



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA
QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS**

**QUIÉN ES QUIÉN EN LA INDUSTRIA
DEL PETRÓLEO**

T E S I S

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

PRESENTA

MIRIAM ITZEL CALVA RUBIO

DIRECTORES

M. en C. María de la Luz Valderrábano Almegua

M. en C. René Hernández Mendoza



Ciudad de México

Junio 2020



Folio
T-DEySA-015-20

"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"
175 Aniversario de la Escuela Superior de Comercio y Administración
125 Aniversario de la Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía
80 Aniversario del CECyT 6 "Miguel Othón de Mendizábal"
75 Aniversario de la Escuela Nacional de Biblioteconomía y Archivonomía

Asunto
Autorización de tema

CDMX, 13 de febrero de 2020

Pasante
MIRIAM ITZEL CALVA RUBIO
PRESENTE

Boleta
2015390047

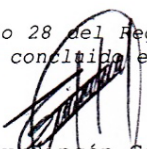
Programa Académico
I.Q.P.

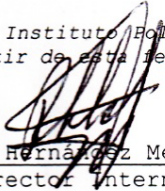
Mediante el presente se hace de su conocimiento que la Subdirección Académica a través de este Departamento autoriza al **Ing. René Hernández Mendoza** y la **Ing. María de la Luz Valderrabano Almegua** sean asesores en el tema que propone usted desarrollar como prueba escrita en la opción **Tesis Individual**, con el título y contenido siguiente:


"Quien es quien en la industria del petróleo"

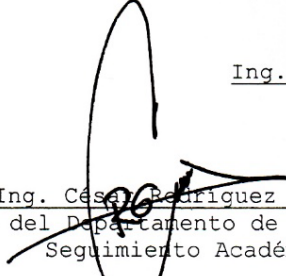
- Resumen.
- Introducción.
- I. ¿Qué es el petróleo?
- II. La industria del petróleo como motor de desarrollo económico.
- III. La industria del petróleo en México 2012-2019.
- IV. La geopolítica energética.
- Conclusiones.
- Referencias.


De acuerdo al artículo 28 del Reglamento de Titulación Profesional del Instituto Politécnico Nacional, el trabajo deberá ser concluido en un término no mayor de un año, a partir de esta fecha.


Ing. Félix Rincón García
Jefe del Departamento de
Ingeniería Química Petrolera


Ing. René Hernández Mendoza
Director Interno


Ing. María de la Luz Valderrabano Almegua
Directora Externa


Ing. César Rodríguez Guerrero
Jefe del Departamento de Evaluación y
Seguimiento Académico.


M. en C. Isaura García Maldonado
Subdirectora Académica

c.c.p.- Depto. de Evaluación y Seguimiento Académico.
c.c.p.- Depto. de Gestión Escolar.
CRG/mlcp.





T-DEySA-015-20

"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"
175 Aniversario de la Escuela Superior de Comercio y Administración
125 Aniversario de la Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía
80 Aniversario del CECyT 6 "Miguel Othón de Mendizábal"
75 Aniversario de la Escuela Nacional de Biblioteconomía y Archivonomía

Asunto
Autorización de Impresión

CDMX, a 02 de junio de 2020

Pasante
MIRIAM ITZEL CALVA RUBIO
PRESENTE

Boleta
2015390047

Programa Académico
I.Q.P.

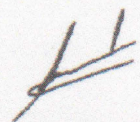
Los suscritos tenemos el agrado de informar a usted, que habiendo procedido a revisar el borrador de la modalidad de titulación correspondiente denominado:


"Quien es quien en la industria del petróleo"

encontramos que el citado trabajo escrito de **Tesis Individual**, reúne los requisitos para **autorizar el examen profesional y proceder a su impresión** según el caso, debiendo tomar en consideración las indicaciones y correcciones que al respecto se le hicieron.

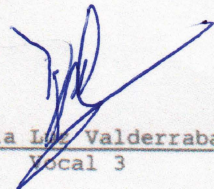

Ing. René Hernández Mendoza
Presidente

Atentamente
JURADO


M. en E. Armando Tonatiuh Avalos Bravo
Secretario


M. en E. Nancy Seline Sánchez Maldonado
Vocal 1


M. en AP. Yadira Marisol Dávila Ugalde
Vocal 2


Ing. María de la Luz Valderrabano Almegua
Vocal 3

c.c.p.- Depto. de Evaluación y Seguimiento Académico.
c.c.p.- Depto. de Gestión Escolar.
CRG/micp.





EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional
"La Técnica al Servicio de la Patria"

Escuela Superior de Ingeniería
Química e Industrias Extractivas
Subdirección Académica
Departamento de Evaluación y
Seguimiento Académico

Folio
T-DEySA-015-20

"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"
175 Aniversario de la Escuela Superior de Comercio y Administración
125 Aniversario de la Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía
80 Aniversario del CECyT 6 "Miguel Othon de Mendizábal"
75 Aniversario de la Escuela Nacional de Biblioteconomía y Archivonomía

Asunto
Cesión de derechos

CDMX, 02 de junio de 2020

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

El/La que suscribe: **Miriam Itzel Calva Rubio** estudiante del Programa de: **Ingeniería Química Petrolera** con número de Boleta: **2015390047**, manifiesta que es autor/a intelectual del presente trabajo escrito, por la opción: **Tesis Individual**, bajo la dirección del profesor/a **Ing. René Hernández Mendoza** ceden los derechos del trabajo: "**Quien es quien en la industria del petróleo**" al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección de correo electrónico **miriam_rubioc@outlook.com** Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Atentamente

Miriam Itzel Calva Rubio

Nombre y Firma del/la
estudiante

René Hernández Mendoza

Nombre y Firma
Del/la director(a)



2020
LEONA VICARIO

RECONOCIMIENTOS

Al Instituto Politécnico Nacional, a la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industria Extractivas y al Departamento de Ingeniería Química Petrolera, por haberme brindado experiencias y conocimiento.

Al proyecto Análisis de los impactos económicos y socio-ambientales de la política pública de México en la producción y consumo de energía hacia el cumplimiento de lo signado en la Agenda 2030, con registros asignados por la SIP: 20195026 y 20200694

AGRADECIMIENTOS

Mi más profundo agradecimiento a la M. en C. María de la Luz Valderrábano Almegua, quien con su experiencia y conocimiento me guió en la realización de este trabajo, por el apoyo y el tiempo dedicado, gracias.

Así mismo, agradezco al M. en C. René Hernández Mendoza por su tiempo y consejos para lograr la culminación de este trabajo de la mejor manera.

A mis padres, por el esfuerzo, dedicación y confianza, gracias.

DEDICATORIAS

A Dios por permitirme cumplir este objetivo.

A mis padres por su apoyo en esta etapa universitaria.

A mi familia y amigos por sus consejos y cariño.

A todos los que han sido parte de este viaje, a los que a pesar del tiempo siguen apoyándome.

GLOSARIO

TERMINO	SIGNIFICADO
Agua cruda	Agua que no ha recibido ningún tratamiento, y que generalmente se encuentra en fuentes y reservas naturales de aguas superficiales y subterráneas.
Aguas territoriales	Zona del mar adyacente sobre la que se ejerce la soberanía del Estado costero más allá de su territorio y de sus aguas interiores, 22.2 km a partir de la línea de base.
Boca del pozo	Punto de salida de la corriente total de fluidos que produce un pozo. Equipamiento que se coloca sobre un pozo productivo y que está destinado a regular la salida del flujo de los hidrocarburos.
Cabeza del pozo	Equipo de control instalado en la parte superior del pozo, sistema de bridas dobles, válvulas y adaptadores diversos que proporcionan el control de la presión de un pozo de producción.
Empresa productiva del estado	Empresas que se dedican principalmente a actividades comerciales en las que el Estado es propietario directa o indirectamente de más del 50 por ciento del capital social
Energía primaria	Es toda forma de energía disponible en la naturaleza antes de ser convertida o transformada.
Heteroátomos	Átomo en una cadena o en un anillo de un compuesto orgánico, que no es de carbono ni de hidrógeno.
Institución fiduciaria	Institución de crédito legalmente autorizada para encargarse de la administración de los bienes de un fideicomiso, para que se utilicen de acuerdo con el fin que fue determinado.
Licitación	Procedimiento de contratación mediante el que se adjudica la realización de un bien o servicio, incluida obra pública, al interesado que cumpliendo determinados requisitos, ofrezca las mejores condiciones de contratación.
Modelo geológico	Consiste en la representación bidimensional o tridimensional de un volumen de rocas. Este puede representar la mineralización, alteración u otro tipo de característica geológica del material rocoso.
Modelo petrofísico	Determina cuantitativamente las propiedades de la roca y los fluidos presentes en la misma, representan un conjunto de ecuaciones, algoritmos u otros procesos matemáticos
Roca madre	Roca rica en contenido de materia orgánica que, si recibe calor en grado suficiente, generará petróleo o gas, contienen

	aproximadamente un 1% de materia orgánica y al menos 0,5% de carbono orgánico.
Roca reservorio	Son rocas que poseen la capacidad de almacenar fluidos y permitir su paso a través de ella
Tirante de agua	Resultado de dividir el área hidráulica por el ancho superficial del agua, distancia entre la lámina de agua y el fondo.

LISTA DE ACRONIMOS

AMEXCID	Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo
API	<i>American Petroleum Institute</i>
ASEA	Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente
BP	<i>British Petroleum</i>
CENAGAS	Centro Nacional de Control del Gas Natural
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CNH	Comisión Nacional de Hidrocarburos
CNIH	Centro Nacional de Información de Hidrocarburos
CNPC	Cooperación Nacional de Petróleo de China
COLMEX	Colegio de México
CRE	Comisión Reguladora de Energía
CSP	<i>Concentrating Solar Power</i>
DOF	Diario Oficial de la Federación
EIA	<i>Energy Information Administration</i>
ENAP	Empresa Nacional del Petróleo
EPE	Empresas Productivas del Estado
FPSO	<i>Floating Production Storage and Offloading</i>
GE	Gravedad específica
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GNL	Gas Natural Licuado
IEA	<i>International Energy Agency</i>
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
IPE	<i>International Petroleum Exchange</i>
Ktoe	Miles de Toneladas de petróleo equivalente
Mbd	Miles de barriles por día
MMb	Millones de barriles
MMBd	Millones de barriles por día
MMbpce	Millones de barriles de petróleo crudo equivalente
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OECD	<i>Organization for Economic Co-operation and Development</i>
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
OP	Operadores Petroleros
OPEC	<i>Organization of Petroleum Exporting Countries</i>
PDVSA	Petróleos de Venezuela
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PEP	PEMEX Exploración y Producción
PGPB	PEMEX Gas y Petroquímica Básica
PIB	Producto Interno Bruto
PNUD	Programa Nacional de las Naciones Unidas
PRMS	<i>Petroleum Resources Management System</i>
SAP	Sistema Artificial de Producción

SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER	Secretaría de Energía
SGM	Servicio Geológico Mexicano
SHC	<i>Solar Heating & Coolong</i>
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
SIE	Sistema de Información Energética
SNG	Sistema Nacional de Gasoductos

ÍNDICE

	Página
Acta de autorización	
Acta de revision	
Carta cesión de derechos	
Reconocimientos	I
Agradecimientos	II
Dedicatorias	III
Glosario	IV
Lista de acrónimos	VI
Índice	VIII
Índice de Figuras	IX
Índice de Tablas	X
Índice de Gráficas	XI
Resumen	1
Abstract	3
Introducción	4
CAPÍTULO 1. ¿QUÉ ES EL PETRÓLEO?	
1.1 Generalidades del petróleo	9
1.2 Reseña histórica de la industria del petróleo en el mundo	13
1.3 Cadena de valor de la industria del Petróleo	15
1.4 Yacimientos y producción de petróleo en el mundo	21
1.5 Reseña histórica de la industria del petróleo en México	25
1.6 Yacimientos y producción de petróleo en México	29
CAPÍTULO 2. LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO COMO MOTOR DEL DESARROLLO	
2.1 ¿Quién produce? y ¿Quién compra?	34
2.2 Matriz energética mundial	42
2.3 La industria del petróleo su estadística económica	47
CAPÍTULO 3. LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO EN MÉXICO 2012-2019	
3.1 Reforma energética	54
3.2 Concesiones	61
3.3 La política energética 2019-2024	65
3.4 Análisis de la Matriz Energética 2012-2019	71
3.5 Balances reservas y producción	75
3.6 Impacto ambiental de la Industria Petrolera	87
CAPÍTULO 4. GEOPOLÍTICA ENERGÉTICA	97
Conclusiones	105
Bibliografía	108

ÍNDICE DE FIGURAS

No.	Nombre	Página
Figura 1.1	Profundidad de plataformas petroleras	10
Figura 1.2	Cadena de Valor de la industria del petróleo	15
Figura 1.3	Estructura del segmento <i>Upstream</i>	16
Figura 1.4	Estructura del segmento <i>Midstream</i>	18
Figura 1.5	Estructura del segmento <i>Downstream</i>	19
Figura 1.6	Clasificación de las regiones productoras de petróleo	22
Figura 1.7	Línea del tiempo de la normativa de la industria petrolera	28
Figura 2.1	Probabilidad en el volumen de reservas de petróleo	37
Figura 2.2	Mapa de producción y consumo de petróleo en el mundo	42
Figura 2.3	Mayores movimientos comerciales 2018	52
Figura 3.1	Funcionamiento del Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo	58
Figura 3.2	Elementos para la definición de una política pública	66
Figura 3.3	Tipos de proyectos y su relación con la clasificación de reservas	76
Figura 3.4	Proceso general de las reservas de hidrocarburos en México	80
Figura 3.5	Distribución de reservas de petróleo por zonas	83

ÍNDICE DE TABLAS

No.	Nombre	Página
Tabla 1.1	Composición del petróleo	11
Tabla 1.2	Clasificación del Petróleo según su gravedad API	12
Tabla 1.3	Acontecimientos de la industria petrolera en el mundo	14
Tabla 1.4	Descripción de los subprocesos del segmento <i>Upstream</i>	16
Tabla 1.5	Descripción de los subprocesos del segmento <i>Midstream</i>	18
Tabla 1.6	Descripción de los subprocesos del segmento <i>Downstream</i>	20
Tabla 1.7	Países miembros de la OECD, OPEC y CIS	21
Tabla 1.8	Acontecimientos de la industria petrolera en México	26
Tabla 2.1	Países productores de petróleo en el mundo	35
Tabla 2.2	Reservas probas de petróleo, miembros de OPEC 2018	38
Tabla 2.3	Consumo de petróleo por región	40
Tabla 3.1	Consejo de Administración de Pemex y CFE	59
Tabla 3.2	Modificaciones en el procesamiento de petróleo, gas natural y petroquímica debido a la Reforma Energética	60
Tabla 3.3	Actividades realizadas por cada institución en la adjudicación de contratos para proyectos de exploración y extracción de hidrocarburos.	62
Tabla 3.4	Contratos adjudicados en la Ronda Uno	64
Tabla 3.5	Contratos adjudicados en la Ronda Dos	64
Tabla 3.6	Empresas petroleras participantes en la adjudicación de contratos para la exploración y extracción de hidrocarburos en las Rondas Uno, Dos y Tres	65
Tabla 3.7	Impactos ambientales según sus atributos	88
Tabla 3.8	Impactos ambientales en las actividades de la industria del petróleo	91

ÍNDICE DE GRÁFICAS

No.	Nombre	Página
Gráfica 1.1	Producción mundial de petróleo por región	23
Gráfica 1.2	Producción de petróleo por principales países productores	24
Gráfica 1.3	Producción de petróleo por año en México	29
Gráfica 1.4	Producción de diferentes tipos de petróleo en México por año	30
Gráfica 1.5	Producción de petróleo por región en México (Mbd)	31
Gráfica 2.1	Participación de la OPEC en las reservas mundiales de petróleo	38
Gráfica 2.2	Relación reservas y producción (R/P) por región (2018)	39
Gráfica 2.3	Principales países consumidores de petróleo en el mundo	40
Gráfica 2.4	Producción y consumo mundial de petróleo por región	41
Gráfica 2.5	Escenarios comparativos de la matriz energética mundial	46
Gráfica 2.6	Matriz energética mundial	47
Gráfica 2.7	Histórico de precios de petróleo	51
Gráfica 3.1	Producción de energía primaria en México	74
Gráfica 3.2	Integración de las reservas 1P de petróleo de los principales campos (MMb)	81
Gráfica 3.3	Integración de las reservas 2P de petróleo de los principales campos (MMb)	82
Gráfica 3.4	Integración de las reservas 3P de petróleo de los principales campos (MMb)	82
Gráfica 3.5	Evolución de las reservas de petróleo en México 2012 a 2019	84
Gráfica 3.6	Producción de petróleo por entidad federativa en un periodo de 2012 a 2019	85
Gráfica 3.7	Producción de petróleo de principales países productores	86
Gráfica 3.8	Producción de petróleo por año en México 2012 a 2019	87

RESUMEN

El petróleo es uno de los recursos naturales más importantes en el mundo debido a que es la fuente de la que se obtienen la mayor parte de los energéticos de consumo mundial, así como de gran variedad de compuestos petrolíferos y petroquímicos indispensables para la vida moderna. La comercialización nacional e internacional del petróleo crudo y sus derivados se maneja como un producto clasificado como *commodity* que significa una mercancía en grandes cantidades, de valor agregado relativamente bajo y que se cotiza en las bolsas de valores del mundo atendiendo a precios que se determinan en el mercado internacional, que no necesariamente se establecen considerando como variables principales los costos de producción y márgenes de utilidad, sino criterios de oferta y demanda mundiales que pueden manejarse por las llamadas fuerzas del mercado. En consecuencia, la Industria del Petróleo queda sujeta a la competencia internacional que la hace sensible a factores políticos, geográficos, estratégicos, sociales y ambientales además de cambios tecnológicos acelerados. En el presente trabajo titulado “Quién es quién en la industria del petróleo” se planteó como objetivo analizar los componentes que determinan el rumbo de dicha industria en México y en el mundo a través del análisis de las características de las organizaciones y empresas que participan como actores en el escenario mundial de la industria petrolera, así como de los datos estadísticos de fuentes documentales seleccionadas con base a criterios hermenéuticos. El análisis permite identificar la dirección que ha tomado la industria petrolera a partir del inicio del siglo XXI y su situación actual. Desde el punto de vista científico y tecnológico la industria ha evolucionado en la dirección de optimizar las tecnologías de prospección, cuantificación y desarrollo de nuevos yacimientos; optimizar la explotación de yacimientos terrestres y marinos existentes a través de técnicas de recuperación mejorada; desarrollo de tecnologías de extracción en aguas profundas; desarrollo de tecnologías de extracción basadas en el fracturamiento hidráulico de yacimientos no convencionales; intentar abatir la emisión de contaminantes gaseosos a la atmósfera, y de manera indirecta propiciar el mayor uso de fuentes alternas de energía. A nivel nacional, se dieron importantes cambios debidos a la llamada Reforma Energética promulgada en el año 2013, que originaron que la industria nacional del sector petrolero y sus derivados, se transforme en un sector abierto a la

participación de empresas privadas. Desde el punto de vista estratégico y de negocios, el análisis permite identificar las características y ventajas competitivas de los diferentes jugadores en la Cadena de Valor del Petróleo a nivel estatal y privado.

ABSTRACT

Oil is one of the most important natural resources in the world because it is the source from which most of the world's energy sources are obtained, as well as a great variety of petrochemical and petroliferous products essential for modern life. The national and international commercialization of crude oil and its derivatives is handled as a commodity-classified product that means a merchandise in large quantities, with relatively low added value and that is quoted on the world's stock exchanges at prices that are determined in the international market, which are not necessarily established considering production costs and profit margins as main variables, but rather global supply and demand criteria that can be managed by the so-called market forces. Consequently, the Oil Industry is subject to international competition that makes it sensitive to political, geographic, strategic, social and environmental factors, as well as accelerated technological changes. In the present work entitled "Who's who in the oil industry", the objective was to analyze the components that determine the direction of this industry in Mexico and in the world through the analysis of the characteristics of the organizations and companies that participate as actors on the world stage of the oil industry, as well as statistical data from documentary sources selected based on hermeneutical criteria. The analysis allows us to identify the direction that the oil industry has taken since the beginning of the 21st century and its current situation. From a scientific and technological point of view, the industry has evolved in the direction of optimizing the technologies for prospecting, quantifying and developing new deposits; optimize the exploitation of existing land and marine deposits through improved recovery techniques; development of deepwater extraction technologies; development of extraction technologies based on hydraulic fracturing of unconventional reservoirs; try to reduce the emission of gaseous pollutants into the atmosphere, and indirectly promote the greater use of alternative energy sources. At the national level, there were important changes due to the so-called Energy Reform enacted in 2013, which caused the national industry of the oil sector and its derivatives to become a sector open to the participation of private companies. From a strategic and business point of view, the analysis allows identifying the characteristics and competitive advantages of the different players in the Oil Value Chain at the state and private levels.

INTRODUCCIÓN

Desde el año 3 000 A.C. en Egipto y Medio Oriente se utilizó el petróleo como aceite para iluminación y recubrimiento de embarcaciones, entre otras aplicaciones, y en el transcurso evolutivo de la civilización mundial adquirió creciente importancia y relevancia hasta convertirse en el recurso natural indispensable para la generación de energía en la sociedad moderna. Hoy en día, la industria del petróleo y gas natural es una de las más grandes industrias globales, cuya importancia estratégica, geopolítica, social, económica y comercial a nivel mundial, es indiscutible.

El primer momento importante en la industria del petróleo se remonta al año 1859, cuando en el pueblo de Titusville, Pensilvania, Edwin L. Drake perforó un pozo de 23 metros de profundidad utilizando la técnica de percusión, que sería pionera en la industria del petróleo, después de este pozo la búsqueda de petróleo se incrementó en los Estados Unidos de América y se extendió progresivamente hasta llegar a nivel internacional. México no fue la excepción, en el año 1862 se perforó el primer pozo en Tabasco.

A pesar de que las búsquedas eran inciertas debido al poco conocimiento que se tenía sobre la localización de yacimientos de petróleo y la forma de extraerlo del subsuelo, el beneficio económico que se obtenía de las grandes cantidades del recurso natural extraídas de pozos de producción en yacimientos exitosos impulsó nuevas búsquedas, así como el desarrollo de maquinaria de perforación y extracción de aceite y gas, al igual que de los medios de transporte y almacenamiento. De manera que poco a poco, se desarrollaron en el tiempo tecnologías de localización y explotación de yacimientos. En el tiempo, estas actividades se transformaron en el campo de conocimientos que ahora denominamos Ingeniería Petrolera.

En el tiempo, la industria del petróleo se consolidó transformándose en la industria compleja y dinámica de alcance global de hoy en día, cuya participación e influencia sobre la producción de la inmensa gama de productos y servicios esenciales para la vida y desarrollo de la sociedad global es indiscutible. El petróleo es la materia prima a partir de la cual se obtienen los combustibles que generan la mayor parte de la energía que consume diariamente el mundo moderno, al igual que los compuestos denominados petroquímicos, que a su vez

son la fuente de la gran diversidad de materiales que la sociedad global consume diariamente, por ejemplo, los materiales textiles, plásticos, pinturas y revestimientos, muebles, entre muchos otros.

No se omite mencionar que la industria es corresponsable de la emisión al medio ambiente de grandes cantidades de compuestos contaminantes; la quema de hidrocarburos para obtener energía emite a la atmósfera gases de efecto invernadero, las envolturas desechables de artículos de consumo de todo tipo se transforman en residuos plásticos que se vierten al ambiente, los residuos de los procesos de manufactura de artículos de consumo se vierten a ríos y mares ocasionando daños a flora y fauna.

La extracción, transformación industrial y consumo de petróleo y sus derivados a nivel global, promueve y dinamiza comportamientos sociales y económicos, genera riqueza y pobreza en todo el mundo. Hay países que lo producen y hay otros que no lo tienen. Hay dueños y proveedores, promotores de tecnologías de exploración, explotación y transformación industrial que a la vez son dueños de consorcios internacionales de distribución y comercialización de petróleo y sus derivados. Hay países dueños de recursos naturales del subsuelo que compran y consumen esas tecnologías y compiten con sus proveedores tecnológicos y a la vez dependen de ellos. Hay países ricos en petróleo, hay países cuya economía dependen del comercio internacional de su riqueza petrolera. Los fenómenos económicos financieros y sociales que provoca la posesión, comercialización y utilización del petróleo y sus derivados son temas estratégicos, políticos, económicos y sociales que impactan las decisiones de gobierno de los conglomerados nacionales.

El petróleo es usado en todo el mundo y solo cerca de 100 países lo extraen, históricamente países como Arabia Saudita, Rusia, Canadá y Estados Unidos han sido los principales productores de petróleo, México también participo de manera significativa en la producción mundial de petróleo en el año 2006, con una producción de 3,255.5 miles de barriles por día, situación que actualmente ya no es comparable.

Para entender quién es quién en la industria del petróleo este estudio parte del objetivo general:

1. Analizar la influencia cualitativa de las principales variables tecnológicas, económicas y ambientales que modifican y determinan el rumbo de la industria del petróleo a nivel mundial y en México de manera histórica y en el presente.

Y de los siguientes objetivos específicos:

1. Recopilar la información de ingeniería más relevante acerca de las principales características del petróleo y una breve descripción de localización, evolución de la explotación y magnitud de las reservas petroleras a nivel nacional e internacional.
2. Elaborar una reseña del panorama general del comercio mundial del petróleo crudo, identificando la clasificación de los crudos para su comercialización, los principales jugadores en el comercio internacional y los datos estadísticos de sus reservas y prospectiva comercial
3. Analizar la situación general actual de la industria en México, incluyendo los cambios constitucionales y energéticos en un periodo de 2012 a 2019.
4. Identificar las principales variables tecnológicas, ambientales, económicas y geopolíticas que de manera inter relacionada, modifican y determinan el comercio internacional del petróleo y sus derivados.

El estudio realizado está dividido en 4 capítulos, el primer capítulo abarca una definición amplia del petróleo, sus principales características, así como su estancia en México y el mundo, con lo que permite visualizar la evolución que ha tenido el petróleo en la historia. Por otra parte, el capítulo 2 se basa en un procesamiento de datos de producción, reservas y consumo, que esclarecen de forma gráfica y numérica los países líderes en la industria del petróleo, además se explica la transición energética mundial y sus implicaciones, así como la participación por región en el abasto de la demanda mundial de petróleo. Siguiendo con el capítulo 3, el cual se basa en el análisis de la situación en México en un periodo de 2012 a 2019, revisando los cambios constitucionales, así como un análisis gráfico del comportamiento de la producción de petróleo en el país. Para finalizar indicando los principales factores que intervienen en el comercio del petróleo desde un punto de vista geopolítico, las relaciones, los elementos que permiten gozar de seguridad energética y los países que por alguna condición favorable presentan una mayor influencia política.

Los cambios en el sector energético son notables y han ocurrido debido a diferentes factores, como políticos, naturales, económicos y recientemente por cuestiones ambientales. A lo largo de este trabajo, en cada capítulo se brinda información necesaria para que el lector comprenda la situación de la industria del petróleo, la importancia de este valioso recurso y los desafíos futuros a los que se enfrenta el sector energético en el mundo, sustentado en datos representados en gráficos que permiten lograr un análisis de los diferentes escenarios de la industria petrolera en el mundo, haciendo énfasis en la evolución de esta industria en México.

CAPÍTULO 1

¿QUÉ ES EL PETRÓLEO?

1.1 Generalidades del petróleo

Definición

El Servicio Geológico Mexicano (SGM) define petróleo como un aceite de roca, un líquido natural oleaginoso e inflamable, compuesto por una mezcla de hidrocarburos y se encuentra almacenado en lechos geológicos continentales o marítimos, los componentes del petróleo se pueden encontrar en estado líquido, sólido o gaseoso según las condiciones de temperatura o presión a la que se someta. (SGM, 2017)

Donde se encuentra el petróleo

Para que se genere una acumulación de petróleo, es necesario que varios factores se encuentren en armonía, estos factores se denominan Sistema Petrolero. Este sistema consiste, primeramente, en la existencia de una roca generadora o roca madre, esta roca debe contener materia orgánica, para que a través de procesos geológicos se pueda transformar de materia orgánica a hidrocarburos. También debe existir una roca reservorio, esta roca tiene por característica principal su condición de porosidad para contener el petróleo y permeabilidad para dejar fluir los hidrocarburos. Asimismo, su conformación geométrica debe permitir el entrapamiento de los hidrocarburos, en lo que se conoce como trampa.

Las principales rocas madres son las rocas sedimentarias, lutitas y calizas, mientras que los reservorios son principalmente rocas areniscas, calizas y cualquiera otra roca fracturada (sedimentaria, ígnea o metamórfica), que aportan porosidad y permeabilidad. Las trampas son el resultado de los movimientos tectónicos (trampas estructurales) y cambios dentro de las rocas (trampas estratigráficas). (ENAP, 2019)

Estas acumulaciones de petróleo se pueden hallar en diferentes zonas, clasificadas según el tirante de agua (distancia desde la superficie libre del agua al fondo del canal), la figura 1.1 representa la clasificación de aguas someras, aguas profundas y aguas ultra profundas, en donde a menor profundidad se encuentran las aguas someras, esta zona corresponde a un área marina con tirantes de agua menores a 500 metros de profundidad, es decir aguas poco profundas. Aguas profundas con un tirante de agua igual o superior a 500 metros y no rebasa los 1,500 metros. Mientras que las aguas ultra profundas se tratan de aguas con un tirante de agua igual o superior a 1,500 metros, además de estas zonas, el petróleo también se puede

encontrar en zonas terrestres. Esta clasificación es de acuerdo a los lineamientos de perforación de pozos publicado en el Diario Oficial de la Federación. (Secretaría de Energía, SENER, 2012)

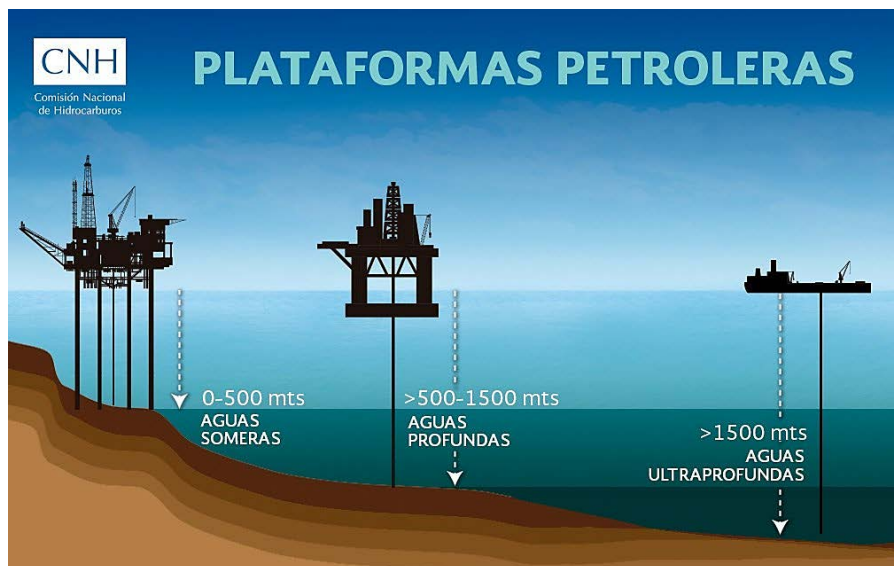


Figura 1.1 Profundidad de plataformas petroleras
Fuente. Comisión Nacional de Hidrocarburos, CNH (2018)

Composición

El petróleo está compuesto, principalmente, por átomos de carbono y de hidrógeno, estando en mayor cantidad el carbono, en valores que varían de 83-87%, mientras que el hidrógeno está presente en un porcentaje de 10 a 14%.

En su composición también se encuentran heteroátomos como el nitrógeno, oxígeno, azufre, metales (níquel y vanadio), asfáltenos y otras impurezas. En la tabla 1.1 se describen los porcentajes comunes de los elementos presentes en el petróleo. Estas cantidades dependen de la naturaleza del petróleo y del tipo.

Tabla 1.1 Composición del petróleo

COMPOSICIÓN	INTERVALO DE CONCENTRACIÓN % PESO
Carbón	83.0-87.0
Hidrógeno	10.0-14.0
Nitrógeno	0.1-2.0
Oxígeno	0.05-1.5
Azufre	0.05-6.0
Metales (Ni + V)	< 1000 ppm

Fuente. Heinemann H. (2006)

El petróleo es un sistema coloidal de compuestos saturados, aromáticos, resinas y de asfáltenos, en el que las resinas permiten una estabilización contra la floculación y la precipitación de los asfáltenos. En una representación del petróleo, los asfáltenos se encontrarían en el centro y las resinas estarían rodeándolos, logrando una estabilización, seguido de los componentes aromáticos y los compuestos saturados.

Asfaltenos: son materiales orgánicos formados por compuestos de anillos aromáticos y nafténicos, que contienen moléculas de nitrógeno, azufre y oxígeno. Los asfaltenos son insolubles en n-parafinas, como el pentano o el heptano y solubles en compuestos aromáticos, como tolueno o benceno. Estos compuestos están presentes como una suspensión coloidal, la cual se encuentra estabilizada por resinas.

Resinas: están compuestas de material orgánico de baja solubilidad, suelen ser moléculas poliméricas, con estructura no cristalina. Las resinas contribuyen con la adherencia y viscosidad del petróleo pesado.

Aromáticos: son compuestos orgánicos cíclicos insaturados que contienen dobles enlaces alternados o conjugados, están compuestos por al menos un anillo de benceno, son llamados así debido al fuerte aroma que tienen.

Saturados: están constituidos por compuestos parafinicos (alcanos), isoparafinas y naftenos, los naftenos presentes más comunes en el petróleo son de 5 a 6 átomos de carbono.

Clasificación del petróleo

El petróleo tiene propiedades físicas y químicas muy diferentes según la parte del mundo en la que ha sido extraído, puede variar la proporción de hidrocarburos y de azufre presentes en

él, debido a esto es posible clasificarlo bajo esas características, o bien por una escala de gravedad específica desarrollada por el *American Petroleum Institute* (API).

