posteriormente iniciar su declive, del cual no se han podido recuperar (Ocampo E, 2016)

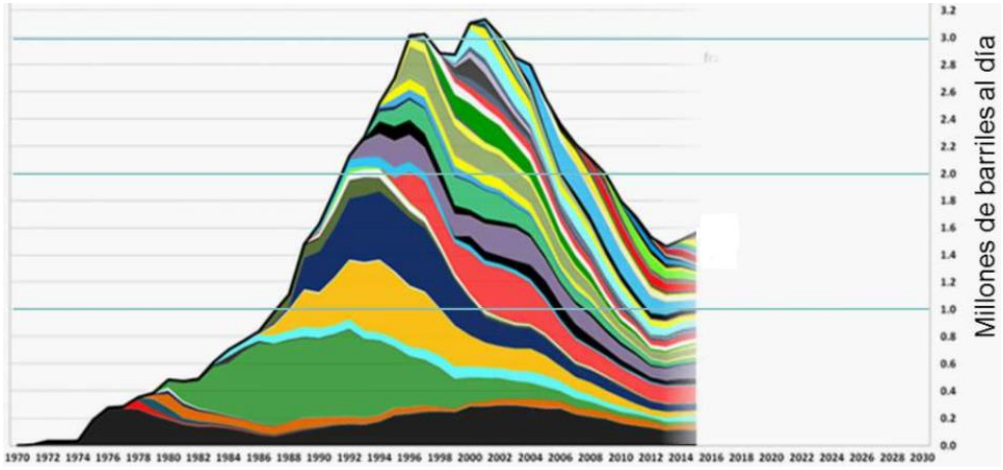

Figura 13. Caída en la producción petrolera en noruega

2.4.3 El declive del petróleo barato en México

Por su parte México alcanzó su punto de producción más alto en el año 2004, siendo el complejo Cantarell su yacimiento petrolero más importantes a continuación se muestra la caída de producción de los campos petroleros más importantes pertenecientes a la sonda de Campeche, además de una breve descripción de estos.

2.4.3.1 Complejo Cantarell

Este complejo se localiza a 70 km de la costa de Campeche y comenzó su producción en el año de 1979, hasta el año 2009 fue el principal yacimiento productor en México, los campos que forman parte de él se localizan a profundidades de 40 y 50 metros en la plataforma continental del golfo de México

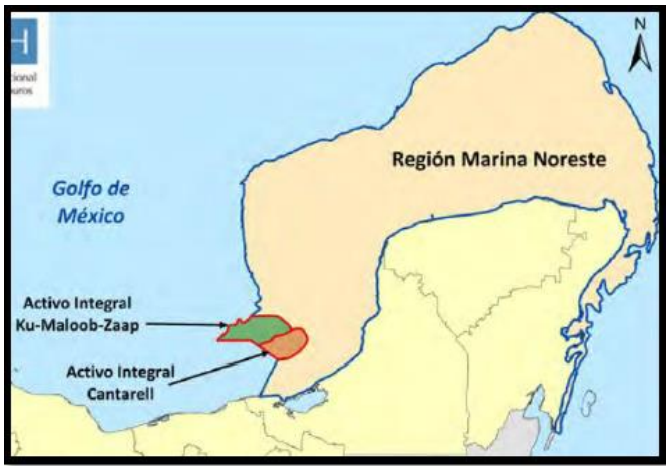

Figura 14. Ubicacion del activo integral Cantarell

El aceite de los campos pertenecientes a este complejo y en general de toda la sonda de Campeche es de tipo pesado. Está conformado por los campos Akal, Chac, Ixtac, Kambesah, Kutz, Nohoch, Sihil y Takin, y estos ocupan un área de 162 Km^2 (Téllez, 2014).

Tabla 3. ***Producción del complejo Cantarell 1900 – 2014***

Años	Producción (miles de barriles diarios)
1990	1 011.5
1991	1 079.2
1992	1 070.5
1993	1 045.1
1994	1 019.7
1995	961.1
1996	1 074.2
1997	1 207.5
1998	1 312.4
1999	1 227.6
2000	1 438.4
2001	1 731.0
2002	1 902.3
2003	2 122.8
2004	2 136.4
2005	2 035.3
2006	1,800.90
2007	1,490.50
2008	1,039.50
2009	684.8
2010	558
2011	500.7
2012	454.1
2013	439.8
2014	374.9

La caída en la producción del complejo Cantarell comenzó en el año 2005 y alcanzó su punto más alto en el año 2004, sin poder elevar la productividad nuevamente. Información de anuarios estadísticos Pemex

2.4.3.2 Activo integral Ku-Maloob-Zaab

Este complejo se encuentra frente a las costas de tabasco y Campeche, a 105 kilómetros de Ciudad del Carmen y tiene un área de 121 km^2, Comenzó su producción en el año 1981 y desde la declinación de Cantarell ha sido el principal complejo petrolero productor de México.

Al igual que Cantarell, el crudo proveniente de este complejo es de tipo pesado, con densidades que van de 13 a 22 grados API, este complejo está formado por los campos petroleros: Ku, Maloob, Zaab, Bacab, Lum, Baksha, Numan, Pohp, Ayatsil, Kayab. Nab, Tson y Zazil-ha (Téllez, 2014).

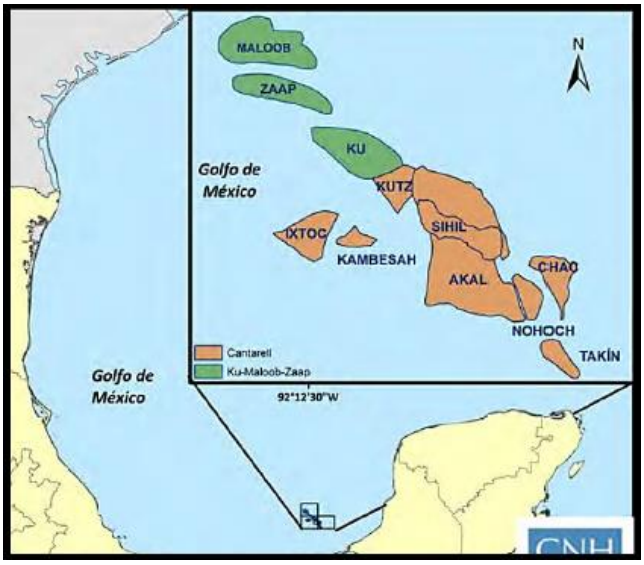

Figura 15. Ubicación del activo integral ku-Maloob-Zaab

En este caso la producción de petróleo ha ido en aumento desde inicios de la década de 1990, sin embargo, el volumen de producción de petróleo del complejo Ku-Maloob-Zaab es considerablemente menor al del complejo Cantarell en el mismo periodo de tiempo, esto significa que no solo la producción de los yacimientos decaerá, sino que también los nuevos yacimientos de petróleo convencional tendrán una cantidad menor de reservas y por tanto serán menos productivos (Ocampo, 2016)

Tabla 4. Producción del activo integral Ku-Maloob-Zaab

Año	Producción (miles de barriles diarios)
1990	134.5
1991	114.5
1992	101.5
1993	91.4
1994	96.7
1995	105.5
1996	120
1997	146.9
1998	151
1999	146.6
2000	168.2
2001	254.8
2002	249.3
2003	293.6
2004	304.4
2005	321.7
2006	403.8
2007	527.2
2008	706.1
2009	808
2010	839.2
2011	842.1
2012	855.1
2013	863.8
2014	856.7

Información de anuarios estadísticos Pemex

2.4.3.3 Producción total de petróleo en México

El decaimiento en la producción del complejo Cantarell marca el final del petróleo barato para México y a pesar de que la producción del complejo Ku-Maloob-Zaab

fue en aumento, la producción total de Pemex ha ido en declive, alcanzando su pico de producción en 2004 y comenzando el declive en 2005 (Ocampo, 2016)

Tabla 5. Producción total de hidrocarburos

Año	Producción total de hidrocarburos (miles de barriles diarios)
1990	2 548.0
1991	2 675.8
1992	2 667.7
1993	2 673.4
1994	2 685.1
1995	2 617.2
1996	2 858.3
1997	3 022.2
1998	3 070.5
1999	2 906.0
2000	3 012.0
2001	3 127.0
2002	3 177.1
2003	3 370.9
2004	3 382.9
2005	3 333.3
2006	3 255.6
2007	3 075.7
2008	2 791.6
2009	2 601.5
2010	2 577.0
2011	2 552.6
2012	2 547.9
2013	2 522.1
2014	2 428.8

Información de anuarios estadísticos Pemex

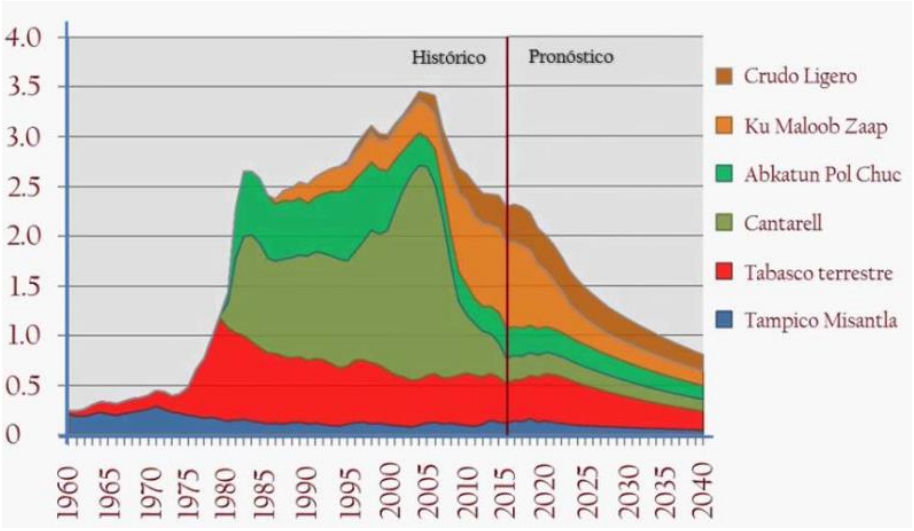

Figura 16. Declive de la producción en campos petroleros Mexicanos

3.4.4 El petróleo no convencional

El petróleo convencional, se encuentra en grandes acumulaciones dentro de rocas permeables, fluye con facilidad, además de que los pozos que explotan estos yacimientos tienen un mayor porcentaje de productividad, teniendo una recuperación de 30 a 40%, por estas razones los costos de explotación no son muy elevados.

Por el contrario los yacimientos de petróleo no convencional tienen una menor producción además de que no fluye con facilidad, generalmente son gotas atrapadas en rocas no permeables, otro punto negativo son sus altos costos de explotación y la recuperación que presenta es inferior al 10%, además de que los pozos de estos yacimientos resultan ser menos productivos (Ferrari, 2014)

Sin embargo el repunte del precio del barril de petróleo ha propiciado que las reservas conocidas de petróleo no convencional se hayan aprobado como reservas explotables (Ocampo, 2016).

3.4.4.1 Oil Sands

Este es un fenómeno que solo ocurre en Alberta Canadá, consiste en grandes depósitos de arena que se encuentran impregnados de petróleo, por medio de excavaciones estas se extraen.

Figura 17. Excavación de arenas impregnadas de petróleo

Figura 18. Planta separadora

Posteriormente son transportadas hasta una planta donde se separa el petróleo de dichas arenas por medio de inyección de vapor de agua, de modo que el petróleo comience a flotar y las arenas queden debajo, sin embargo el impacto ambiental que se genera es muy alto, debido a la cantidad de agua que se ocupa, la cual al término de este proceso queda totalmente contaminada y es depositada en enormes estanques (Ocampo, 2016).

3.4.4.2 Aguas profundas

El petróleo de aguas profundas y ultra profundas, se refiere a los yacimientos marinos que se encuentran a profundidades superiores a 500 y 1500 metros respectivamente, cabe mencionar que este tipo de yacimientos son los más

complejos, costosos y más difíciles de explorar y explotar, en el caso del golfo de México, son los que tienen las mayores reservas estimadas.

Cada proyecto en aguas profundas tiene una etapa de maduración de diez años, a partir de la localización del yacimiento y el costo de inversión total puede llegar a los 10 000 millones de dólares (Ocampo, 2016).

Figura 19. Tipos de infraestructura según la profundidad

3.4.4.3 Petróleo de lutitas

El petróleo es formado “sepultamente” por la acumulación de material orgánico en un ambiente marino y posteriormente sometido a altas presiones y temperatura, cuando la roca madre es permeable, el petróleo fluye hacia arriba hasta encontrarse con un roca impermeable que le impide llegar a la superficie formando una trampa, de este tipo son los yacimientos convencionales, sin embargo hay una parte del petróleo que no ha podido escaparse a hacia los yacimientos convencionales y queda atrapado en rocas de baja o nula permeabilidad, como lo son las lutitas, generalmente estos reservorios se encuentran debajo de los yacimientos convencionales. Uno de los principales problemas del petróleo de

lutitas es su dificultad para fluir, por lo que es necesario recurrir a la fracturación hidráulica y a la perforación vertical para explotar este recurso.

La fracturación hidráulica consiste en el bombeo de un fluido a una presión tal que permita la fractura de la formación, dicha fractura permanece abierta una vez que se libera la presión de bombeo mediante la colocación de agentes apuntalantes como la arena, junto con esto se libera una gran cantidad de agentes químicos para permitir un mejor flujo de hidrocarburo.

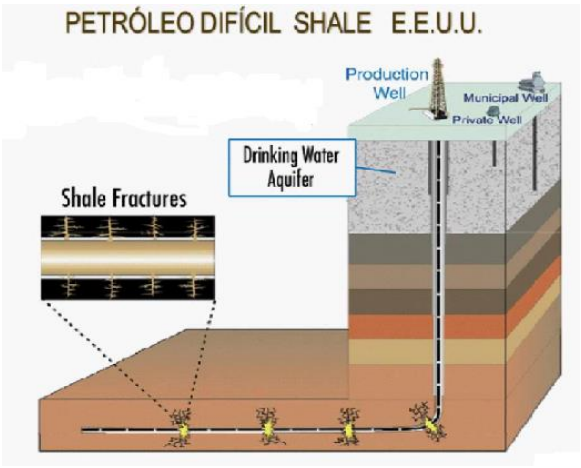

Figura 20. Perforación horizontal y Fracturación Hidráulica

La fracturación hidráulica forma fracturas perpendiculares con respecto a la orientación del pozo, las cuales por lo general no rebasan los 100 -150 metros de largo

Sin embargo el impacto ambiental que se produce debido a las grandes cantidades de agua utilizadas es muy grande, el cual no siempre es reutilizada (Ferrari, 2014).

CAPÍTULO 4. RETOS Y PERSPECTIVAS ANTE LA REFORMA ENERGÉTICA DE 2013

PEMEX cuenta con una gran experiencia en la explotación de petróleo de aguas someras, sin embargo la exploración y producción en zonas más profundas presentan un reto tecnológico importante, así como una necesidad de inversión mayor, pues los costos de extracción son mucho más altos y la recuperación es menor, el aumento del precio del barril de petróleo hizo que explotar este hidrocarburo sea rentable.

4.1 Reservas de petróleo en México

El volumen total de los recursos prospectivos de hidrocarburos se divide en los hidrocarburos que aún no han sido descubiertos, aquellos que se pueden deducir su existencia y los recursos que ya se han descubierto.

Para los volúmenes de hidrocarburos ya descubiertos existe la clasificación económica de viables y no viables, los volúmenes viables son hidrocarburos recuperables de acumulaciones conocidas, sin embargo estos no son rentables bajo las condiciones económicas y tecnológicas actuales. Dentro de los hidrocarburos ya descubiertos y rentables, nos encontramos con las reservas probadas, las cuales son volúmenes de hidrocarburos recuperables usando la tecnología actual. El precio del barril del petróleo es fundamental para el desarrollo

de proyectos de explotación y la clasificación del tipo de reservas (Ocampo, 2014). Un ejemplo claro de esto es la faja del Orinoco en Venezuela, cuando el incremente del barril del precio del petróleo, hicieron comercialmente explotable este yacimiento de petróleo no convencional (Téllez, 2016).

4.1.1 Clasificación de las reservas de petróleo

Para clasificar las reservas de hidrocarburos en el país, Pemex utiliza la definiciones establecidas por la Securities and Exchange Comision (SEC), el cual es el organismo regulador de los mercados de valores en Estados Unidos (Ocampo, 2014).

4.1.1.1 Reservas *1P*

Estas son las reservas probadas de hidrocarburos y se caracterizan por ser cantidades estimadas de aceite crudo y gas natural. Los hidrocarburos contenidos en estas reservas, pueden ser recuperados de yacimientos que ya han sido descubiertos, con diferentes métodos de operación y tecnologías existentes a la fecha (Ocampo, 2014).

4.1.1.2 Reservas 2P

Es la suma de las reservas probadas y las más probables, las reservas más probables son más factibles de ser económicamente más recuperables según la información geológica (Ocampo, 2014).

4.1.1.3 Reservas 3P

Son el resultado de la suma de las reservas probadas, probables y posibles, estas últimas son aquellas en donde la recuperación comercial es menos redituable según la información geológica, donde hay una probabilidad de 10% de que el volumen de hidrocarburos recuperado sea igual que las reservas 3P.

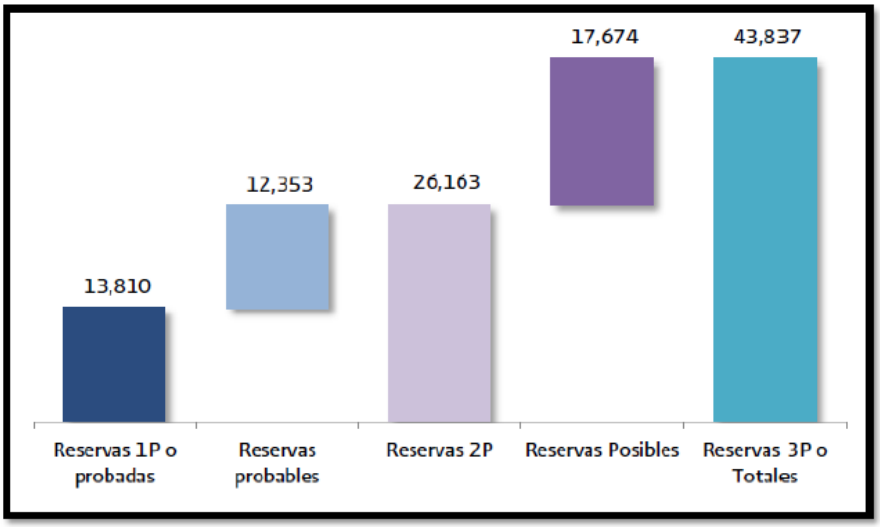

Figura 21. Reservas remanentes totales de hidrocarburos en México al primero de enero de 2012 (mmbpce).

El total de reservas en México hasta 2012 tuvieron un volumen de 43 837 millones de barriles de petróleo crudo equivalente (mmbpce) divididos en los diferentes tipos de reservas (Ocampo, 2014).

4.2 Yacimientos de hidrocarburos en México

México cuenta con una país con gran riqueza en materia de hidrocarburos, por lo que se han realizado diferentes proyectos de exploración dentro de territorio Mexicano, así como en aguas pertenecientes a la nación desde finales del siglo XIX.

Con base a dichos trabajos de exploración se han podido 6 provincias petroleras con una importante producción comercial y un gran potencial petrolífero, además de identificar otras 6 con potencial medio-bajo (Rodríguez, J., Olvera, J., 2015).

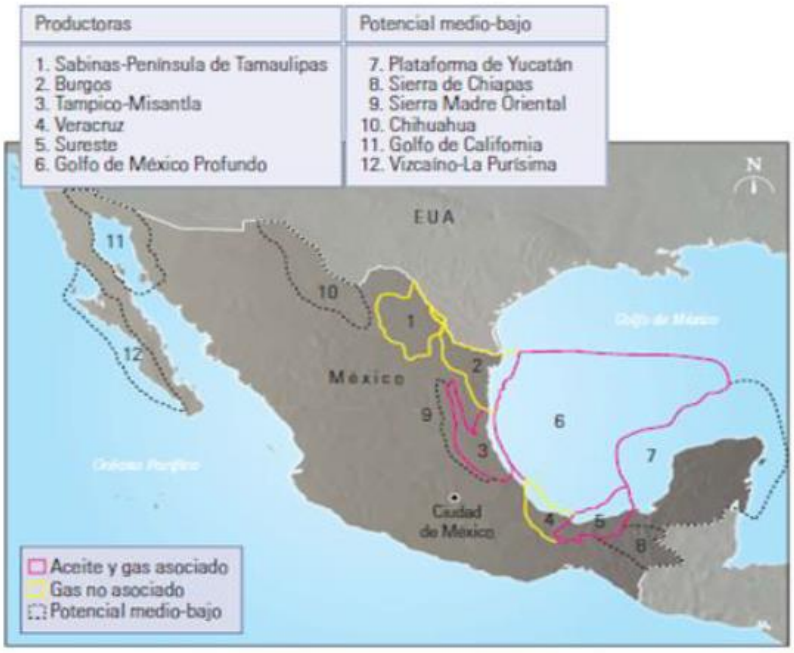

Figura 22. Provincias Petroleras de México

4.2.1 Provincia Sabinas-burro-picachos

Esta provincia es productora principalmente de gas seco no asociado, los hidrocarburos pertenecientes a esta provincia se encuentran almacenados en rocas del jurásico superior y cretácico inferior en estructuras laramídicas, las rocas generadoras pertenecen a la formación: La casita del Tithoniano. Los campos petroleros más importantes en esta provincia son: Monclova- Buena suerte, Pirineo, Merced, Forastero, Lampazos y Minero (Rodríguez, J., Olvera, J., 2015).