Clasificación según gravedad API

El petróleo se clasifica según su gravedad o grados API “la gravedad API es una escala de gravedad específica desarrollada por el *American Petroleum Institute* para medir la densidad relativa de diversos líquidos de petróleo, expresada en grados, esta escala comprende los valores de 10° a 70°” (Schlumberger, 2019), de esta manera los grados API definen cuán pesado o ligero es el petróleo comparado con el agua. La fórmula utilizada para determinar la gravedad API es la siguiente:

$$Gravedad\ API = \frac{141.5}{GE_{a\ 60^{\circ}\ F}} - 131.5$$

Donde GE es la gravedad específica del fluido del que se desee conocer la gravedad API.

La clasificación según su gravedad API permite diferenciar el tipo de petróleo en extra pesado, pesado, mediano, ligero o súper ligero como se muestra en la tabla 1.2.

Tabla 1.2 Clasificación del Petróleo según su gravedad API

TIPO DE PETRÓLEO	GRAVEDAD API
Petróleo súper ligero	Mayor a 39
Petróleo ligero	Entre 31.1 y 39
Petróleo mediano	Entre 22.3 y 31.1
Petróleo pesado	Entre 10.0 y 23.3
Petróleo extra pesado	Menor a 10.0

Fuente. Secretaría de Hacienda y Crédito Público, SHCP (2015)

Clasificación según contenido de azufre

Otra forma de clasificar el petróleo es mediante el contenido de azufre presente el petróleo:

- Petróleo dulce: para ser denominado dulce, este de tener una cantidad menor de 0.5% en peso de azufre.
- Petróleo semi-amargo: el contenido de azufre se encuentra entre 0.5 y 1.5%.
- Petróleo amargo: en este caso el contenido de azufre supera el 1.5% peso de azufre. (SHCP, 2015)

El contenido de azufre también es un parámetro para determinar la calidad del petróleo, pues una menor cantidad de azufre permite dar indicio de que la calidad del petróleo es buena.

Clasificación según los hidrocarburos presentes

Las series de hidrocarburos presentes en el petróleo, también es una forma de clasificarlo, las series tienen propiedades similares, las siguientes son las fórmulas condensadas de estos compuestos: (SGM, 2017)

- Parafinas C_nH_{2n+2}
- Nafténicos C_nH_{2n+4}
- Aromáticos C_nH_{2n+6}
- Asfálticos C_nH_{2n+8}

Clasificación del Petróleo en México

En México el petróleo se clasifica en Maya, Itsmo y Olmeca.

Maya, es un petróleo pesado, cuya gravedad API se encuentra entre 21° y 22°, contiene 3.3% de azufre en peso, al ser un crudo pesado el rendimiento de gasolina y diésel es bajo.

Itsmo, presenta una gravedad API de 32° y es considerado amargo por su concentración de azufre, de 1.3%. Al considerarse un petróleo ligero tiene buenos rendimientos de gasolina y destilados intermedios.

Olmeca, este petróleo es el más ligero de México, tiene una gravedad API de 39° y un contenido de azufre de 0.8% en peso. Es considerado un buen productor de lubricantes y petroquímicos debido a sus características. (Tipos de petróleo crudo en México, 2019)

1.2 Reseña histórica de la industria del petróleo en el mundo

La obtención y uso del petróleo ha estado presente en la humanidad desde tiempos antiguos, sin embargo, la industria del petróleo se ha visto beneficiada por los avances a lo largo del tiempo. La tabla 1.3 describe algunos de los principales eventos que han forjado la industria del petróleo en el mundo como la conocemos hoy en día.

Tabla 1.3 Acontecimientos de la industria petrolera en el mundo

3,000 a.C.	Los pueblos de Medio Oriente usaban aceite para impermeabilizar sus barcos. Los egipcios también utilizaban aceite para ayudar a conservar los cadáveres.
1859	Titusville, Pensilvania, Estados Unidos. Edwin Drake excavo el primer pozo petrolero el cual tenía una profundidad de 23 metros, con la técnica de percusión.
1885	El petróleo se usa como combustible para automóviles. Karl Benz invento el primer automóvil, este funcionaba con gasolina.
1890	Se encuentra pozo con 4,573 metros de profundidad en el Valle de San Joaquín, California.
1908	Se impulsó la exploración y extracción en el Medio Oriente, la producción se desarrollaría para proporcionar más del 60% del suministro mundial.
1914-1918	La Primera Guerra Mundial mostro la importancia del petróleo, se necesitaba para tanques, camiones y buques de guerra. El petróleo fue uno de los pocos recursos que el Imperio Británico no produjo y el acceso al petróleo del Medio Oriente se convirtió en una prioridad estratégica. Las naciones rivales también se apresuraron a asegurar sus propias fuentes de petróleo.
1944	El 8 de agosto, el presidente Roosevelt firmó el acuerdo petrolero angloamericano, que divide el petróleo del Medio Oriente (Kuwait e Irak) entre Estados Unidos y el Reino Unido.
1956	Gran Bretaña utilizó el Canal de Suez como ruta de importación para el petróleo del Medio Oriente. Cuando Egipto recuperó el canal, Gran Bretaña tuvo que pagar un precio más alto por el petróleo. Otras naciones productoras de petróleo comenzaron a ejercer su influencia. A medida que aumentó la dependencia de las naciones occidentales sobre el petróleo, las naciones del Medio Oriente se dieron cuenta de la fortaleza de su posición negociadora y renegociaron los acuerdos existentes con las compañías petroleras occidentales para obtener una mayor parte de las ganancias del petróleo.
1960	Se forma la Organización de Países Exportadores de Petróleo, iniciando con 5 países en desarrollo, productores de petróleo. Surge con el fin de mediar las relaciones entre los productores de petróleo, además de establecer tarifas.
1973	La Organización de Países Exportadores Árabes de Petróleo influyo en un embargo petrolero occidental luego del apoyo estadounidense a Israel en la Guerra de Yom Kippur contra Egipto y Siria. Los precios del petróleo se elevaron cuatro veces más, la economía mundial se vio afectada y se comenzaron a buscar alternativas para eliminar la dependencia que se tenía del petróleo del Medio Oriente.
1975	Debido a la crisis de petróleo resultó rentable invertir en la costosa extracción en el mar del norte y después de una década de exploración, el 3 de noviembre de 1975, el petróleo del mar del norte fluyó.
1990	La disputa por el petróleo provocó que, en agosto de 1990 Irak invadiera Kuwait, incendiando más de 700 campos petroleros de Kuwait. Después del fracaso de las conversaciones diplomáticas con los líderes iraquíes, una coalición de fuerzas liderada por Estados Unidos liberó a Kuwait.
1998	Se impulsa una nueva técnica para la obtención de petróleo, el fracking. Estados Unidos opta por esta técnica para aumentar la producción de petróleo y disminuir la dependencia del Medio Oriente. Otras naciones, como el Reino Unido, también exploran opciones para extraer petróleo y gas de sus campos domésticos.
2001	Suspensión de las exportaciones iraquíes
2002-2003	Huelga en Venezuela, paro de actividades laborales por parte de la Organización gremial Fedecámaras y secundado por la directiva y trabajadores de la nómina de la empresa Petróleos de Venezuela (PDVSA).
2003	La invasión de Irak fue llevada a cabo por una coalición de países, encabezados por los Estados Unidos junto con el Reino Unido, Australia y Polonia. Como resultado de esta guerra el Consejo de Seguridad rectifica y aprueba un sistema de flexibilización de duro embargo, el cual consistía en la concesión a Iraq de la posibilidad de exportar petróleo cuyos beneficios estarían destinados a la compra de alimentos, medicinas y otras materias básicas para la población civil.

Fuente. Diseño propio con base en BBC (2015) y Agnihotri G. (2019)

1.3 Cadena de valor de la industria del Petróleo

La cadena de valor es un conjunto de actividades que realiza una industria específica para crear un valor agregado en los bienes o servicios que ofrece. La cadena de valor permite identificar y analizar actividades estratégicas para obtener una ventaja. Esta permite visualizar el desarrollo de las actividades de una empresa, el proceso de la cadena de valor se inicia con la materia prima y concluye con la distribución del producto o servicio final, en este proceso se analizan las actividades que agregan valor al producto inicial, dando como resultado que la empresa pueda vender el producto o servicio a un precio superior, cada empresa puede tener diferentes cadenas de valor dependiendo de los criterios utilizados al designar las actividades a realizar (Devoto R., 2019).

Ahora bien, una cadena de valor de hidrocarburos se puede definir como el conjunto de actividades que la industria realizará para extraer hidrocarburos, transformarlos en productos petrolíferos y petroquímicos, almacenarlos y distribuirlos, comercializarlos y colocarlos en venta a disposición de los consumidores, la cadena de valor en la industria del petróleo la constituye una serie de procesos y subprocesos, descrita en tres operaciones, *Upstream*, *Midstream* y *Downstream* a través del ciclo de vida del petróleo, como se muestra en la figura 1.2.

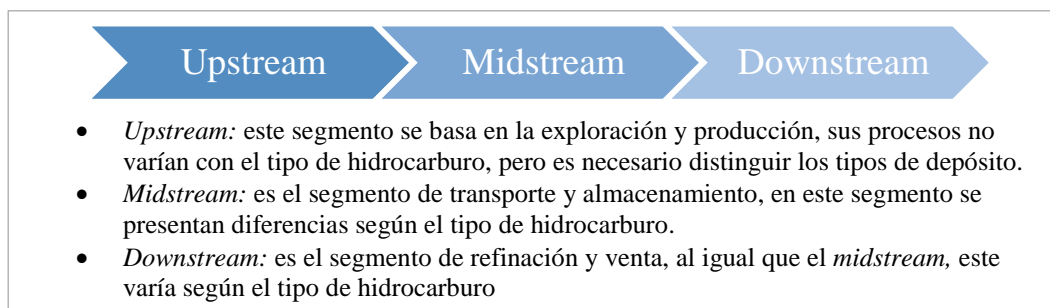


Figura 1.2. Cadena de Valor de la industria del petróleo

Fuente. SENER (2016)

La cadena de valor clasifica las actividades en primarias y de soporte, las actividades primarias son actividades críticas que crean valor para las operaciones comerciales, mientras que las actividades de soporte facilitan las operaciones y administran la infraestructura y los recursos. Para determinar la cadena de valor es importante definir los procesos y subprocesos con base en el conocimiento de las operaciones y las características de la industria, por lo que incluye las actividades que se realizan actualmente, así como las de un desarrollo posible.

Upstream

La cadena de valor tiene cinco puntos del segmento *upstream*, representados en la figura 1.3, contempla un punto para cada de método de recuperación, entre los que se encuentra perforación, fracturación hidráulica, recuperación térmica, perforación de aguas poco profundas y perforación de aguas profundas, cada uno de estos sigue los mismos tres procesos que son exploración y evaluación, perforación y producción de pozo y a su vez estos procesos están divididos en 16 subprocesos que pueden ser o no diferentes dependiendo el método de recuperación utilizado, la tabla 1.4 describe los subprocesos del *upstream*.

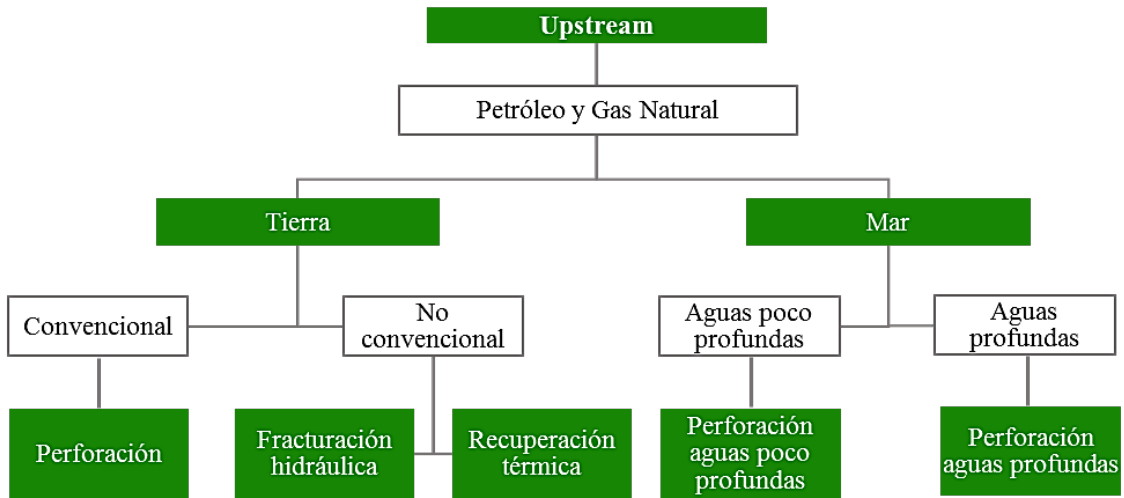


Figura 1.3 Estructura del segmento *Upstream*

Fuente. SENER (2016)

Tabla 1.4 Descripción de los subprocesos del segmento *Upstream*

Realizar exploración y evaluación	Negociar contratos para llevar a cabo pruebas exploratorias y de perforación	Identificación de clientes
	Realizar encuestas iniciales y análisis	Identificar áreas de potencial para depósitos, realizar estimación de capital de acuerdo a las actividades exploratorias.
	Realizar estudios geológicos y de geofísica	Estudios geológicos, geoquímicos (evalúan las propiedades químicas y bacterianas del suelo por encima de los presuntos yacimientos de petróleo y gas), geofísicos (determinación de la profundidad de estratos del subsuelo, espesor, y las propiedades de las rocas) y estudios sísmicos para caracterizar el reservorio y los hidrocarburos.
	Valor financiero estimado	Se evalúa el valor del prospecto de acuerdo a la recuperación, evolución de costos de la vida útil del proyecto.

Tabla 1.4 Descripción de los subprocesos del segmento *Upstream* (Continuación)

Realizar perforación y terminación	Negociar contratos para llevar a cabo la perforación de producción	Interacción entre gobierno y empresas interesadas para aceptar contratos sobre términos legales y financieros para realizar la perforación.
	Generar un plan de desarrollo de campo	Definición de objetivos y las hipótesis para comenzar y continuar con el proyecto, incluye el desarrollo del perfil de producción (especificaciones de diseño, planos de ingeniería y contratos de perforación), previsión de gastos y de ingresos y la planificación de las actividades de desarrollo del yacimiento.
	Realizar actividades de perforación	Establecimiento de la infraestructura y equipos necesarios para la perforación. Implica preparación del sitio, construcción de plataforma, acceso al agua, estructuras para la perforación, establecer la plataforma, perforación de pozo, eliminación de la plataforma.
	Terminar operaciones de pozo	Instalación de equipos en el pozo para establecer un flujo seguro, el método de terminación varía de acuerdo al método de recuperación.
Realizar producción de pozo	Administrar la producción diaria	Gestión de la recuperación de hidrocarburos, comparar la producción real con la prevista, el rendimiento se monitorea cada día mediante la recopilación de datos de presión, temperatura y caudal en la cabeza del pozo.
	Monitorear y optimizar el rendimiento del embalse	Análisis del comportamiento del yacimiento a través de modelado, los modelos de análisis permiten optimizar el rendimiento.
	Conducir el mantenimiento del pozo y equipo	Actividades de mantenimiento, la mejora del rendimiento y las capacidades de los equipos existentes. Incluye los aspectos de mantenimiento para una parada de planta planeada (fecha(s) de parada programada, zonas afectadas, costos para realizar el mantenimiento programado, la asignación y la disponibilidad de recursos y herramientas) y las tareas de mantenimiento actual se deben realizar.
	Gestión de almacenamiento	Actividades para el movimiento y almacenamiento de materiales de almacén, actividades de inventario de almacenamiento, movimiento y niveles de la materia prima.
	Administración del almacenamiento de hidrocarburos On Site	Actividades para almacenar de forma segura los hidrocarburos en el lugar de extracción, almacenados para realizar pruebas o que estén disponibles mientras esperan el transporte midstream.
	Gestión del agua	Actividades con el uso de agua y el tratamiento de aguas residuales, permitiendo un suministro eficiente.
	Manejo de residuos	Actividades para el tratamiento y disposición de fluidos de perforación, recortes de perforación, agua producida, reacondicionamiento y fluidos de terminación, drenaje de la cubierta, arena producida, materiales radiactivos naturales, entre otros.
	Plan de abandono	Actividades para llevar a cabo el abandono del pozo de acuerdo a los requisitos reglamentarios, una vez que el ingreso sea igual al costo.

Fuente. Diseño propio con base en datos de SENER (2016)

Midstream

El segmento de *midstream* está representando en la figura 1.4, este segmento presenta dos vistas de acuerdo al tipo de hidrocarburo e incluye de dos a tres procesos según el hidrocarburo, las operaciones de comercialización, así como las de transporte y almacenamiento son referidas a petróleo, mientras que para el gas hay operaciones de procesamiento específicas. Estos tres procesos constan de 14 subprocesos que se describen en la tabla 1.5, el primero de los tres procesos, Mercadotecnia y comercialización incluye la definición de las estrategias para ofrecer y vender productos y servicios de petróleo y gas; en el segundo, procesamiento de gas natural, indica las actividades para procesar el gas natural antes o después de que se transporte para transformar el gas natural en gas natural licuado y viceversa, por último, el tercer proceso, transporte y almacenamiento, incluye las actividades para transportar y almacenar los hidrocarburos.

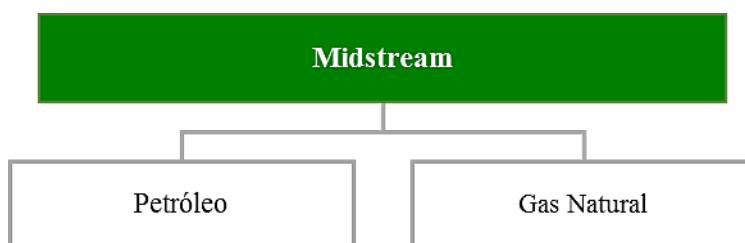


Figura 1.4 Estructura del segmento *Midstream*

Fuente. SENER (2016)

Tabla 1.5 Descripción de los subprocesos del segmento *Midstream*

Mercadotecnia y comercialización	Definir la estrategia de Marketing de Productos y Servicios	Actividades para definir las estrategias de marketing según el análisis de mercado, para gestionar los canales de venta, definir precios.
	Negociar contratos con clientes y los intermediarios	Acuerdos entre clientes e intermediarios de actividades que se realizan, estableciendo relaciones comerciales y validando pagos.
Procesamiento de Gas Natural	Definir la estrategia de producción, planificación y programación	Actividades para definir la estrategia de producción, estimación de la demanda, planificación de la capacidad, además de las actividades de planificación de recursos y materiales para la producción.
	Realizar la separación de aceite y agua	Actividades para separar agua y aceite, se realiza cerca de la boca del pozo.
	Realizar separación de líquidos, azufre y dióxido de carbono	El azufre y el dióxido de azufre se separan cerca de la cabeza del pozo, los líquidos se separan en una planta de procesamiento.
	Para Gas Natural Licuado (GNL) realizar licuefacción y regasificación	La licuefacción de gas natural consiste en enfriar a -161 grados Celsius, el GNL se lleva a estado gaseoso mediante regasificación a través un contacto indirecto con una fuente de calor.

Tabla 1.5 Descripción de los subprocesos del segmento *Midstream* (Continuación)

Procesamiento de Gas Natural	Para GNL realizar fraccionamiento de etano, propano y butanos	Se realiza la separación mediante fraccionamiento, los líquidos de gas natural se separan por ebullición y se retiran en etapas de más ligera a más pesada.
	Gestión de la planta de mantenimiento y operaciones de seguridad	Actividades para garantizar el mantenimiento y la seguridad, mediante estrategias y requisitos de operación de seguridad.
	Manejo de agua	Actividades para un uso responsable de agua, implica la coordinación de la cadena de abastecimiento de agua y el cumplimiento de los procesos de regulación.
	Manejo de residuos	Tratamiento y disposición de residuos químicos procedentes del fraccionamiento de gas.
Transporte y Almacenamiento	Generar una Estrategia, Planeación y Horario de Transporte y Almacenamiento	Definición de la estrategia de transporte y almacenaje, la determinación de recursos y capital y la planeación de la capacidad.
	Transportar el hidrocarburo	Transporte del hidrocarburo desde su extracción a su posterior procesamiento, mediante tuberías, buques, carretera o ferrocarril, actividades de carga, mantenimiento de tanques y descarga, la carga se trata del bombeo hacia adentro de los tanques, después los vapores se expulsan, en la descarga el hidrocarburo es movido fuera del tanque. El gas natural se transporta por tuberías y por medio de tanques cilíndricos de baja temperatura en forma de GNL.
	Almacenar el hidrocarburo	Almacenaje previo a su transporte, el hidrocarburo se almacena en tanques sobre el suelo o en cavernas.
	Manejar el mantenimiento y operaciones de seguridad del transporte, la terminal y el almacenamiento	Actividades para asegurar el mantenimiento y las operaciones de seguridad del transporte, las terminales y el almacenaje de hidrocarburos.

Fuente. Diseño propio con base en datos de SENER (2016)

Downstream

El segmento *downstream* tiene dos vistas, según el tipo de hidrocarburo, como lo muestra la figura 1.5 puede ser petróleo o gas natural, contiene dos procesos, siendo el proceso de refinación único para el petróleo. En la tabla 1.6 se describen los procesos y subprocesos del segmento de *downstream*. La Refinación incluye las actividades necesarias para convertir el petróleo en productos refinados listos para su compra y uso.

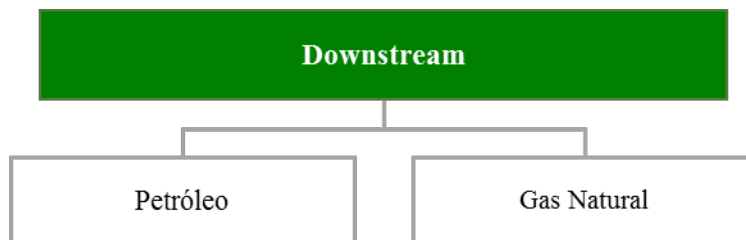


Figura 1.5 Estructura del segmento *Downstream*

Fuente. SENER (2016)

Tabla 1.6 Descripción de los subprocesos del segmento *Downstream*

Refinación	Generar una estrategia de producción, planeación y programación	Definición de la estrategia de producción, estimación de la demanda, la planeación de la capacidad (se debe considerar los cambios en las capacidades de la producción), una vez que esto se realice, los recursos y materiales necesarios para ejecutar el plan de producción deberán ser programados.
	Operaciones de proceso- llevar a cabo la separación, conversión y tratamiento	Por medio de destilación fraccionada se obtienen diferentes productos. Los procesos de separación incluyen desalinización, destilación atmosférica, destilación al vacío. Los procesos de conversión incluyen la reformación, craqueo catalítico, hidro craqueo, alquilación y craqueo retardado. Los procesos de tratamiento incluyen el desulfurizador e hidrotratamiento
	Llevar a cabo la mezcla y empacado	Actividades para realizar el mezclado y empacado de los productos refinados. En el mezclado se mezclan diversos flujos para producir productos con las especificaciones requeridas para poder ser vendidos. Los productos son almacenados en tanques.
	Manejo de operaciones de seguridad y mantenimiento de refinería y equipo	Se implementan programas de operaciones de seguridad y mantenimiento a equipos de la refinería.
	Manejo de agua	Uso responsable de agua y disposición de las aguas residuales, implica la coordinación de la cadena de abastecimiento de agua y el cumplimiento de los procesos de regulación. El manejo adecuado del agua puede reducir el volumen y el costo de agua cruda utilizada en las operaciones de la refinería y reducir la cantidad de aguas residuales. Una cantidad de agua residual se envía a una planta de tratamiento.
	Manejo de residuos	Almacenaje responsable, tratamiento y disposición final de los residuos. Las estrategias del manejo de residuos deciden que opción seguir con base en los requerimientos regulatorios. En este subproceso se manejan las operaciones respecto al control de las emisiones de CO ₂ .
Distribución y venta	Transportar productos refinados a vendedores de petróleo o la compañía de distribución	Transporte desde la refinería o terminal gasera, los productos refinados son transportados por tuberías, por buques marinos y camiones cisterna
	Entregar productos refinados/gas a los usuarios finales	Transporte de productos refinados o gas directamente al consumidor
	Manejar operaciones de seguridad y mantenimiento de distribución y venta	Actividades para asegurar el mantenimiento y las operaciones de seguridad de las actividades de distribución y venta.

Fuente. Diseño propio con base en datos de SENER (2016)

Los procesos y subprocesos incluidos en la cadena de valor de los hidrocarburos cubren las necesidades que pudieran surgir en la industria, estos procesos y subprocesos pueden variar

dependiendo del tipo de petróleo en el segmento de *upstream* y del tipo de hidrocarburo en los segmentos de *midstream* y *downstream*.

1.4 Yacimientos y producción de petróleo en el mundo

La producción de petróleo en el mundo está liderada por un grupo pequeño de países que poseen mayor cantidad de volumen de petróleo acompañados de un desarrollo económico, permitiéndoles colocarse como principales productores, además, la mayoría de estos países se cuentan con grandes yacimientos que brindan la posibilidad de seguir su ritmo de producción, en los apartados siguientes se analiza el aporte de los principales países productores en el mundo.

Producción de petróleo

La Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés) divide las zonas de producción de petróleo en tres, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD, por sus siglas en inglés), Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEC, por sus siglas en inglés) y el resto del mundo. En la tala 1.7 se enlistan los países miembros de la OPEC, OECD y la Comunidad de Estados Independientes (CIS, por sus siglas en inglés) cada uno con un número asignado que permite ubicarlos en la figura 1.6, en la que se encuentra la distribución de los países miembros de cada organización, donde los países miembros de la OECD están identificados con color vino, los países miembros de la OPEC en azul y los países miembros a la CIS en color verde.

Tabla 1.7 Países miembros de la OECD, OPEC y CIS

PAÍSES MIEMBROS DE LA OECD	
Europa	Austria (19), Bélgica (13), República Checa (18), Dinamarca (16), Estonia (26), Finlandia (25), Francia (11), Alemania (14), Grecia (23), Hungría (21), Islandia (41), Irlanda (7), Italia (15), Letonia (48), Luxemburgo (12), Holanda (47), Noruega (46), Polonia (17), Portugal (9), Eslovaquia (22), Eslovenia (20), España (10), Suecia (24), Suiza (12), Turquía (27), Reino Unido (7)
Otros países	Australia (44), Canadá (1), Chile (6), Israel (35), Japón (43), México (3), Nueva Zelanda (45), Sur Corea (42), Estados Unidos (2)
PAÍSES MIEMBROS DE LA OPEC	
Medio Oeste	Irán (37), Irak (36), Kuwait (39), Arabia Saudita (38), Emiratos Árabes Unidos (40)
África	Argelia (28), Angola (34), Guinea Ecuatorial (30), Gabón (32), Nigeria (31), República del Congo (33), Libia (29)
América	Ecuador (4) y Venezuela (5)
COMUNIDAD DE ESTADOS INDEPENDIENTES (CIS)	
Armenia (53), Azerbaiyán (52), Bielorrusia (50), Kazajistán (54), Kirguistán (55), Moldavia (51), Federación Rusa (49), Tayikistán (56), Turkmenistán (58), Uzbekistán (53).	

Fuente. Diseño propio con base en datos de OPEC (2019a) y IEA (2019a)

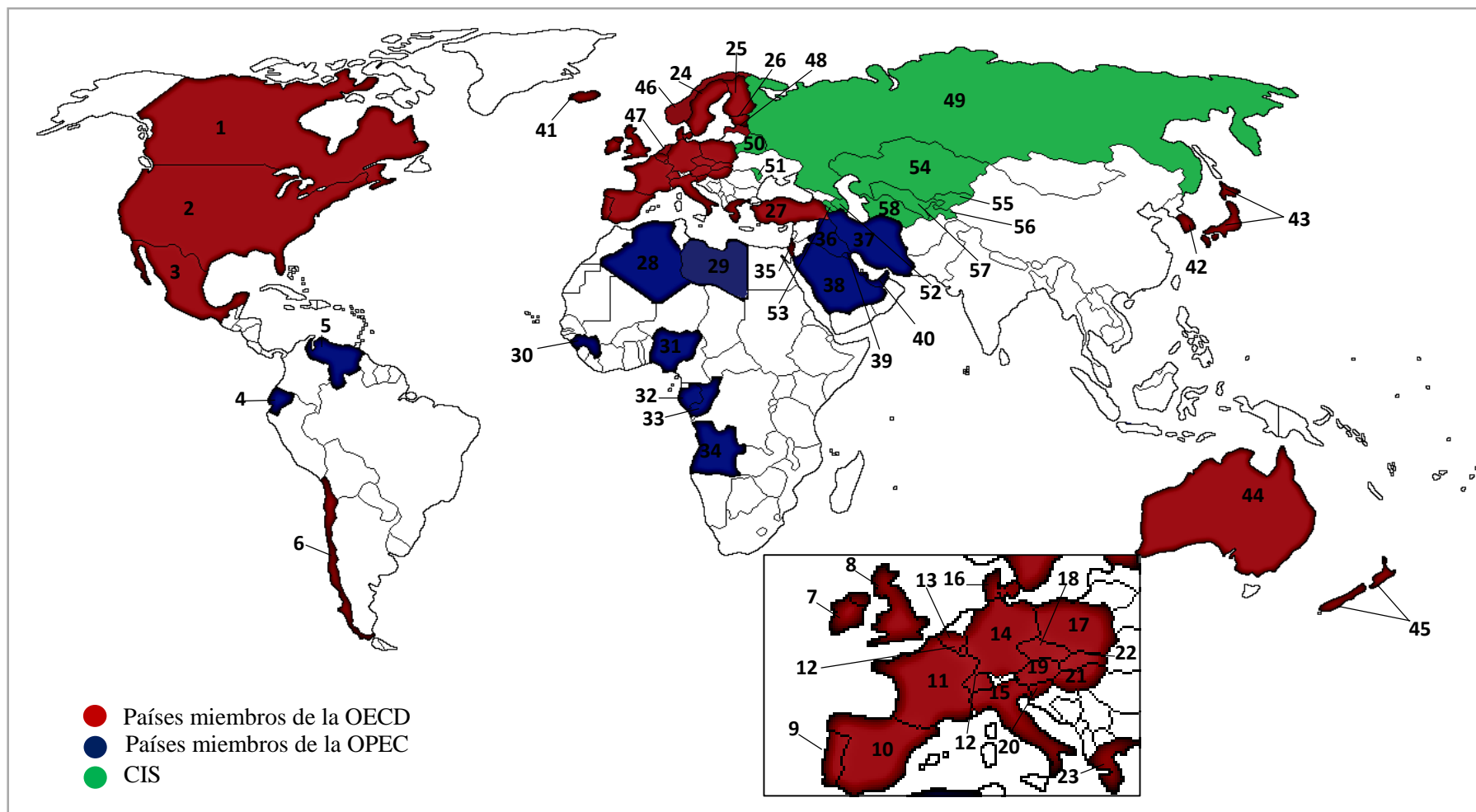
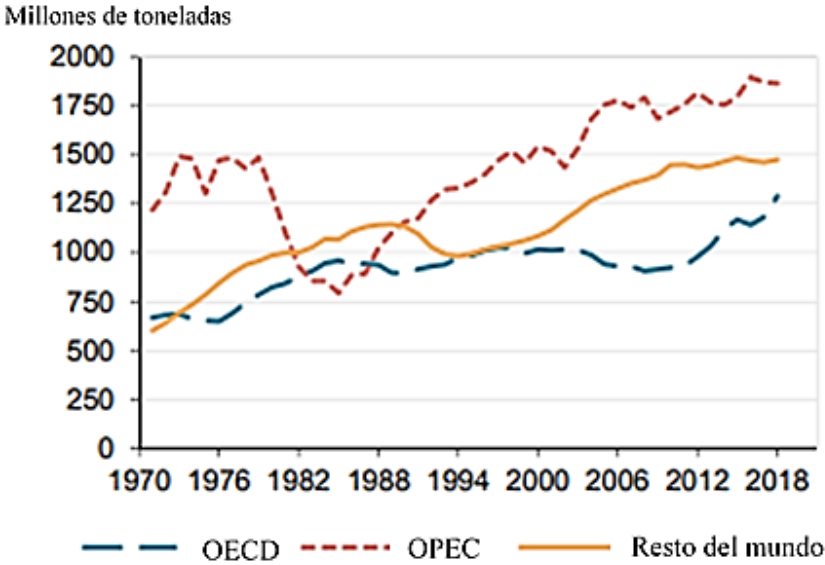


Figura 1.6. Clasificación de las regiones productoras de petróleo

Fuente. Diseño propio con base en datos de OPEC (2019a), IEA (2019a)

La gráfica 1.1 muestra el comportamiento de la producción de petróleo desde 1970 hasta 2018. Como se observa en 2018 la producción mundial incrementó, siendo de 98.3 millones de barriles por día (MMBd) en comparación con la producción diaria de 95.7 MMBd del año 2017. La producción de la OECD aumento un 9%, mientras que la producción de la OPEC disminuyo en 2%, en el resto del mundo hubo un aumento del 1% de producción de petróleo.