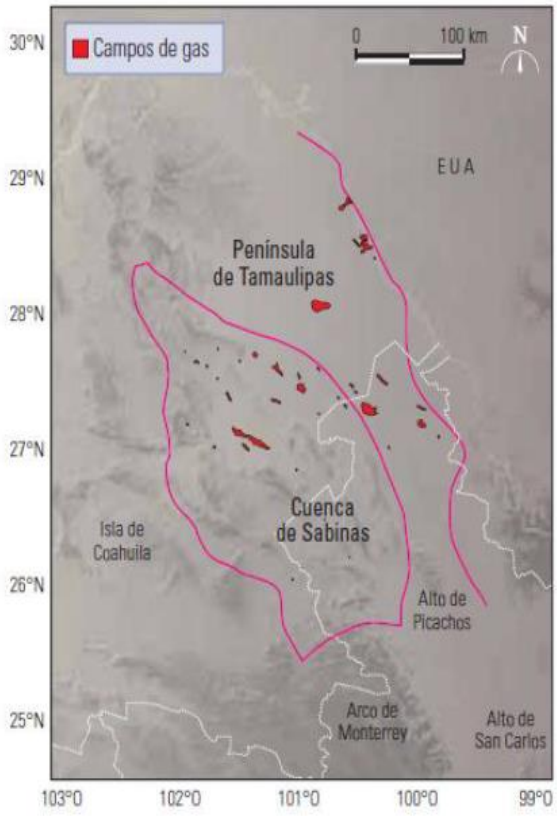

Figura 23. Ubicación y Distribución de campos de la cuenca Sabinas

4.2.2 Provincia Burgos

Las rocas generadoras en esta provincia son principalmente arcillas calcáreas del Tithoniano y lutitas del Paleógeno, las trampas que almacenan los hidrocarburos son anticlinales de tipo *roll over*, esta es la provincia productora de gas asociado más importante en el país. Dentro de esta provincia destacan los campos Reynosa, Monterrey, Cuitláhuac, Arcabuz, Culebra, Arcos, Padura, Corindón, Fundador y Enlace.

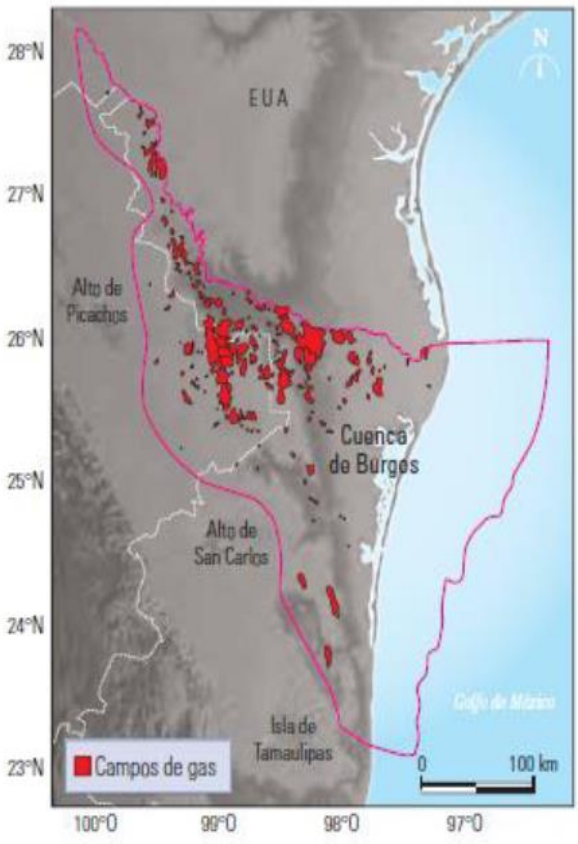

Figura 24. Ubicación y distribución de los campos de gas de la cuenca de Burgos

4.2.3 Provincia Tampico-Misantla

El aceite que se produce en esta provincia proviene principalmente de lutitas carbonatadas del jurásico inferior y medio, como mudstones arcillosos y lutitas del oxfordiano y Tithoniano. Las rocas almacén son calizas y areniscas del jurásico medio, calizas arrecifales, calizas oolíticas del kimmeridgiano, calizas de talud arrecifal del cretácico medio, calizas fracturadas del cretácico superior y areniscas del paleoceno.

Los principales campos de esta provincia son: Poza Rica, Arenque, Tamaulipas-Constituciones y Chicontepec.

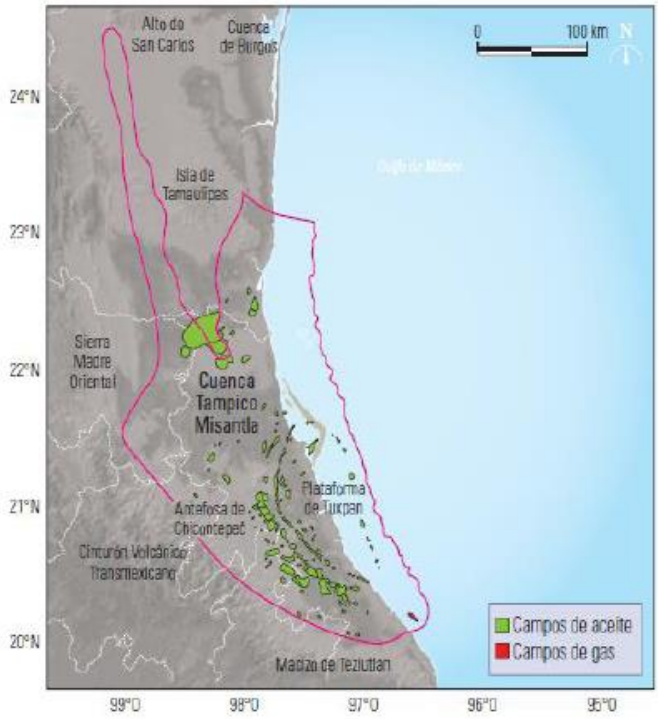

Figura 25: Ubicación de la provincia Tampico-Misantla y principales campos de aceite y gas

4.2.4 Provincia de Veracruz

Los hidrocarburos producidos en esta provincia son principalmente aceite y gas en secuencias del terciario y mesozoico, las rocas que los generan son calizas arcillosas y lutitas del Tithoniano, calizas arcillosas del cretácico medio y lutitas del mioceno superior. Los hidrocarburos se almacenan en silicatos del eoceno y mioceno, en trampas estructurales del neógeno y laramídicas.

Los campos más importantes presentes en esta provincia son: Playuela, Lizamba, Vistoso, Apertura, Arquimia, Papán, Gasífero, El Treinta, Bedel. Cópite, Mata Pionche, Mecayucan y Angostura.

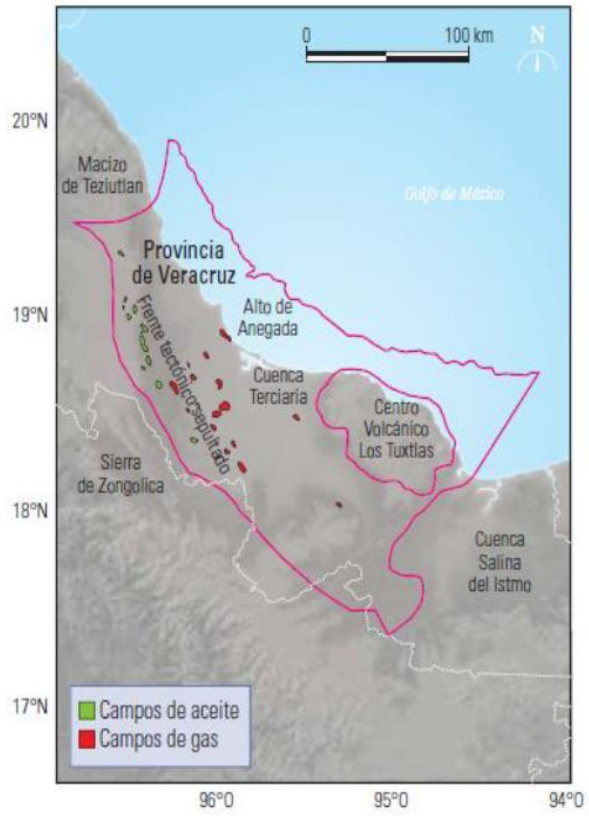

Figura 26. Ubicación y principales campos de la Cuenca de Veracruz

4.2.5 Provincia Suroeste

En esta provincia las rocas generadoras de hidrocarburos son principalmente calizas arcillosas del Tithoniano y las rocas que los contienen son carbonatos del cretácico, carbonatos y areniscas del jurásico superior, brechas carbonatadas del paleógeno y areniscas del neógeno en trampas estructurales.

Los campos más importantes dentro de esta provincia son: Cantarell, Ku-Maloob-Zaap, A.J. Bermúdez y Jujo - Tecominoacán, económicamente es la más importante, alcanzando su punto de producción más alto en 2004 con 4000 mbpce por día.

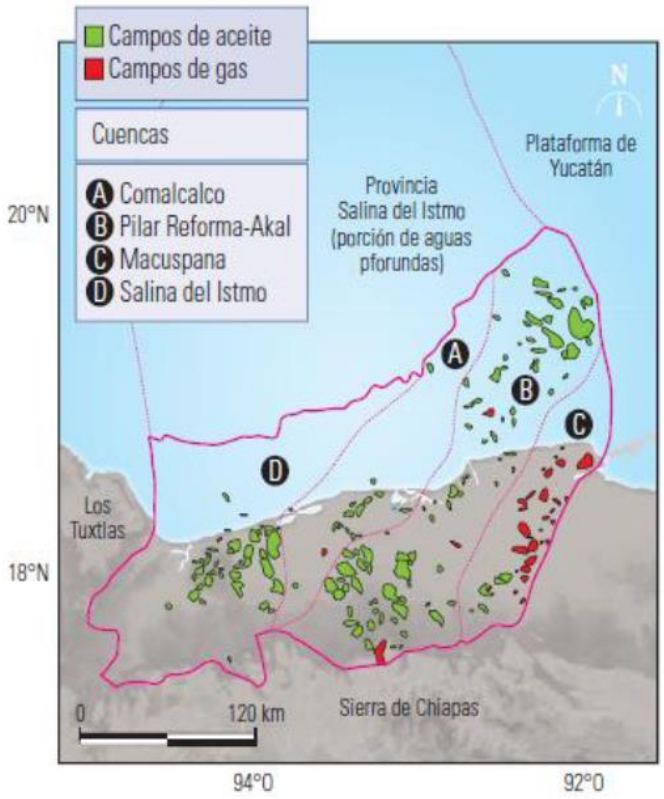

Figura 27. Ubicación, Subprovincias y principales campos de la Provincia Sureste

4.2.6 Provincia del Golfo de México profundo

Pemex exploración y producción (PEP) asegura que es la región con el mayor potencial petrolero del país en aceite y gas. Ubicada a profundidades superiores a 500 metros y con una superficie aproximada de 575 000 km^2, la provincia petrolera

del golfo de México profundo contiene un recurso prospectivo de 26,500 millones de barriles de petróleo crudo equivalente (mbpce) hasta 2013, según los estudios realizados por Pemex exploración y producción.

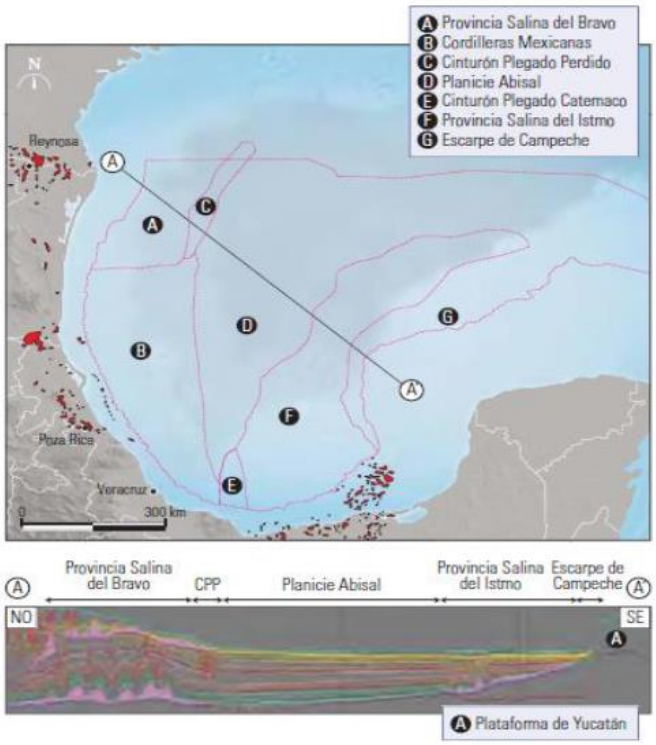

Figura 28. Provincias prospectivas de la parte mexicana profunda del Golfo de México

Las rocas que almacenan los hidrocarburos en estas provincias son calizas del cretácico y areniscas del neógeno en trampas estructurales combinadas, los hidrocarburos son generados por calizas arcillosas y lutitas del Tithoniano, los campos principales son: Noxal, Lakach, Lalaily y Kunah.

4.3 Localización geográfica de los yacimientos

Con el fin de su estudio, control y desarrollo, los yacimientos de hidrocarburos en México han sido agrupados en 3 regiones: la región norte, la región sur y la región marina, dentro de estas regiones se encuentran distribuidos 713 campos, 466 en la región norte, 156 en la región sur, 66 en la región marina suroeste y 25 en la región marina noreste (Rodríguez, J., Olvera, J., 2015).

4.3.1 Región Norte

Tiene una superficie de 2 millones de km2 y es la más extensa de todas, comprende los estados de: Baja California norte, Baja California Sur, sonora, Sinaloa, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguas Calientes, Jalisco, Colima, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, México, Morelos, distrito federal, además parte de los estados de guerrero, Oaxaca y Veracruz.

4.3.2 Región Sur

Comprende la región sureste de la república Mexicana, cuenta con una superficie de 390 000 km2 y comprende los estados de Guerrero, Veracruz, Tabasco, Yucatán, Quintana Roo y Campeche

.

4.3.3 Región Marina

Esta región se encuentra dividida en región marina noreste y región marina suroeste, la primera comprende una extensión de más de 166 000 km2 dentro de las aguas nacionales, en las costas de Yucatán, Quintana Roo y Campeche.

La región marina suroeste cuenta con una superficie de 352 390 km^2, al este limita con la región marina noreste, al sur con los estados de Veracruz, Campeche y Tabasco, al norte limita con los límites de las aguas territoriales Mexicanas y al oeste con la región norte.

4.4 Aceite y gas

Hay una gran diversidad de compuestos químicos que constituyen el petróleo y estos se diferencian entro otros factores, por su volatilidad. Cuando el petróleo llega a una temperatura lo suficientemente alta, los compuestos más ligeros comienzan a evaporarse, de manera que al ir aumentado la temperatura los componentes más pesados serán los últimos en evaporarse, los diferentes gases liberados, al igual que el petróleo tienen diferentes clasificaciones (Rodríguez, J., Olvera, J., 2015).

4.4.1 Tipos de Aceite

La clasificación de los diferentes aceites que usa el instituto americano del petróleo es en base a la viscosidad del fluido, esta es medida en grados api,

según esta escala los tipos de aceite se divide en crudo ligero, mediano, pesado, ultra pesado y los llamados bitúmenes, los cuales a menudo se encuentran en forma semisólida, cabe mencionar que el petróleo convencional va de pesado a ligero, mientras que el no convencional es generalmente ligero y gas, a continuación se presenta una tabla que explica la clasificación del aceite según sus grados API (Ferrari, 2014).

Tabla 6. Tipos de aceite y su escala en grados API (Ferrar, 2014)

TIPO DE ACEITE	GRADOS API
CRUDO LIGERO	Mayor a 31.1 grados API
CRUDO MEDIANO	22.3 – 31.1 grados API
CRUDO PESADO	Menor a 22.3 grados API
CRUDO ULTRA PESADO	Hasta seis grados API
BITUMEN	No fluye

México produce tres variedades de petróleo para exportación:

- Crudo del Istmo: Esta variedad de petróleo presenta una densidad de 33.6 grados en la escala API, además de 1.3% de azufre, esta variedad de petróleo es considerado súper ligero.
- Crudo Maya: Tiene densidad de 22 grados API y 33% de azufre, es un aceite pesado

- Crudo Olmeca: Esta variedad de crudo tiene una densidad de 39.3 grados en la escala API y 0.8% de azufre, es un crudo ligero (Tipos de petróleo crudo, 2016)

4.4.2 Tipos de Gas

El gas natural que se obtiene de los hidrocarburos se encuentra constituido principalmente por metano, además de cantidades variables de otros hidrocarburos como etano, propano, butano, pentano, entre otros, estos compuestos se le retiran, cabe mencionar que el gas metano es el más ligero de los hidrocarburos y este representa el 47% de los combustibles que se usan en México. Dentro de la industria petrolera podemos distinguir varios tipos de gas natural, siendo los más comunes en México:

- Gas asociado: este tipo de gas sale junto con el petróleo y la mayor parte del gas producido en México es de este tipo.
- Gas no asociado: Gas proveniente de yacimientos que no contienen petróleo, este es gas que se produce principalmente en la cuenca de (Rodríguez, J., Olvera, J., 2015).

4.5 Petróleo no convencional en México

Como se mencionó en el capítulo anterior, la caída en la producción de crudo ha hecho pasar a México del sexto al noveno lugar dentro de los países más productores de petróleo, ocasionada por una gran disminución de las reservas

probadas de petróleo, pese a esto, una de las propuesta de la reforma energética de Enrique Peña Nieto, es replicar el modelo energético de estados unidos, en el cual se le da una mayor importancia a los hidrocarburos no convencionales, específicamente al gas y petróleo de lutitas, en el caso de México se plantea dar una mayor explotación al petróleo de aguas profundas ubicado en el golfo de México y el petróleo de lutitas del gran yacimiento Chicontepec y así dar uso a las reservas 3P de México (Rodríguez, J., Olvera, J., 2015).

4.5.1 Petróleo de aguas profundas en México

En general para que un yacimiento sea considerado de aguas profundas, debe de encontrarse a una profundidad superior a 500 metros, cuando la profundidad a la que se encuentra es mayor a 1500 metros entonces, es considerado yacimiento de aguas ultra profundas.

En México los yacimientos están a profundidades que van desde los 500 a los 3200 metros, cuentas con una extensión aproximada de 570 000 km^2 y están ubicados en las aguas territoriales del golfo de México (Ferrari, 2014).

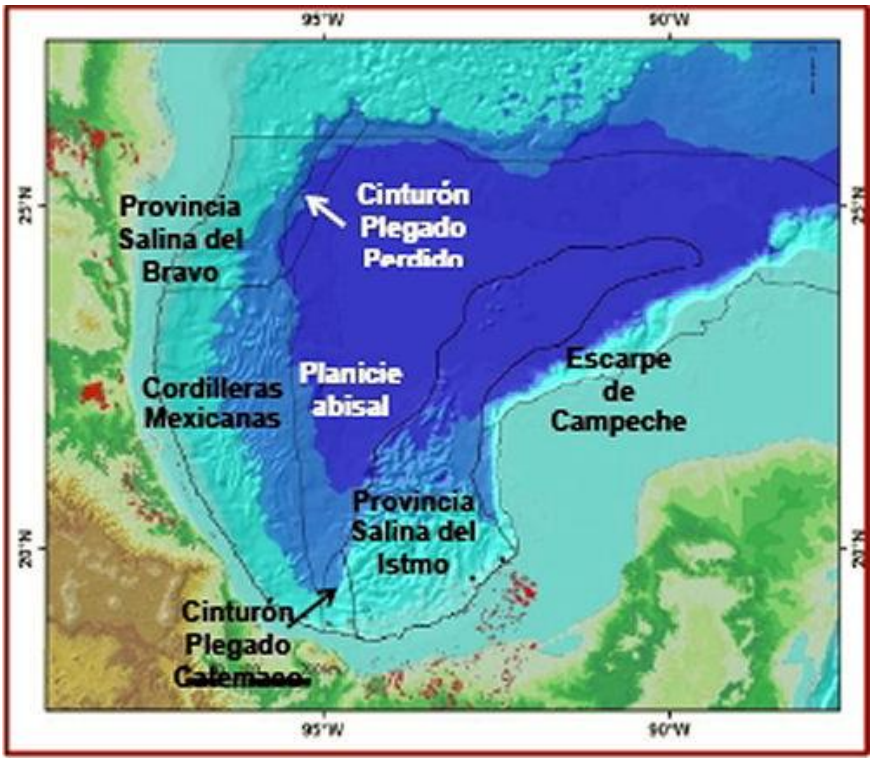

Figura 29. Provincias geológicas de aguas profundas en el golfo de México. (Anuncia Pemex importante recorte de personal, 2015)

Gracias a los trabajos de exploración, se han logrado identificar 180 prospectos en diferentes *plays*, estos prospectos tienen un potencial aproximado de 45 mmbpce y se han dividido en siete provincias geológicas las cuales son: Salina de Bravo, Cinturón Plegado Perdido, Cordilleras Mexicanas, Planicie Abisal, Salinas del Istmo, Escape De Campeche y el Cinturón Plegado De Catemaco.

Sin embargo el explotar este recurso presenta diversas condiciones adversas que en aguas someras no representan un inconveniente mayor, problemas como las altas presiones y temperatura, suelos incompetentes y fuertes corrientes oceánicas hacen que el aseguramiento del flujo desde el pozos hasta las

plataformas, caracterización de peligros, la planeación, el diseño y la ejecución de los trabajos de perforación de pozos, representen un reto para Pemex exploración y producción (Rodríguez, J., Olvera, J., 2015).

4.5.2 Shale Oil y Shale gas en México

Las lutitas que presentan materia orgánica en México, son similares a las productoras de *Shale* gas en las formaciones de Eagle Ford, Hayneville - Bossier y Pearsall pertenecientes al jurásico y cretácico, En el caso de México los recursos potenciales de lutitas se encuentran en el noreste y en la zona centro oriental del país, siendo el paleocanal de Chicontepec la zona con mayor potencial de hidrocarburos.

Los *plays* del periodo cretácico superior se extienden al sur en las provincias de Tampico-Misantla y Veracruz. Los *plays* de la parte que conforma la extinción de la formación Eagle Ford están distribuidos en las cuencas de Chihuahua, Sabinas, Burro Picachos y Burgos. Los *plays* del jurásico superior se encuentran distribuidos al sur de las cuencas de Tampico-Misantla y Veracruz (Rodríguez, J., Olvera, J., 2015).

4.5.2.1 El paleocanal de Chicontepec

Esta área es la de mayor potencial en hidrocarburos, representando el 40% del total de todas las reservas 3P del país, tiene una superficie de 43 000 km^2

abarcando los estados de Puebla, Veracruz e Hidalgo y está integrado por campos productores e areniscas del terciario.

Figura 30. Paleocanal de Chicontepec (Ocampo, 2013)

A pesar de contar con un gran potencial, su explotación es difícil y costosa, debido a su baja permeabilidad, bajo nivel de cimentación, presentar una baja productividad y un rápido decaimiento de la producción lo que da como resultado bajas cantidades de hidrocarburos recuperados, esto también hace necesario el uso de sistemas de recuperación secundaros (Ocampo 2016).