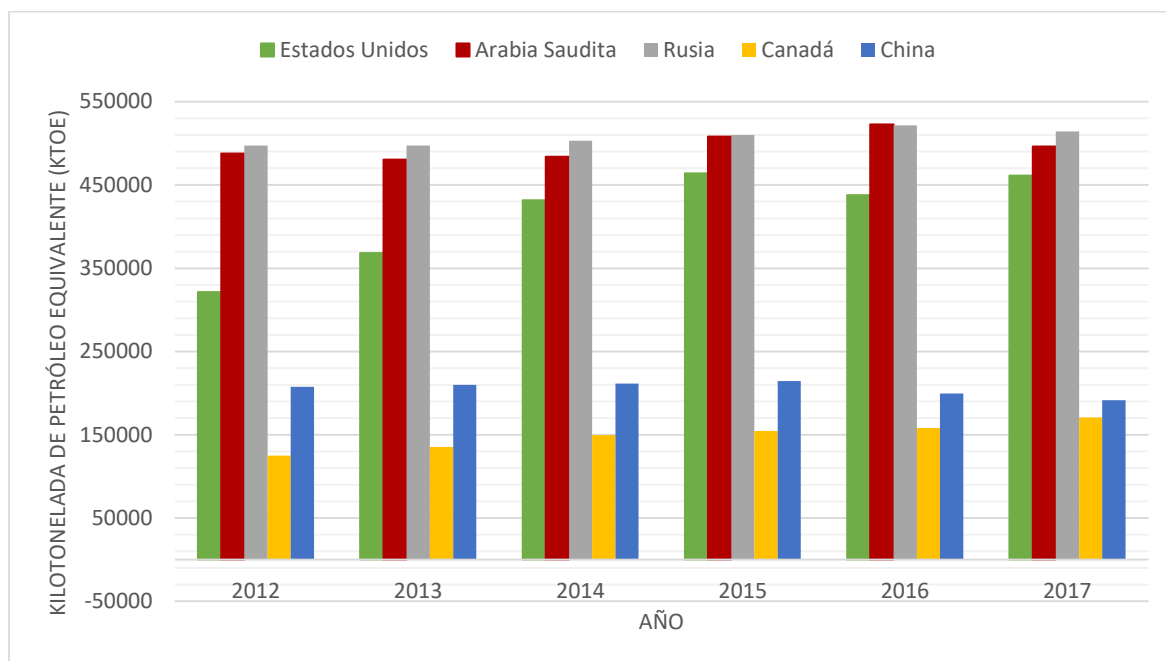
El aumento de la producción mundial se benefició debido a los incrementos de producción en países como Estados Unidos, pues su producción aumentó 15.6% respecto al año 2017, además de Arabia Saudita, Rusia, Canadá e Irak. México y Noruega presentaron disminución en su producción, de 6.3% y 6.2%, respectivamente, en comparación con sus cifras reportadas en 2017. A pesar de la disminución de producción de algunos países, esta se compenso con el aumento que tuvo Estados Unidos y Canadá, como resultado la producción por parte de la OECD representó casi un tercio de la producción mundial en 2018 (IEA 2019b).



Gráfica 1.1 Producción mundial de petróleo por región
Fuente. IEA (2019b)

Según datos de la IEA, los principales países productores de petróleo son Estados Unidos, Arabia Saudita, la Federación Rusa, Canadá y China. La gráfica 1.2 representa la producción de petróleo en un periodo de 2010 a 2018, Rusia fue el mayor productor de petróleo hasta el año 2015 con una producción de 510,230 Miles de toneladas de petróleo equivalente (Ktoe),

en el año 2016 la producción de Arabia Saudita fue ligeramente mayor que la producción de Rusia, separados solo por el 0.2%, por otra parte, Estados Unidos mantuvo un incremento constante de su producción, pero no fue hasta el 2018 que tuvo un aumento significativo, con 15.6% más en su producción, respecto al año anterior, con lo que se posiciono como el principal productor de petróleo. Análisis realizado a partir de la base en datos de la IEA. (IEA, 2019b)



Gráfica 1.2 Producción de petróleo por principales países productores (2010-2018)

Fuente. Diseño propio con base en datos de IEA (2019b)

Principales yacimientos de petróleo en el mundo

En el mundo existe una gran cantidad de yacimientos, unos con más potencial de extracción que otros, estos yacimientos están distribuidos por todo el mundo, sin embargo, algunos países poseen una mayor cantidad de pozos, la mayoría de los campos más grandes del mundo se encuentran en el Medio Oriente. La demanda mundial de energía va en aumento con el paso del tiempo y el uso de fuentes de energía renovable contribuyen a satisfacer la demanda de energía, sin embargo, el mundo todavía depende considerablemente del petróleo. Existen grandes reservas de petróleo en pozos y se descubren nuevos gracias a la exploración, muchos de los pozos están en declive, sin embargo, siguen existiendo campos petroleros enormes, los siguientes son los principales campos petroleros del mundo.

Ghawar, el campo Ghawar se encuentra en Arabia Saudita, ha estado produciendo petróleo desde principios de 1950, este campo cubre un área de 5,300 kilómetros cuadrados, en este campo se encuentra la mayor cantidad de reservas en el mundo, con un estimado de 70 mil millones de barriles de reservas, este pozo produce diariamente 5 millones de barriles. Ghawar es operado por la compañía petrolera estatal Saudi Aramco.

Burgan, es el segundo campo más grande y está ubicado en Kuwait, tiene una reserva estimada entre 66 y 77 mil millones de barriles, este campo representa más de la mitad del total de las reservas de Kuwait, el campo Burgan fue descubierto en el año 1938, pero la producción inicio hasta 1946, de este campo se extraen alrededor de 1.3 millones de barriles por día.

Safaniya, el campo Safaniya en Arabia Saudita, está ubicado en el Golfo Pérsico y esta operado por Saudi Aramco, ha operado desde 1957, cuenta con más de 37 mil millones de barriles de reservas y tiene una producción alrededor de 1.5 millones de barriles por día provenientes de más de 600 pozos de producción. (Ali U., 2019)

Rumaila, está ubicado en Irak, es el mayor yacimiento petrolero del país, tiene reservas estimadas de 17 mil millones de barriles, el campo es operado por British Petroleum (BP) y Cooperación Nacional de Petróleo de China (CNPC), Rumaila tiene una producción diaria de 1.5 millones de barriles de petróleo.

West Qurna-2, ubicado en Irak, al norte del campo de Rumaila, tiene un área de 300 kilómetro cuadrados, fue descubierto en el año 1973 y fue dividido en dos, la primera parte se asignó a las compañías petroleras Shell y Exxon y la segunda a la empresa rusa Lukoil & Statoil, West Qurna-2 es el segundo más grande de Irak, con casi 13 mil millones de barriles de reservas de petróleo, la producción es de 120,000 barriles por día. (Cunningham, 2014)

1.5 Reseña histórica de la industria del petróleo en México

En México los habitantes prehispánicos ya obtenían el petróleo de chapopoterías (filtraciones de petróleo o asfalto líquido a través de fracturas, fallas, planos de estratificación y discordancias, en donde el escape es lento e indican la existencia de un yacimiento) y le daban usos rituales y medicinales además que lo utilizaban como colorante y pegamento. Sin embargo, la industria petrolera no se desarrolló sino hasta la llegada de avances tecnológicos, acompañados también por el inicio de una organización, en la tabla 1.8 se puntualizan los

acontecimientos que han moldeado la industria petrolera en México como la conocemos actualmente, además se incluyen los cambios normativos descritos en la figura 1.7, en la que se encuentran las modificaciones que se han realizado en el periodo de 1917 a 2018 para que las diferentes actividades de la industria puedan desarrollarse de manera adecuada.

Tabla 1.8 Acontecimientos de la industria petrolera en México

1862	En el año 1862 Antonio del Castillo, ingeniero de minas, dirigió la perforación del primer pozo en el estado de Tabasco, en Villa Guadalupe, este pozo tenía una profundidad de 70 metros.
1863	El sacerdote Manuel Gil y Sáñez, descubre en Tepetitlán, Tabasco, un yacimiento al que nombra “Mina del Petróleo de San Fernando”
1864-1867	Maximiliano de Habsburgo, Emperador de México, emitió un decreto que permitía explotar el petróleo en México siempre y cuando el gobierno mexicano lo aprobara. Se otorgaron 38 concesiones petroleras en el Estado de México, Puebla, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz.
1868	El médico norteamericano Adolfo A. Autrey organiza la Compañía Explotadora de Petróleo del Golfo de México, primera empresa que extrajo petróleo de pozos perforados, sus operaciones se localizaron en la región veracruzana.
1882	Se realizaron acuerdos políticos y reformas constitucionales con los que se instalan alambiques para refinar petróleo en el Campo de Cerro Viejo, en Tuxpan, Veracruz.
1884	En 1884 el gobierno emitió el Código de Minas, en el que se declaran los bitúmenes eran propiedad del dueño de la superficie.
1892	En este año la ley Minera del 4 de julio reserva la propiedad del subsuelo para la nación.
1900	Los norteamericanos Charles A. Candfield y Edward L. Doheny compraron 113 hectáreas de la hacienda "El Tulillo", en el municipio de Ébano, San Luis Potosí. En ese año, la hacienda pasó a ser propiedad de la "Mexican Petroleum of California", creada por Doheny. Esta empresa empezó a perforar el campo "El Ébano" y, en 1901, se descubrió petróleo en el pozo "Doheny I".
1901	El presidente Porfirio Díaz expide la Ley del petróleo, la cual faculta al presidente para otorgar permisos a particulares para explorar y explotar en terreno mexicano.
1915	Para este año la producción de pozos como el Cerro Azul no. 4, Potrero del Llano 4, Dos Bocas y San Diego, ya era considerable y se conocía como Faja de Oro.
1917	Venustiano Carranza promulga la Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos. En su artículo 27 se restituye a la Nación la propiedad de las riquezas del subsuelo. Varias de las principales compañías petroleras se agrupan formando la Asociación de Productores de Petróleo en México
1921	La producción total de este año alcanza la cifra record de 193.4 millones de barriles. México ocupa la segunda posición como productor mundial de petróleo.
1933	Se crea la compañía Petróleos de México, S. A. (Petromex), encargada de fomentar la inversión nacional en la industria petrolera.
1938	El presidente Lázaro Cárdenas del Río decreta la expropiación de los bienes de 17 compañías petroleras a favor de la nación. Este año, el 7 de junio se crea Petróleos Mexicanos.
1940	PEMEX se consolida como una entidad encargada de toda la industria petrolera, abarcando las actividades de exploración hasta la venta final.
1941	PEMEX crea el departamento de exploración.
1946-1979	En este periodo se inauguraron las refinerías 18 de marzo, en la Ciudad de México; Ing. Antonio M. Amor, en Salamanca; Gral. Lázaro Cárdenas del Río, en Minatitlán; Miguel Hidalgo, en Tula; Héctor R. Lara Sosa, en Cadereyta

Tabla 1.8 Acontecimientos de la industria petrolera en México (Continuación)

1978	El campo marino Cantarell, en la Sonda de Campeche, se confirma como uno de los más grandes yacimientos marinos del mundo, con una reserva de 40 mil 194 millones de barriles.
1992	Se expide una nueva Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos (PEMEX), esta ley determina 4 organismos subsidiarios, PEMEX Exploración y Producción (PEP), PEMEX Refinación, PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB) y PEMEX Petroquímica.
2000	PEMEX se convierte en la quinta petrolera del mundo.
2004	Se confirma la existencia de hidrocarburos en aguas profundas.
2008	El 28 de noviembre se publica en el Diario Oficial de la Federación siete decretos que integran la reforma energética.
2013	Se modifican los artículos 25, 27 y 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, estos cambios permitirán a empresas privadas participar en la exploración y extracción del petróleo, a través de diferentes contratos con el Estado Mexicano.
2014	Comienzan las rondas de asignación de contratos en exploración y extracción de petróleo.
2019	La política energética en México se centra en cumplir compromisos ambientales y prevé impulsar el uso de energías renovables.

Fuente. Diseño propio con base en Pemex, (2013) y COLMEX (2019)

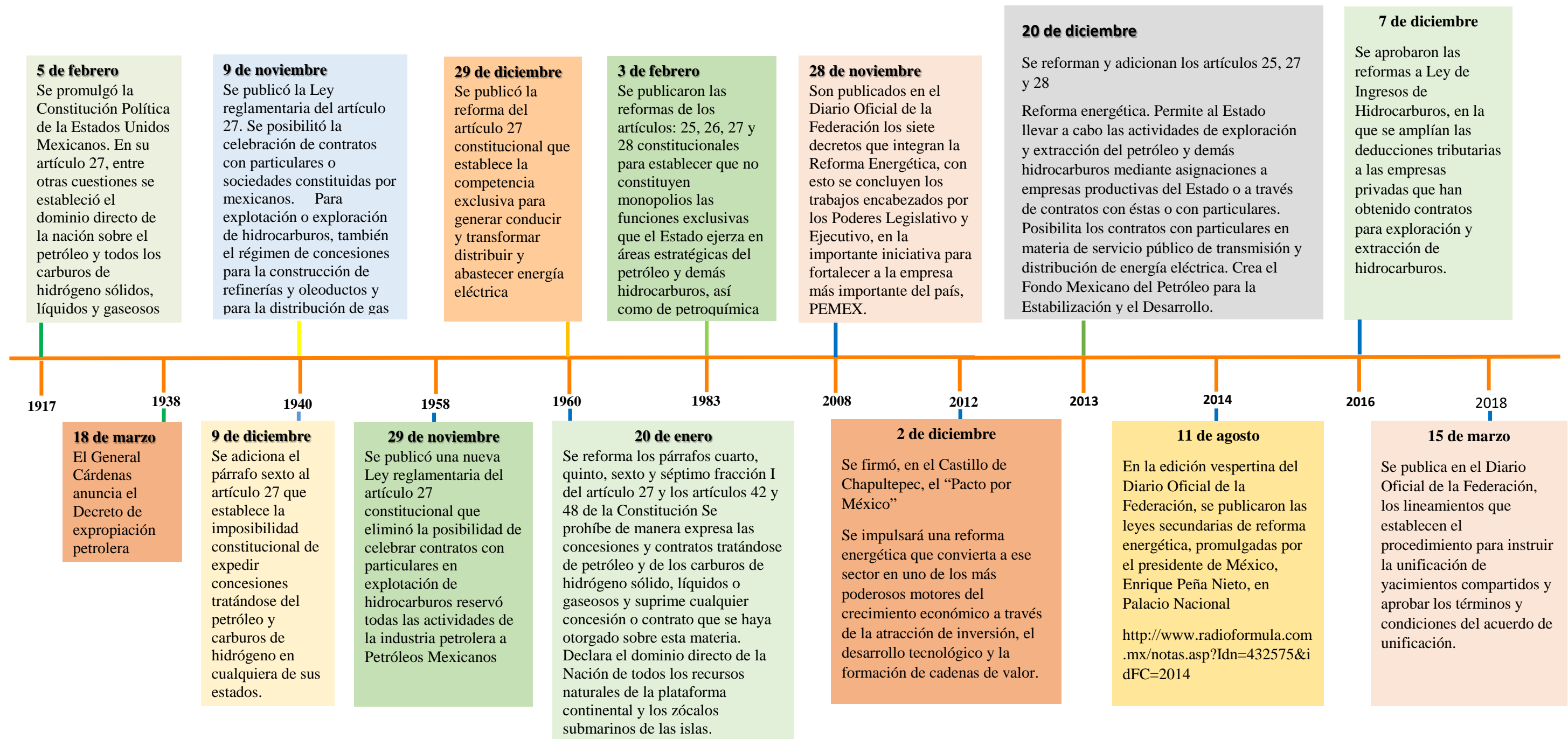
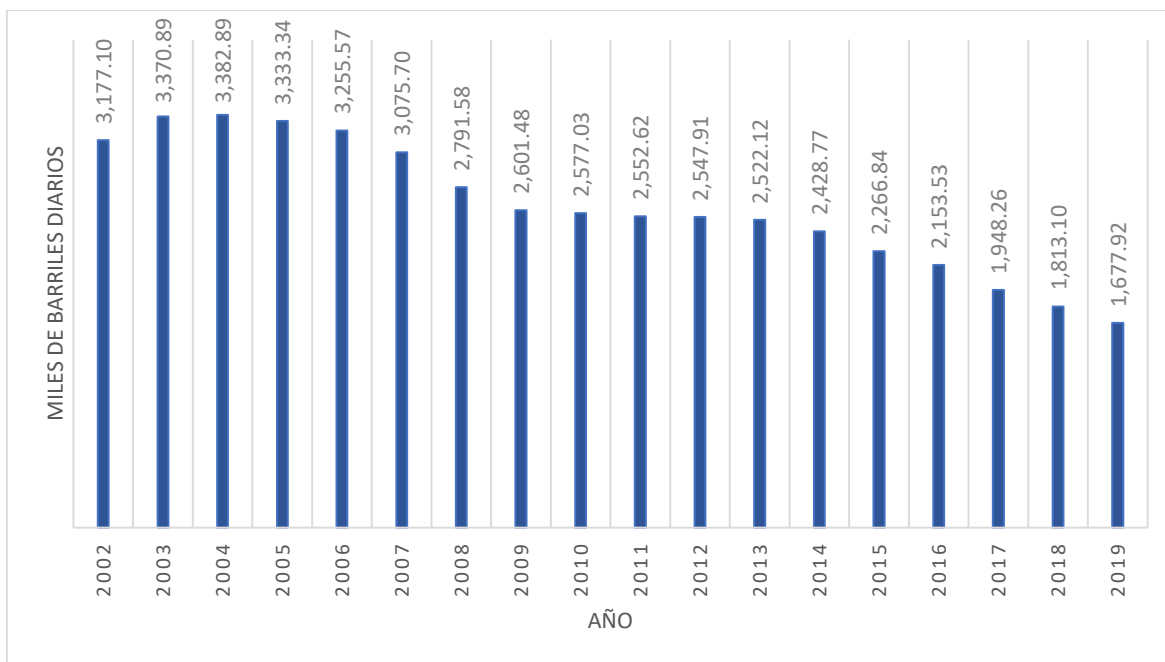


Figura 1.7 Línea de tiempo de la normativa de la industria petrolera
Fuente. Valderrábano M. (2017)

1.6 Yacimientos y producción de petróleo en México

Producción de petróleo

La industria del petróleo ha tenido grandes cambios a lo largo del tiempo, como lo demuestra la gráfica 1.3. Según el reporte de BP, *Statistical Review of World Energy*, en 2006 México fue el quinto país con mayor producción de petróleo en el mundo (IEA, 2006). En 2004 Pemex registró su más alta producción de petróleo, con 3,476 miles de barriles por día (Mbd), sin embargo, la producción de petróleo ha estado en declive, desde 2008 hasta el 2016 la producción decreció de los más de 3,000 Mbd del 2007 hasta llegar a 1948.26 Mbd en el año 2017, estas cifras menores a los 2,000 Mbd siguen presentes en la industria petrolera Mexicana, situación que se ve reflejada en la producción de 2019, de solo 1,678 miles de barriles diarios, lo que representa un 48% de la producción registrada en 2004. (Análisis con base en datos de SIE, 2019a)

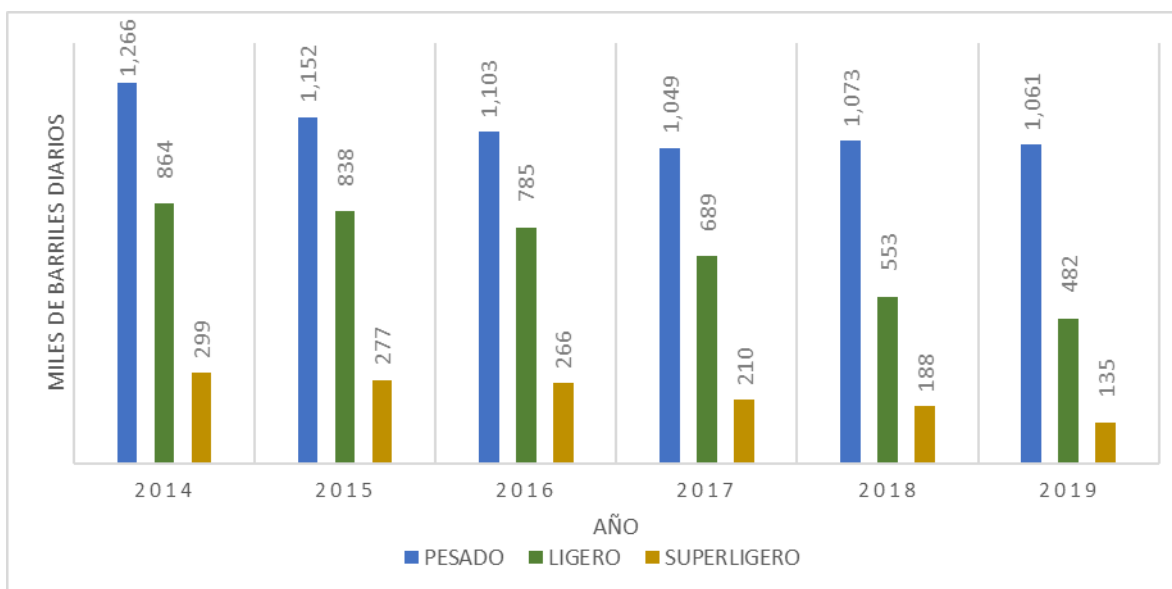


Gráfica 1.3 Producción de petróleo por año en México

Fuente. Diseño propio con base en datos de SIE (2019a)

Actualmente, en México se extraen 3 tipos de petróleo, pesado, ligero y superligero, este último en muy pequeñas cantidades, únicamente 135 miles de barriles diarios, mientras que el 63% de la producción total de México en 2019 fue de petróleo pesado, la cantidad de

petróleo superligero ha disminuido a la par de la disminución de la producción total en México, la gráfica 1.4 muestra la producción de los tres diferentes crudos extraídos es México.



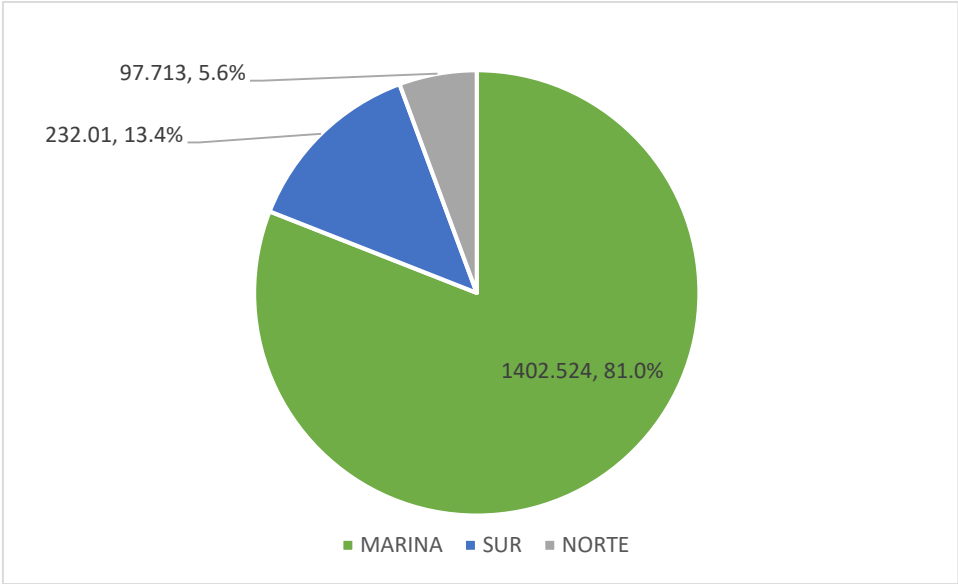
Gráfica 1.4 Producción de diferentes tipos de petróleo en México por año
Fuente. Diseño propio con base en datos de Pemex (2019a).

Yacimientos y producción

Pemex divide al territorio nacional en cuatro regiones geográficas para realizar la exploración y extracción de las reservas de petróleo, la Región Norte y Región Sur se encuentran en territorio continental y en territorio marino se encuentra la Región Marina Noreste y la Región Marina Suroeste, en estas regiones se encuentran los campos o yacimientos de hidrocarburos. Según los datos del Sistema de Información Energética, al final del año 2019, 4,796 pozos de petróleo y gas asociado se encuentran en operación y 2,670 pozos de gas no asociado. La mayor cantidad de pozos se encuentran en los bloques norte, con 3,356 pozos, en el bloque sur 927 y el resto corresponde a la región marina. (SIE, 2019b)

En la región marina se extraen 1,402.524 Mbd, lo que representa el 81% de la producción total de México, de los cuales 1,010.255 Mbd se extraen de la Región Marina Noreste, de Cantarell y de Ku-Maloob-Zaap, 392.269 Mbd se extraen de la Región Marina Suroeste, esta producción proviene de Abkatún-Pol Chuc y de Litoral de Tabasco.

El 13.4% de la producción corresponde a la Región Sur, la extracción se hace de 4 activos, Cinco presidentes, Bellota-Jujo, Macuspana-Muspac y de Samaria-Luna. Mientras que el 5.6% de la producción proviene de la Región Norte, del activo integral burgos y del activo integral Veracruz. La gráfica 1.5 representa la distribución de la producción en donde la Región Marina incluye la Región Merina Sur y la Región Marina norte.



Gráfica 1.5 Producción de petróleo por región en México (Mbd)

Nota: la producción es únicamente de petróleo
Fuente. Diseño propio con base en SIE (2019b)

CAPÍTULO 2

LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO COMO MOTOR DEL DESARROLLO

2.1 ¿Quién produce? y ¿Quién compra?

Actualmente en el mundo el petróleo sigue siendo de gran importancia, debido a esto es inevitable su comercio, en este capítulo se analizan los aspectos más relevantes de este, en el que es indispensable reconocer los principales países productores y los países consumidores, así como el papel que desarrollan en la industria del petróleo mundial.

Importancia del petróleo

El petróleo es un recurso natural vital en la vida diaria, sin este recurso muchas de las actividades que realizamos no serían posibles. Los derivados del petróleo contribuyen en gran medida a cubrir la demanda de energía, gracias al petróleo también se obtienen lubricantes, parafinas, asfaltos, además, este provee la materia prima para la industria petroquímica. La industria del petróleo también tiene un impacto en la economía, a lo largo de la historia esta industria ha tenido una participación considerable en el Producto Interno Bruto (PIB), además de la aportación al suministro de energía, estas son una de las razones por las cuales, países con grandes reservas se ven envueltos en conflictos internacionales.

Usos del petróleo.

Para el transporte, del petróleo se obtienen productos finales como gasolina, diésel, turbosina y combustóleo, los cuales son ocupados para los diferentes tipos de transporte. La gasolina es uno de los productos más ligeros obtenidos a partir de la destilación del petróleo, es un líquido volátil e inflamable, con cadenas de carbono de C₄ hasta C₁₁, es el combustible más utilizado en vehículos de combustión interna como motocicletas o automóviles. El diésel es un aceite pesado de color verdoso, utilizado por camiones de transporte público, por maquinaria agrícola, en algunos casos es utilizado como combustible para calefacción y para la generación de energía eléctrica. Por otra parte, la turbosina es un líquido de apariencia brillante y claro, con cadenas de carbono de C₅ hasta C₁₅, es utilizado como combustible de aviación (Pemex, 2019b).

En las plantas de calefacción e iluminación, se utilizan los aceites más pesados, como el combustóleo. El combustóleo es un líquido viscoso de color oscuro, está compuesto por moléculas con más de 20 átomos de carbono, el combustóleo es utilizado como combustible en la generación de vapor en calderas industriales, hornos de secado y hornos rotatorios.

El petróleo es la principal fuente de energía industrial. El diésel y la gasolina se utilizan en las turbinas de gas para producir electricidad.

Los lubricantes también se producen a partir del petróleo, éstas sustancias son útiles para todo tipo de máquinas, especialmente para maquinas utilizadas en el transporte y las industrias.

El petróleo también es materia prima para la industria petroquímica, la cual se encarga de la producción de plásticos, acrílicos, guantes, pinturas, envases, detergentes, fibras textiles, insecticidas, entre otros.

Países productores de petróleo

En el mundo cerca de 100 países producen petróleo y son los encargados de satisfacer la demanda en todo el mundo, según datos de la IEA los 10 mayores productores de petróleo en el mundo son Estados Unidos, Arabia Saudita, Rusia, Canadá, China, Irak, Irán, Emiratos Árabes Unidos, Brasil y Kuwait, la tabla 2.1 muestra la producción de estos 10 países, la cual representa cerca del 70% de la producción total de petróleo en el mundo. (IEA, 2019c)

Tabla 2.1 Países productores de petróleo en el mundo (2018)

País	Millones de barriles por día.	Parte del total mundial
Estados Unidos	16.70	16.99 %
Arabia Saudita	12.30	12.51 %
Rusia	11.40	11.60 %
Canadá	5.27	5.36 %
China	4.82	4.90 %
Irak	4.62	4.70 %
Irán	4.46	4.54 %
Emiratos Árabes Unidos	3.79	3.85 %
Kuwait	2.91	2.96 %
Brasil	2.7	2.75 %
Total top 10	68.97	70.16 %
Total mundial	98.3	

Fuente. Diseño propio con base en datos de IEA (2019a), IEA(2019c)

Reservas

Definición.

Las reservas de petróleo son aquellas cantidades de petróleo que se prevé que pueden ser recuperadas mediante proyectos de desarrollo a una fecha futura, bajo condiciones definidas. Todos los estimados de reservas tienen un grado de incertidumbre y esta depende de los datos de ingeniería y geología disponibles a la fecha en la que se realiza la estimación e interpretación de estos datos. Por ello las reservas deben satisfacer cuatro criterios, deben estar descubiertas, ser recuperables, ser comerciales y ser remanentes (a la fecha de la evaluación). Según estos criterios, las reservas pueden ser clasificadas de acuerdo al nivel de certidumbre de las estimaciones y pueden ser sub-clasificadas basadas en la madurez del proyecto o caracterizadas por el estado de desarrollo y producción (CNH,2012).

Clasificación de reservas conforme al Petroleum Resources Management System, PRMS.

El Sistema de Gestión de Recursos Petroleros *Petroleum Resources Management System*, (PRMS) se creó con el objetivo de proporcionar los principios y definiciones para la estimación de las cantidades de petróleo y gas, descubiertas y/o por descubrir, asociadas con yacimientos. Las guías de la PRMS definen reservas probadas, probables y posibles.

- Reservas probadas: son aquellas cantidades de petróleo que, de acuerdo a los datos recopilados de yacimientos conocidos, se consideran recuperables comercialmente, con un alto grado de confianza. Al menos el 90% de las cantidades recuperadas deberán igualar o exceder la estimación.
- Reservas probables: son aquellas reservas en las que el análisis de los datos de ingeniería y geociencias, se consideran con menos posibilidad de ser recuperadas, comparadas con las reservas probadas, pero con más posibilidad de ser recuperadas comparadas con las reservas posibles. Es igualmente probable que las cantidades reales recuperadas sean mayores o menores a la suma de las reservas estimadas probadas más probables (2P). En este contexto, cuando se utilizan métodos probabilistas, debería haber por lo menos una probabilidad del 50% de que las cantidades reales recuperadas igualarán o excederán la estimación de 2P.

- Reservas posibles: estas reservas tienen una menor probabilidad a ser recuperadas comparadas con las reservas probables, tienen una baja probabilidad de superar la suma de reservas probadas, más probables, más posibles (3P). En este contexto, debería haber por lo menos una probabilidad del 10% de que las cantidades reales recuperadas igualarán o superarán la estimación 3P (CNH,2012).

La figura 2.1 permite la definición de las reservas 1P, 2P y 3P, estas pueden presentarse con volúmenes de petróleo a recuperar en porcentajes de 10, 50 y 90%, respectivamente, las categorías de las reservas 1P, 2P y 3P se conforman de la siguiente manera:

- La reserva 1P es igual a la reserva probada.
- La reserva 2P es igual a la agregación de reserva probada más la reserva probable.
- La reserva 3P es igual a la agregación de la reserva probada, más la reserva probable, más la reserva posible.

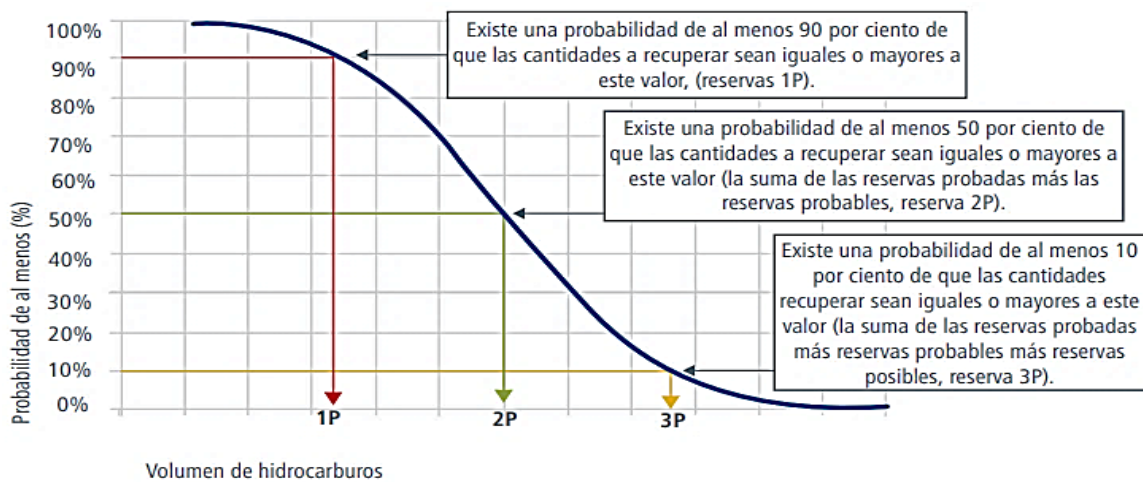


Figura 2.1 Probabilidad en el volumen de reservas de petróleo

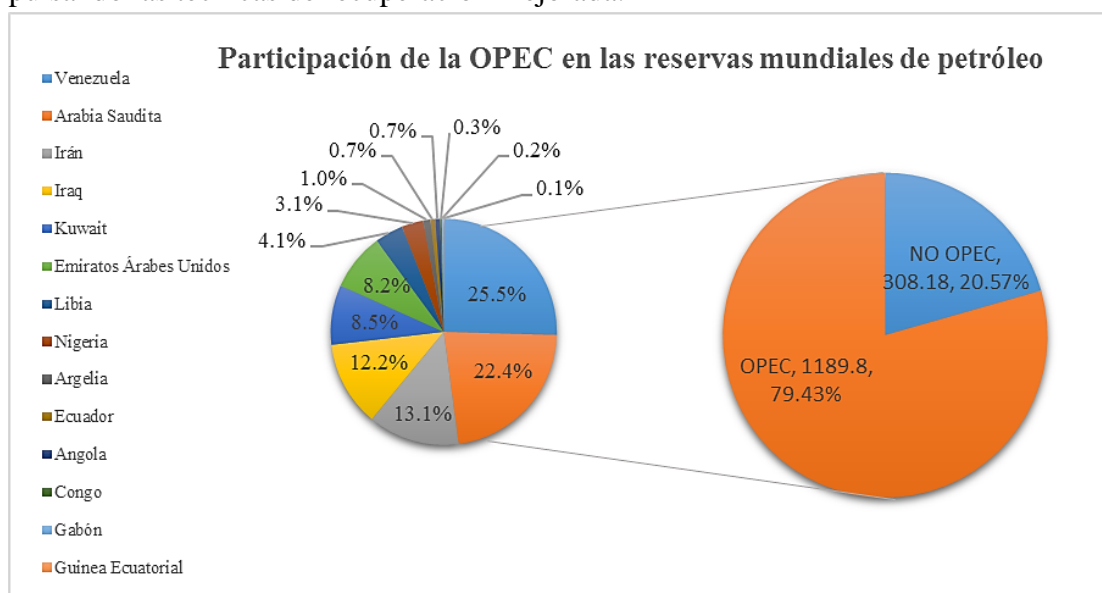
Fuente: CNH (2012). Disponible en:

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/109441/An de Informacion de las Reservas de Hidrocarburos de Mex al 1 de enero de 2012.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/109441/An_de_Informacion_de_las_Reservas_de_Hidrocarburos_de_Mex_al_1_de_enero_de_2012.pdf)

Reservas de petróleo en el mundo.