4.6 Gestión de los campos petroleros Mexicanos

En el nuevo modelo de administración de campos petroleros se da al estado la facultad para dar una serie de licitaciones en las cuales asigna las áreas con potencial petrolero a las empresas que ofrezca los mejores beneficios, por medio de una actividad denominada ronda.

En la ronda 0 se le da a Pemex, sin necesidad de licitación, las áreas de exploración y de producción que estén en mejores condiciones operativas, esto debido a que cuenta con la información y capacidad técnica para explotar los campos asignados a corto plazo (Gobierno de la república, 2013).

4.6.1 Ronda 0

Se le asignó a Pemex un volumen de 20 589 mbpce en reservas 2P y en recursos prospectivos se le asignó un volumen de 22 126 mbpce de los cuales 18 222 mmbpce son de recursos convencionales y 3 904 mmbpce son recursos no convencionales, es así como Pemex contara con el 83% de las reservas 2P y el 21% en cuanto a recurso prospectivo. En la siguiente tabla se muestra los volúmenes en mmdpce otorgados a PEMEX en los diferentes tipos de yacimientos.

Las áreas asignadas en recursos 2p se le da a PEMEX una superficie de 17 010 km^2 y en recursos prospectivos se le da una superficie total de 72 897 km^2.

Tabla 7. Volumen de reservas 2p y prospectivas asignado a Pemex por tipo de yacimiento (Rodríguez, J., Olvera, J., 2015).

Tipo/ Área	Reserva 2p	Recurso Prospectivo
Convencional	20,589	18,222
Aguas Someras	11,374	7,472
-Sureste (Pesados)	11,238	7,472
-Norte	136	-
Terrestre	8,818	5,913
-Sur	4,379	5,371
-Chicontepec	3,556	-
-Burgos	425	-
-Resto del Norte	459	542
Aguas Profundas	397	4,837
-Perdido	-	3,013
-Holok-Han	397	1,824
No convencional	-	3,904
Total	20,589	22,126

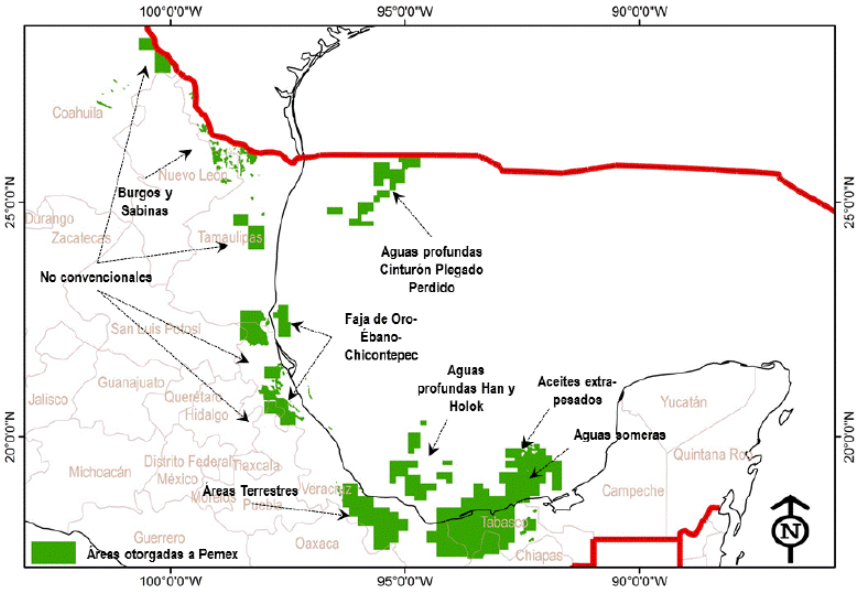

Figura 31. Áreas otorgadas a Pemex (Rodríguez, J., Olvera, J., 2015).

4.6.2 Ronda 1

En esta ronda se presenta varios proyectos adecuados para todo tipo de compañía, dando oportunidades de exploración en áreas productoras, áreas nuevas y poco exploradas.

4.6.2.1 Primera licitación

La primera licitación se encuentra en aguas someras del Golfo de México, dentro de la provincia petrolera Cuencas del Sureste, comprende catorce bloques en esta zona, cabe mencionar que es la provincia más explorada y con el mayor porcentaje de producción acumulada del país.

Los bloques de esta zona producen principalmente aceite ligero, aceite extra pesado y gas húmedo. La superficie total que abarcan en conjunto estos bloques es de 4 222 km^2. Los recursos productivos totales de esos bloques son de 1 721 mbpce.

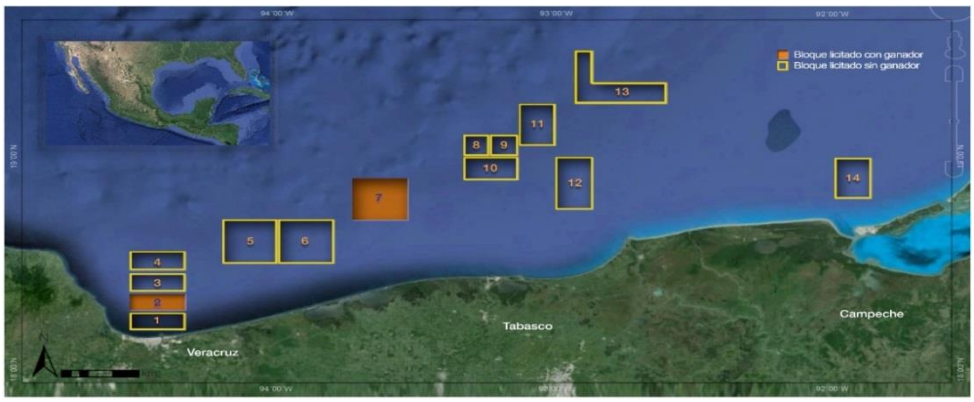

Figura 32. Áreas correspondientes a la primera licitación. (CNH)

Los ganadores de esta primera licitación fueron las empresas Sierra Oil & Gas, Talos Energy y Premier Oil en el segundo y séptimo bloque, los demás bloques son considerados desiertos, debido a que la propuesta fue desechada o no se hizo ninguna (CNH).

4.6.2.2 Segunda licitación

En esta segunda licitación se compite por 5 bloques, también localizados en aguas someras del golfo de México, estos bloques contienen 9 campos dentro de la provincia cuencas del sureste.

Este bloque produce principalmente aceite ligero, gas y aceite pesado. Las rocas que almacenan los hidrocarburos son arenas del terciario, calizas del cretácico y jurásico ubicadas a una profundidad de entre 28 y 102 metros.

Los campos que se encuentran en estos bloques son: Amoca, Miztón, Tecoalli, Hokchi, Xulum, Ichalkil, Pokoch, Misón y Nak, estos campos contienen reservas 2p de 297 millones de barriles de aceite ligero y de 295 000 millones de pies cúbicos de gas. Cuenta con una superficie de 279 km^2.

En esta licitación el tercer y quinto bloque quedaron desiertos, mientras que la petrolera italiana ENI International junto con la rusa LUKOIL Overseas Netherlands B.V. se convirtieron en las ganadoras del primer bloque.

En el segundo bloque Pan American Energy en consorcio con E&P Hidrocarburos y Servicios además del consorcio Fieldwood Energy - PetroBal, quedaron

ganadores. El consorcio conformado por la estadounidense Fieldwood Energy y la mexicana PetroBal, se adjudicaron el cuarto bloque (CNH)

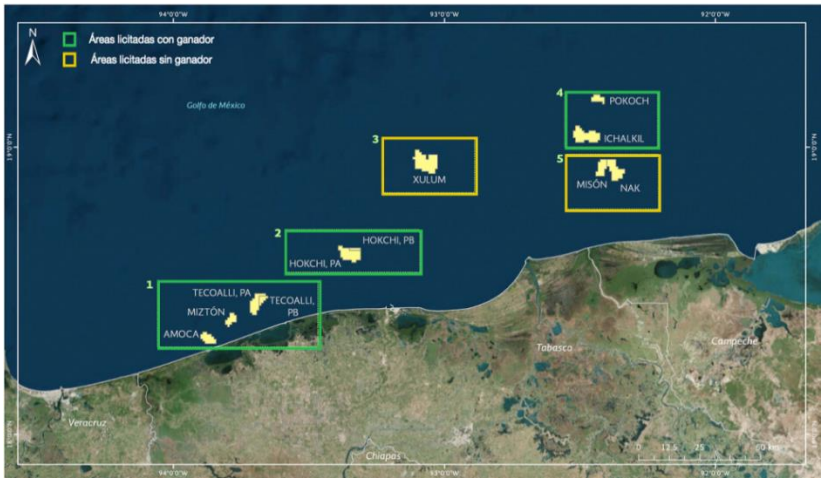

Figura 33: Áreas correspondientes a la segunda licitación. (CNH)

.

4.6.2.3 Tercera licitación

Esta licitación corresponde a la parte terrestre, aquí los bloques se agruparon en tres áreas geográficas: Campos Burgos, Campos Norte y Campos Sur, estas áreas contienen 25 campos petroleros y se encuentran en los estados de Tabasco, Veracruz, Tamaulipas, Chiapas y Nuevo León con una superficie de 833 km^2.

Las rocas almacén de estos campos son calizas y dolomías del cretácico, arenas del mioceno, arenas del terciario, areniscas del paleoceno, calizas oolíticas del jurásico y cretácico, areniscas del eoceno y rocas carbonatadas del jurásico. Las reservas 3p que contienen dichos campos son 1 807 millones de barriles de aceite y 3 499 mil millones de pies cúbicos de gas, en la siguiente tabla se muestra cada

uno de los campos que se ofrecen en esta licitación así como los ganadores de estas (CNH).

Tabla 8. Ganadores de tercera licitación y los campos ganados (CNH)

Campo	Ganador
Tajón	Compañía Petrolera Perseus (México)
Cuichapa Poniente	Servicios de Extracción Petrolera Lifting (México)
Moloacán	Consorcio Canamex Dutch-Perfolat de México-American Oil Tools
Barcodón	Diavaz Offshore (México)
Mundo Nuevo	Renaissance Oil Corp (Canadá)
Paraíso	Roma Energy Holdings, con Tubular Technology y Gx Geoscience Corporation (USA – Mx)
Catedral	Diavaz Offshore (México)
Topén	Renaissance Oil Corp (Canadá)
Mayacaste	Grupo Diarqco (México)
Malva	Renaissance Oil Corp (Canadá)
Peña Blanca	Strata Campos Maduros, S.A.P.I. de C.V. (Mx)
Benavides-Primavera	Sistemas Integrales de Compresión en consorcio con Nuvoil y Constructora Marusa (México)
Fortuna Nacional	Compañía Petrolera Perseus (México)
Ricos	Strata Campos Maduros (México)
Mareógrafo	Consorcio Manufacturero Mexicano, S.A. de C.V. (México)
Carreteras	Strata Campos Maduros (México)
Pontón	Consorcio Geo Estratos y Geo Estratos Mxoil Exploración y Producción (México)
Tecolutla	Geo Estratos en consorcio con Geo Estratos Mxoil Exploración y Producción (México)
Secadero	Grupo R Exploración y Producción en consorcio con Constructora y Arrendadora México

	(México)
Duna	Construcciones y Servicios Industriales Globales (México)
San Bernardo	SARREAL S.A. de C.V. (México)
Calibrador	Consorcio Manufacturero Mexicano, S.A. de C.V. (México)
La Laja	Geo Estratos en consorcio con Geo Estratos Mxoil Exploración y Producción (México)
Calicanto	Grupo Diarqco (México)
Paso de Oro	Geo Estratos en consorcio con Geo Estratos Mxoil Exploración y Producción (México)

Figura 34. Área correspondiente a la tercera licitación (CNH)

4.6.2.4 Cuarta licitación

La cuarta licitación comprende 10 áreas localizadas en aguas profundas del Golfo de México, dentro de las provincias petroleras Cinturón Plegado Perdido y Cuenca Salina.