Las reservas de petróleo en el mundo se contabilizaron en 1,497.98 mil millones de barriles en el año 2018. La participación de los principales países en las reservas mundiales de petróleo se representa en la gráfica 2.1, donde el 79.4% de las reservas probadas totales del mundo se encuentran en los países miembros de la OPEC, con la mayor parte de estas en Medio Oriente, que representa el 64.5% del total de las reservas de la OPEC (OPEC, 2019b).

La gran cantidad de reservas en los países pertenecientes a la OPEC radica en que estos países han adoptado las mejores prácticas en la industria, realizando exploraciones intensivas e impulsando las técnicas de recuperación mejorada.



Gráfica 2.1 Participación de la OPEC en las reservas mundiales de petróleo
Fuente. OPEC (2019b)

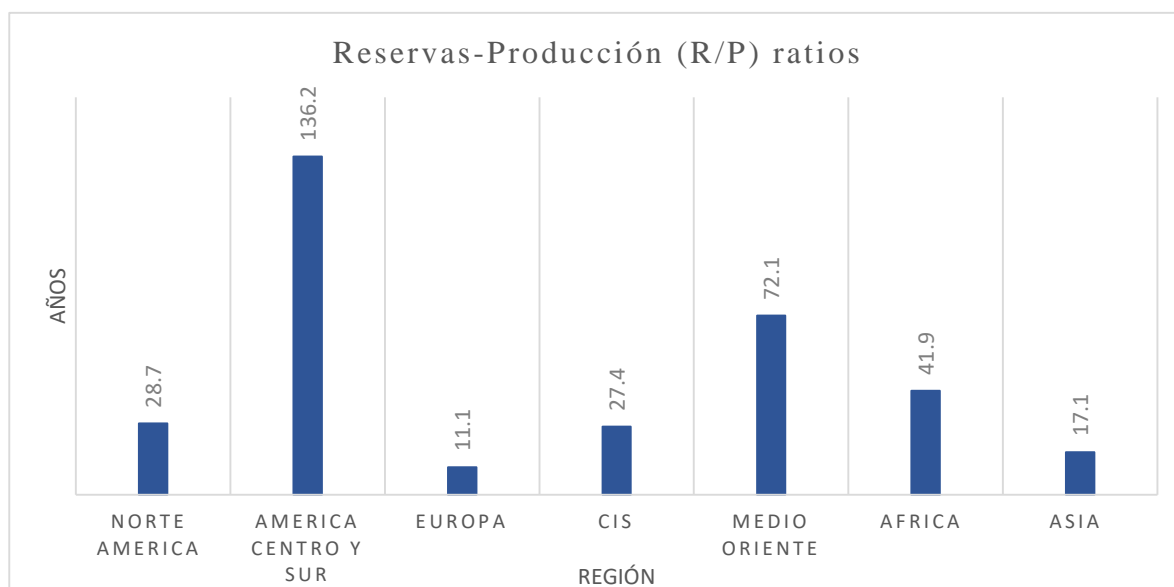
Los volúmenes de reservas de petróleo por parte de los países de la OPEC se esclarecen en la tabla 2.2, de este modo el país con la mayor cantidad de reservas es Venezuela, con el 25.5% de las reservas por parte de la OPEC. Países como Arabia Saudita, Irán, Irak, Kuwait y Emiratos Árabes, no solo se encuentran entre los 10 mayores productores de petróleo, sino que también cuentan con una cantidad importante de reservas.

Tabla 2.2 Reservas probadas de petróleo, miembros de OPEC 2018

PAÍS	RESERVAS (MILES DE MILLONES DE BARRILES)	PORCENTAJE (%)
Venezuela	302.81	25.5
Arabia Saudita	267.03	22.4
Irán	155.60	13.1
Irak	145.02	12.2
Kuwait	101.50	8.5
Emiratos Árabes Unidos	97.80	8.2
Libia	48.36	4.1
Nigeria	36.97	3.1
Argelia	12.20	1.0
Ecuador	8.27	0.7
Angola	8.16	0.7
Congo	2.98	0.3
Gabón	2.00	0.2
Guinea Ecuatorial	1.10	0.1

Fuente. OPEC (2019b)

La relación reserva-producción es un indicador resultante de dividir las reservas a una fecha entre la producción de un periodo, para obtener este indicador se supone una producción constante, precio de hidrocarburos y costos de extracción sin variación, la relación reserva-producción indica el periodo de producción con las reservas existentes si la producción se mantiene al ritmo del periodo en el que se realiza el indicador (SENER, 2015). En la gráfica 2.2 se observa esta relación a nivel regional, donde América del Sur y Central tienen la relación Reservas/Producción más alta, de 136 años, una relación tan alta por parte de esta región es debida a que tan solo Venezuela representa 20% de las reservas totales, por otra parte, Europa es la región con la relación más baja, con solo 11 años. Los países con mayor cantidad de reservas son Venezuela, seguido por Arabia Saudita, Canadá, Irán e Irak.



Gráfica 2.2 Relación reservas y producción (R/P) por región (2018)

Fuente: IEA (2019a)

Países consumidores de petróleo

En el mundo se consumieron 99.84 millones de barriles de petróleo por día en el año 2018, en la siguiente tabla se encuentra el consumo de petróleo por región (tabla 2.3.) La mayor parte de la demanda mundial de petróleo proviene de la región de Asia, principalmente por China e India.

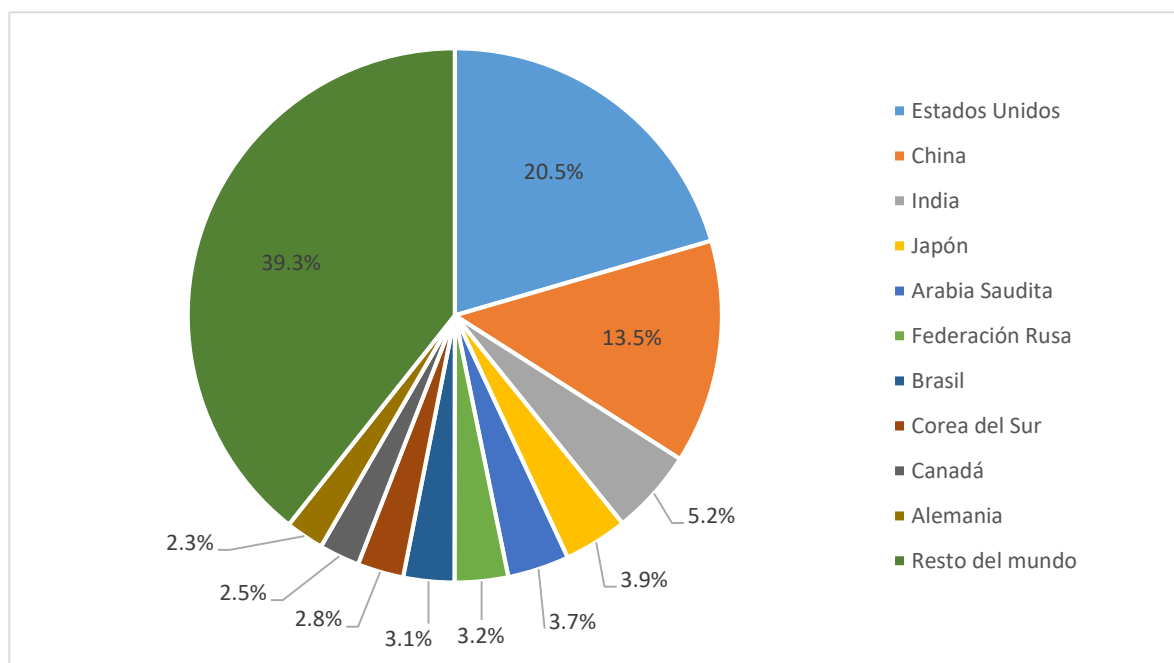
Tabla 2.3 Consumo de petróleo por región

País	Millones de barriles por día	Parte del total mundial
Asia	35.86	35.92 %
América del norte	24.71	24.75 %
Europa	15.28	15.30 %
Medio Oriente	9.14	9.15 %
América central y sur	6.79	6.80 %
CIS	4.10	4.11 %
África	3.96	3.97 %
Total mundial	99.84	100 %

Notas: Las diferencias entre estas cifras de consumo mundial y las estadísticas de producción mundial se explican por los cambios en las existencias, el consumo de aditivos no derivados del petróleo y combustibles sustitutos, y las disparidades inevitables en la definición, medición o conversión de los datos de oferta y demanda de petróleo.

Fuente. IEA (2019a)

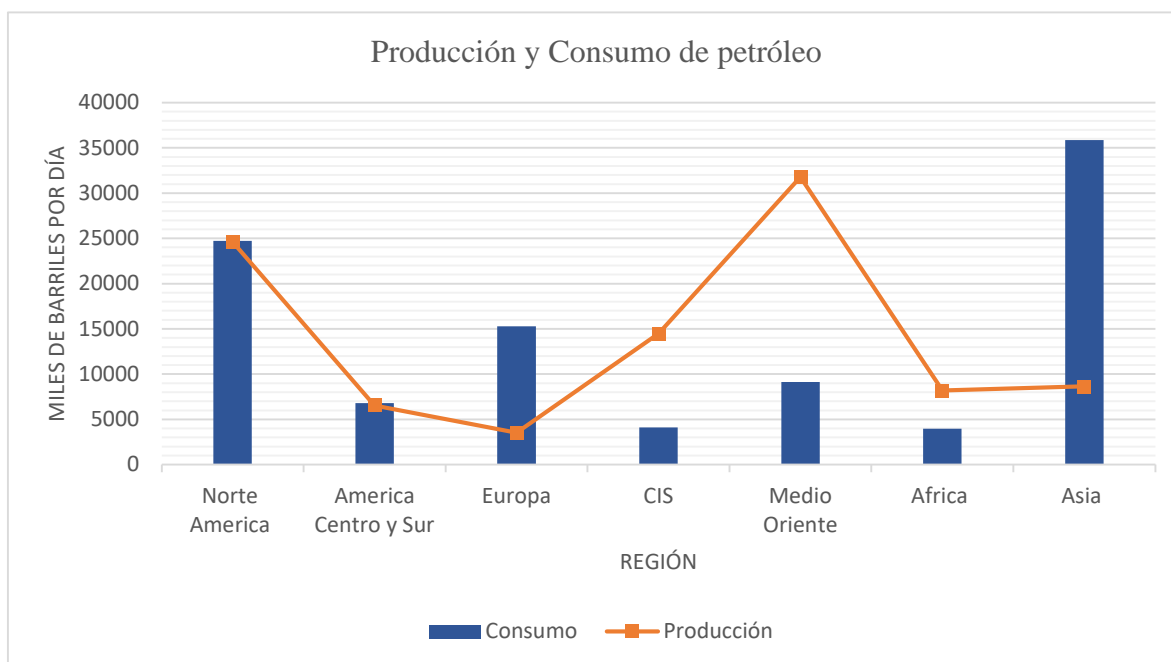
Según las estadísticas mundiales de energía por BP, *Statistical Review of World Energy* (IEA, 2019a) representadas en la gráfica 2.3, el país con mayor demanda de petróleo en el mundo es Estados Unidos, con un consumo de 20,456 Mbd, seguido por China, con 13,525 Mbd, India con 5,156 Mbd, Japón 3,854 Mbd, Arabia Saudita 3,724 Mbd, Rusia 3,228, Brasil 3,081, Corea del Sur 2,793, Canadá 2,447y Alemania 2,321 Mbd. Estos 10 países representan aproximadamente el 60 % del consumo mundial. (Análisis con base en datos de IEA, 2019a)



Gráfica 2.3 Principales países consumidores de petróleo en el mundo

Fuente. Diseño propio con base en datos de estadísticas mundiales IEA (2019a)

Los países con mayor producción de petróleo, con casi 70% de la producción total, son los responsables de cubrir la mayor parte de la demanda mundial, la gráfica 2.4 muestra que regiones como Asia tienen una demanda mucho más grande de la que podrían cubrir con su producción, sin embargo, esta es suplida por los fuertes productores del Medio Oriente, quien además contribuyen a cubrir la demanda que se tiene en Europa y el resto del mundo con apoyo de la producción de Rusia, mientras que Norte América tiene un equilibrio entre producción y consumo, según el análisis de datos publicados por *BP Statistical Review of World Energy*. (IEA, 2019a)



Gráfica 2.4 Producción y consumo mundial de petróleo por región
Fuente. Diseño propio con base en datos de IEA (2019a)

El mapa de producción y consumo de petróleo en el mundo (figura 2.2) muestra el nivel de consumo de petróleo, además se encuentran ubicados los países productores, como se puede ver los mayores puntos de producción se encuentran repartidos por todo el mundo, sin embargo, es necesario hacer uso de diferentes medios para que este recurso llegue a las regiones que lo demandan, a pesar de que Estados Unidos es el principal productor de petróleo del mundo, no logra suplir su demanda, pues su producción es de 16,700 Mbd y su consumo de 20,456 Mbd, por otra parte Arabia Saudita produce 12,300 Mbd y sólo consume 3,724 Mbd, por esto es que es el mayor exportador, China es el segundo país consumidor de

petróleo, para suplir su demanda requiere de 13, 525 Mbd y su producción es solo de 4,820 Mbd.

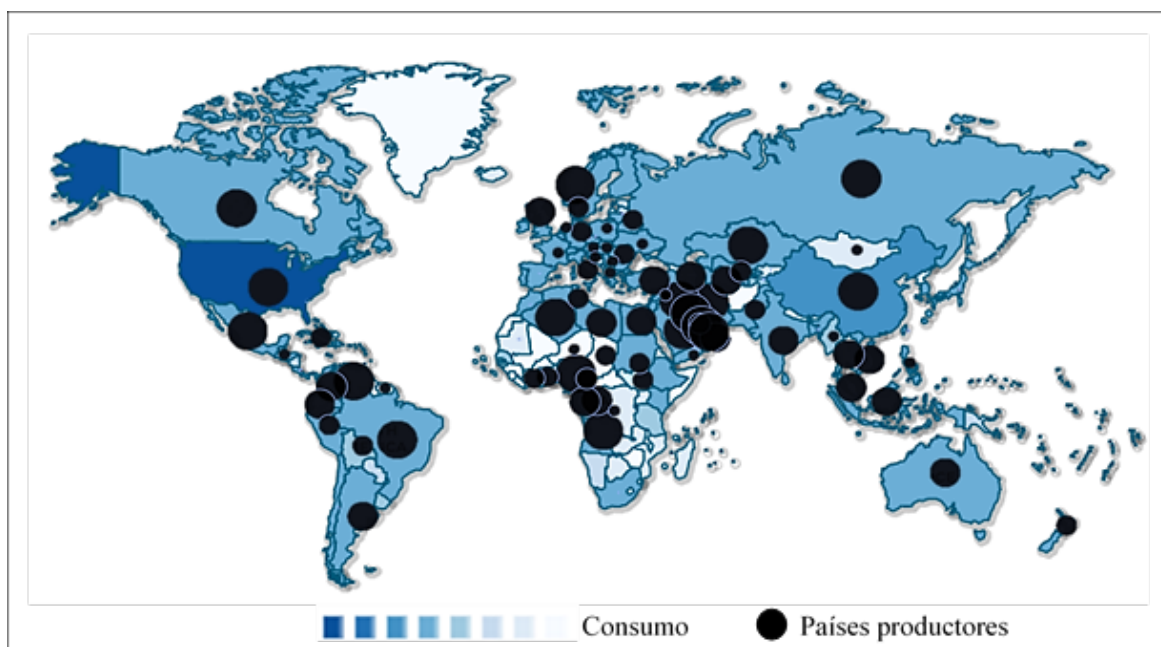


Figura 2.2 Mapa de producción y consumo de petróleo en el mundo

Fuente. Diseño propio con base en mapa de IndexMundi (2019). Disponible en:
<https://www.indexmundi.com/map/?v=91&l=es>

2.2 Matriz energética mundial

Fuentes de energía

La demanda de energía cada vez va en aumento, además de la preocupación por obtener dicha energía por fuentes más sustentables que la energía brindada por el petróleo, en los últimos años se ha recurrido a usar diferentes fuentes de energía, como energía solar, eólica, geotérmica, hidroeléctrica, nuclear, energía de las mareas, de las olas, de la biomasa y energía de hidrógeno.

Energía solar: es energía del sol que se convierte en energía térmica o eléctrica. La energía solar es la fuente de energía renovable más limpia y abundante disponible. Las tecnologías solares pueden aprovechar esta energía para una variedad de usos, incluida la generación de electricidad, el suministro de luz y el calentamiento de agua para uso doméstico, comercial o industrial. Hay tres formas principales de aprovechar la energía solar:

1. Energía fotovoltaica
2. Calefacción y refrigeración solar
3. Concentración de energía solar.

La energía fotovoltaica genera electricidad directamente de la luz solar a través de un proceso electrónico. Las aplicaciones de calefacción y refrigeración solar (*Solar Heating & Cooling*, SHC) y de energía solar concentrada (*Concentrating Solar Power*, CSP) utilizan el calor generado por el sol para proporcionar calentamiento de espacio o agua en el caso de los sistemas SHC, o para hacer funcionar turbinas generadoras de electricidad tradicionales en el caso de la energía CSP (SEIA, 2019).

Energía eólica: hay dos tipos básicos de turbinas eólicas, turbinas de eje horizontal y turbinas de eje vertical. La energía eólica transforma el viento en electricidad. Esto es gracias a los aerogeneradores, grandes molinos de entre 40 y 50 metros de altura y con hélices de hasta 23 metros de diámetro. La fuerza del viento hace que se mueva la hélice del aerogenerador que, gracias al rotor de un generador, convierte esta fuerza en energía eléctrica. El tamaño de las turbinas eólicas varía ampliamente. La longitud de las palas es el factor más importante para determinar la cantidad de electricidad que puede generar una turbina eólica. Las pequeñas turbinas eólicas tienen capacidad de generación de electricidad de 10 kilovatios (kW), mientras que las turbinas eólicas más grandes en operación tienen capacidades de generación de electricidad de hasta 10,000 kW (EIA, 2019a).

Energía nuclear: la energía nuclear se genera al dividir los átomos para liberar la energía contenida en el núcleo de esos átomos. Los enlaces se pueden romper mediante fisión nuclear. Durante la fisión nuclear, un neutrón colisiona con un átomo de uranio y lo divide, liberando una gran cantidad de energía en forma de calor y radiación. También se liberan más neutrones cuando se divide un átomo de uranio. Estos neutrones continúan colisionando con otros átomos de uranio, y el proceso se repite una y otra vez. Este proceso se llama reacción nuclear en cadena. Esta reacción se controla en reactores de centrales nucleares para producir la cantidad deseada de calor (EIA, 2019b).

Energía hidroeléctrica: las plantas hidroeléctricas deben estar cerca de una fuente de agua, la cantidad, el flujo y el cambio de elevación del agua determinan la cantidad de energía que se genera. El agua que fluye rápidamente en un gran río o el agua que desciende rápidamente

desde un punto alto transporta una gran cantidad de energía en su flujo. El agua fluye por una tubería para empujar las palas de una turbina y hacerlas girar, para posteriormente hacer girar un generador para producir electricidad. En un sistema de pasada, la fuerza de la corriente aplica presión sobre una turbina. En un sistema de almacenamiento, el agua se acumula en depósitos creados por presas y se libera según sea necesario para generar electricidad (EIA, 2019c).

Biocombustibles: los biocombustibles están hechos de materiales de biomasa, aceites vegetales o grasas, son usados como combustibles para el transporte, como el etanol y el biodiesel (EIA, 2019d).

Carbón: el carbón es una roca orgánica, formada a partir de materia vegetal terrestre que se ha acumulado durante años. Este combustible sólido puede producir energía a través de la combustión y, debido a que es bastante abundante, sigue siendo uno de los tipos de combustible más baratos. La combustión del carbón produce cenizas, dióxido de carbono (CO_2), dióxidos de azufre (SO_2) y óxidos de nitrógeno (NO_x), en cantidades mayores que las producidas en la combustión de otros combustibles fósiles (Foro Nuclear, 2010).

Gas natural: el gas natural es una mezcla gaseosa de hidrocarburos ligeros, está compuesto principalmente de gas metano (CH_4) que se puede extraer de depósitos asociados con el petróleo o en algunos en los que se encuentra por sí solo. En términos de riesgo de contaminación, el gas natural es el combustible más limpio entre los fósiles. Tiene varios usos industriales y domésticos prácticos, como calefacción y transporte, como combustible para calderas y como materia prima para la industria química (producción de amoníaco, tensioactivos, fertilizantes, plástico, etc.)

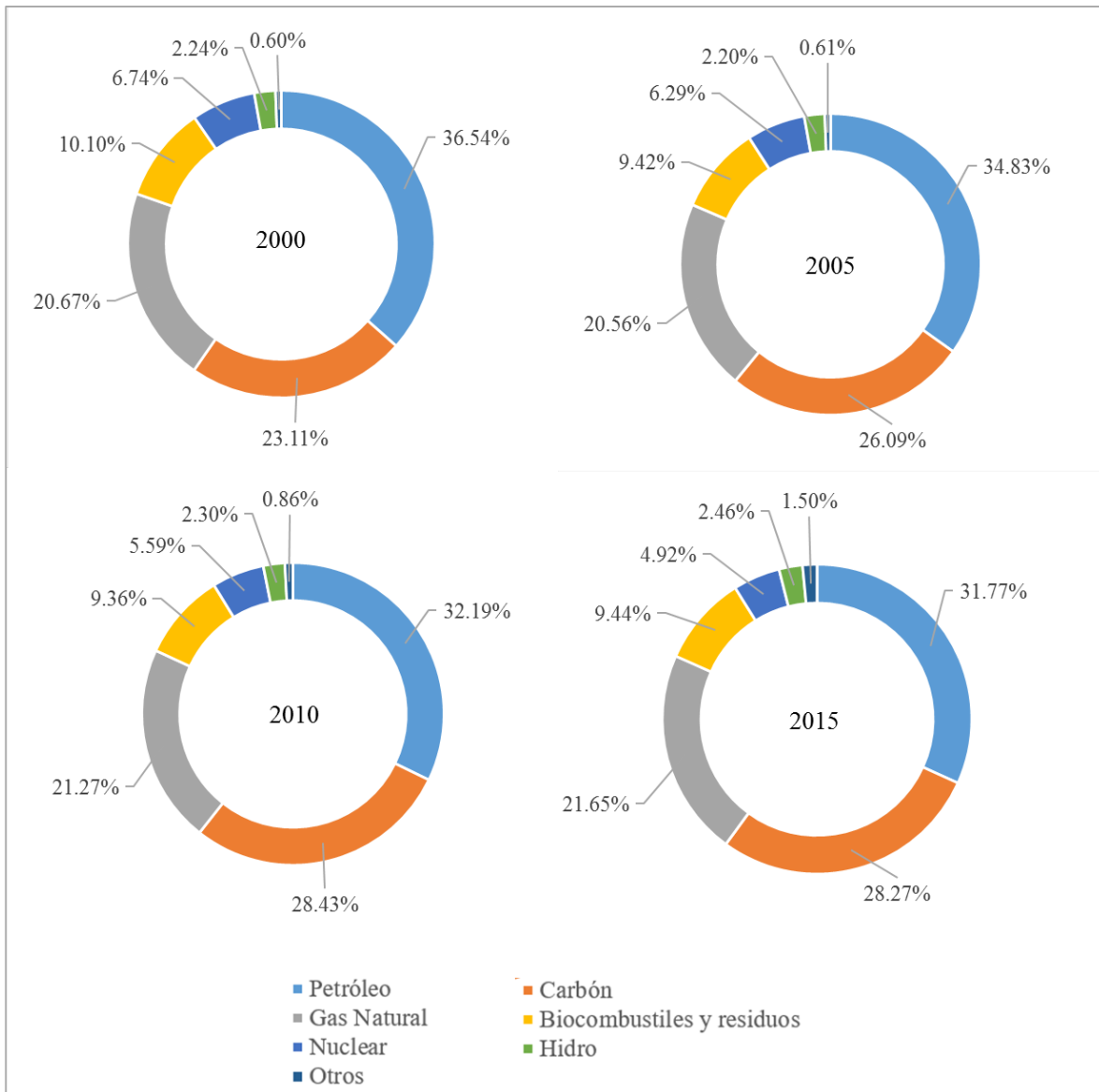
Análisis de Matriz Energética

En el mundo hay más de 7.700 millones de personas, hasta noviembre de 2019 hubo un crecimiento de más de 82,375 habitantes (Naciones Unidas, NU, 2019), este crecimiento poblacional, los avances tecnológicos y científicos han resultado en un incremento en la demanda mundial de energía para el desarrollo socioeconómico y la mejora de la calidad de vida de la población. Desde 1859, cuando se perforó el primer pozo en Titusville, los combustibles fósiles han sido la mayor fuente para la producción de energía, sin embargo, el uso de estos combustibles conlleva a emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). La

preocupación ambiental, aunado al aumento en la demanda, ha impulsado el interés en la mayoría de los países por diversificar su matriz energética, este interés se ha visto reflejado en el aumento de las inversiones en energías renovables. (Gomes y Guimaraes, 2018)

La producción de energía primaria tiene una relación directa con el aumento de la demanda, para asegurar el abastecimiento de energía se hace uso de diferentes fuentes de energía, además de los combustibles fósiles, biocombustibles, energía nuclear, hidroenergía, entre otras fuentes son las encargadas de cubrir la demanda de energía en el mundo.

Los combustibles fósiles han contribuido en gran parte a la producción mundial de energía, la gráfica 2.5 permite realizar una comparativa de los cambios en el sector energético a lo largo de 15 años , representado en cuatro escenarios, la demanda de energía primaria aumento 26.45% en ese periodo, donde el petróleo tuvo un aporte de más de 30%, mientras que los combustibles fósiles aportaron más del 80% de la producción total, sin embargo, a lo largo de estos quince años el petróleo ha disminuido 4.77% en la participación de la demanda de energía primaria y por otra parte la participación de combustibles fósiles tuvo un crecimiento de 1.66%, este aumento debido al crecimiento en la producción de gas natural y de carbón. En cuanto a las energías renovables, la energía eólica y la energía solar crecieron un 0.90% en el periodo analizado, siendo las que presentaron mayor desarrollo, seguido por la hidroenergía.



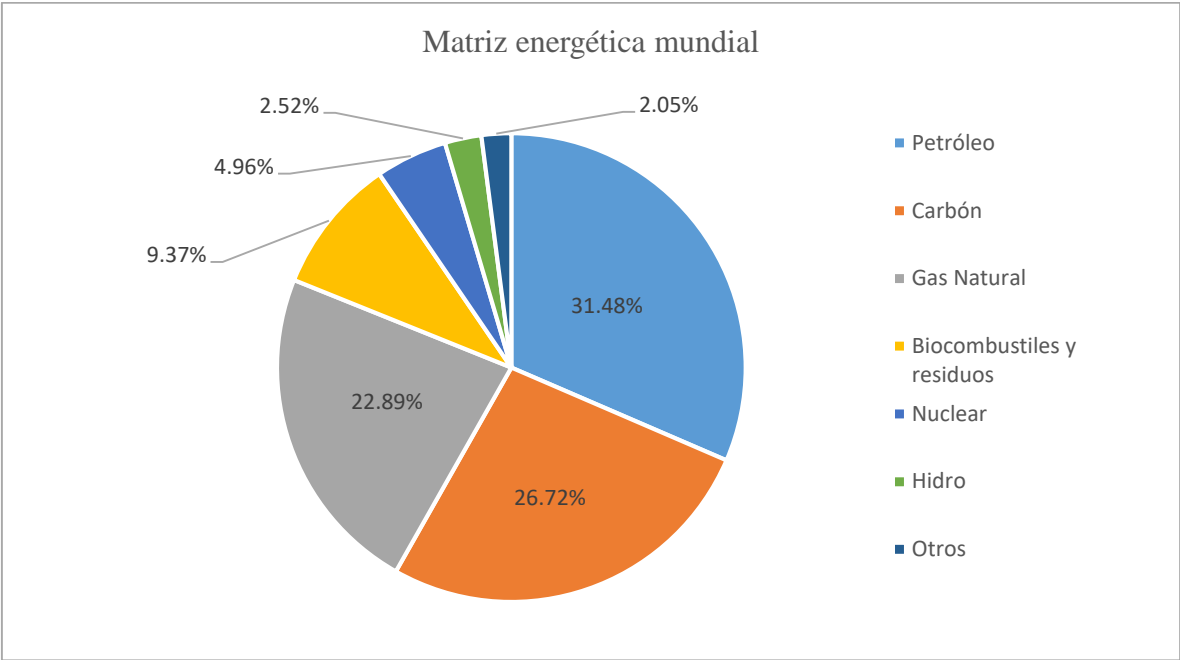
Gráfica 2.5 Escenarios comparativos de la matriz energética mundial

Nota: se considera principalmente energía eólica y solar en la categoría otros

Fuente. Diseño propio con base en datos de IEA (2019c)

2018 fue un año en el que se favoreció la energía, debido a un aumento de demanda de países como Estados Unidos y China principalmente, las energías renovables continúan con un ritmo de crecimiento en la producción de energía, pues cada vez más lugares tienen acceso a este tipo de energía. La producción de energía en 2018 creció un 30% comparada con la producción del año 2000, con este aumento en la demanda de energía resultó inevitable el impacto ambiental, según datos reportados en el *World Energy Outlook 2019*, por la IEA, las emisiones de dióxido de carbono relacionadas con la producción de energía del año 2018

alcanzaron un máximo histórico, con un aumento de 1.9% anual, el cual fue el aumento más grande desde el año 2013. Durante el periodo de 2000 a 2018 las emisiones de dióxido de carbono aumentaron de 23.1 GigaToneladas (Gt) a 33.2 Gt, un 30% en 18 años, a pesar del aumento en la producción de energía renovable la cantidad de emisiones no se ha logrado disminuir. La producción de energía solar, eólica y de gas natural son las que han presentado mayores aumentos reflejado en la contribución a cubrir la demanda energética mundial. A pesar de que el crecimiento más evidente en los últimos años es el de energías renovables, la producción de combustibles fósiles para la demanda de energía mundial se mantiene por encima del 80% como se muestra en la gráfica 2.6. (IEA, 2019d)



Gráfica 2.6 Matriz energética mundial 2018
Fuente. Diseño propio con base en datos de IEA (2019c)

2.3 La industria del petróleo su estadística económica

Precio del petróleo

El precio del petróleo ha presentado cambios a lo largo de su historia, debido a que el precio se estima por medio de diferentes factores que tienen influencia en esta industria. Existe una gran variedad de tipos de petróleo que se ofertan en el mundo, cada uno con diferentes características, por esto se han determinado tipos de petróleo de referencia. Desde la calidad del petróleo, hasta factores económicos, políticos, incluso naturales, son puntos clave en la

determinación del precio de petróleo que se oferta en el mundo, en los siguientes apartados se describen algunos de los factores involucrados.

Transporte de petróleo.

El transporte del petróleo desde el pozo o el campo hasta refinerías y después a los clientes, es uno de los puntos más importantes de la cadena de valor del petróleo. Esta operación se puede realizar por medio de oleoductos o de buquetanques, la distribución de petróleo requiere una gran coordinación en la que están involucrados diferentes factores que se describen a continuación.

- La distancia a la que tiene que transportarse el petróleo determina la forma en la que se va a mover, si las distancias son cortas, puede transportarse por camiones, para distancias más largas es necesario hacer uso de los buquetanques u oleoductos.
- La red por la que se distribuye el petróleo está afectada por las diferencias de interés entre propietarios, organizaciones y gobiernos.
- Durante el transporte del petróleo es necesario tener en cuenta que pueden existir volcamientos, fugas, accidentes en tuberías o derrames, por esta razón el transporte de petróleo debe seguir lineamientos para asegurar la protección al ambiente (Inkpen y Moffett M., 2011).

Los oleoductos son tuberías utilizados para transportar petróleo desde el lugar de extracción hasta el lugar de embarque o hacia el lugar en el que se refinará, el transporte por oleoductos es la manera más fácil y rápida de transportar petróleo, ya sea por tierra o por agua, además de que el costo, en el caso de oleoductos terrestres, es menor comparado con otras alternativas para el transporte. Los oleoductos se construyen con tubos de acero o plástico, con diámetros internos de 48 pulgadas (122 cm), regularmente los oleoductos se encuentran a una profundidad de 3 a 6 pies de la tierra. Es importante que en la construcción de los oleoductos se considere la distancia requerida, la presión con la que se requiere impulsar el petróleo y las condiciones de terreno por donde se va a construir el oleoducto, para que el petróleo llegue a su destino, dependiendo la distancia a recorrer, es indispensable colocar estaciones de bombeo, esto permite controlar la fuerza con la que es impulsado el petróleo y superar las condiciones geográficas difíciles. Los oleoductos también cuentan con válvulas para controlar el paso del petróleo en todo el recorrido (Inkpen y Moffett M., 2011).

Tipos de petróleo de referencia.

En el mundo existen cientos de tipos de petróleo, de cada zona de producción se extrae petróleo con diferentes características, con diferente densidad, contenido de azufre, composición, estas características definen la cantidad de productos que se obtendrán, además de que son clave para definir la calidad. El precio de los diferentes tipos de petróleo se determina en relación a algún petróleo de referencia, cuyas características son conocidas. Los dos tipos de petróleo de referencia más utilizados son el *West Texas Intermediate* (WTI) y el Brent.

Brent. Mercado Brent es el nombre que se le da al conjunto de quince tipos de petróleo procedentes de campos de extracción en los sistemas de Brent y Ninian, de los campos del mar del Norte y cotiza en el *International Petroleum Exchange* (IPE). Este mercado se trata principalmente del comercio de la mezcla británica de petróleo Brent. La producción de crudo de Europa, África y Oriente sigue la tendencia marcada por los precios del petróleo Brent, el crudo Brent tiene una gravedad API de 38.3° y un contenido de 0.37% de azufre.