La parte del cinturón plegado perdido comprende una superficie total de 8 213 km^2, produce principalmente aceite súper ligero, aceite ligero y gas húmedo en arenas de grano fina y medio del paleógeno y neógeno. En el caso del área que se ubica en la cuenca salina, se tiene una superficie de 15 617 km^2 y se produce aceite ligero, aceite súper ligero, aceite pesado, aceite extra pesado y gas húmedo. La litología correspondiente son calizas fracturadas, arena de grano medio y fino, brecas y Packstone y Grainstone de Oolitas (CNH).

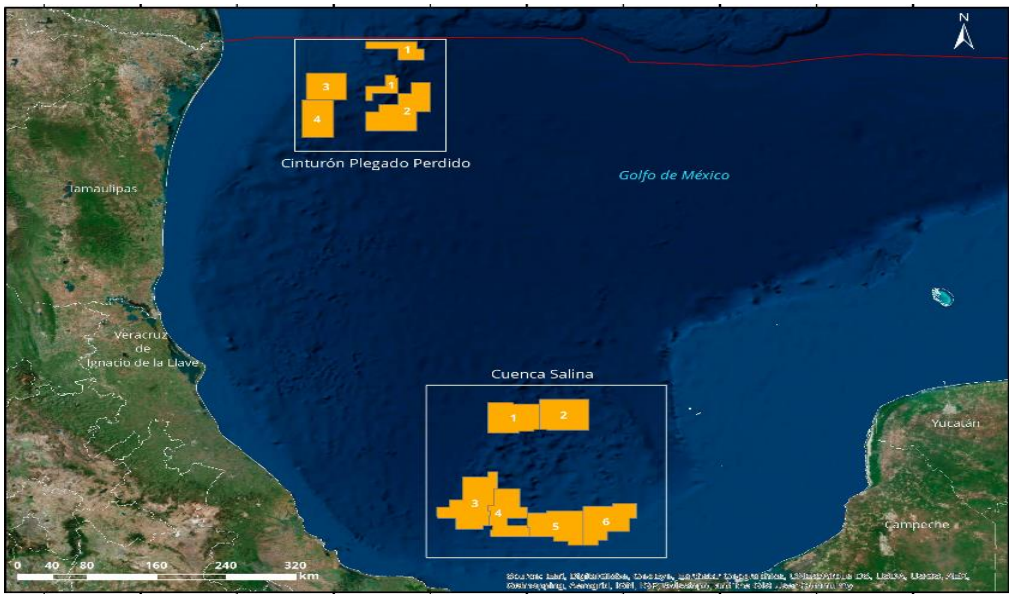

Figura 35. Área correspondiente a la cuarta licitación. (CNH)

Tabla 9. Ganadores de la licitación y las áreas ganadas (CNH)

Área	Empresa o consorcio ganador
1	China Offshore Oil Corporation E&P Mexico
2	Consorcio: Total con ExxonMobil
3	Consorcio: Chevron, Pemex e Inpex
4	China Offshore Oil Corporation E&P Mexico
5	Consorcio: Statoil, BP y Total
6	Desierto
7	Consorcio: Statoil, BP y Total
8	Consorcio: PC Carigali con Sierra
9	Consorcio: Murphy Sur, Ophir, Carigal y Sierra
10	Desierto

4.7 Explotación de petróleo no convencional en México

Como se ha mencionado anteriormente la explotación de los recursos no convencionales no fue considerada verdaderamente redituable hasta que los costos del petróleo alcanzaron precios suficientemente altos para compensar el alto costo de la explotación, tan solo para las licitaciones de la primera ronda en la zona del golfo de México profundo, las inversiones realizadas van de 1,200 a 12,000 millones de dólares. Tan solo entre 2003 y 2013 las inversiones totales en la industria petrolera se han incrementado un 170% y los resultados no son siempre los esperados. Además de estos altos costos de inversión, la explotación de estos recursos no convencionales viene acompañada de un gran impacto

ambiental, este es uno de los principales motivos por los que varios científicos están en contra de la explotación del Shale Oil, Shale gas y el petróleo de aguas profundas y razón por la cual estas prácticas ya han sido prohibidas en algunos países.

4.7.1 Fracking en México

El paleocanal de Chicontepec como ya se mencionó anteriormente, pose una de las riquezas de petróleo no convencional más grandes del país, para explotar este recursos es necesario llevar acabo la técnica llamada fractura hidráulica o fracking, la fracturación hidráulica ha sido empleada desde la década de 1940, para la extracción de petróleo y gas natural por medio de la inyección de agua y agentes químicos.

Cabe mencionar que este es método ha desatado mucha polémica a nivel mundial, debido a que es uno de los métodos de extracción más peligrosos que existe al grado de ser prohibido en diversas partes de Europa como Alemania, Francia, Bulgaria, e Irlanda.(Fracking en México, 2015)

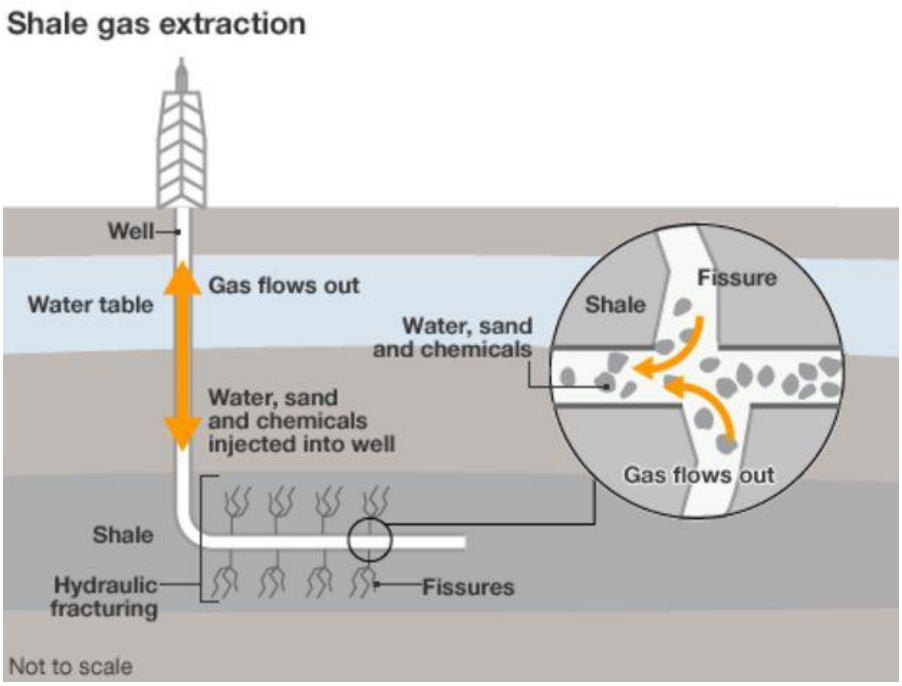

Figura 36. Proceso del fracking (Shale gas extraction explained)

La fracturación hidráulica consiste en la perforación de un pozo vertical de cuatro o cinco kilómetros hasta llegar a la zona en la que se encuentra la roca contenedora (no permeable), este pozo lleva un recubrimiento en las paredes, generalmente de acero y cemento. Posteriormente se realiza una perforación horizontal que va de uno a tres kilómetros de longitud, ya una vez en la roca poco permeable se realizan explosiones para generar fracturas en esta, con el objetivo de que liberen el gas y petróleo acumulados, luego se inyectan millones de litros de agua a presión dentro del pozo, mezclados con aditivos y arena para seguir provocando fracturas en la roca, esta agua junto con los hidrocarburos regresan a la superficie (Ferrari, 2015)

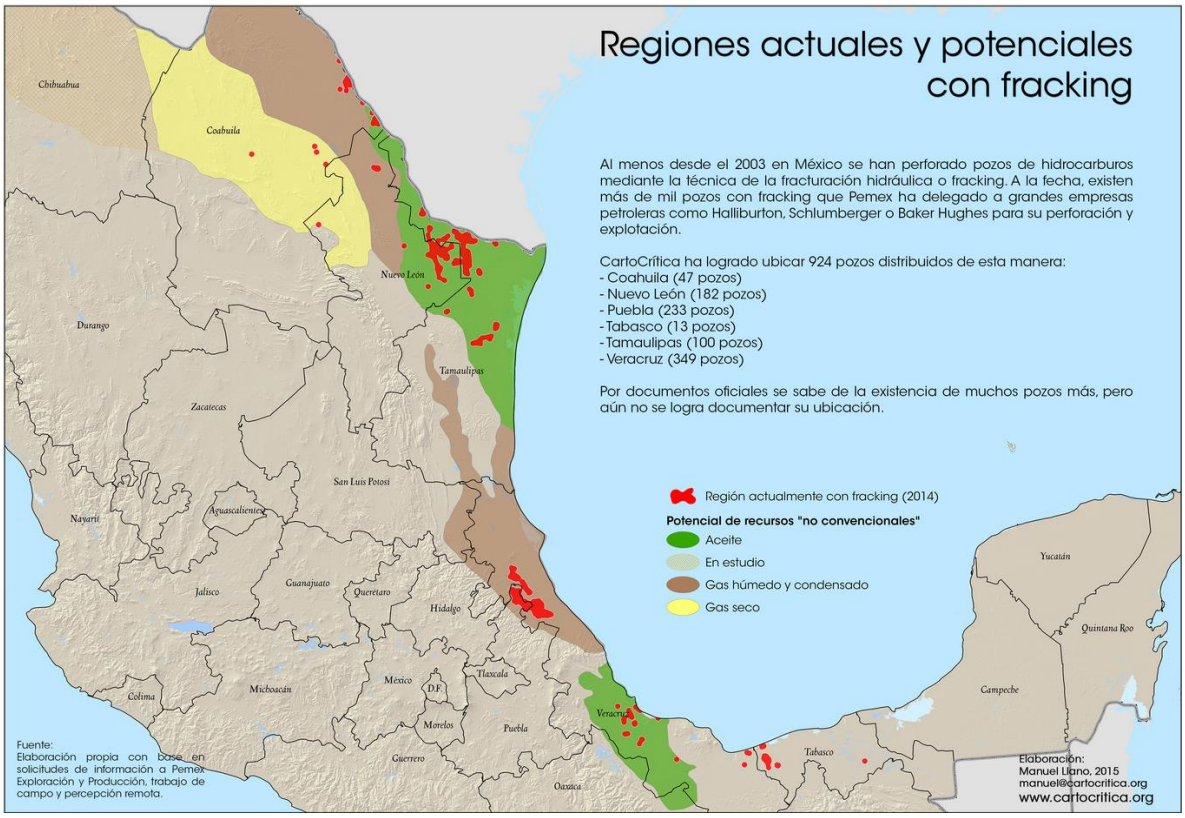

Figura 37. Regiones con fracking en México. (Ferrari, 2015)

En México la solicitud de información pública realizada a PEMEX exploración y producción revelo que ya han sido perforados más de 920 pozos con esta técnica en los estados de Coahuila, Nuevo León, Puebla, Tabasco, Tamaulipas, y Veracruz.

Tabla 10. Pozos de Fracking en México

Campo	Número de pozos	Estado
Gamma	17	Coahuila
Habano	30	Coahuila
Durian	18	Nuevo León
Benavides	13	Nuevo León
Montes	2	Nuevo León
Palmito	11	Nuevo León
Primavera	1	Nuevo León
San Bernardo	1	Nuevo León
Tangram	16	Nuevo León
Arcabuz	14	Nuevo León
Carlos	1	Nuevo León
Culebra	19	Nuevo León
Peña Blanca	3	Nuevo León
Picadillo	7	Nuevo León
Santa Rosalía	5	Nuevo León

Bayo	3	Nuevo León
Carretas	1	Nuevo León
Chalupa	2	Nuevo León
Comitas	23	Nuevo León
Cuatro Milpas	9	Nuevo León
Cuervito	7	Nuevo León
Fronterizo	2	Nuevo León
Mojarreñas	5	Nuevo León
Panorama	2	Nuevo León
Tigrillo	1	Nuevo León
Topo	7	Nuevo León
Kernel	9	Nuevo León
S/N	121	Puebla
S/N	14	Puebla
S/N	98	Puebla
Arroyo Prieto	4	Tabasco
Guaricho	1	Tabasco

Nelash	1	Tabasco
Ogarrio	4	Tabasco
Rodador	3	Tabasco
Nuncio	17	Tamaulipas
Santa Anita	1	Tamaulipas
Serbal	12	Tamaulipas
Ecatl	1	Tamaulipas
Granaditas	2	Tamaulipas
Rusco	3	Tamaulipas
Arcos	2	Tamaulipas
Árabe	2	Tamaulipas
Cañón	1	Tamaulipas
Caudaloso	2	Tamaulipas
Chapul	1	Tamaulipas
Cuitláhuac	40	Tamaulipas
Fundador	1	Tamaulipas
Garufa	1	Tamaulipas

Lomitas	2	Tamaulipas
Sigma	2	Tamaulipas
Silo	1	Tamaulipas
Ricos	2	Tamaulipas
Nejo	7	Tamaulipas
Rabasa	10	Veracruz
N/P	13	Veracruz
Anura	1	Veracruz
Cardúmenes	1	Veracruz
Vistoso	5	Veracruz
N/P	5	Veracruz
N/P	3	Veracruz
N/P	90	Veracruz
Cehualaca	3	Veracruz
Enispe	1	Veracruz
N/P	3	Veracruz
Cocuite	3	Veracruz

Zacamandú	1	Veracruz
Arquimia	1	Veracruz
Mixtán	1	Veracruz
N/P	172	Veracruz
Poza Rica	3	Veracruz
N/P	1	Veracruz
Mocarroca	1	Veracruz
Perdiz	4	Veracruz
Perdiz	2	Veracruz
N/P	16	Veracruz
Manuel Ávila Camacho	1	Veracruz
Mecatepec	2	Veracruz
Madera	5	Veracruz
Playuela	1	Veracruz

Campos, Pozos y estados en los que se realiza el fracking en México. (Fracking en México, 2015)

4.7.2 Impacto ambiental del fracking

A pesar de los marcos regulatorios que se han impuesto para el cuidado al medio ambiente en las zonas en donde se lleva a cabo el fracking, no son una solución que sirva para acabar con el problema. El principal y más obvio problema es el excesivo consumo de agua y la contaminación de esta, los daños a la salud de las personas que viven cerca de estas zonas, pero además gracias a esta práctica se han generado cada vez más sismos de carácter antropogénico en las zonas cercanas.

4.7.2.1 Disminución y contaminación del agua y subsuelo.

Para poder extraer el gas se requieren de entre 9 y 29 millones de litros de agua por pozo, este volumen de agua equivale al que consumen entre 1.8 y 7.2 millones de personas en una año, aunado a esta cifra alarmante, los estados en donde se realiza el fracking no tienen una alta disponibilidad de este recurso natural

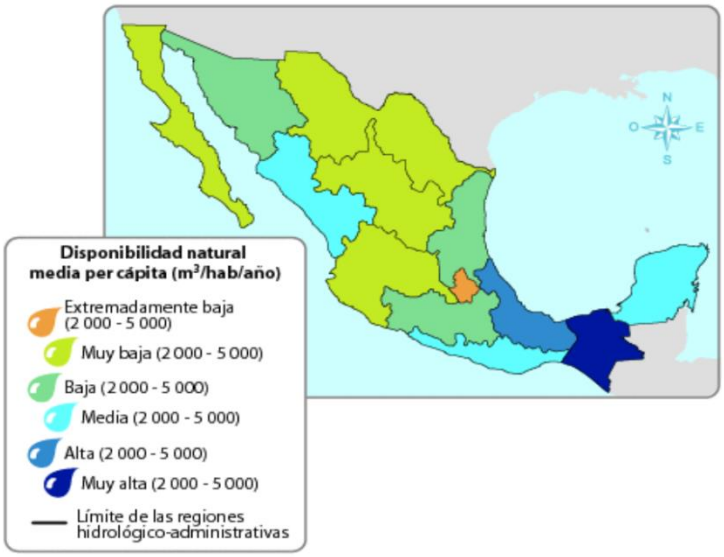

Figura 38. Disponibilidad de agua en México (El fracking comenzó en México, 2017)

Por ejemplo los estados de Puebla, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas la disponibilidad de agua es muy baja, por ser regiones con un amplio estrés hídrico (figura 16), pese a esto, todos ellos cuentan con una gran cantidad de pozos de extracción por fracking.

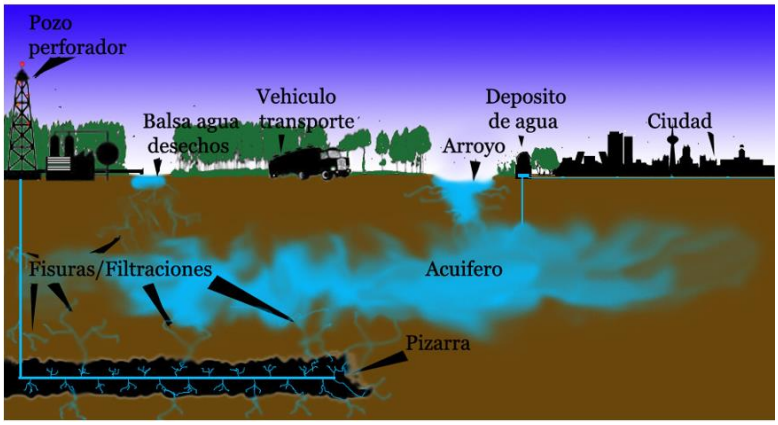

Figura 39. Contaminación de un acuífero por fracturas existentes (El fracking comenzó en México, 2017)

Esta actividad también pone en riesgo la vida útil de un acuífero, pues la contaminación de este se puede ocurrir de dos maneras, por perdida de fluidos de fracking mientras pasan por la zona del acuífero cuando el pozo aun es vertical, esto generalmente ocurre por la mala cimentación del pozo, o por la existencia de fracturas naturales pre- existentes en la formación donde se hace el fracking. (El fracking comenzó en México, 2017)

4.7.2.2 Emanaciones de gases hacia la atmósfera

Por otro lado el agua que se inyecta al pozo, puede reutilizarse, sin embargo esto lejos de ser una posible solución para mitigar el uso de agua, es otra medida de contaminación, pues esta agua se deposita en piscinas a cielo abierto mientras se espera su reinyección, pero la evaporación y posibles derrames de este líquido lleva a una contaminación de aire y suelos. Dentro de las sustancias químicas que se inyectan junto con el agua, se encuentran metanol, benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (Ferrari 2015).

Figura 40. Piscina de fluido de inyección al aire libre (Ferrari 2015)

Además de estas sustancias químicas, se han documentado en las cercanías a los pozos de gas Shale, según la Proceedings of the National Academy of Science (PNAS, por sus siglas en inglés) emanaciones de hasta 3 veces lo normal de metano en, este es un gas de efecto invernadero 15 veces más poderoso que el dióxido de carbono (Ferrari, 2015).

4.7.2.3 Incremento de actividad sísmica

En particular existe una correlación significativa entre terremotos y pozos de reinyección de fluidos, pues la ocurrencia de terremotos ha ido en aumento en las zonas del país donde se extraen hidrocarburos por medio de la fracturación hidráulica, esto fue corroborado por científicos del servicio geológico de Estados Unidos, pues según sus estudios, el fracking puede producir sismos de poco

riesgo menores a dos grados, además de que el depósito de aguas residuales en pozos de inyección pueden producir sismos de mayor magnitud, debido a que estos fluidos pueden desestabilizar fallas geológicas.

En el caso de México los sismos se han concentrado en las zonas que el servicio geológico nacional no se tiene riesgo de sismos y donde son poco frecuentes, estas zonas están catalogadas en tipo A y tipo B respectivamente. Las zonas en cuestión pertenecen a la provincia geológica de Burgos, la provincia geológica de Veracruz, la provincia Burro-Picachos y la provincia Tampico - Misantla, estas provincias comprenden los estados de Tamaulipas, Nuevo León, Veracruz y Coahuila, todos pertenecientes al paleocanal de Chicontepec, zona donde se realiza la explotación de petróleo no convencional y por tanto donde se realiza el fracking (Ferrari, 2015)

4.7.2 Explotación de petróleo de aguas profundas

Uno de los principales conflictos en la explotación de aguas profundas, es la fuerte inversión inicial que se necesita, estos proyectos suponen inversiones de entre 1200 a 12000 millones de dólares para las empresas que operaran en el golfo de 4300 mdd y fue hasta 9 años después que se obtuvieron los primeros barriles comerciales de crudo, el proyecto *Lucius* requirió 2300 mdd y paso a la fase de producción seis años después y el proyecto Jack/St Malo requirió de 12000 mdd y tardó más de 11 años en arrogar los primeros barriles de petróleo, estas inversiones tan altas, aunadas al largo periodo de tiempo en el que un proyecto

madura son la razón por la que se forman consorcios entre empresas para el desarrollo de proyectos en aguas profundas.

En el caso de Pemex, se ha realizado una inversión de aproximadamente 122 000 millones de pesos en actividades de exploración de aguas profundas desde el año 2000, logrando diferentes grados de éxito comercial en las zonas identificadas.

En los últimos 16 años se han incorporado 1 800 mbpce en reservas 3P provenientes de la provincia del cinturón plegado perdido, en donde la inversión de este lapso de tiempo ha sido de 64 000 millones de pesos y se ha tenido un éxito comercial del 40%, en el cinturón plegado de Catemaco y las Cordilleras Mexicanas se han invertido 58 000 millones de pesos, lográndose un éxito comercial del 52%. (Sigler, 2016).

4.7.3.1. Plataformas usadas en aguas profundas del Golfo de México

Las plataformas petroleras tiene la función de extraer petróleo y gas natural de los yacimientos del lecho marino que luego serán exportados hacia la costa, además de alojar a los trabajadores que se encuentran en ella, las usadas por Pemex para explorar y perforar en aguas profundas son de tipo semisumergible, estas plataformas pueden ser usadas a profundidades que van de setenta a mil metros, en los casos en los que la profundidad es mayor a mil metros, se anclan con un sistema de posicionamiento dinámico, el cual consiste en mantener la plataforma en una posición exacta mediante hélices o propulsores. Las

plataformas semisumergibles pueden ser remolcadas al sitio de interés o pueden trasladarse por propulsión propia (estructuras y tipos de plataformas, 2009).