WTI. El comercio de WTI se centra en los contratos de petróleo ligero y dulce provenientes de Estados Unidos y cotiza en el *New York Mercantile Exchange* (Nymex). El WTI tiene una gravedad API de 39.6°, lo que lo convierte en un crudo ligero y contiene aproximadamente 0.24% de azufre, por lo que se trata de un crudo dulce. Es considerado un petróleo de muy alta calidad, aún más que el Brent, por lo que su precio es mayor.

Cambios en el precio del petróleo.

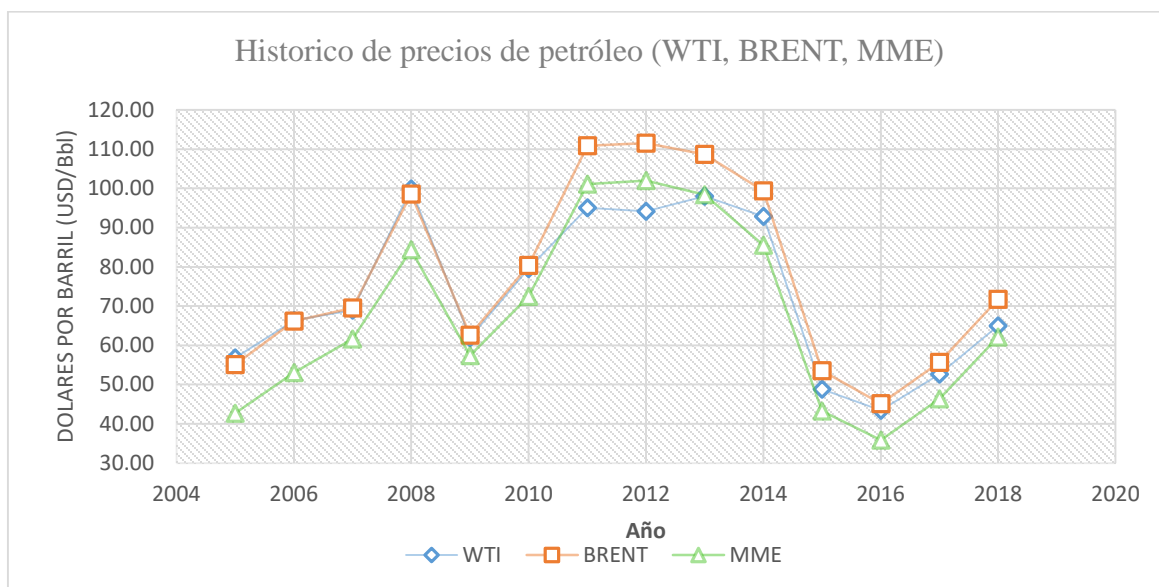
En la industria del petróleo los precios son cambiantes, estos cambios son principalmente determinados por la relación entre la oferta y la demanda de este valioso recurso, la OPEC, que está constituida por 14 países que exportan petróleo, regula el precio del petróleo mediante el control de la oferta, la OPEC se formó como protección contra la carrera hacia el abismo en cuanto a los precios, que resultaría en un rápido agotamiento de las reservas de petróleo en los países con mayor producción. La OPEC regula la producción por medio de cuotas, lo que garantiza a los miembros un buen precio incluso si por un tiempo la producción fuera menor. (OPEC, 2019a) El precio también está influenciado por impactos exógenos, como desastres naturales, guerras o inestabilidad política, los problemas en la economía de

los principales países consumidores, así como los acontecimientos económicos mundiales también son causantes de los cambios de precio del petróleo. Por otra parte, la matriz energética mundial se está diversificando y lo hará cada vez más con el paso del tiempo, esto puede resultar en un descenso en la dependencia mundial de petróleo y por consiguiente en una baja en sus precios (Inkpen y Moffett M., 2011), pero en este escenario la OPEC podría intervenir, reduciendo la oferta de petróleo para mantener los precios a un nivel rentable. Estos factores son algunos de los que definen las variaciones del precio del petróleo en el mercado mundial, a continuación, se describen estas alteraciones, que además se representan en la gráfica 2.7.

En el año 2005 el precio del petróleo Brent cerró el año con un promedio de 55.07 dólares por barril, el WTI en 56.81 dólares por barril y la Mezcla Mexicana (MME) casi 10 dólares por debajo, con 42.71 dólares por barril. De 2003 a 2005 el precio del petróleo BRENT y WTI empezó a ascender hasta alcanzar un precio máximo en el 2008 de casi 100 dólares por barril, mientras que la MME se mantuvo por debajo del WTI y el BRENT, sin embargo, también mostro un máximo en 2008, vendiéndose a 84.30 dólares el barril. El alza de los precios de petróleo se debió precisamente a los factores que se han expuesto, en 2008 el huracán Katrina en el golfo de México, afecto a una gran cantidad de refinerías en Estados Unidos, además el aumento en la demanda de China e India y la oferta fija por parte de la OPEC, fue otro factor que influenció el alza de precios. Sin embargo, al terminar el año, una recesión global aunada a la disminución de demanda, además de un ascenso en la oferta de fuentes de energía renovable, provocó que el precio del petróleo disminuyera hasta cerca de 60 dólares por barril. De 2009 a 2013 el precio del petróleo aumento pues las economías se reactivaron, además las economías emergentes como Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica, provocaron que la demanda aumentara.

Desde el año 2014 el precio del petróleo disminuyó debido a la desaceleración de la economía China, la baja demanda de petróleo en Europa en consecuencia de un uso más implementado de energías renovables, además del aumento en la producción de petróleo no convencional por parte de Estados Unidos. En abril de 2016 en Doha, el fracaso de las negociaciones de países productores para fijar la oferta a cierto nivel para alzar los precios, fue causante de que

los precios ya bajos, disminuirían más, debido a la negativa de Arabia Saudita para llegar a un acuerdo con Irán y Rusia.



Gráfica 2.7 Histórico de precios de petróleo

Fuente. CME Group (2017), SIE (2017) y SIE (2019c)

Importaciones y exportaciones de petróleo

Todos los países del mundo son consumidores de productos derivados del petróleo, pero no todos producen, la oferta de petróleo se basa principalmente en 10 países, pues tan solo estos 10 países producen el 70% de la producción total de petróleo en el mundo. En las últimas décadas, las grandes economías se convierten en países importadores de petróleo, este comercio no solo resulta en beneficios económicos, sino que también da lugar a problemas geopolíticos que involucran a países consumidores y productores. En la figura 2.3 se muestran los diferentes movimientos comerciales de petróleo en el mundo, el Medio Oriente es responsable de los mayores flujos comerciales de petróleo, entre los principales países exportadores de esta región se encuentra Arabia Saudita, Iraq y Kuwait. Los flujos provenientes del Medio Oriente tienen como principal destino Asia, seguido por Europa, además de que contribuye a satisfacer la demanda de petróleo de Estados Unidos, países de África, entre otros. Rusia es también uno de los principales países exportadores de petróleo, su principal comercio es principalmente con Asia, Europa y algunos países pertenecientes al CIS. Mientras que Canadá exporta una cantidad considerable de petróleo hacia Estados

CAPÍTULO 3

LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO EN MÉXICO 2012-2019

3.1 Reforma energética

La reforma energética es una reforma constitucional que se presentó el 12 de agosto de 2013, iniciativa que fue presentada por el presidente Enrique Peña Nieto. El Senado de la República aprobó la reforma el 11 de diciembre de 2013 y un día después se aprobó por la Cámara de Diputados. El Ejecutivo promulgó la Reforma Energética la cual fue publicada el 20 de diciembre de 2013 en el diario Oficial de la Federación (DOF, 2013a).

La Reforma Energética de 2013 modificó 3 artículos de la Constitución Mexicana, se trató de los artículos 25, 27 y el 28, además en la reforma se establecieron 21 artículos transitorios, con la Reforma energética se pretende el aprovechamiento eficiente de los recursos energéticos, de manera sustentable y con apego a los principios de soberanía nacional. Con las modificaciones realizadas se esperaba aumentar el potencial del sector energético, aumentar la producción de energía más limpia y de menor costo, el incremento de la renta petrolera mientras se protege el ambiente.

Se reformaron los párrafos cuarto, sexto y octavo del artículo 25, el párrafo sexto del artículo 27, los párrafos cuarto y sexto del artículo 28, además se agregó un párrafo séptimo al artículo 27 con lo cual se reordenó y un párrafo octavo en el artículo 28, recorriéndose los subsiguientes en su orden (CPEUM, 2019). Un análisis de estos cambios en la Constitución permite ver que:

Artículo 25, el artículo 25 establece que el sector público estará a cargo de las áreas estratégicas, que el Gobierno Federal mantendrá la propiedad y el control sobre los organismos y Empresas Productivas del Estado (EPE) y ahora también se mostrará apoyo a empresas privadas. La Nación llevará a cabo la planeación y el control del sistema eléctrico nacional y del servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica, así como de la exploración y extracción de petróleo y demás hidrocarburos, estas actividades se regularán conforme al artículo 27, en el artículo 25 también se establecen las condiciones para incluir al sector privado en el desarrollo económico nacional, por último establece que la ley protegerá la actividad económica que realicen los particulares y proveerá las condiciones para que el desenvolvimiento del sector privado contribuya al desarrollo económico nacional, promoviendo la competitividad e implementando una política nacional para el desarrollo industrial sustentable (DOF, 2013a).

Artículo 27, las actividades que se abordan en el artículo 25 serán dominio de la Nación y es inalienable e imprescriptible, además establece que la explotación y el uso de los recursos, por los particulares podrá realizarse mediante concesiones otorgadas por el Ejecutivo Federal.

- Los hidrocarburos seguirán siendo propiedad del Estado.
- La exploración y la extracción de petróleo será realizada por el Estado a través de asignaciones con Empresas Productivas del Estado y contratos con empresas privadas.
- Las EPE podrán asociarse con privados.
- Los hidrocarburos del subsuelo son propiedad de la nación sin importar las asignaciones y contratos con privados.
- La planeación y el control del sistema energético lo realizara el Estado.
- La distribución de electricidad corresponde exclusivamente a la Nación, sin embargo, se pueden celebrar contratos con el sector privado.
- En el caso de minerales radioactivos no se otorgarán concesiones. (DOF, 2013a)

Artículo 28, los cambios en este artículo establecen que el Estado tendrá un banco central, el cual tendrá como objetivo procurar la estabilidad del poder adquisitivo de la moneda nacional, 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, el cual se encargará de recibir, administrar y distribuir los ingresos que resulten de las asignaciones y contratos. En su modificación también se incluye que el Poder Ejecutivo contará con órganos reguladores coordinados en materia energética, denominados Comisión Nacional de Hidrocarburos y Comisión Reguladora de Energía, en los términos que determine la ley, además Pemex y la Comisión Federal de Electricidad (CFE) quienes fueran organismos descentralizados ahora pasarían a ser empresas productivas del Estado (DOF, 2013a).

Objetivos de la reforma energética

En el documento de la Reforma Energética se establecen explícitamente los objetivos y los organismos vinculados en las actividades de la industria en México. La Reforma Energética proyecta:

1. Mantener la propiedad de la Nación sobre los hidrocarburos que se encuentran en el subsuelo.
2. Modernizar y fortalecer, sin privatizar, a Pemex y a la CFE como Empresas Productivas del Estado, 100% públicas y 100% mexicanas.
3. Reducir la exposición del país a los riesgos financieros, geológicos y ambientales en las actividades de exploración y extracción de petróleo y gas natural.
4. Permitir que la Nación ejerza, de manera exclusiva, la planeación y control del Sistema Eléctrico Nacional, en beneficio de un sistema competitivo que permita reducir los precios de la energía eléctrica.
5. Atraer mayor inversión al sector energético mexicano para impulsar el desarrollo del país.
6. Contar con un mayor abasto de energéticos a mejores precios.
7. Garantizar estándares internacionales de eficiencia, calidad y confiabilidad de suministro energético, así como transparencia y rendición de cuentas en las distintas actividades de la industria energética.
8. Combatir de manera efectiva la corrupción en el sector energético.
9. Fortalecer la administración de los ingresos petroleros e impulsar el ahorro de largo plazo en beneficio de las futuras generaciones.
10. Impulsar el desarrollo, con responsabilidad social y ambiental. (Gobierno de la República, 2014)

Organismos reguladores

La Reforma Energética, además de las modificaciones en algunos artículos de la constitución y la inclusión de artículos transitorios, también trajo una nueva estructura institucional en la que se definieron actividades a los órganos existentes y se crearon órganos reguladores que no se incluían antes de esta reforma.

Comisión Reguladora de Energía (CRE), la CRE tendrá personalidad jurídica propia, autonomía técnica y de gestión además de autosuficiencia presupuestaria. La CRE emitirá permisos para llevar a cabo el almacenamiento, transporte y distribución por ducto de petróleo, gas y petrolíferos, etano, propano, butano, y nafas, además la CRE emitirá la regulación para las ventas de primera mano de dichos productos.

Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH), la CNH tendrá personalidad jurídica propia, autonomía técnica y de gestión además de autosuficiencia presupuestaria. El objetivo de la comisión es regular y supervisar la exploración y extracción de hidrocarburos.

Centro Nacional de Control del Gas Natural (CENAGAS), fue creado con el fin de mejorar la administración y operación del Sistema Nacional de Gasoductos (SNG), CENAGAS está encargado de administrar, coordinar y gestionar la red de ductos y el almacenamiento de gas natural, debe facilitar el acceso y coordinar la capacidad de reserva de las redes de transporte a los productores, comercializadores y consumidores finales. (Gobierno de la República, 2014)

Legislación secundaria.

La legislación secundaria elaborada por el Poder Legislativo, consta de 21 leyes, de las cuales 9 leyes son nuevas y a 12 más se les realizaron modificaciones. La legislación secundaria detalla el alcance de la Reforma Energética, las definiciones, los objetivos, funciones, responsabilidades, los procesos a seguir en la toma de decisiones, además de la forma de reportar al público información referente al sector energético. Esta legislación da especificaciones sobre las actividades que realiza cada organismo.

Secretaría de Energía, la SENER es la encargada de emitir permisos para el tratamiento y la refinación de petróleo, así como el procesamiento de gas natural.

CENAGAS, la infraestructura que administra este centro está conformada por ductos de transporte e instalaciones de almacenamiento de gas natural y equipos de compresión, licuefacción, descompresión, regasificación y demás instalaciones vinculadas a la infraestructura requerida para el transporte y almacenamiento de gas natural

Ley de Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética, esta ley manifiesta las funciones que debe realizar el Consejo de Coordinación del Sector Energético. Entre las

funciones que se deben realizar se encuentra la difusión de la política energética establecida por la SENER, analizar y validar los programas de trabajo de la CNH y la CRE, implementar sistemas de información compartida y analizar casos específicos que pudieran tener efectos en el desarrollo y cumplimiento de la política energética.

Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo, el Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo se encarga de captar los recursos fiscales que resulten de los proyectos de exploración y explotación de petróleo y gas (que no sean impuestos), la figura 3.1 describe la distribución de los recursos y las consideraciones a tener en la administración de estos.

- Se debe asegurar que los ingresos petroleros considerados en el Presupuesto de Egresos de la Federación se mantengan en 4.7% del PIB
- Los ingresos adicionales obtenidos de las asignaciones y contratos con el sector privado se deben destinar a una cuenta de ahorro de largo plazo para alcanzar, como mínimo, recursos equivalentes a 3% del PIB del año anterior, cuando se logre este mínimo, se deben seguir ahorrando por lo menos 40% de los ingresos para que posteriormente se destine a otros rubros.

Cuando los rendimientos financieros sean iguales o mayores a 10% del PIB del año anterior, los recursos serán enviados a la Tesorería de la Federación (Gobierno de la República, 2014).

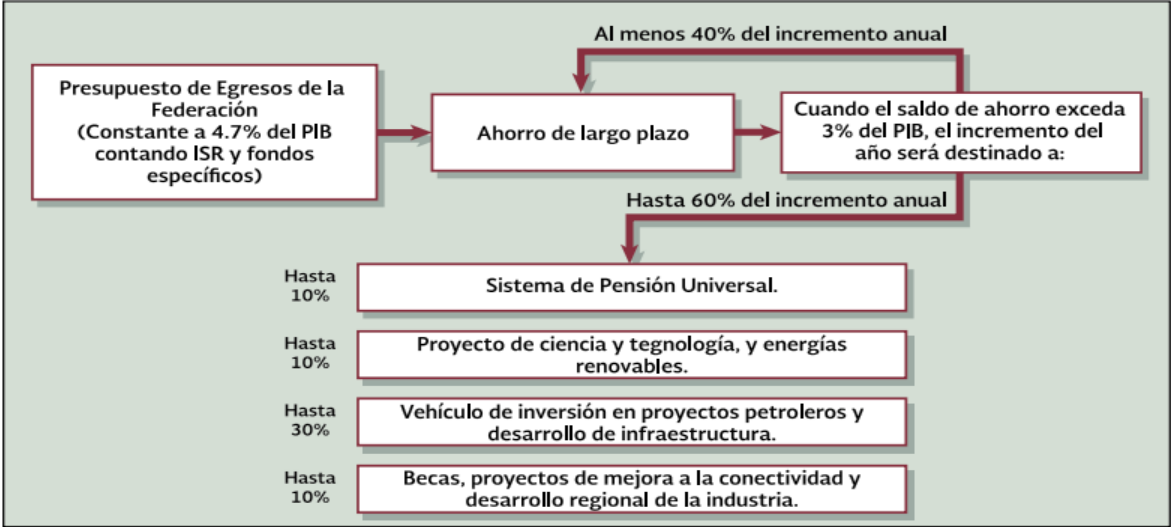


Figura 3.1 Funcionamiento del Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo

Fuente. Gobierno de la República (2014)

Empresas Productivas del Estado








La Reforma Energética brinda la oportunidad de que Pemex y CFE puedan operar con mayor flexibilidad operativa. Antes de la Reforma Energética Pemex se encargaba de todos los proyectos referentes al petróleo, hidrocarburos, gas y demás productos derivados, Pemex asumía todos los riesgos que resultaran de estos proyectos, debido a esto Pemex enfrentaba retos relacionados con su producción. Por otra parte, CFE era la única empresa en el país encargada de la transmisión y distribución de electricidad. Después de la reforma Pemex y CFE pasaron a ser Empresas Productivas del Estado, con esto se busca que estas empresas tengan autonomía presupuestaria, autonomía técnica, que puedan implementar mejores prácticas. La transformación de Pemex y de la CFE en Empresas Productivas del Estado generará incentivos para elevar su rendimiento y crear valor económico en beneficio de la Nación. Las modificaciones de la organización de los consejos de administración de Pemex y CFE se describen en la tabla 3.1, bajo esta organización el cargo de los consejeros independientes durará 5 años con posibilidad de ser reelegibles, estos consejeros no deberán ser funcionarios públicos y deben tener experiencia en la industria (Gobierno de la República, 2014).

Tabla 3.1 Consejo de Administración de Pemex y CFE

Pemex	CFE
<p>Con base en la Ley de Petróleos Mexicanos (LPM 2014), artículo 15, el Consejo de Administración estará integrado por diez consejeros, conforme a lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El titular de la Secretaría de Energía, quien lo presidirá y tendrá voto de calidad y el titular de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público. • Tres consejeros del Gobierno Federal designados por el Ejecutivo Federal. • Cinco consejeros independientes, designados por el Ejecutivo Federal y ratificados por el Senado de la República, quienes ejercerán sus funciones de tiempo parcial y no tendrán el carácter de servidores públicos. 	<p>Con base en la Ley de la Comisión Federal de Electricidad (LCFE 2014), artículo 14, el Consejo de Administración estará integrado por diez consejeros, conforme a lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El titular de la Secretaría de Energía, quien lo presidirá y tendrá voto de calidad y el titular de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público. • Tres consejeros del Gobierno Federal designados por el Ejecutivo Federal. • Cuatro Consejeros Independientes designados por el Ejecutivo Federal y ratificados por el Senado de la República, quienes ejercerán sus funciones de tiempo parcial y no tendrán el carácter de servidores públicos. • Un consejero designado por los trabajadores de la Comisión Federal de Electricidad y sus empresas productivas subsidiarias.

Fuente. LPM (2014) y LCFE (2014)

Tabla 3.2 Modificaciones en el procesamiento de petróleo, gas natural y petroquímica debido a la Reforma Energética

	Antes de la Reforma	Después de la Reforma
Decisión de extraer el petróleo		
Exploración y extracción		Pemex y sector privado participan en la refinación del petróleo
Refinación de petróleo		Pemex y sector privado refinan petróleo, los permisos son otorgados por la SENER
Procesamiento de gas natural		Pemex y sector privado participan en el procesamiento de gas natural, los permisos son otorgados por la SENER
Petroquímica		Pemex y sector privado participan en la cadena productiva de la industria de petroquímica.
Generación de electricidad	CFE y participación de sector privado restringida por CFE.	CFE y mayor participación de otras empresas de sector privado.
Decisión sobre el mercado de electricidad		Arbitro independiente cuya labor es garantizar que la electricidad ofertada sea del menor costo posible.

Fuente. Gobierno de la República (2014) y Valderrábano M. (2017).

Ley de Inversión Extranjera

La reforma energética abre paso a la inversión del sector privado en la industria petrolera buscando un aumento en la producción de energía en México y a la vez reducir los precios de la energía, la Ley Inversión Extranjera (LIE), que fue reformada en 2014 y posteriormente en 2018, tiene dos principales objetivos, reflejar el nuevo marco constitucional respecto a las áreas estratégicas y fomentar la participación de inversión extranjera en los proyectos de exploración y extracción, así como en las actividades relacionadas a la industria que ya se han mencionado. Con esta ley es posible:

1. Derogar las actividades de petroquímica básica, la generación y comercialización de energía y la distribución de gas licuado de petróleo.
2. Permite la libre participación de la inversión nacional y extranjera en la comercialización de gasolina y la distribución de gas licuado de petróleo.
3. Permite la participación de la inversión extranjera en las actividades de explotación de embarcaciones, en cabotaje, navegación interior y tráfico de altura, siempre y

cuando se trate de servicios de apoyo a la exploración y extracción de hidrocarburos.

4. Permite la libre participación de la inversión extranjera en el suministro de combustibles y lubricantes para embarcaciones, aeronaves y equipo ferroviario.
5. Permite la libre participación de la inversión extranjera en la construcción de ductos para la transportación de petróleo y sus derivados, así como en la perforación de pozos petroleros y de gas.
6. Crea un mercado eléctrico que facilita la libre participación de la inversión nacional y extranjera en la generación y comercialización de energía eléctrica.
7. Permite la inversión nacional y extranjera en la transmisión y distribución de energía eléctrica, a través de contratos con el Estado. (LIE, 2018)

3.2 Concesiones

La Reforma Energética Constitucional trajo cambios en la industria petrolera en México, desde su publicación en el DOF se iniciarían cambios institucionales, legales y de mercado, entre los cambios legales se plantearon leyes secundarias en donde se definen los mecanismos por los cuales el Estado debe realizar las actividades de exploración y extracción de petróleo, propiciando un entorno que resulte atractivo para incentivar la inversión de privados.

La Ley de Hidrocarburos (LH), establece que la SENER, con la autorización previa de la CNH son responsables de otorgar las asignaciones para realizar actividades de exploración y extracción de hidrocarburos y, en caso de ser requerido, la SENER y CNH pueden hacer modificaciones en las asignaciones. Las asignaciones se otorgan a Empresas Productivas del Estado, se inicia en la Ronda Cero, en la que se otorgarán únicamente a Pemex, posteriormente se otorgan asignaciones a Pemex y otras Empresas Productivas del Estado

Por otra, parte los contratos para la exploración y extracción de hidrocarburos son concedidos por la CNH, en dichos contratos se establece que los hidrocarburos encontrados en el subsuelo son propiedad exclusiva de la nación.

- Los contratos pueden celebrarse entre la CNH y Pemex, Pemex asociado con particulares o con particulares.
- Se pueden realizar licitaciones a quien ofrezca las mejores condiciones económicas con un mayor compromiso de inversión.

- En los contratos se contempla la opción de rescisión administrativa por causas específicas, en caso de que ocurra la rescisión el contratista es acreedor a un finiquito.
- Cuando existen diferencias entre las partes que celebran el contrato, estas se resolverán de acuerdo a las leyes mexicanas.
- Se puede establecer una participación, no mayor a 30%, directa del Estado a través de Pemex o de un vehículo financiero, cuando se desee impulsar financieramente ciertos proyectos o cuando se busque promover la transferencia de tecnología y de conocimiento.
- El Estado participará directamente en la inversión de por lo menos 20% en las zonas donde pudiera haber un yacimiento transfronterizo. (LH, 2016)

La SENER, SHCP, CNH y la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente (ASEA) están dedicadas a llevar a cabo actividades para regular los contratos para la exploración y extracción, actividades que se describen en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Actividades realizadas por cada institución en la adjudicación de contratos para proyectos de exploración y extracción de hidrocarburos.

Institución	Actividad
SENER Secretaría de Energía	Selecciona las áreas para licitación de contratos, con asistencia técnica de la CNH. Aprueba y publica un plan quinquenal de licitaciones. Establece los lineamientos técnicos para establecer las bases de las licitaciones con opinión de la Comisión Federal de Competencia Económica (COFECE). Determina el tipo de contrato de acuerdo a las diferentes áreas, con opinión de la SHCP.
SHCP Secretaría de Hacienda y Crédito Público	Determina los términos económicos fiscales de los contratos. Verifica el correcto cumplimiento de las obligaciones fiscales y contractuales, incluyendo las operaciones del Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo.
CNH Comisión Nacional de Hidrocarburos	Lleva a cabo las licitaciones para celebrar los contratos para la exploración y extracción de hidrocarburos. Suscribe los contratos con el ganador de la licitación. Aprueba los planes de exploración y extracción. Autoriza la perforación de pozos.
ASEA Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente	Se encarga de supervisar y sancionar a los contratistas, garantizando la protección de las personas, los bienes y el ambiente.
Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo	Encargado de recibir todos los ingresos. Calcula y realiza los pagos establecidos en cada contrato. Administra los recursos que corresponden al Estado.

Fuente. Gobierno de la República (2014)

Programa Quinquenal de Licitaciones para la Exploración y Extracción de Hidrocarburos

En los artículos 29, fracción II y 31, fracción II, de la Ley de Hidrocarburos se establece que la SENER es la encargada de aprobar y emitir el Programa Quinquenal de Licitaciones para la Exploración y Extracción de Hidrocarburos, además, es labor de la SENER que dicho Plan se haga público. El Programa Quinquenal de Licitaciones para la Exploración y Extracción de Hidrocarburos 2015-2019 es un documento en el que se indican las bases para la definición de las licitaciones en un periodo de 5 años, en este Programa se consideran las áreas y los campos destinados a la exploración y extracción de hidrocarburos, ya sean yacimientos terrestres o marinos (SENER, 2020).

La Ley de Hidrocarburos también establece que es necesario hacer adecuaciones y actualizaciones cada mes al Programa Quinquenal, de manera que cada mes se realizaran las adecuaciones necesarias al Programa Quinquenal publicado el 30 de junio de 2015.

Ronda Cero.

La Ronda Cero se llevó a cabo del 20 de diciembre de 2013 al 27 de agosto de 2014, en esta ronda se hicieron 489 asignaciones a Pemex a través de la SENER y CNH, las asignaciones consisten en 108 destinadas a realizar actividades de exploración, 286 para actividades de extracción y por último 95 asignaciones en espera de ser licitadas.

En esta ronda se le asignó a Pemex un volumen de 20,589 Millones de barriles de petróleo crudo equivalente (MMbpce) de reservas 1P y 2P, con esta cantidad de reservas asignadas Pemex puede mantener una producción de 2.5 millones de barriles diarios por 15.5 años (SENER, 2020).

Ronda Uno.

La Ronda Uno comprendió un periodo del 11 de diciembre de 2014 al 17 de diciembre de 2015, esta ronda consistió en 4 licitaciones públicas internacionales para la adjudicación de contratos (véase tabla 3.4), en la Ronda Uno se contrató con empresas especializadas en las distintas áreas y campos para complementar las actividades asignadas a Pemex. La inversión fue estimada en \$41.5 miles de millones de dólares con la adjudicación de 38 contratos distribuidos de la siguiente forma:

Tabla 3.4 Contratos adjudicados en la Ronda Uno

Convocatoria	Contratos
Primera convocatoria (15 de julio de 2015)	2 contratos de producción compartida en aguas someras
Segunda convocatoria (30 de septiembre de 2015)	3 contratos de producción compartida en aguas someras
Tercera convocatoria (15 de diciembre de 2015)	25 contratos de licencia en zonas terrestres
Cuarta convocatoria (5 de diciembre de 2016)	8 contratos de licencia en aguas profundas

Fuente. Diseño propio con base en datos de SENER (2020)

Ronda Dos.

La Ronda Dos se realizó durante un año, del 20 de julio de 2016 al 20 de julio de 2017, comprendió 4 licitaciones públicas internacionales, en esta ronda se buscó priorizar las áreas exploratorias. En la Ronda Dos se adjudicaron 50 contratos, descritos en la tabla 3.5, con un estimado de inversión de \$103 miles de millones dólares.

Tabla 3.5 Contratos adjudicados en la Ronda Dos

Convocatoria	Contratos
Primera convocatoria (19 de junio de 2017)	10 contratos de producción compartida en aguas someras
Segunda convocatoria (12 de julio de 2017)	7 contratos de licencia en zonas terrestres
Tercera convocatoria (12 de julio de 2017)	14 contratos de licencia en zonas terrestres
Cuarta convocatoria (31 de enero de 2018)	19 contratos de licencia en aguas profundas

Fuente. Diseño propio con base en datos de SENER (2020)

Ronda Tres.

La Ronda Tres comenzó el 29 de septiembre de 2017, compuesta por una licitación pública internacional para la adjudicación de contratos, con esta ronda se busca consolidar las zonas de desarrollo petrolero que puedan generar mercados regionales. En una primera convocatoria realizada el 27 de marzo de 2018, se adjudicaron 16 contratos de producción compartida en aguas someras, con una inversión estimada de \$8.6 miles de millones de dólares.

Las adjudicaciones de los contratos durante las Rondas Uno, Dos y Tres se distribuyen en empresas ubicadas en América, Asia y Europa (tabla 3.6), la mayor cantidad de empresas petroleras que forman parte de los contratos resultantes de las tres rondas se encuentran en América del Norte, seguido de empresas europeas. (SENER, 2020)

Tabla 3.6 Empresas petroleras participantes en la adjudicación de contratos para la exploración y extracción de hidrocarburos en las Rondas Uno, Dos y Tres

País	Contratistas		
	Ronda Uno	Ronda Dos	Ronda Tres
América del Norte	32	17	2
Canadá	1	1	-
EUA	7	3	-
México	24	13	2
América del Sur	4	1	1
Argentina	2	-	1
Colombia	2	1	-
Asia	3	6	2
China	1	1	-
Japón	1	1	-
Malasia	1	1	1
Rusia	-	1	1
Qatar	-	1	-
Tailandia	-	1	-
Europa	6	7	9
Alemania		1	1
España		1	2
Francia	1	1	1
Holanda		1	1
Italia	1	1	1
Noruega	1	-	-
Reino Unido	3	2	3
Total general	45	31	14

Fuente. Diseño propio con base en datos de SENER (2019a)

3.3 La política energética 2019-2024

Las políticas públicas buscan orientar y organizar acciones para el desarrollo de un sector que se planea mediante objetivos, la figura 3.2 muestra los elementos para la definición de políticas, para este proceso se parte de un escenario actual del sector y el conjunto de estrategias para alcanzar una situación deseada, esto define la trayectoria para alcanzar los objetivos, las acciones se llevan a cabo mediante normativas, planes o programas. Las políticas deben pasar por estados intermedios para lograr la situación deseada, estos estados también deben estar definidos en la política, junto con las acciones planificadas, objetivos, metas y estrategias. Además, se debe tener claro que las políticas públicas no están aisladas ni son independientes de un contexto internacional vinculado con comercios globales y más

si se trata de política energética, que involucra al petróleo envuelto en proyectos internacionales (Organización Latinoamericana de Energía, OLADE, 2016).

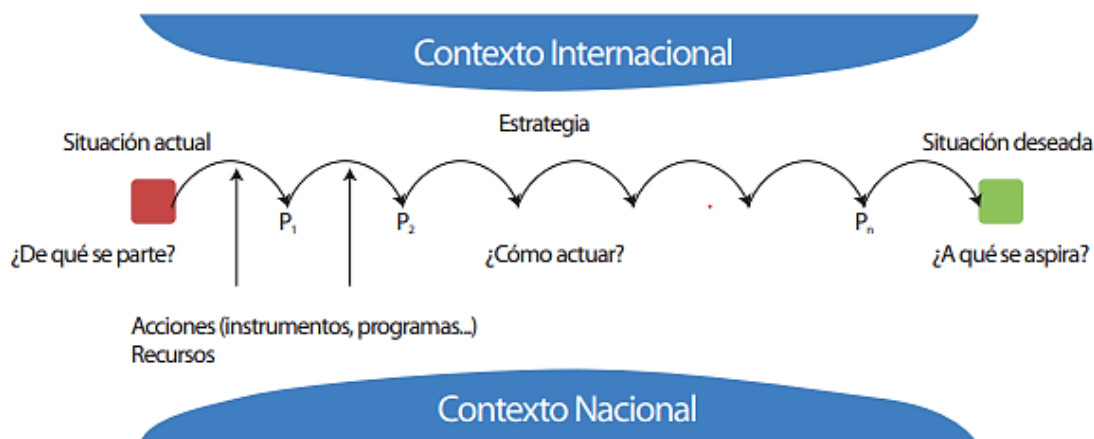


Figura 3.2 Elementos para la definición de una política pública

Nota: donde P_x representa las acciones

Fuente. OLADE (2003). Disponible en: <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0358.pdf>

Política energética 2013-2018

En el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, publicado el 20 de mayo de 2013 en el DOF, se planteó abastecer de energía al país con precios competitivos y calidad, fortaleciendo el abastecimiento regional de energía, se buscaba promover el uso eficiente de energía, además del uso de fuentes renovables impulsando nuevas tecnologías y mejores prácticas, debido a que entre el año 2000 y 2011, la producción de energía primaria tuvo una disminución promedio anual de 0.3% y el consumo aumento a un promedio anual de 2.1%.

El Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 propuso 31 objetivos para llevar a México a un mejor rumbo, el objetivo 4.6 se refiere al sector energético, el cual fue abastecer de energía al país con precios competitivos, calidad y eficiencia a lo largo de la cadena productiva, la estrategia a efectuar fue asegurar el abastecimiento de petróleo, gas natural y petrolíferos que demanda el país, implementando 7 líneas de acción para llegar a la situación deseada, es decir el cumplimiento del objetivo 4.6, las cuales se enlistan a continuación:

1. Promover la modificación del marco Institucional para ampliar la capacidad del Estado Mexicano en la exploración y producción de hidrocarburos, incluidos los de yacimientos no convencionales como los de lutita.
2. Fortalecer la capacidad de ejecución de Petróleos Mexicanos.
3. Incrementar las reservas y tasas de restitución de hidrocarburos.
4. Elevar el índice de recuperación y la obtención de petróleo crudo y gas natural.

5. Fortalecer el mercado de gas natural mediante el incremento de la producción y el robustecimiento en la infraestructura de importación, transporte y distribución, para asegurar el abastecimiento de energía en óptimas condiciones de seguridad, calidad y precio.
6. Incrementar la capacidad y rentabilidad de las actividades de refinación, y reforzar la infraestructura para el suministro de petrolíferos en el marco nacional.
7. Promover el desarrollo de una industria petroquímica rentable y eficiente. (DOF, 2013b)

Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024

El Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 publicado en el DOF el 12 de julio del 2019, plantea un rescate al sector energético, debido a que la reforma energética no ha traído los cambios planeados a Pemex y a CFE, el Plan Nacional incluye un apoyo al sector energético para que México reduzca sus importaciones de hidrocarburos, mediante la rehabilitación de las refinerías existentes, la construcción de una nueva refinería y la modernización de las instalaciones de propiedad del estado para la generación de electricidad, particularmente las hidroeléctricas, además se espera la rehabilitación de las plantas de producción de fertilizantes. (DOF, 2019) Se prevé una política energética sostenible, baja en emisiones y eficiente para garantizar la accesibilidad, calidad y seguridad energética, el Plan Nacional plantea restablecer la industria petroquímica, así como el sistema de refinación, con el fin de disminuir la dependencia nacional en las importaciones de petrolíferos y tener mayor seguridad energética, aparte de impulsar la industria petrolera, también se prevé una transición a energías renovables y de esta forma reducir la contribución por parte de México al cambio climático, para lograr esta transición se fortalecerá el capital humano y científico para impulsar el desarrollo científico y tecnológico orientado a lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

El objetivo 3.5 del Plan Nacional de Desarrollo dice textualmente, “Establecer una política energética soberana, sostenible, baja en emisiones y eficiente para garantizar la accesibilidad, calidad y seguridad energética”, este objetivo persigue el cumplimiento del indicador de la participación de la generación eléctrica con energías limpias, el cual establece una meta de 35.8% de participación de energías limpias, un 10.2% mayor que la contribución del año 2018. Para el cumplimiento de este objetivo se plantean 9 estrategias:

1. Fortalecer la posición financiera y la sostenibilidad de las empresas productivas del Estado, al tiempo que se genera valor económico y rentabilidad para el Estado mexicano.
2. Garantizar un entorno de previsibilidad y certidumbre regulatoria con base en reglas y criterios consistentes, transparentes y de fácil acceso para los actores regulados de la industria energética y que propicie el desarrollo del sector.
3. Incrementar la producción del sector energético nacional de manera sostenible, bajo principios de eficiencia, cuidando la seguridad industrial y promoviendo el contenido nacional y la inversión.
4. Orientar el uso de los hidrocarburos para elaborar productos con mayor valor agregado, promoviendo el uso de técnicas de eficiencia energética.
5. Asegurar el abasto sostenible de energéticos de calidad a las personas consumidoras, a precios accesibles.
6. Contribuir a la formación y fortalecimiento de capital humano y científico de alto nivel en el sector energético mexicano, de calidad mundial, tomando en cuenta su evolución y necesidades a largo plazo y bajo principios éticos, científicos y humanistas.
7. Garantizar los derechos de los pueblos indígenas y otros grupos sociales asentados en las áreas en donde se llevan a cabo las actividades en materia energética.
8. Fomentar la generación de energía con fuentes renovables y tecnologías sustentables, y coadyuvar a la reducción de las emisiones del sector energético, promoviendo la participación comunitaria y su aprovechamiento local, así como la inversión.
9. Identificar los riesgos de corrupción e ineficacia para prevenirlos y combatirlos en todos los procesos del sector energético. (Gaceta parlamentaria, 2019)

La política energética está guiada a impulsar el crecimiento de las Empresas Productivas del Estado, así como propiciar una mayor participación de energías renovables para el cumplimiento de la Ley General de Cambio Climático y la Ley de Transición Energética que dicta que para el año 2024 México debe generar 35% de electricidad a partir de energías limpias.

Agenda 2030

El 25 de septiembre de 2015 más de 150 líderes mundiales asistieron a la Cumbre de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible en Nueva York con el fin de aprobar la Agenda para el Desarrollo Sostenible, que tiene por título “Transformar Nuestro Mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”, esta agenda fue adoptada por 193 miembros de las Naciones Unidas. La Agenda 2030 incluye 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible y 169 metas guiados a poner fin en la pobreza, luchar contra la desigualdad y la injusticia, además de hacer frente al cambio climático sin que nadie se quede rezagado para el 2030. (NU, 2016a)

La agenda busca una activación de la comunidad internacional, los gobiernos, así como de los organismos de la sociedad civil, academia y el sector privado para hacer frente a tres elementos interconectados del desarrollo sostenible que son crecimiento económico, inclusión social y sostenibilidad ambiental. A continuación, se enlistan los 17 objetivos de la Agenda 2030.

1. Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo.
2. Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.
3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas edades.
4. Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos.
5. Lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y las niñas.
6. Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.
7. Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos.
8. Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.
9. Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.
10. Reducir la desigualdad en los países y entre ellos.
11. Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.

12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
14. Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.
15. Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad.
16. Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y construir a todos los niveles instituciones eficaces e inclusivas que rindan cuentas.
17. Fortalecer los medios de implementación y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.

La energía es vital para superar desafíos y aprovechar oportunidades, ya sea para los empleos, la seguridad, el cambio climático, la producción de alimentos o para aumentar los ingresos, por tanto, la Política Energética busca cumplir el objetivo número 7, que plantea 5 metas a cumplir en el año 2030:

1. Garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.
2. Aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas
3. Duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.
4. Aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias.
5. Ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países en desarrollo sin litoral, en consonancia con sus respectivos programas de apoyo. (NU, 2018)

México participó activamente desde la definición de la Agenda, participando en los foros de consulta, presentó propuestas para lograr la igualdad, inclusión social y económica. Además,

aporte enfoques para asegurar derechos básicos como la alimentación, educación, salud, seguridad social y servicios básicos. El compromiso de México para cumplir los ODS, específicamente el objetivo 7, se ve plasmado en la Política energética 2019-2024, en la que se busca un impulso al desarrollo de energías renovables y apoya la industria del petróleo para que en conjunto se logre seguridad energética para el país.

Para monitorear los avances en el cumplimiento de los ODS, en México se creó el Comité Técnico Especializado en Desarrollo Sostenible, en el que participa la Presidencia de la República en conjunto con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), se desarrolló el Plan de implementación de los ODS por parte de la Presidencia de la República y de la Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AMEXCID), con apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), por último implemento el Consejo Nacional de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. (NU, 2016b)

3.4 Análisis de la Matriz Energética 2012-2019

El sector energético crece tan rápido como el crecimiento económico y social crezcan, pues para que esto ocurra, es necesario prever de energía, debido a que la mayoría de las actividades realizadas están estrechamente ligadas con energía, desde el transporte de personas y mercancías, el funcionamiento de establecimientos comerciales, así como toda clase de industria. El suministro de energía es vital para el desarrollo humano, sin embargo, la preocupación por los daños al ambiente hace que se tenga que buscar alternativas para poder suplir la creciente demanda de energía y al mismo tiempo evitar que la problemática ambiental crezca, antes de implementar fuentes de energía renovables, el petróleo y sus derivados suplían la mayoría de la demanda, causando altos niveles de emisiones de GEI. Para reducir la mayor cantidad de emisiones de GEI es indispensable que sea cada vez más eficiente la producción y el uso de energía. Por estas razones se ha buscado invertir en fuentes de energía menos contaminantes.

En México se considera energía primaria a aquellos productos energéticos que se obtienen directamente de la naturaleza o con procesos de extracción, como carbón, petróleo, condensados, gas natural, energía nuclear, energía hidroeléctrica, energía geotérmica, energía eólica y biomasa.

Marco regulatorio para las energías renovables

Para que la industria energética con fuentes renovables pueda realizarse de manera adecuada, es indispensable que exista un marco normativo aplicable a las funciones que se desarrollan para la producción de energía, un marco regulatorio permite que las empresas que deseen pertenecer a esta industria adopten reglas con la finalidad de prevenir accidentes y minimizar riesgos.

El marco regulatorio en materia de energías renovables, es relativamente nuevo, sin embargo, existen varias regulaciones de manera indirecta, leyes que se encargan de regular combustibles fósiles, como el gas o petróleo, que en su contenido se encuentran disposiciones que se pueden vincular con la regulación de las energías renovables. Sin embargo, en los últimos años se han implementado leyes específicamente para regular las energías renovables.

Leyes indirectas.

- Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo de Petróleo, 29 de noviembre de 1958, última reforma en 2008.
- Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, 22 de diciembre de 1975, última reforma en 2012.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 8 de enero de 1988, última reforma en 2018.
- Ley de la Comisión Regulatoria de Energía, 31 de octubre de 1995, última reforma en 2008.
- Ley de Energía para el Campo, 30 de diciembre de 2002, última reforma en 2012
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, 25 de febrero de 2003, última reforma en 2018.
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, 8 de octubre de 2003, última reforma en 2018.
- Ley de Petróleos Mexicanos, 28 de noviembre de 2008, última reforma en 2014.

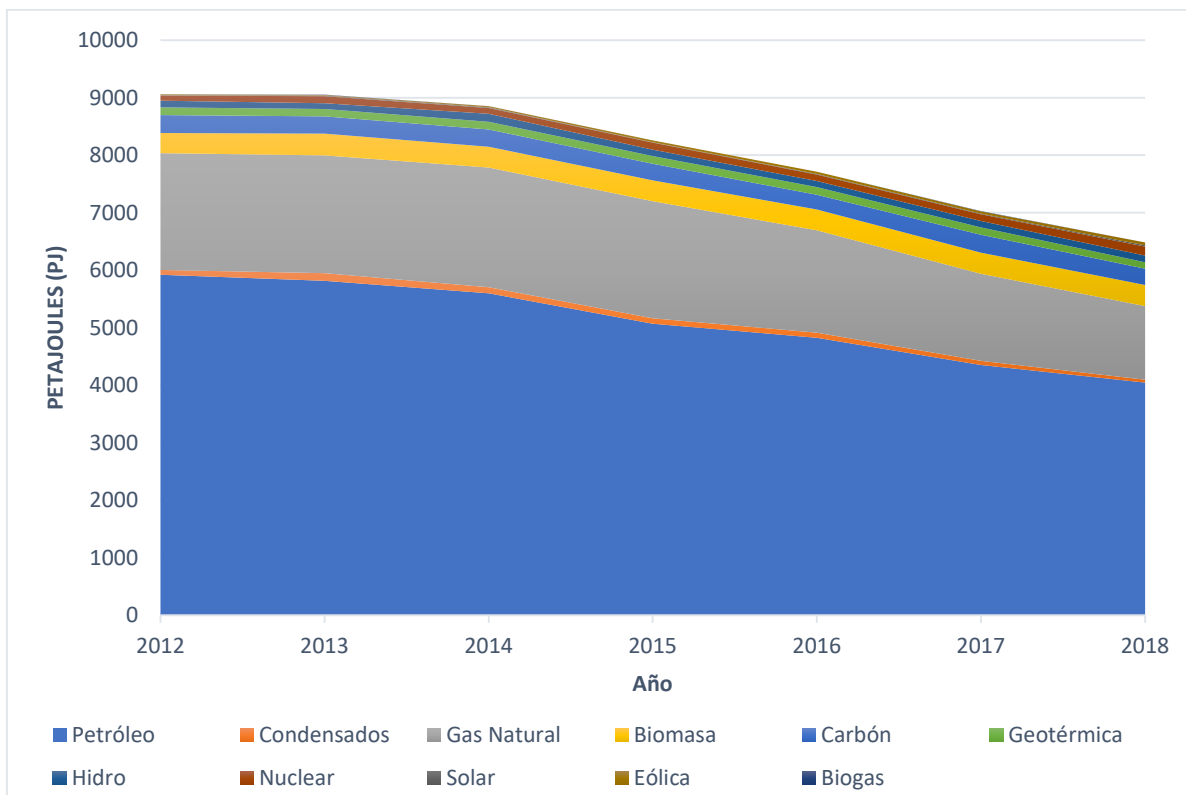
Leyes directas.

- Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, 1° de febrero de 2008

- Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, 28 de noviembre de 2008, última reforma en 2013.
- Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, 28 de noviembre de 2008
- Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento de Energía Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, 2 de septiembre de 2009, última reforma en 2012. (CEMDA, 2017)

Evolución de la matriz energética en México

El uso de diferentes fuentes de energía renovable cada vez toma más impulso en el mundo y México no es la excepción en la diversificación de su matriz energética, sin embargo, la producción de energía mediante estas fuentes no ha crecido como en el resto del mundo. En el capítulo 2, específicamente en la gráfica 2.6, se puede observar que las energías renovables tienen una mayor presencia en el mundo de la que se tiene en México, un ejemplo claro son los biocombustibles, pues participa con un porcentaje actual de 9.37% en el suministro de energía mundial, aunque el mayor crecimiento es de energía solar y eólica. La situación energética en México en un periodo de 2012 a 2018 está representada en la gráfica 3.1, en la que es evidente que en México la mayor cantidad de energía primaria es obtenida mediante petróleo y gas natural, en el año 2012 la producción de energía primaria fue de 9059.36 Petajoules y en 2018 de 6484.84 Petajoules, en donde el petróleo representó el 65% de la producción total de energía en el 2012 y el 62% en el 2018, por lo tanto, el resto de las fuentes de energía solo crecieron un 3% en la participación de la oferta de energía en el periodo analizado. Esto debido en gran parte al poco apoyo que existe en México para esta industria, pues no se ha apostado por un crecimiento de las energías renovables, además de la falta de un marco regulatorio que permita un mejor control y en consecuencia un mayor avance. (Análisis con base en datos de SENER, 2017 y SENER, 2018)



Gráfica 3.1 Producción de energía primaria en México
Fuente. Diseño propio con base en datos de SENER (2017) y SENER (2018)

El petróleo sigue representando un lugar importante en la matriz energética en México y en el mundo, mientras en el mundo de 2005 a 2015 el petróleo ha representado alrededor de 30% de la producción total de energía, en México, en 2015, el petróleo aportó el 62% de la producción de energía primaria. En el Mundo el uso de diferentes fuentes de energía tiene mayor desarrollo a lo largo del tiempo, como se puede ver las gráficas 2.5 y 2.6 de la sección 2.2 Matriz energética mundial, aproximadamente el 80% de la producción de energía se distribuye en tres fuentes, petróleo, carbón y gas. Por otra parte, en México, de las fuentes de energía renovable con mayor aporte a la producción total de energía es la biomasa, con 5.72%, entre las energías renovables con menos desarrollo se encuentra la energía eólica, aportando menos de 1% a la producción total de energía primaria, lo que muestra el poco avance de fuentes diferentes del petróleo para la satisfacción de la demanda de energía en México. (Análisis con base en datos de IEA (2019) y SENER (2017, 2018))

3.5 Balances reservas y producción

Reservas

La clasificación de las reservas de petróleo es una de las partes indispensables de la etapa de exploración y extracción, pues en esta etapa se identifican los proyectos de acumulación de petróleo que podrían recuperarse. La clasificación de reservas que se realiza en México es la dada por PRMS, la cual se menciona en el capítulo 2, en la sección 2.1. Un proyecto inicia en la exploración, en esta etapa se realizan hipótesis sobre la existencia de petróleo en la zona explorada, estimando el potencial petrolero y el posible valor económico, durante este proceso se realizan estudios sísmicos, modelos geológicos, simulaciones, además es necesario realizar evaluaciones de incertidumbre y de los riesgos que podrían presentarse en caso de que se determine viable realizar la perforación. Después de la exploración, se realiza la definición de los yacimientos, para poner en marcha los yacimientos se deben considerar diferentes técnicas para su desarrollo, determinando los volúmenes a recuperar. La técnica a aplicar debe tener en cuenta las propiedades del fluido y las características de la roca madre. Cada proyecto de extracción o el desarrollo de un yacimiento estará acompañado de un pronóstico de producción limitado por aspectos económicos o contractuales, cualquier variación en estos aspectos, además de factores técnicos, tendrá como resultado una incertidumbre en el valor de las reservas de hidrocarburos.

Los proyectos de exploración y extracción se definen en diferentes niveles, además pueden incluir uno o más pozos, estos proyectos pueden desarrollar varios campos y yacimientos o bien, se puede recuperar grandes volúmenes de un yacimiento o de varios, agrupados en un campo, la figura 3.3 representa el grado de incertidumbre que pueden presentar los proyectos de exploración y extracción dependiendo de la categoría de reserva, por ejemplo en el caso de una reserva Probada No Desarrollada (PND), que implica inversiones estratégicas para el inicio del desarrollo de pozos, se considera que las incertidumbres de este proyecto serán altas debido a que no se cuenta con información detallada de este, contrariamente, para las reservas Probada Desarrollada Produciendo (PDP) que requiriera una inversión operacional para reparaciones menores, se puede considerar una incertidumbre baja, pues la información del proyecto en esta etapa es amplia (CNH, 2019).

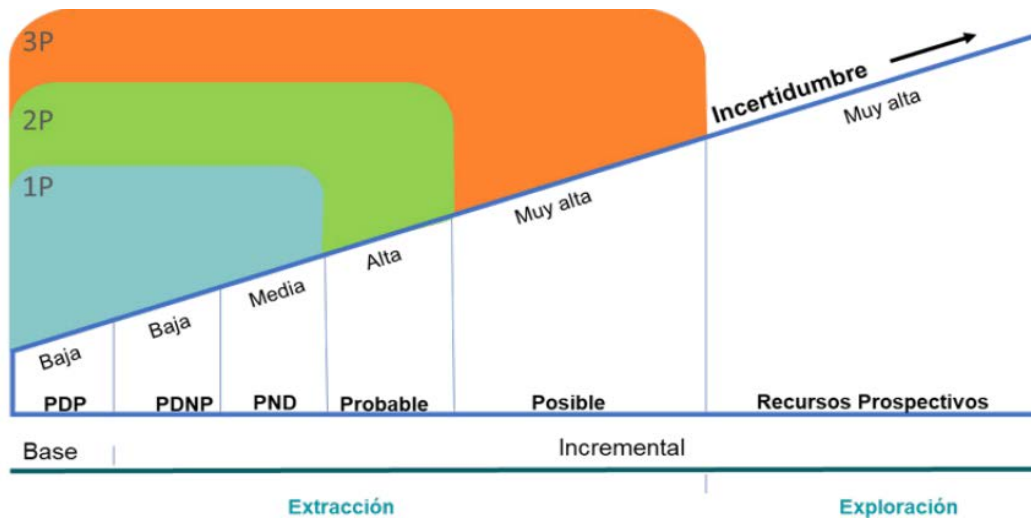


Figura 3.3 Tipos de proyectos y su relación con la clasificación de reservas
 Nota: donde PDP son reserva Probada Desarrollada Produciendo, PDNP es reserva Probada Desarrollada No Produciendo y PND se trata de reserva Probada No Desarrollada.

Fuente. CNH (2018). Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/435679/20190207_CNH-Reservas-2018_vf_V7.pdf

Proceso de certificación de reservas.

Para obtener valores finales y fiables sobre la viabilidad de las reservas, se realiza una serie de pasos para la estimación y clasificación de las reservas:

1. Caracterización de yacimientos
2. Ingeniería de yacimientos
3. Ingeniería de producción
4. Evaluación económica

Caracterización de yacimientos, en esta etapa se determina el volumen de los yacimientos.

1. **Interpretación sísmica:** los estudios sísmicos se realizan para determinar la acumulación de petróleo, se realizan a partir de las propiedades de rocas y los fluidos, por otra parte, la interpretación de estos estudios permite analizar los datos para después poder identificar los horizontes del modelo geológico, así como la identificación de fallas, pliegues, intrusiones salinas, entre otros.
2. **Análisis de núcleos:** las muestras de roca obtenidas durante la perforación son conocidas como núcleos, estas rocas tienen una longitud de hasta 9 metros, los análisis de núcleos brindan información sobre el petróleo y sobre los yacimientos, estos análisis son realizados en laboratorio para obtener propiedades como porosidad,

permeabilidad, densidad del grano, saturación y la textura de los yacimientos y fluidos. Cuando se extrapolen los resultados del análisis de los núcleos, es necesario considerar la pequeña escala que estos cubren.

- 3. Determinación del modelo petrofísico:** la petrofísica se encarga del estudio de las propiedades de las rocas y la interacción con los fluidos, esto permite predecir el comportamiento de los yacimientos. El modelado petrofísico se refiere al proceso o procedimientos utilizados para interpretar los datos petrofísicos.
- 4. Elaboración del modelo geológico integral:** este modelo integra todas las propiedades y características de los yacimientos, obtenidos de los estudios realizados con el fin de reducir la incertidumbre. El modelo geológico estima el volumen de petróleo, determina la heterogeneidad del yacimiento e identifica su influencia en las propiedades petrofísicas que tendrá el flujo de fluidos en el momento de la extracción de petróleo (CNH, 2019).

Ingeniería de yacimientos, para realizar los pronósticos de producción y los factores de recuperación se deben seguir diversas actividades.

- 1. Caracterización de fluidos:** conocer las propiedades del fluido acumulado en los yacimientos es una herramienta de gran importancia, pues está relacionado con la vida productiva del campo o del yacimiento, para la caracterización de los fluidos con la presión, volumen y temperatura (PVT) primero se realiza la adquisición de muestras de los fluidos, después las mediciones de PVT, el control de calidad de estas mediciones y por último se desarrollan modelos matemáticos para representar los cambios en las propiedades de los fluidos en función de la presión, temperatura y composición.
- 2. Pruebas de presión:** en esta prueba se estudia el comportamiento del pozo cuando se somete a variaciones de presión con respecto al tiempo, con la información obtenida se estiman las propiedades de la roca, de los fluidos y de los flujos, después de las pruebas, los modelos matemáticos se ajustan de forma que describan en mayor medida el comportamiento dinámico en el pozo.
- 3. Análisis de curvas de declinación:** permite pronosticar ritmos de producción, estima la productividad y las reservas de petróleo, los cambios de presión o los ritmos de

producción son las causas principales de la declinación, se puede hacer el análisis de declinación representando los valores de producción en relación al tiempo y llevándolos a situaciones futuras.

4. **Balance de materia:** el balance de materia es una técnica muy valiosa para diferentes estimaciones, como el volumen original del petróleo y la recuperación primaria. Esta técnica se basa en la ley de la conservación de la masa, para realizar el balance es necesario contar con información precisa de PVT, además de monitorear la presión y producción del yacimiento.
5. **Simulación numérica:** con la simulación se pueden predecir el comportamiento de los yacimientos bajo diferentes condiciones de operación o con los métodos de recuperación, con esto se reduce el riesgo al plan de extracción.
6. **Sistemas artificiales de producción:** a lo largo de la vida productiva del yacimiento la presión disminuye y ya no es posible recuperar el petróleo de forma natural, por lo que se requiere implementar un Sistema Artificial de Producción (SAP), algunos de los sistemas que se pueden implementar son el bombeo mecánico, bombeo neumático, bombeo electro-centrífugo, bombeo hidráulico de pistón, bombeo hidráulico tipo jet y bombeo cavidades progresivas.
7. **Diseño de instalaciones superficiales:** en el diseño se debe disponer de diversos equipos, como arboles de válvulas, ductos, conexiones superficiales, baterías de separación, compresores, líneas de inyección, tanques de almacenamiento, entre otros, estos equipos deben cumplir las características demandadas por la producción de petróleo, es decir, cuando el pozo se encuentre en operación garantizar que se cuente con el equipo necesario para transportar y controlar la extracción de petróleo, asegurando el funcionamiento de las instalaciones superficiales del yacimiento. Las condiciones de diseño de los equipos e instalaciones superficiales son obtenidas por medio de la simulación, dando un porcentaje de holgura (CNH, 2019).

Ingeniería de producción, una vez que el petróleo se ha extraído, se separa para que pueda transportarse y almacenarse, una vez separados, se deben eliminar los contaminantes. El manejo de la producción puede ser tan diverso como los yacimientos, es decir, se puede tener un solo pozo conectado a una plataforma fija, a un *Floating Production Storage and Offloading* (FPSO) o a una instalación en tierra, o bien se puede tener un conjunto de pozos

que están conectados a una instalación fija o flotante o bien a una instalación terrestre (CNH,2019).

Evaluación económica, se realiza una evaluación para saber la viabilidad económica del proyecto y determinar si los volúmenes serán clasificados como reservas, para poder realizar la evaluación económica se deben considerar variables como la producción, los precios, los costos de operación, inversiones, indicadores económicos y el límite económico (CNH, 2019).

Proceso general de las reservas en México.

La Ley Hidrocarburos y la Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en materia energética establece que la CNH es la autoridad facultada para realizar la consolidación de las reservas de hidrocarburos de la Nación que cuantifiquen los Asignatarios y Contratistas, es decir deben revisar y verificar los reportes de los Operadores Petroleros (OP) y los Terceros Independientes.

En la figura 3.4 se representa el proceso anual de cuantificación y certificación de reservas en México, este procedimiento se lleva a cabo de acuerdo a los Lineamientos que regulan el procedimiento de certificación y cuantificación de reservas, en este proceso se envía un aviso inicial por parte del Operador Petrolero, posteriormente la CNH revisa que el aviso contenga la información requerida, para una Asignación o Área contractual otorgada el Operador Petrolero debe certificar 100% de las reservas o al menos 40% el primer año y el resto de las reservas en los siguientes dos años, después la CNH recibe y revisa la información enviada por el Operador Petrolero, en caso de que la información no esté completa o tenga alguna inconsistencia, el Operador Petrolero estaría obligado a cubrir los requerimientos e información necesaria. Una vez que se han hecho las aclaraciones por parte del Operador Petrolero, se analizan las diferencias y en caso de ser necesario las comparecencias de Operadores Petroleros y Terceros Independientes, cuando se hayan terminado las comparecencias, la CNH emite la resolución de las reservas de la Nación mediante una publicación a través del Centro Nacional de Información de Hidrocarburos (CNIH). (CNH, 2018)

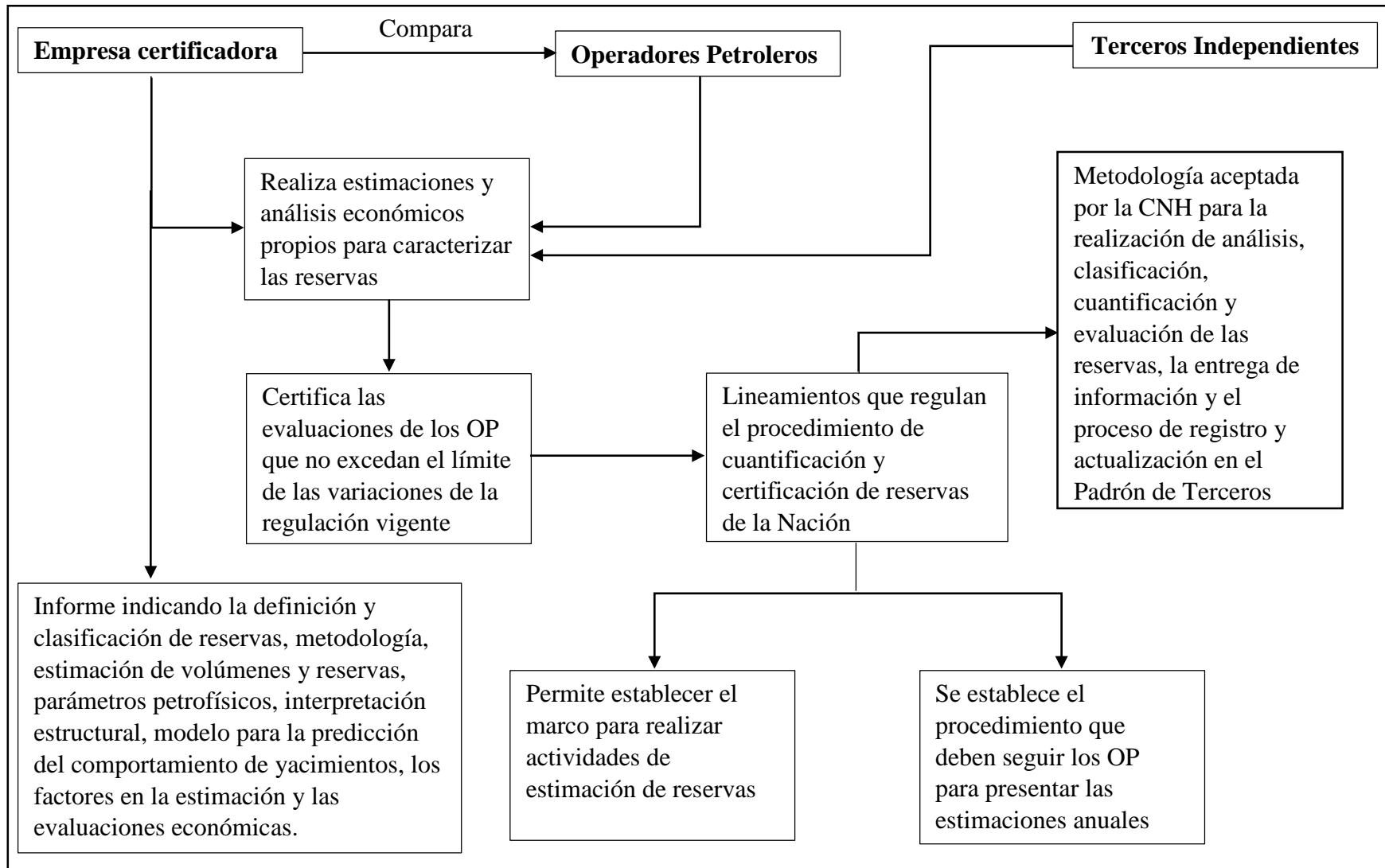
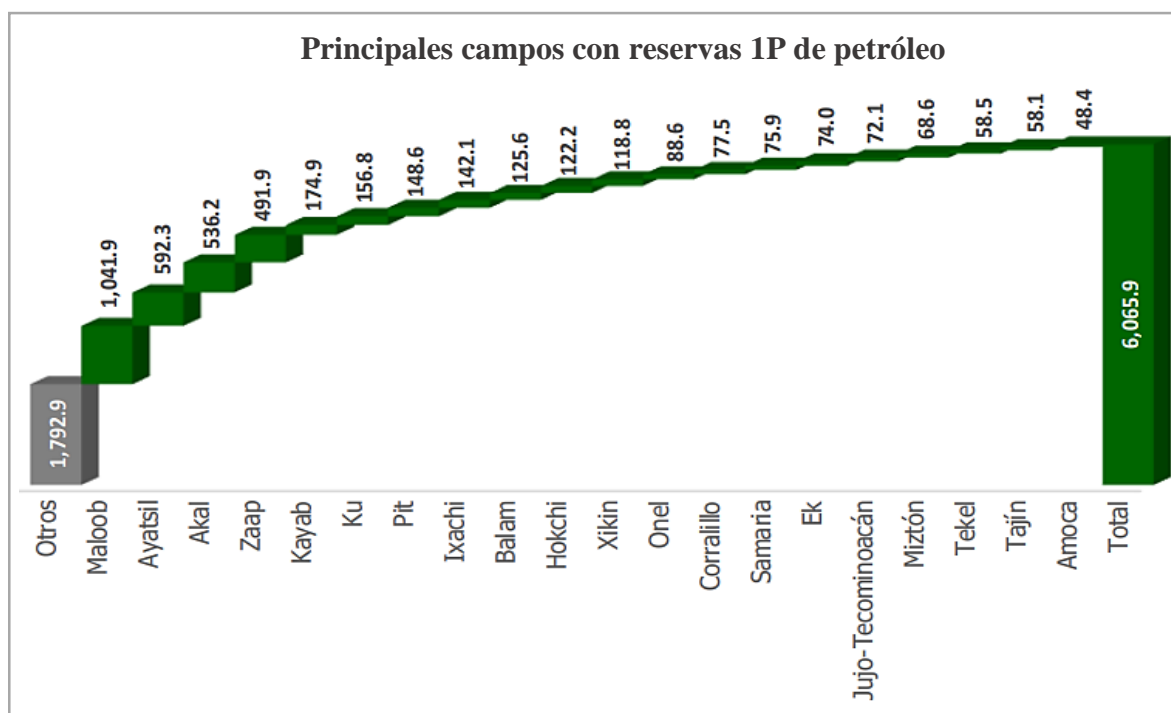


Figura 3.4 Proceso general de las reservas de hidrocarburos en México

Fuente. Diseño propio con base en datos de CNH (2018)

Principales campos de reservas de petróleo.