Tras la implementación de la reforma energética de 2013, PEMEX contrato cuatro plataformas petroleras de este tipo, la plataforma Centenario, Bicentenario y Muralla 4, las cuales son propiedad de la empresa mexicana Grupo R, y la plataforma West Pegasus perteneciente a la empresa Seadrill, sin embargo esta última dejaría de trabajar para Pemex en 2016 (Meana,2014)

4.7.2.2 Riesgos en aguas profundas

Los problemas como el movimiento de estructuras, la vibración en las tuberías, la dificultad para bombear, el incremento de la viscosidad y presión, accidentes en plataformas y al ser proyectos de alto riesgo tanto en inversión como en infraestructura los costos en reparación de daños son millonarios, tal es el caso del accidente del yacimiento Macondo ubicado en el golfo de México en 2010, el cual le costó a la empresa British Petroleum un monto de 50 mmdd.

Figura 41. Accidente British Petroleum 2010. (Ocampo, 2016))

Estos accidentes en altamar también generan derrames de crudo, provocando perturbaciones ecológicas, algunas pueden ser temporales y otras irremediables. El problema más grande es cuando el hidrocarburo llega a la cercanía de las costas o se deposita en riveras contaminando playas y teniendo un impacto muy grande en el ecosistema, provocando:

- Muerte de organismos por asfixia
- Destrucción de organismos jóvenes
- Disminución de la resistencia a las infecciones en las especies
- Efectos negativos sobre la propagación de la fauna y flora marina
- Destrucción de fuentes alimenticias de las especies superiores
- Incorporación de cancerígenos a la cadena alimenticia

Figura 42. Pelicanos afectados por el derrame de British Petroleum. (Ocampo, 2016).

Una de las medidas que se encuentran en el plan nacional de contingencia para combatir derrames de hidrocarburos es el empleo de sustancias dispersantes, los cuales son una mezcla de compuestos químicos con propiedades tenso-activas que ayudan al proceso de dispersión natural y facilitan la disolución del crudo en el agua, este es el método más eficiente para corregir un derramamiento de crudo (Ocampo, 2016).

CONCLUSIONES

A la luz de lo expuesto en los capítulos que preceden, podemos realizar una conclusión, que en síntesis, estableceremos en los siguientes puntos:

- La reforma energética no fue viable económicamente, debido a que dependía de que los precios de petróleo se mantuvieran en un costo superior a los 100 USD, debido al costo elevado de explotar los yacimientos tanto de aguas profundas y el petróleo de lutitas que hay en nuestro país, además de esto hay que considerar que a nivel global el mercado del petróleo es sumamente volátil, debido a que hay factores políticos, geológicos y sociales que suelen alterar el precio del mismo

- Geológicamente la reforma energética de 2012 es replicada a partir de un modelo de explotación de petróleo de lutitas en Estados Unidos, pero se debe tomar en consideración que los costos de desarrollo del petróleo de lutitas en México serán mayores que en Estados Unidos debido principalmente a los mayores costos de insumos, una infraestructura menos desarrollada y los mayores tiempos de perforación

- La tasa de retorno energético en la explotación de petróleo no convencional es considerablemente menor a la del petróleo convencional, esto quiere decir que a pesar de las enromes reservas previstas en los yacimientos de aguas profundas y de petróleo de lutitas en México, la recuperación de hidrocarburos en dichos yacimientos es mucho menor al volumen total de

los yacimientos, al ser petróleo de difícil extracción, lo que tampoco hace viable la explotación de dichos yacimientos

- La explotación de los yacimientos de lutitas genera un gran impacto ambiental en el entorno, desde el aumento en actividad sísmica, debido a la perforación horizontal, desbasto de agua, emisiones a la atmósfera, hasta el daño a carreteras debido al paso de camiones de carga para transportar materiales.

- El aumento de la producción de hidrocarburos es a corto plazo, debido a que cada yacimiento tiene su mayor punto de producción al principio de la explotación, al ser hidrocarburos que se encuentran en pequeñas proporciones en comparación con el petróleo convencional, el decaimiento de la producción se vuelve considerablemente más rápido.

BIBLIOGRAFÍA

- Anuncia Pemex importante recorte de personal. Imagen. (2015). Recuperado de www.cronicadechihuahua.com/Anuncia-Pemex-importante-recorte,33743.html
- Artículo 25. Diario oficial de la federación. México. 20 de diciembre de 2013.
- Artículo 27. Diario oficial de la federación. México. 20 de diciembre de 2013.
- Artículo 28. Diario oficial de la federación. México. 20 de diciembre de 2013
- Artículo 28. Diario oficial de la federación. México. 20 de diciembre de 2013.
- Artículo cuarto transitorio. Diario oficial de la federación. México. 20 de diciembre de 2013.
- Artículo sexto transitorio. Diario oficial de la federación. México. 20 de diciembre de 2013.
- Cárdenas, Jaime, 2009, En defensa del petróleo, México, Instituto de investigaciones Jurídicas de la UNAM.
  Disponible en línea en: https://biblio.juridicas.unam.mx/bjv/detalle-libro/2729-en-defensa-del-petroleo
- Castro, C. (2005, 13 de julio). Imposible que el proyecto fénix pueda concluirse. Ciudad de México. El universal.mx.
  Recuperado de eluniversal.com.mx/notas/293646
- CNH. (s.f). Ronda 1. Obtenido de http://rondasmexico.gob.mx/
- Cornejo, A. (2009, agosto). Crónica de una muerte anunciada: La reforma energética propuesta por el gobierno de Calderón. Dimensión económica revista digital.
  Recuperado de rde.iiec.unam.mx/revistas/cero/articulos/articulo5/articulo5.pdf
- Cruz Muñoz, M. (2008, 5 de agosto). Reforma energética en México. Recuperado de www.gestiopolis.com/reforma-energetica-en-mexico
- El fracking comenzó en México, pero ¿es realmente seguro? (2017). Xataka México.
  Extraído de www.xataka.com.mx/ciencia/el-fracking-comenzo-en-mexico-pero-es-realmente-seguro
- En 14 años, tres presidentes fracasaron al intentar una Reforma Energética; el Congreso los frena. (2013, junio 20).
  Recuperado de www.sinembargo.mx/20-06-2013/660436
- Escobar, E. (s.f). Origen del petróleo e historia de la perforación en México. usuarios.geofisica.unam.mx.
  Extraído de usuarios.geofisica.unam.mx/gvazquez/yacimientosELIA/zonadesplegar/Lecturas/Origen
- Estructuras y tipos de plataformas. (2009). United cantabric petroleum bloc. Se encuentra en

cantabricpetroleum.files.wordpress.com/2009/10/plataformas-petroleras-cantabricoo.pdf

- Ferrari, L. (2014). Petróleo y gas no convencional: ¿una revolución o una jubilación? Webnario.
  Se encuentra en http://ugm.org.mx/site/webinario-petroleo-gas-revolucion
- Ferrari, L. (2015). La explotación de gas y petróleo no convencional por medio de fracturación hidráulica (fracking) y sus consecuencias.
- Se encuentra en sites.google.com/site/lucaferrariwebsite/home/publicaciones/divulgacion
- Ferrari, L. (Marzo de 2014). Costo ambiental, económico y energético de la explotación de petróleo y gas no convencional y de aguas profundas. Conferencia magistral en el Foro Nacional de Impacto Ambiental y Social del Fracking. Chihuahua.
- Fracking en México. (2015). Cartocrítica.
  Recuperado de www.cartocritica.org.mx/2015/fracking-en-mexico
- Fuentes para la Historia del Petróleo en México. (2017).
  Recuperado de: http://petroleo.colmex.mx/index.php/linea/55
- Gobierno de la república (2013). Reforma energética. México.
  Disponible en línea en: www.cdn.reformaenergetica.gob.mx/explicacion.pdf
- González, Francisco (1972), historia y petróleo: México en su lucha por la independencia económica. El problema del petróleo, México, ediciones el Caballito.
- Gutiérrez, R. (2008, 7 de agosto). La política petrolera foxista y la reforma energética. Revista análisis económico.
  Recuperado de www.redalyc.org/pdf/413/41311484014.pdf
- Marzo Carpio, M. (2015). EL DESPLOME 2014-2015 DE LOS PRECIOS DEL CRUDO: CAUSAS Y PREVISIONES A CORTO PLAZO. (documento pdf). Recuperado de www.funseam.com/phocadownload/Informes/Informe_Funseam_Febrero2015-Desplome_2014-2015_de_los_precios_del_crudo.pdf
- Meana, S. (2014). La plataforma centenario; as bajo la manga de Pemex. El financiero.
  Extraído de www.elfinanciero.com.mx/economia/la-plataforma-centenario-as-bajo-la-manga-de-pemex.html.
- Mendizábal, P. (s.f). Conocimiento, Tecnología y Desempeño en la Producción Petrolera Mexicana. Colparmex.
  Extraído de www.colparmex.org
- Ocampo, E. (2013). Chicontepec: ¿cambiar de estrategia? México. Energía a debate.
  Recuperado de www.energiaadebate.com/chicontepec-%C2%BFcambiar-de-estrategia
- Ocampo, E. (2016). consumo y producción mundial de petróleo. Webinario. Se encuentra en ugm.org.mx/site/webinario-consumo-produccion-mundial-petroleo

- Oliver, R.I (2005). Análisis de la privatización de Pemex y el impacto de las relaciones petroleras México-Estados Unidos. Tesis de licenciatura no publicada, UDLAP, Puebla, México.
  Disponible en línea en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lri/oliver_h_ri/
- Ortiz, José, (2015). El papel del petróleo mexicano durante la segunda guerra mundial. México, Documents.mx.
  Disponible en line en: http://documents.mx/documents/el-papel-del-petroleo-mexicano-en-la-segunda-guerra-mundial.html
- Rodríguez González, J., Olvera López, J. (2015). Análisis de los contratos petroleros en México, producto de la reforma energética. UNAM. tesis de licenciatura, México.
- Shale gas extraction explained. (s.f). oilfinity.
  Extraído de https://www.oilfinity.com/news/7711/shale-gas-extraction-explained
- Sigler, E. (2016). El reto de las aguas profundas en el golfo de México... Expansión.
  Recuperado de expansion.mx/2016/12/02/el-reto-de-las-aguas-profundas?internal_source=PLAYLIST
- Silva, Jesús, (1964), historia de la expropiación de las empresas petroleras, México, Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas
- Suarez, José, (2008), el petróleo en la historia y cultura de México, México, grupo parlamentario del PRD
- Téllez R. (2014). Evaluación geológico-petrolera de yacimientos de aceite pesado, caso sonda de Campeche UNAM, tesis de licenciatura, México.
- Tipos de petróleo crudo. (2016). PMI comercio internacional.
  Recuperado de www.pmi.com.mx/Paginas/Tipoproducto.aspx?IdSec=14
- Uhthoff, Luz, (2008). La industria del petróleo en México, 1911 – 1938: del auge exportador al abastecimiento del mercado interno. México, américa latina en la historia económica. revista de investigación.
  Disponible en line en: http://www.redalyc.org/revista.oa
- Zepeda Molina, C., Cruz Domínguez, G., Porres Luna, A., Rangel German, Estrada, J. (2001). La Tecnología de Exploración y Producción en México y en el Mundo: Situación Actual y Retos.
  Extraído de www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/109351