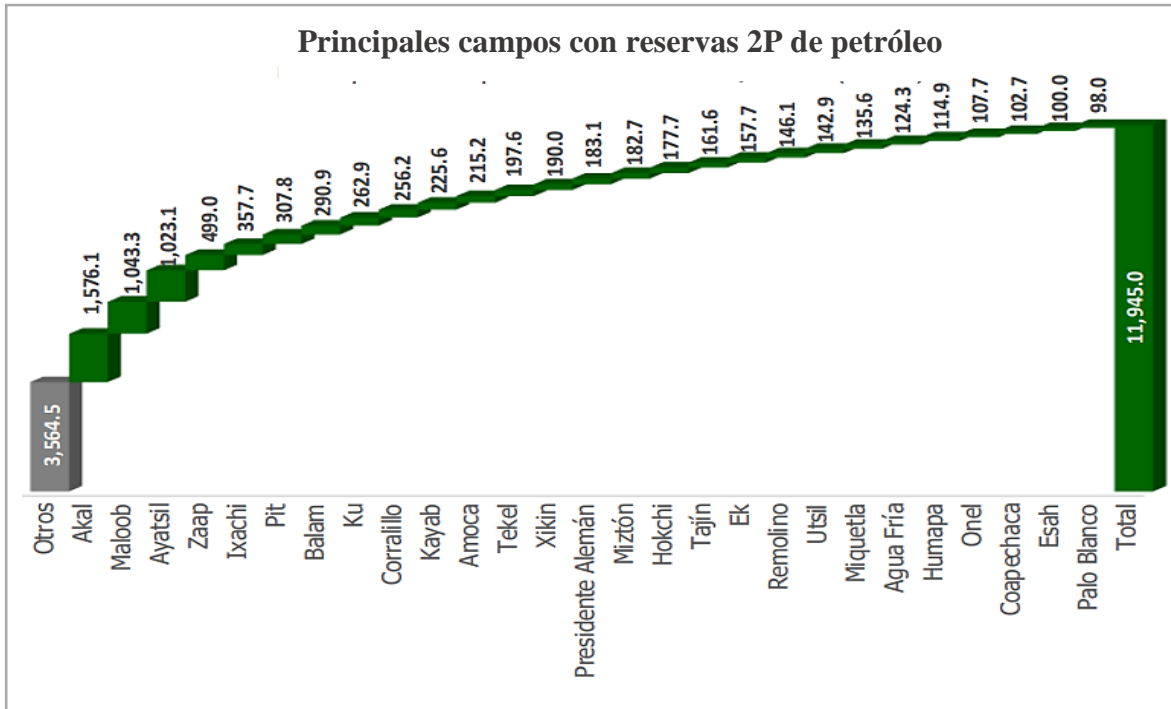
En México las reservas se clasifican en 1P, 2P y 3P, las gráficas 3.2, 3.3 y 3.4 se observan los principales campos de reservas 1P, 2P y 3P de reservas de petróleo. Las reservas menos abundantes, hasta el 1 de enero de 2019, son las reservas 1P con un total de 6,065.9 millones de barriles (MMb), de esta cantidad el 70% se encuentra en 20 campos principales, el campo Maloob representa el 17.18% con 1,041.9 MMb. La gráfica 3.2 representa las reservas 2P en México en donde los campos Akal, Maloob y Ayatsil son los tres principales campos con reservas 2P, en total estas reservas suman 11,945.00 MMb, por otra parte, las reservas 3P suman 19,046.9 MMb. En general los campos con mayor cantidad de reserva son Akal, Maloob, Ayalist y Zaap, solo esos 4 campos integran el 33.48% de las reservas totales. (Análisis con base en datos de CNH, 2019)



Gráfica 3.2 Integración de las reservas 1P de petróleo de los principales campos (MMb)

Fuente. CNH (2019). Disponible en:

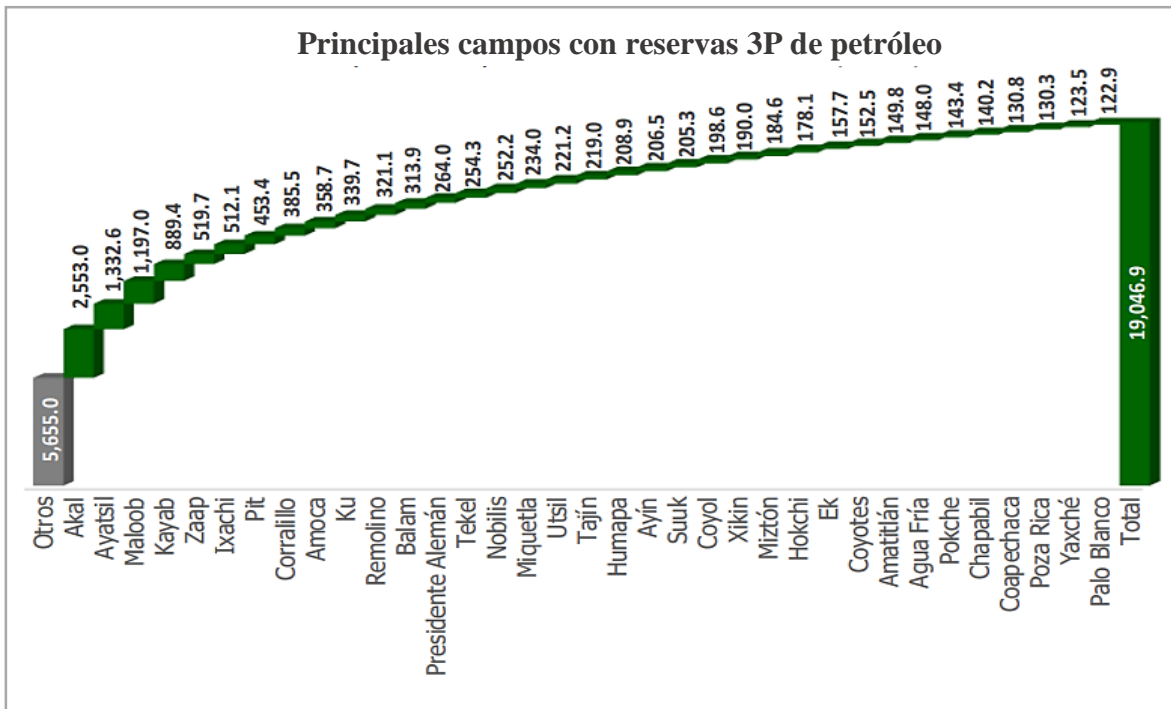
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/460767/Analisis_de_Reservas_1P_2P_3P_2019_vf-cnh-web.pdf



Gráfica 3.3 Integración de las reservas 2P de petróleo de los principales campos (MMb)

Fuente: CNH (2019). Disponible en:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/460767/Analisis_de_Reservas_1P_2P_3P_2019_vf-cnh-web.pdf



Gráfica 3.4 Integración de las reservas 3P de petróleo de los principales campos (MMb)

Fuente: CNH (2019). Disponible en:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/460767/Analisis_de_Reservas_1P_2P_3P_2019_vf-cnh-web.pdf

Distribución de reservas por ubicación

Las reservas de petróleo en México se basan en dos categorías según la ubicación, terrestres y marinas, la zona marina se subdivide en aguas someras y aguas profundas, en la figura 3.5 se muestra la distribución de los campos en México en las tres diferentes zonas, en estas zonas se encuentran las reservas 1P, 2P y 3P. La mayor cantidad de reservas 1P y 2P se encuentran en aguas someras, seguido de zonas terrestres, mientras que en aguas profundas no se encuentra este tipo de reservas, en el caso de reservas 3P la mayor cantidad de reservas se encuentra en aguas someras, seguido de la zona terrestre y en menor cantidad en aguas profundas. (Análisis con base en datos de CNH, 2019)



Figura.3.5 Distribución de reservas de petróleo por zonas

Fuente. CNH (2018). Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/435679/20190207_CNH-Reservas-2018_vf_v7.pdf

Evolución de reservas de petróleo en México de 2012 a 2019

Cada año la CNH aprueba los reportes de reservas elaborados por Operadores Petroleros bajo los Lineamientos que regulan el procedimiento de certificación y cuantificación de reservas, de acuerdo con la metodología PRMS, la CNH da el visto bueno a los reportes de certificación realizados por Terceros Independientes y una vez concluido el proceso y cuando los reportes sean correctos, la CNH publica los resultados de las reservas el 1 de enero del año siguiente al análisis. La gráfica 3.5 muestra la evolución de las reservas de petróleo en el

periodo del 1 de enero del 2012 al 1 de enero del 2019, de 2012 a 2019 las reservas totales han disminuido cerca de 38%, de las reservas probadas, probables y posibles, estas últimas son las que han presentado una mayor disminución, pues hasta 2019, las reservas posibles solo representan 59% de las que se estimaban en 2012, de la misma forma, las reservas probadas y probables siguen la misma tendencia. (CNH, 2019)

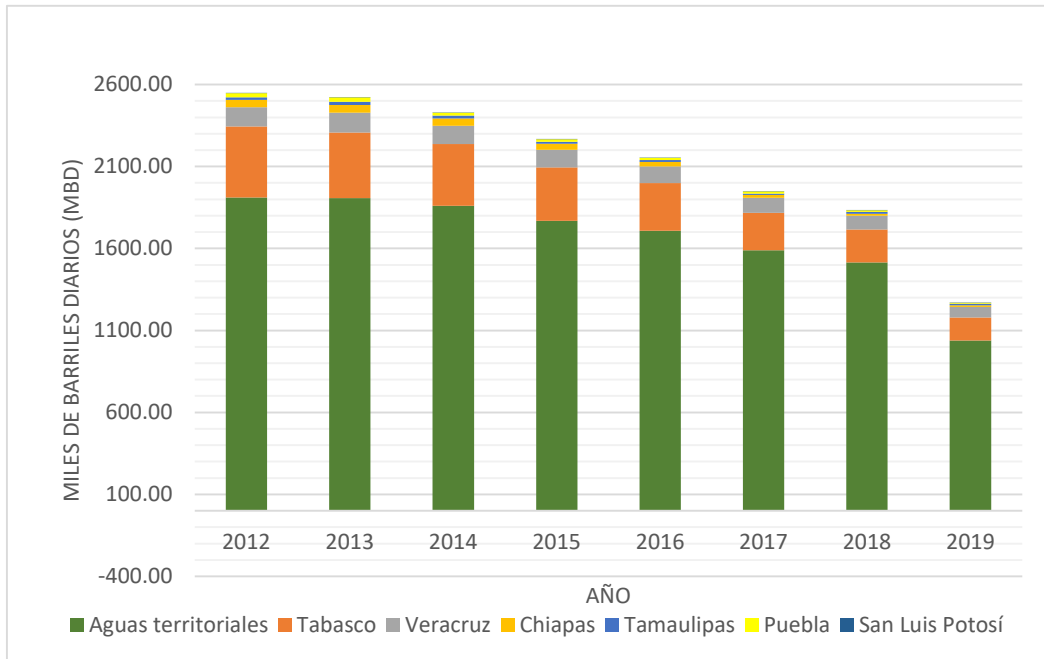


Gráfica 3.5 Evolución de las reservas de petróleo en México 2012 a 2019
Fuente. Diseño propio con base en datos de CNH (2018) y CNH (2019)

Producción de petróleo en México 2012-2019

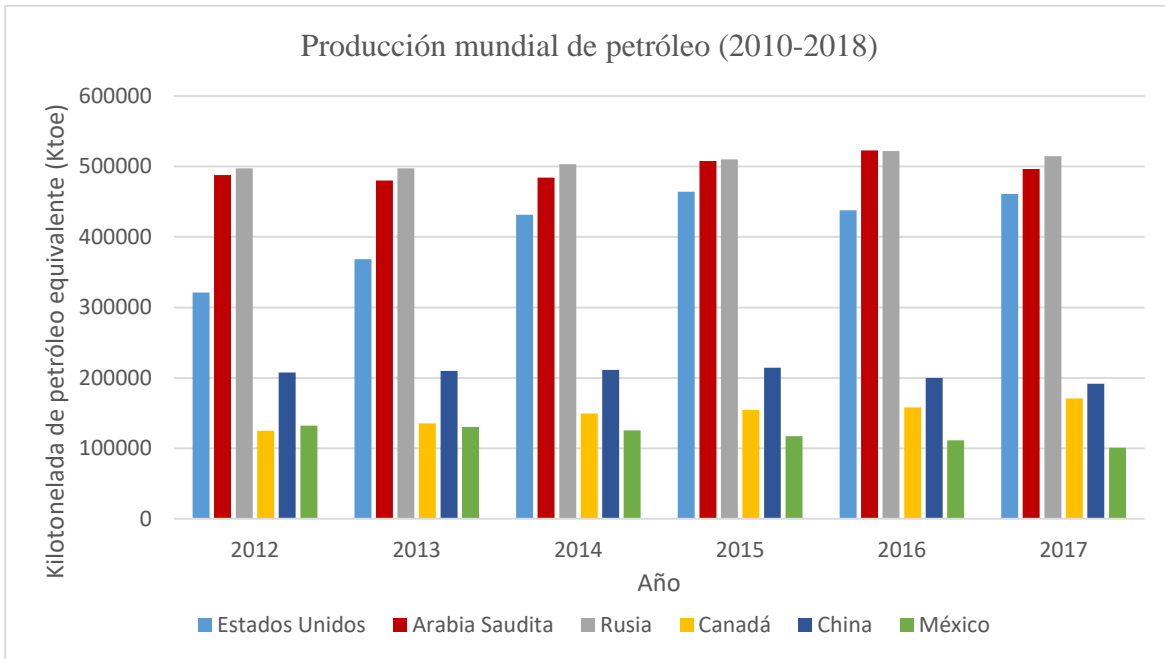
El petróleo tiene una gran importancia en México, pues es una de las principales fuentes de energía, como se analizó en el apartado 3.4, el proceso de producción requiere la participación de diferentes empresas que colaboran con Pemex en las actividades que integran esta industria.

La gráfica 3.1 permite apreciar que la mayor cantidad de energía primaria que se produce en México corresponde al petróleo, con 4045.95 PJ representa más del 60% del total de energía primaria. La producción de petróleo en México está distribuida en seis entidades, como se muestra en la gráfica 3.6, en las que se encuentra Tabasco, Veracruz, Chiapas, Tamaulipas, Puebla y San Luis Potosí, además de aguas territoriales. La mayor cantidad de petróleo extraído en México se obtiene en aguas territoriales, con el 82%, seguido del petróleo extraído en Tabasco con un 11%, mientras que el resto de la producción, el 7%, se distribuye entre las otras 5 zonas de producción. (Análisis con base en datos de SENER, 2019b)



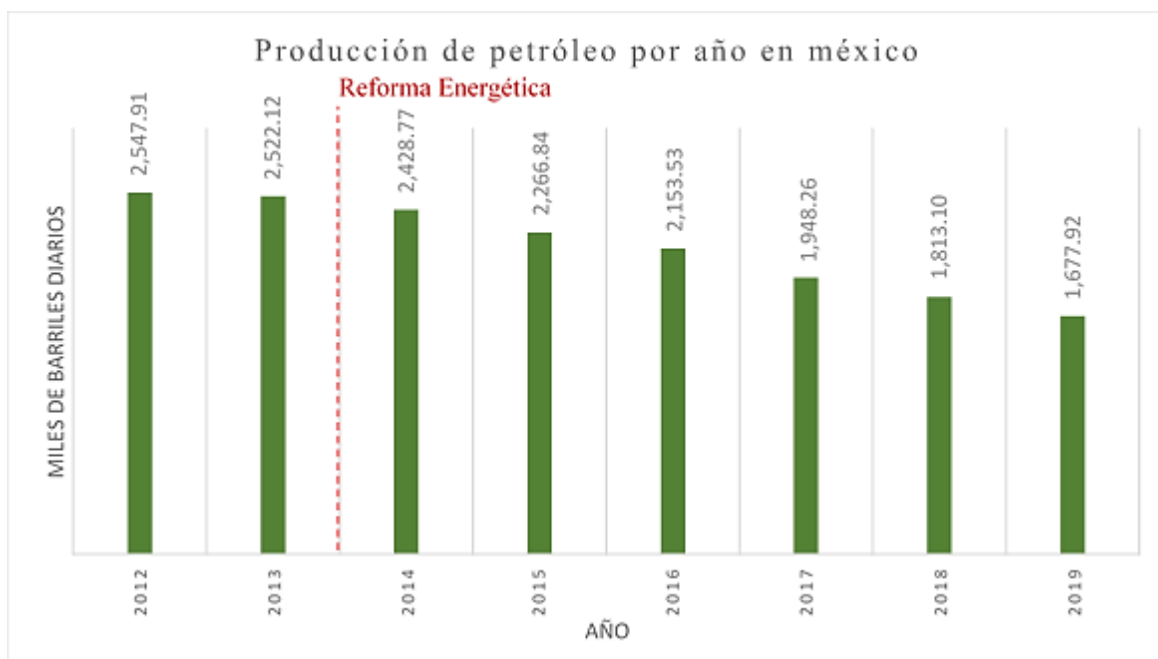
Gráfica 3.6 Producción de petróleo por entidad federativa en un periodo de 2012 a 2019
 Fuente. Diseño propio con base en datos de SENER (2019b)

México se encontró durante unos años dentro de los principales productores de petróleo a nivel mundial, la gráfica 3.7 representa la producción histórica de los principales países productores en el mundo, como se observa durante 2012 y 2013 México se encontró en los niveles de producción de Canadá, sin embargo, después de estos años la producción por parte de México comenzó su declive, de 2012 a 2018 la producción de petróleo disminuyó 38,559 Ktoe, llegando a una producción en 2018 de 95,073 Ktoe. (Análisis con base en datos de la IEA, 2019c)



Gráfica 3.7 Producción de petróleo de principales países productores
 Fuente. Diseño propio con base en datos de IEA (2019c)

Los objetivos de la reforma energética se verían reflejados, entre otras cosas, en el aumento de la producción de petróleo de 2.5 millones de barriles que se producían en 2013 a 3 millones de barriles en 2018 y posteriormente 3.5 millones en 2025 (SENER,2014), sin embargo, como se observa en la gráfica 3.8, la caída de la producción de petróleo ha disminuido cada año, hasta la producción actual de 1.8 millones de barriles, en el periodo de 2013 a 2019 la producción ha disminuido 25%.



Gráfica 3.8 Producción de petróleo por año en México 2012 a 2019

Fuente. Diseño propio con base en datos de SIE (2019a)

3.6 Impacto ambiental de la Industria Petrolera

Según la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT (2018), impacto ambiental se puede definir como la “*modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza*”.

Los tipos de impactos ambientales se pueden clasificar de acuerdo a su origen, en los provocados por:

- El aprovechamiento de recursos naturales ya sean renovables, tales como el aprovechamiento forestal o la pesca; o no renovables, tales como la extracción del petróleo o del carbón.
- Contaminación, todos los proyectos que producen algún residuo (peligroso o no), emiten gases a la atmósfera o vierten líquidos al ambiente.
- Ocupación del territorio, los proyectos que al ocupar un territorio modifican las condiciones naturales por acciones tales como desmonte, compactación del suelo y otras.

Por otra parte, los impactos ambientales también se pueden clasificar de acuerdo a sus propiedades, en la siguiente tabla (tabla 3.7) se describen estos impactos ambientales.

Tabla 3.7 Impactos ambientales según sus atributos

Positivo o Negativo	En términos del efecto resultante en el ambiente.
Directo o Indirecto	Si es causado por alguna acción del proyecto o es resultado del efecto producido por la acción.
Acumulativo	Es el efecto que resulta de la suma de impactos ocurridos en el pasado o que están ocurriendo en el presente.
Sinérgico	Se produce cuando el efecto conjunto de impactos supone una incidencia mayor que la suma de los impactos individuales.
Residual	El que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.
Temporal o Permanente	Si es por un período determinado o es definitivo.
Reversible o Irreversible	Dependiendo de la posibilidad de regresar a las condiciones originales.
Continuo o Periódico	Dependiendo del período en que se manifieste.

Fuente. SEMARNAT (2018). Disponible en:

<https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/impacto-ambiental-y-tipos-de-impacto-ambiental>

Los impactos ambientales resultantes por las actividades realizadas por la industria del petróleo, se encuentran entre la clasificación por origen del impacto. Uno de los desastres más grandes relacionados con la industria del petróleo son los derrames de petróleo en ríos, mares y océanos. Los derrames de petróleo o de algún hidrocarburo representan efectos sobre el ecosistema, entre los que se encuentran:

- Muerte de los organismos por asfixia.
- Destrucción de los organismos jóvenes o recién nacidos.
- Disminución de la resistencia o aumento de infecciones en las especies, especialmente aves, por absorción de ciertas cantidades sub-letales de petróleo.
- Efectos negativos sobre la reproducción y propagación a la fauna y flora marina.
- Destrucción de las fuentes alimenticias de las especies superiores.
- Incorporación de carcinógenos en la cadena alimentaria.

Efectos fóticos.

- La falta o disminución de la entrada de luz en el mar a causa de manchas de petróleo imposibilita o reduce el área donde es posible la fotosíntesis y, por tanto, el desarrollo de plantas verdes.
- La falta o disminución de plantas fotosintéticas reduce el aporte de oxígeno y alimento al ecosistema.

- La pérdida de extensión en la distribución de algas y otras plantas acuáticas limita las zonas que proporcionan cobijo a miles de especies marinas. Estos lugares son utilizados por larvas de los peces como zonas de alimento mientras se encuentran en desarrollo.
- El fitoplancton es a su vez el alimento del zooplancton (que además de microorganismos está formado por larvas de peces, moluscos, crustáceos, etc.). Sin fitoplancton, el zooplancton muere y sin él se interrumpe el crecimiento de un importante número de especies, al tiempo que se deja sin alimento a una gran cantidad de animales marinos.

Efectos tóxicos.

- Las aves que quedan impregnadas de petróleo pierden o ven reducida su capacidad de aislarse del agua pudiendo morir por hipotermia. Al intentar limpiarse el plumaje con el pico ingieren grandes cantidades de hidrocarburos por lo que se envenenan.
- Muerte de los organismos por envenenamiento, sea por absorción, o por contacto.
- Muerte por exposición a los componentes tóxicos del petróleo solubles en agua.
- Los mamíferos marinos pueden sufrir el taponamiento de sus vías respiratorias o daños en el tracto respiratorio y su mucosa por efecto de los contaminantes químicos. También ingieren grandes cantidades de hidrocarburos por alimentarse de animales contaminados.
- El petróleo se deposita sobre los fondos marinos matando o provocando efectos letales sobre miles de animales y plantas vitales para el ecosistema.
- Las algas de los fondos y las orillas quedan cubiertas por una fina película aceitosa que dificulta la fotosíntesis y la reproducción.
- Los efectos subletales sobre los animales marinos pueden abarcar deformaciones, pérdida de fertilidad, reducción del nivel de eclosión de huevos, alteraciones en su comportamiento y gran cantidad de efectos derivados de la toxicidad del vertido.
- Los mejillones y otros moluscos que se adhieren a rocas u objetos pierden su capacidad de adhesión y caen al fondo, perdiendo su capacidad de alimentarse.

Efectos del petróleo sobre la salud humana.

La industria del petróleo también tiene efectos en la salud humana, pues puede estar en contacto por tres diferentes formas, mediante la absorción por la piel, la ingestión de comida y bebida y a través de la inhalación. La contaminación debida al petróleo no se limita a áreas cercanas de exposición, los componentes pesados del petróleo sedimentan ocasionando contaminación de fuentes de agua, la cual puede ser consumida por organismos pertenecientes a la cadena alimenticia del hombre. Los componentes más ligeros del petróleo se evaporan y en poco tiempo se depositan a grandes distancias del lugar de producción mediante agua o aire.

Algunos componentes que se encuentran en el petróleo pueden ser más dañinos que otros, por ejemplo, el benceno, tolueno y xileno son compuestos volátiles orgánicos muy tóxicos, la exposición a altas concentraciones de estos compuestos son muy dañinas para el humano (Greenpeace, 2012).

Las actividades de la industria del petróleo son causantes de una gran variedad de impactos ambientales en todas las etapas, desde la exploración hasta el consumo de los productos obtenidos del petróleo, la tabla 3.8 describe las actividades que desarrolla la industria del petróleo y los impactos en el ambiente.

Tabla 3.8 Impactos ambientales en las actividades de la industria del petróleo

Etapas	Fase	Acciones	Afectación de recursos naturales			
			Agua	Aire	Suelo	Biota
Exploración terrestre	Prospección física	Desmontes por construcción de rutas de acceso; remoción de cubierta vegetal o edáfica para instalar campamentos e instalaciones; actitudes depredatorias sobre recursos bióticos y abióticos por parte de quienes realizan las exploraciones.	XX		XX	XX
	Perforación	Desmontes por construcción de instalaciones; perturbación de ecosistemas; desplazamientos de especies animales.	XX		XX	XX
	Operación pozos exploratorio	Desmontes por construcción de instalaciones; perturbación de ecosistemas; desplazamientos de especies animales; riesgos de contaminación por accidentes y explosiones.	XX		XX	XX
Exploración marina	Perforación de pozos exploratorio	Perturbación de ecosistemas y desplazamientos de especies animales; existen mayores riesgos de alteración de los ecosistemas marinos debido a mayor posibilidad de dispersión de desechos industriales y humanos. que en el medio terrestre.	XX			XX
	Operación de pozo exploratorio	Perturbación de ecosistemas y desplazamientos de especies animales; riesgos de contaminación por accidentes y explosiones; desechos industriales y humanos.	XX			XX
Extracción terrestre	Construcción de infraestructura, instalación y perforación de pozos	Cambios de uso del suelo; construcción de vías de acceso que implica desmontes y modificación de la cubierta vegetal o edáfica; asimismo de manera indirecta las vías de acceso se convienen en vectores de colonización espontánea y de asentamientos irregulares; perturbación de ecosistemas y desplazamiento de especies.	X		XX	X
	Operación y mantenimiento	Creación de nuevos asentamientos humanos; acumulación de residuos industriales y humanos; riesgos de fugas, derrames y explosiones de hidrocarburos; contaminación por lodos aceitosos y residuos de perforación; quemadores de gases; perturbación de ecosistemas y desplazamiento de especies.	XX	X	XX	XX

Tabla 3.8 Impactos ambientales en las actividades de la industria del petróleo
(Continuación)

Etapas	Fase	Acciones	Afectación de recursos naturales			
			Agua	Aire	Suelo	Biota
Extracción marina	Construcción de infraestructura, instalación y perforación de pozos	Perturbación de ecosistemas y desplazamiento de especies; desechos industriales y humanos; contaminación ocasionada por el uso de maquinaria de perforación; residuos industriales y humanos.	XX			XX
	Operación y mantenimiento	Contaminación del mar por líquidos, como aguas negras, lodos de perforación, aceites, lubricantes gastados e hidrocarburos; gas natural, gases condensados, dióxido de azufre, compuestos de nitrógeno; perturbación de ecosistemas y desplazamiento de especies.	XXX	XX		XX
Refinación	Construcción de infraestructura e instalaciones	Utilización de grandes espacios para la construcción de tanques de almacenamiento, así como de plantas industriales de transformación, sistemas para la generación y distribución de fluidos, vapores y de enfriamiento de agua; cambios en el uso de suelo y surgimiento de asentamientos humanos; remoción de suelos.	X		XX	XX
	Proceso productivo	Consumo indiscriminado de agua; contaminación por residuos industriales de alta toxicidad y no biodegradables; descargas de aguas contaminadas; emanaciones atmosféricas; contaminación térmica; riesgos de fugas, derrames y explosiones; consumo indiscriminado de agua; riesgos de fugas, derrames y explosiones; incremento de la actividad económica regional.	XX	XX	XX	XX
	Operación y mantenimiento	Consumo indiscriminado de agua; riesgos de fugas, derrames y explosiones; incremento de la actividad económica regional o local; cambios de uso de suelo.	XX	XX	XX	XX

Tabla 3.8 Impactos ambientales en las actividades de la industria del petróleo
(Continuación)

Etapas	Fase	Acciones	Afectación de recursos naturales			
			Agua	Aire	Suelo	Biota
Petroquímica	Construcción de infraestructura e instalaciones	Cambios de uso de suelo; modificación de grandes espacios para la construcción de plantas industriales, tanques de almacenamiento, etc.; perturbación de ecosistemas; desplazamiento de especies animales; surgimiento de polos de atracción poblacional; modificación del relieve y el drenaje natural.	X		XX	XX
	Proceso productivo	Consumo indiscriminado de agua; contaminación por residuos peligrosos; incorporación de desechos y residuos químicos al agua de descarga; evaporación del agua con residuos asociados; disposición de aguas servidas o negras; descargas de aguas residuales; emisiones del proceso de combustión y emisiones de humos, polvos y gases o escapes del proceso de transformación petroquímica, desprendimientos de gases de los tanques de almacenamiento (evapotranspiración); contaminación por energía calorífica.	XXX	XXX	XXX	XXX
	Operación y mantenimiento	Cambio de uso de suelo; aumento de la actividad económica; consumo indiscriminado de agua; riesgos de fugas, derrames y explosiones.	XXX	XXX	XXX	XXX
Transporte	Construcción de Infraestructura	Eliminación de cubierta vegetal; perturbación de ecosistemas; remoción de suelos; alteración del relieve y drenaje natural por la construcción de túneles, terracerías, obras de drenaje, pavimentación, puentes, pasos a desnivel, entronques y obras complementarias.	X		XX	XX
	Operación	Riesgos por derrames de residuos peligrosos; perturbación de ecosistemas; ruido; contaminación de las aguas marinas.	XX		X	X

Tabla 3.8 Impactos ambientales en las actividades de la industria del petróleo
(Contaminación)

Etapas	Fase	Acciones	Afectación de recursos naturales			
			Agua	Aire	Suelo	Biota
Distribución y almacenamiento	Construcción de la infraestructura y las redes de ductos	La construcción de ductos implica excavaciones, zanjeado, terraceo, relleno; cambios de uso del suelo con la construcción de agencias de almacenamiento; desmontes o limpia de terrenos; perturbación de ecosistemas; remoción de suelos, pavimentación y vías de acceso.	X		XX	XX
	Operación	Las redes de ductos de distribución están siempre sujetos a riesgos de accidentes de diversa índole que de producirse significan derrames, explosiones, incendios; evapotranspiración; vertimientos de residuos de hidrocarburos	X	XX	XX	XX
Comercialización y ventas	Construcción de infraestructura	Aunque dichos establecimientos manejan volúmenes "reducidos" de hidrocarburos y derivados, el conjunto de todos estos establecimientos los convierten en importantes focos contaminantes.			XX	
	Operación	Aunque los establecimientos de comercialización y ventas al menudeo manejan volúmenes "reducidos" de hidrocarburos y derivados (gas de uso doméstico, petróleo diáfano, diésel, gasolinas, grasas, aceites, solventes, resinas), la generalidad de estos lugares no cuentan con dispositivos adecuados de control de emisiones, derrames o vertimientos al suelo, así como a los sistemas municipales de aguas negras; implican riesgos de fugas, derrames y explosiones; además de desprendimientos de gases por evapotranspiración.	XX	XX	XX	
Consumo	Combustión industrial y vehicular	Contaminación atmosférica por monóxido de carbono; bióxido de azufre; óxidos de nitrógeno; plomo y ruido.		XX	XX	XX

Nota: Donde X es bajo impacto, XX es impacto medio y XXX es impacto grave
Fuente. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC, (2007)

EL consumo de los productos derivados del petróleo es causante de emisiones en la quema de estos combustibles, algunos de los contaminantes resultantes son:

- Dióxido de carbono (CO₂), gas de efecto invernadero y es uno de los causantes del calentamiento global.
- Monóxido de carbono (CO)
- Dióxido de azufre (SO₂), causa lluvia ácida, que es dañina para las plantas y los animales que viven en el agua, y empeora o causa enfermedades respiratorias y enfermedades cardíacas, particularmente en niños y ancianos.
- Óxidos de nitrógeno (NO_x) y Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC), contribuyen al ozono a nivel del suelo, que irrita y daña los pulmones.
- Partículas (PM), tienen efectos nocivos para la salud, contribuye al padecimiento de asma y bronquitis crónica, especialmente en niños y ancianos. Se cree que partículas muy finas también causan enfisema y cáncer de pulmón.
- Cuando se queman algunos tipos de petróleo, se pueden emitir plomo y diversos tóxicos en el aire, como benceno, formaldehído, acetaldehído y 1,3-butadieno. (*Environment and ecology, 2019*)

Fracturamiento hidráulico

La fracturación hidráulica o *fracking* (término en inglés) es una técnica utilizada para obtener el aceite de esquisto y aceite encontrado en formaciones geológicas, el uso de esta técnica ha permitido que Estados Unidos aumente significativamente la producción de petróleo al tiempo que se reducen las importaciones de petróleo por parte de este país. El procedimiento inicia con la evaluación de los recursos haciendo una exploración, para esta evaluación se recopilan datos geológicos, geoquímicos y sísmicos, con esto se determina la presencia de hidrocarburos y su viabilidad de extracción, de no presentar las condiciones requeridas la zona se abandona.

Una vez que se considera una zona apropiada, se procede a realizar la perforación vertical hasta llegar al hidrocarburo, si el espesor es muy grande se toma la decisión de hacer más pozos verticales o hacer una perforación horizontal de hasta 1,000 metros, para lograr un mayor contacto. Posteriormente se introduce una tubería de acero en el pozo por la que se inyecta a alta presión el fluido de fracturación, que consiste en una mezcla compuesta por agua y arena en un 98% y 2% de químicos, esto provoca grietas en la roca y la arena

mantienen abiertas las fracturas, con lo que inicia la liberación de gas. Para finalmente realizar la extracción, el agua residual que resulta de la extracción contiene fragmentos de metales pesados y radioactivos que se mezclan con el flujo de la roca, llevándolos a la superficie con el hidrocarburo extraído (De La Vega y Ramírez, 2015).

El *fracking* ha sido criticado fuertemente, pues esta técnica requiere de grandes cantidades de agua, al mismo tiempo que se utiliza una gran cantidad de productos químicos. En algunos casos la cantidad de agua necesaria para la producción de petróleo afecta la disponibilidad de agua para otros usos y los hábitats acuáticos, además, durante la construcción del pozo o el uso de los mismos, pueden ocurrir accidentes provocando fugas y derrames de los fluidos ocupados durante el *fracking*. Los impactos ambientales continúan después de que se obtiene el petróleo mediante *fracking*, pues de esta técnica resultan aguas residuales que contienen productos químicos disueltos y otros contaminantes, estas aguas residuales pueden ser eliminadas por inyección en pozos profundos, generalmente en acuíferos de agua salada, la inyección de aguas residuales puede provocar sismos lo suficientemente grandes como para ser detectados (EIA, 2019e).

La exploración y perforación de pozos de petróleo, son actividades que conllevan una perturbación de ecosistemas terrestres y marinos, las técnicas sísmicas empleadas para la exploración en el océano pueden dañar la vida marina, la perforación de un pozo de petróleo en tierra puede requerir destrucción de la vegetación de la zona, sin embargo, con el paso de los años la tecnología ha ayudado a reducir los efectos negativos de la exploración y perforación de pozos, así como de la extracción de petróleo. Los satélites, los sistemas de posicionamiento global, los dispositivos de detección remota y las tecnologías sísmicas 3-D y 4-D permiten descubrir reservas de petróleo sin necesidad de perforar gran cantidad de pozos exploratorios, alternativas como la perforación horizontal y direccional contribuyen a reducir la cantidad de pozos para satisfacer la demanda de este recurso, pues utilizando estas técnicas es posible que un pozo sea aprovechado de una mejor forma (EIA,2019e).

CAPÍTULO 4

GEOPOLÍTICA ENERGÉTICA

Factores como la economía, la política exterior, la inteligencia, los intereses de seguridad nacional, la cultura y la importancia individual de los líderes mundiales, impulsan a los gobiernos a seguir políticas guiadas por intereses nacionales actuales y emergentes. Todos estamos inmersos en la geopolítica, sin embargo, países con economías estables y con capacidad de producción significativa de energía, tienen una mayor influencia en las políticas internacionales.

El desarrollo económico de un país ocurre cuando existe un suministro energético seguro, la seguridad energética se verá afectada por factores de tipo, natural, técnico, económico, ambiental, institucional y político. El suministro de energía debe ser eficaz y eficiente y de esta forma garantizar que sea suficiente, continuo, económico y accesible, esto implica que se analicen los riesgos en la producción y en la logística de abastecimiento y suministro, al momento de reducir los riesgos de seguridad energética se deben atender también las preocupaciones sociales y la preservación del ambiente. Debe de ser suficiente y continuo ya que se requiere energía para prácticamente toda la actividad económica; la estabilidad del precio es importante para evitar la incertidumbre que podría resultar en efectos negativos en la economía; el suministro de energía debe ser accesible, pues el nivel de los precios tiene un impacto en el ingreso disponible en los hogares y en los presupuestos operativos industriales o comerciales, si el uso de este recurso es elevado, es necesario destinar mayor cantidad de recursos financieros para la compra de energía. (Informe de la reunión de expertos sobre geopolítica y seguridad energética, 2017) Uno de los principales factores de riesgo económico es la dependencia de algunas fuentes de energía como suministro principal, el petróleo fue por mucho tiempo estratégico para el desarrollo económico, por ser una de las fuentes de energía con mayor peso en el sector energético mundial, sin embargo, el uso de este recurso tiene impactos al ambiente, contribuyendo al cambio climático y al deterioro de la salud de la población mundial debido sobre todo a las emisiones de CO₂, NO_x, y SO_x y particulado atmosférico, provocando efectos negativos que han llevado a plantear objetivos mundiales para mitigar los daños. Con tantos factores influyendo en el sector energético es natural que la política energética a escalas subregionales y nacionales se encuentre ampliamente relacionada con la política exterior, por lo que actualmente el término de geopolítica se utiliza cada vez más en discusiones dirigidas al acceso de suministros de

energía, analizando como diversos elementos internacionales interactúan en el comercio de energía con influencia política, en la sección 2.3, se abordaron algunos de los factores que están relacionados con el precio del petróleo, en estos se encuentran precisamente cuestiones globales, en las que países como Estados Unidos, Rusia y países de Medio Oriente que poseen grandes volúmenes de petróleo, gas o carbón con los que pueden comerciar, tienen el poder de controlar la oferta para aquellos países que no cuentan con los recursos suficientes para satisfacer su demanda energética, como es el caso de países Europeos y Asiáticos, los problemas en este intercambio energético son inminentes y se abordan de diferente manera, esto depende de que el país sea exportador o importador de petróleo, por un lado los países importadores esperan continuidad de abastecimiento y estabilidad en los precios, por otro lado, los países exportadores esperan continuidad de ventas, así como precios remuneradores. México tiene que lidiar con ambas situaciones, pues es un país exportador de petróleo y en los últimos años ha importado una cantidad considerable de gasolina y gas natural. Ahora bien, no se puede dejar fuera de esta política energética global a los países de tránsito, pues estos deciden sobre el transporte de los recursos energéticos, una gran cantidad de petróleo se transporta por rutas marítimas, existen rutas por las que es transportado una mayor cantidad de petróleo que en otras y por esta razón tienen mayor importancia, el Estrecho de Ormuz en Irán permite que se puedan transportar cerca de 19 millones de barriles por día, correspondientes a parte de las exportaciones de Irán, Kuwait, Bahrein, Qatar, Emiratos Árabes Unidos y de Arabia Saudita, países que se encuentran entre los principales productores mundiales. China es el principal importador de petróleo y su principal suministro proviene de Medio Oriente, el cual para transportar su petróleo a los mercados asiáticos requiere hacer uso del Estrecho de Malaca ubicado entre Indonesia y Malasia, además vincula los océanos Índico y Pacífico, por esta razón China tiene un interés estratégico para que el tráfico por este estrecho no se interrumpa. El Canal de Suez y el oleoducto SUMED, ambos ubicados en Egipto, representan un punto clave en la distribución de petróleo, pues conecta al Mediterráneo con el Mar Rojo, que es la principal ruta para las exportaciones de Medio Oriente a Europa, el oleoducto SUMED es la única alternativa para realizar el transporte por esta ruta cuando los barcos superen el tamaño para poder navegar a través del Canal de Suez, previo al paso por el oleoducto SUMED o por el Canal de Suez, se encuentra el estrecho de Mandeb por el que pasa todo el petróleo que se dirige a esos puntos, por lo que es igual de

importante. Estos son solo algunos de los pasos que permiten que día a día se cubra la demanda de petróleo, cualquier interrupción en alguna de las vías marítimas podría ocasionar un cambio importante en el precio del petróleo.

Australia desempeña un rol importante en la política regional Asia-Pacífico, al estar rodeada por el Océano Pacífico, Océano Índico y otras zonas marítimas estratégicas, como el mar de China Meridional y el Estrecho de Malaca, Australia ha creado lazos económicos y de seguridad con Estados Unidos y lazos comerciales con países como China e Indonesia. Estos hechos hacen que la seguridad marítima sea importante en los intereses económicos en Australia (Bernard S., 2015).

Durante dos siglos, la concentración geográfica de las reservas de petróleo, gas natural y carbón han ayudado a configurar el panorama geopolítico mundial. El carbón y el vapor impulsaron la revolución industrial que, a su vez, dio forma a la geopolítica en el siglo XIX. Desde entonces, el control sobre la producción y el comercio de petróleo ha sido una característica clave de la política. Debido a la relación del comercio de petróleo con los acontecimientos globales, este ha tenido buenos y malos momentos, si bien en el pasado este recurso resultaba indispensable, después de cada acontecimiento que afectaba su suministro se respondía con modificaciones en la dependencia del petróleo, la creación de la Agencia Internacional de Energía fue una de las acciones de respuesta por parte de los países pertenecientes a la OCDE para prevenir a los miembros de una crisis en el suministro de petróleo y desarrollar estrategias para prevenirlo.

El uso de energías renovables ha ido en aumento debido a los compromisos ambientales internacionales que buscan la transición energética, además el uso de energías renovables, así como de gas natural son algunas de las alternativas que se han tomado para reducir la dependencia del petróleo. Una transición de los combustibles fósiles a las energías renovables podría traer cambios en las relaciones mundiales, cambios que ya han ocurrido en la historia por una transición de madera a carbón y de carbón a petróleo. El cambio debido a la transición será diferente para cada región y dependerá de cuán expuestos estén a los cambios de flujos de comercio de combustibles fósiles, su avance en la generación de energía

renovable y que tan bien se pueden posicionar en los principales lugares en desarrollo de tecnología. Países como Japón, Estados Unidos, China y la Unión Europea podrían obtener el máximo provecho de la transición energética, pues dependen de combustibles fósiles importados, pero se han posicionado a la vanguardia en la implementación de energía renovable. Por otra parte, Rusia, Indonesia, Arabia Saudita y el sur de África, tienen producción de petróleo suficiente para cubrir su demanda energética, sin embargo, no han tenido avances importantes en la generación de energía renovable.

Estados Unidos está cerca de la autosuficiencia energética, gracias a las prácticas de *fracking* se convirtió en un exportador de gas natural desde el año 2017 y un exportador de petróleo en 2019, además empresas estadounidenses tienen tecnologías sólidas para la generación de energías renovables. China se posiciona como el principal beneficiario de la transición, en términos de seguridad energética, pues tiene liderazgo en la fabricación e innovación de tecnologías de energía renovable, con lo que podría reducir sus importaciones de petróleo. Por otra parte, Rusia, uno de los principales países productores de petróleo puede enfrentar desafíos para adaptarse a la diversificación de energía, la gran economía de Rusia, depende en casi 40% de sus ingresos fiscales de la producción de petróleo, a pesar de que Rusia ha intensificado sus inversiones para el desarrollo de energía renovable, aún está por debajo de China y Estados Unidos en cuanto a patentes para tecnologías de energía renovable. El Medio Oriente y África del Norte, junto con Rusia y países de CIS, están más expuestas a una reducción en los ingresos por combustibles fósiles, pues en estas regiones sus exportaciones de combustibles fósiles representan más de una cuarta parte de su PIB. La disminución de los ingresos por exportaciones afectaría sus perspectivas de crecimiento económico y presupuestos nacionales (IRENA, 2019).

El uso de nuevas tecnologías para la obtención de petróleo permite aprovechar la mayor cantidad del petróleo encontrado y que resulte difícil de extraer. Debido al mayor uso de energía renovable y el uso de tecnologías la oferta comenzó a aumentar, disminuyendo el poder de oferta que representan, sobre todo, los países pertenecientes a la OPEP, mismos que decidieron no modificar sus niveles de exportación, desde el año 2010 Estados Unidos tuvo un aumento de producción de petróleo gracias al uso de *fracking*, esta es una de las razones

aparentes por las que el nivel de exportación de los principales países se mantuvo, pues se busca contrarrestar la independencia energética de Estados Unidos, a un precio bajo de petróleo, obtener petróleo por medios no convencionales resulta poco rentable. Estados Unidos es un participante importante en la geopolítica energética, y más en los últimos años con el aumento de producción, posicionándose como el principal productor de petróleo, este crecimiento ha permitido compensar las disminuciones en otras regiones de la OPEP. Mientras países como Arabia Saudita, Irak, Rusia, Brasil, Canadá y Estados Unidos han incrementado su producción, otros como México, Venezuela, Siria, Argelia, Libia, Nigeria y Sudán disminuyeron su producción debido a problemas de mala gestión del sector energético y conflictos civiles internos, el aumento y decremento de la producción de petróleo hasta el momento ha logrado un equilibrio, sin embargo, estos altibajos ponen en riesgo el suministro energético mundial. En el escenario de Políticas Declaradas la demanda mundial de energía primaria continúa creciendo, de 97 MMBd en el año 2018, la demanda aumentara alrededor de 1 MMBd en promedio cada año hasta 2025, después de este año, en la industria del petróleo se podría presentar un escenario de incertidumbre conduciendo a una disminución en la demanda de petróleo, de aumentos de 1 MMBd por año se reduce a 0.1 MMBd durante la década de 2030, hasta llegar a una producción de 106 MMBd en el año 2040. Los principales productores de petróleo son fuentes clave en el suministro mundial y por esta importancia indeleble cualquier agitación social, económica o geopolítica en sus regiones tendrá un impacto económico en los consumidores de petróleo. Muchos de estos productores dependen de los ingresos por hidrocarburos para financiar parte de sus presupuestos nacionales. El precio de petróleo ha tenido cambios radicales, cuando estos eran bajos, algunos gobiernos optaban por implementar reformas en el sector energético que permitieran diversificación económica, la reducción de subsidios a los combustibles fósiles, incluir un impuesto como fue el caso de Arabia Saudita, ayudan a mantener seguras las finanzas públicas, por el contrario, al aumentar el precio existe una mayor estabilidad económica para los países productores, según datos del *World Energy Outlook* publicado en 2019 por la IEA, los ingresos derivados de la producción de petróleo y gas de los principales productores se duplicó entre 2016 y 2018, sin embargo el mercado de energía es cambiante y nada asegura que la estabilidad se mantenga, se prevé que para el año 2040 el ingreso neto acumulado de la producción disminuya 10%, sin considerar una aceleración en el uso de energías

renovables, una disminución en los ingresos podría poner en riesgo el abastecimiento continuo de energía incluso para los productores causando implicaciones obvias en los importadores de combustibles fósiles. Cada año se invierte alrededor de 1.8 billones de dólares en el sector energético, pero una variedad de incertidumbres geopolíticas, de mercado y políticas podrían llevar a que la inversión no sea suficiente para lograr una producción de energía suficiente para satisfacer la demanda mundial, donde las regiones más afectadas serían las que tienen mayores restricciones económicas y financieras. (IEA,2019d) En el mundo se ha puesto la mirada hacia el uso de energías renovables, mucho tiene que ver con el cambio climático, los acuerdos que se deben cumplir en la agenda 2030 y la necesidad de un abastecimiento energético continuo, debido a esto se han introducido más de 145 países en normas legales para promover el uso de fuentes de energía alternativa. Los impactos ambientales debidos a un uso irracional de recursos, han hecho que Europa tenga el firme compromiso de ser el primer continente climáticamente neutro mediante el Pacto Verde Europeo, el cual busca impulsar el uso eficiente de recursos para lograr una economía circular y así restaurar la biodiversidad y reducir la contaminación, este pacto se basa en 6 líneas de acción de las que destacan, descarbonizar el sector de la energía, invertir en tecnologías respetuosas con el medio ambiente, además de mejorar las normas medioambientales mundiales y de esta forma dejar de producir emisiones netas de gases de efecto invernadero para el año 2050 (Comisión Europea, 2020).

El alcance de uso de las energías renovables depende de la tecnología disponible en cada país para aprovechar sus recursos naturales, en el caso de la energía proveniente del sol, esta es captada en todo el mundo, aunque no con la misma intensidad, de esta forma existen lugares que son más aptos para la producción de energía solar, por ejemplo, California en Estados Unidos, México, la región del Sahara, Medio Oriente, Asia Central y Australia, por otra parte, las regiones costeras y marinas representan mejores ventajas naturales para la generación de energía eólica gracias a los frecuentes y fuertes vientos. La biomasa podría ser la fuente de energía renovable más viable, pues el aprovechamiento de esta fuente puede realizarse donde exista agricultura además puede usarse como combustible de transporte y de calefacción, tener acceso a más de una fuente de energía es un componente crítico para estar más cerca de garantizar la seguridad energética del país, si se presentara el caso de que alguna de las

fuentes de energía presentara una interrupción de suministro, no representaría gran problema pues se podría hacer uso de las demás fuentes de energía. Las condiciones económicas y políticas son casi tan importantes como la disponibilidad geográfica de recursos energéticos, para aprovechar los recursos naturales es necesario contar con las condiciones técnicas, así como con organismos de investigación capaces de potencializar la tecnología, para esta etapa el factor económico juega un papel importante, pues es necesario que exista un financiamiento para poder costear investigaciones y posteriormente la aplicación de la tecnología. (Hübner C., 2015)

Los cambios en el sector energético, en cuanto a la participación creciente de energías renovables, propone que las economías tengan más independencia energética, siempre y cuando estas economías tengan al alcance energía que se produce en su propio país, de otra forma el uso de energías renovables demanda la construcción de redes de distribución en la que igual que en la industria del petróleo, involucra la participación de países ofertantes, demandantes y países que permitan la distribución de energía, en esta dirección la cooperación de países es imprescindible para que continúe el desarrollo y de realizarse estas redes de tránsito las energías renovables generarían una influencia geopolítica.

Si bien es cierto que el motor de la industria petrolera es la tecnología, a lo largo de este trabajo se puede apreciar que para un buen desarrollo de esta, es indispensable que los factores analizados se relacione íntimamente, por tanto resulta de gran importancia que el capital humano que se integre al sector energético conozca no solo cuestiones técnicas, sino también los factores económicos y geopolíticos en los que se encuentra envuelta la industria, que puedan comprender que la industria petrolera no funciona de forma independiente, que es sumamente cambiante, que enfrenta retos tecnológicos y que además debe adaptarse a un sector energético que cada vez se diversifica más, que los conflictos políticos y los problemas económicos mundiales afectan de manera directa el funcionamiento de esta compleja industria petrolera.

CONCLUSIONES

- Esta tesis describe el panorama amplio de la industria petrolera a nivel mundial, enfatizando factores tecnológicos, económicos, políticos, naturales y ambientales
- La Industria mundial del petróleo cambia constantemente en respuesta inmediata a los cambios de la oferta y demanda mundial provocados por factores tanto tecnológicos como políticos y sociales. En promedio, la producción mundial de petróleo a diciembre de 2019 fue de 97 millones de barriles diarios. La prospectiva de la Agencia Internacional de Energía de los Estados Unidos de América indica que para el año 2040 la producción alcanzará 106 millones de barriles diarios. De acuerdo a estas cifras, en los próximos 20 años habrá suficiente recurso natural para abastecer el consumo mundial. Si en este período de tiempo no se desarrollan fuentes alternas de energía que resulten más baratas, el petróleo se mantendrá como la principal fuente de energía del planeta.
- En diciembre de 2018 los datos publicados por la Secretaría de Energía de México indicaron que nuestro país cuenta con reservas para los siguientes 30 años, considerando una producción diaria de 1.81 millones de barriles diarios. El Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, considera apoyar el aumento de la extracción de crudo hasta alcanzar niveles de producción de alrededor de 3 millones de barriles diarios, y a la vez lograr la auto suficiencia de energéticos que, de acuerdo con dicho plan, se estima alcanzará 1 millón de barriles diarios en diciembre de 2024.
- El calentamiento global y diversos factores ambientales y sociales presionan a la sociedad internacional en la dirección de la transición energética hacia el mayor uso de fuentes alternas y sustentables de energía. Para todos los países productores, el control y acceso a recursos y mercados energéticos les ayuda a mantener y proteger los intereses nacionales. En el caso de países con economías desarrolladas estos factores les confieren influencia económica y política y seguridad de abasto de energía, así como otras ventajas competitivas, por ejemplo, la capacidad de desarrollo científico y tecnológico que no se limita al uso y aseguramiento de energías

convencionales sino también al desarrollo de fuentes alternas de energía y energías sustentables.

- El petróleo sigue representando un porcentaje importante en la demanda y consumo de energía a nivel mundial, aportando 32% del total, mientras que los combustibles fósiles (carbón más petróleo más gas natural) representan cerca del 80%. En México, el petróleo sigue siendo la mayor fuente de producción de energía primaria, ya que aporta el 62% de la producción total.
- El aumento en la producción de energías renovables puede modificar la dependencia e inter-relación actual entre productores y consumidores tanto a nivel nacional como internacional, creando nuevas relaciones y acuerdos comerciales entre países. Y a nivel nacional entre productores, proveedores, consumidores y organismos reguladores gubernamentales.
- La emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera del planeta alcanzó la cifra de 33.2 GigaToneladas anuales durante el año de 2018, lo que representa un aumento de 1.9% respecto al año anterior, esto indica que las iniciativas y acciones para mitigar los impactos ambientales sobre la atmósfera del planeta no son suficientes.
- La Reforma Energética de México promulgada en diciembre de 2013 permitió la apertura del sector energía de nuestro país a la participación de empresas privadas, transformando progresivamente el mercado nacional de monopolio estatal a mercado regulado por el estado, mediante varias agencias reguladoras. Sin embargo, en el transcurso de los seis años posteriores, la producción diaria de petróleo crudo solamente alcanzó valores máximos de 1.8 millones de barriles, contrastando con el objetivo propuesto en dicha reforma, que fue alcanzar una producción diaria de 3 millones de barriles a fines de 2018.
- En el período 2013 – 2019 no se desarrollaron en México acciones y/o esfuerzos significativos, ya sea de carácter público o privado hacia la producción de energéticos a partir de fuentes renovables
- En el mismo período, la Política Energética Nacional fomentó la construcción de instalaciones de aprovechamiento de energía eólica y solar que a diciembre de 2019 todavía se encontraban en fase de construcción y prueba antes de conectarse a la red nacional de suministro de energía eléctrica.

- Desde el punto de vista estratégico y de negocios, si se respetan las reglas del libre intercambio económico y comercial y no se admite de ninguna manera el ejercicio de la fuerza (policial o bélica) del estado (nacional o extranjero) u otros jugadores cualesquiera que sean sus intereses más allá del negocio honrado: 1) La distribución geográfica y la posesión (ya sea en propiedad nacional o en licencia de explotación) de los yacimientos de petróleo y gas natural, convencionales o no, es una de las variables que le otorga ventaja competitiva a los países o bien a los jugadores. 2) La capacidad de refinación o bien la de tratamiento de gas natural (endulzamiento, licuefacción y regasificación) es la segunda variable. 3) La capacidad de almacenamiento, transporte y distribución de petróleo y sus derivados es la tercera variable. 4) La capacidad técnica y tecnológica de los países y/o jugadores en la industria es la cuarta variable. 5) La capacidad y competencia científica, técnica, tecnológica, administrativa y gerencial de sus recursos humanos es la quinta variable. 6) Por último, la capacidad económica y financiera de los países y jugadores es la quinta variable.
- Los países y sus respectivos jugadores nacionales o internacionales exitosos en la industria del petróleo y gas natural son aquellos que reúnen y manejan eficaz y eficientemente la mayor cantidad de ventajas competitivas. En un momento dado, el peso relativo de una u otra ventaja competitiva determina el rumbo y resultado del juego.
- Los países o jugadores que abarcan los tres segmentos de la Cadena de Valor del Petróleo se denominan Jugadores Integrados de la Industria del Petróleo, los que abarcan solamente uno o dos segmentos de la cadena se denominan No Integrados. En cualquiera de los casos, la viñeta anterior aplica por igual a ambos tipos de jugadores.

BIBLIOGRAFÍA

- Agnihotri G. (2019). *A brief history of oil. Oil and Gas*. Recuperado de <https://www.oilandgasiq.com/strategy-management-and-information/columns/a-brief-history-of-oil>
- Ali U. (2019). Top five offshore oil fields by remaining reserves. Offshore Technology. Recuperado de <https://www.offshore-technology.com/features/worlds-biggest-oil-fields/>
- BBC (2015). How did oil come to run our world? Recuperado de <https://www.bbc.co.uk/teach/how-did-oil-come-to-run-our-world/zn6gnrd#z9bm6sg>
- Bernard S. (2015). *Geopolitics, The Geography of International Relations*, Tercera Edición. Reino Unido: Rowman & Littlefield. Capítulo 1.
- CEMDA (2017). Marco jurídico de las energías renovables en México. CEMDA. Recuperado de https://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2016/06/Marco-jur%C3%ADdico-de-las-energ%C3%ADas-renovables-en-M%C3%A9xico.final_.pdf
- CME Group (2017). Históricos precios diarios petróleo WTI, Brent. SGM. Recuperado de https://www.sgm.gob.mx/Web/SINEM/energeticos/wti_brent_mme.html
- Comisión Europea (2020). Un Pacto Verde Europeo. Recuperado de: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es#%C3%BAltimas-novedades
- Comisión Nacional de Hidrocarburos CNH (2012). Análisis de Información de las Reservas de Hidrocarburos de México al 1 de enero del 2012. CNH. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/109441/An_de_Informacion_de_las_Reservas_de_Hidrocarburos_de_Mex_al_1_de_enero_de_2012.pdf
- Comisión Nacional de Hidrocarburos CNH (2018). Reservas de hidrocarburos en México conceptos fundamentales y análisis 2018. CNH. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/435679/20190207_CNH-Reservas-2018_vf_V7.pdf
- Comisión Nacional de Hidrocarburos CNH (2019). Análisis de Reservas de Hidrocarburos 1P, 2P y 3P. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/460767/Analisis_de_Reservas_1P_2P_3P_2019_vf-cnh-web.pdf
- Comisión Reguladora de Energía (2010). Acuerdo por el que se establecen la organización y funciones de las direcciones generales de la Comisión Reguladora de Energía. Ciudad de México: DOF. Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5169663&fecha=03/12/2010
- CPEUM (2019). Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos. DOF 5 de febrero de 1917, Última reforma, DOF 20-12-2019. Recuperado de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_201219.pdf

- Cunningham N. (2014). Here are the world's five most important oil fields. Oilprice. Recuperado de <https://oilprice.com/Energy/Energy-General/Here-Are-The-Worlds-Five-Most-Important-Oil-Fields.html#>
- De la Vega A. & Ramírez J. (2015). El Gas de Lutitas (Shale Gas) en México. Recursos, explotación, usos e impactos. Elsevier. Recuperado de <https://www.elsevier.es/es-revista-economia-unam-115-articulo-el-gas-lutitas-shale-S1665952X15300062?referer=buscador>
- DOF (2013a). DECRETO por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en Materia de Energía. Ciudad de México: DOF. Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5327463&fecha=20/12/2013
- DOF (2013b). Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. Ciudad de México: DOF. Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5299465&fecha=20/05/2013
- DOF (2019). Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. Ciudad de México: DOF. Recuperado de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019
- Empresa Nacional del Petróleo ENAP (2019) ¿Dónde se encuentra el petróleo y el gas natural? Santiago de Chile. Recuperado de https://www.enap.cl/pag/283/1161/donde_hay
- *Energy Information Administration* EIA (2019a). Wind explained. Washington, D.C.: EIA. Recuperado de <https://www.eia.gov/energyexplained/wind/types-of-wind-turbines.php>
- *Energy Information Administration*, EIA (2019b). Nuclear explained. Washington, D.C.: EIA. Recuperado de <https://www.eia.gov/energyexplained/nuclear/>
- *Energy Information Administration*, EIA (2019c). Hydropower explained. Washington, D.C.: EIA. Recuperado de <https://www.eia.gov/energyexplained/hydropower/>
- *Energy Information Administration*, EIA (2019d) Biofuels explained Washington, D.C.: EIA. Recuperado de <https://www.eia.gov/energyexplained/biofuels/>
- *Energy Information Administration*, EIA (2019e). Oil: crude and petroleum products explained. Recuperado de <https://www.eia.gov/energyexplained/oil-and-petroleum-products/oil-and-the-environment.php>
- *Environment and ecology* (2019). How does oil impact the environment? Recuperado de <http://environment-ecology.com/energy-and-environment/92-how-does-oil-impact-the-environment.html>
- Foro Nuclear (2010). Capítulo 1: Energía y fuentes de energía, ¿Qué es el carbón y qué usos tiene? Recuperado de <https://www.foronuclear.org/es/energia-nuclear/faqas-sobre-energia/capitulo-1/115481-ique-es-el-carbon-y-que-usos-tiene>
- Fuentes para la historia del petróleo en México (2019). Colmex. Recuperado de <https://petroleo.colmex.mx/index.php/component/content/article/57>
- Gaceta Parlamentaria (2019) Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. Recuperado de <http://gaceta.diputados.gob.mx/PDF/64/2019/abr/20190430-XVIII-1.pdf>

- Gamboa C. & Ayala A., (2014). Energías renovables. Ciudad de México: Cámara de diputados. Recuperado de <http://www.diputados.gob.mx/sedia/sia/spi/SAPI-ISS-43-14.pdf>
- Gobierno de la República (2014) Explicación ampliada de la reforma energética, Despló a través de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/10233/Explicacion_ampliada_de_la_Reforma_Energetical.pdf
- Gomes J. & Guimaraes T. (2018). Sustainability Performance Evaluation of Renewable Energy Sources: The Case of Brazil. Brasil: Springer. pp 1-9.
- Greenpeace (2012). Impactos ambientales del petróleo. México: Greenpeace. Recuperado de <https://www.greenpeace.org/mexico/publicacion/982/impactos-ambientales-del-petroleo/>
- Heinemann H. (2006). The Chemistry and Technology of Petroleum. Cuarta Edición. California: Chemical Industries. Capítulo 7.
- Hübner C. (2015). Geopolítica Energética Global. Lima, Perú: Revista Diálogo Político
- Indexamundi (2019). Mapa Comparativo de Países. Recuperado de <https://www.indexamundi.com/map/?v=91&l=es>
- Industria del petróleo: Petróleo y ambiente (2007). Ciudad de México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Recuperado de http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/16/parte3_13.html
- Informe de la reunión de expertos sobre geopolítica y seguridad energética (2017). Ciudad de México: Comisión Económica para América Latina y el Caribe. pp 11-17.
- Inkpen A. & Moffett M. (2011). The global oil and gas industry. Oklahoma, EUA: Penn Well. Capítulo 1.
- *International Energy Agency, IEA* (2006). BP Statistical Review of World Energy. Recuperado de <https://www.rrojasdatabank.info/bpstats2006.pdf>
- *International Energy Agency IEA* (2019a) BP Statistical Review of World Energy BP. Recuperado de <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>
- *International Energy Agency IEA* (2019b) Oil Information 2019 Overview. Recuperado de <https://webstore.iea.org/oil-information-2019>
- *International Energy Agency IEA* (2019c). Data and statistics. Recuperado de <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=Coal%20production%20by%20type>
- *International Energy Agency IEA* (2019d) World Energy Outlook 2019. Recuperado de <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>
- *International Renewable Energy Agency IRENA* (2019). A New World, The Geopolitics of the Energy Transformation. Recuperado de https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jan/Global_commission_geopolitics_new_world_2019.pdf
- LCFE (2014) Ley de la comisión federal de electricidad. Recuperado de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LCFE_110814.pdf

- LH (2016) Ley de hidrocarburos, promulgada en 2014 y actualizada en 2016. Recuperado de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LHidro_151116.pdf
- LIE (2018) Ley de Inversión Extranjera. Recuperado de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/44_150618.pdf
- LPM (2014) Ley de Petróleos Mexicanos. Recuperado de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPM_110814.pdf
- Naciones Unidas, NU (2016a). Agenda 2030. Recuperado de <http://www.onu.org.mx/agenda-2030/>
- Naciones Unidas, NU (2016b). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de <http://www.onu.org.mx/agenda-2030/objetivos-del-desarrollo-sostenible/>
- Naciones Unidas, NU (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf
- Naciones Unidas, NU (2019). Una población en crecimiento. Recuperado de <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html>
- *Organization of the Petroleum Exporting Countries*, OPEC (2019a) Países miembros. Recuperado de https://www.opec.org/opec_web/en/about_us/25.htm
- *Organization of the Petroleum Exporting Countries*, OPEC (2019b). OPEC: OPEC share of world crude oil reserves, 2018. Recuperado de https://www.opec.org/opec_web/en/data_graphs/330.htm
- Petróleos Mexicanos. (2013). Ciudad de México: Historia de Petróleos Mexicanos. Recuperado de <https://www.pemex.com/acerca/historia/Paginas/historia-pemex.aspx>
- Petróleos Mexicanos (2019a). Estadísticas petroleras, producción de hidrocarburos líquidos. PEMEX. Recuperado de https://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Indicadores%20Petroleros/eprohidro_es_p.pdf
- Petróleos Mexicanos (2019b). Productos. Ciudad de México: Pemex. Recuperado de <https://www.pemex.com/comercializacion/productos/Paginas/default.aspx>
- Gaceta Parlamentaria (2019) Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. Recuperado de <http://gaceta.diputados.gob.mx/PDF/64/2019/abr/20190430-XVIII-1.pdf>
- Presidencia de la República (2018). Ley de inversión extranjera. Cámara de diputados del H. congreso de la unión. Recuperado de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/44_150618.pdf
- Schlumberger (2019). Gravedad API. Oilfield Glossary en español. Recuperado de https://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/a/api_gravity.aspx
- Secretaría de Energía, SENER (2012) Lineamientos para la autorización de trabajos de perforación de pozos en las actividades de Exploración y Explotación de Hidrocarburos. Ciudad de México: DOF. Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5255408&fecha=21/06/2012&print=true
- Secretaría de Energía, SENER (2015). Glosario de términos petroleros. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/8317/GLOSARIO_DE_TERMINOS_PETROLEROS_2015.pdf

- Secretaría de Energía, SENER (2016). Análisis de las Cadenas de Valor del Subsector Hidrocarburos. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/54340/Prospectiva de Talento Volumen 1 27 01 16.compressed.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/54340/Prospectiva_de_Talento_Volumen_1_27_01_16.compressed.pdf)
- Secretaría de Energía, SENER (2017). SENER: Balance Nacional de Energía. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/414843/Balance Nacional de Energ a 2017.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/414843/Balance_Nacional_de_Energ_a_2017.pdf)
- Secretaría de energía, SENER (2018). Balance Nacional de Energía: Producción de energía primaria. Ciudad de México: SIE. Recuperado de <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cveca=IE11C01>
- Secretaría de Energía (2019a). Programa Quincenal de Licitaciones para la Exploración y Extracción de Hidrocarburos 2015-2019. Ciudad de México: Gobierno de la república. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/524234/PQ-Diciembre con Accesibilidad-img sin texto alt. en tablas.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/524234/PQ-Diciembre_con_Accesibilidad-img_sin_texto_alt_en_tablas.pdf)
- Secretaría de energía, SENER (2019b). Producción de petróleo crudo por entidad federativa. Ciudad de México: SIE. Recuperado de <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cveca=PMXB1C02>
- Secretaría de Energía, SENER (2020). Programa Quinquenal de Licitaciones para la Exploración y Extracción de Hidrocarburos 2015-2019. Ciudad de México: Gobierno de la república. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/532205/PQ Ene 20 Nuevo ConAccesibilidad.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/532205/PQ_Ene_20_Nuevo_ConAccesibilidad.pdf)
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público, SHCP (2015). ACUERDO por el que se expiden las Reglas de carácter general para definir los métodos de ajuste del valor de los hidrocarburos de los derechos sobre hidrocarburos. Ciudad de México: DOF. Recuperado de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5382045
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT (2018). Impacto ambiental y tipos de impacto ambiental. Gobierno de México. Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/impacto-ambiental-y-tipos-de-impacto-ambiental>
- Servicio Geológico Mexicano, SGM (2017). Características del petróleo. Recuperado de https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Caracteristicas-del-petroleo.html
- Sistema de Información Energética, SIE (2017). Históricos precios diarios petróleo MME. SGM. Recuperado de https://www.sgm.gob.mx/Web/SINEM/energeticos/wti_brent_mme.html
- Sistema de Información Energética, SIE (2019a). Producción de crudo por bloque y tipo (Vigente a partir de 2002). SIE. Recuperado de <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&subAction=applyOptions>
- Sistema de Información Energética, SIE (2019b). Pozos productores promedio en operación y pozos operando al final del periodo. Ciudad de México: SIE.

- Recuperado de
<http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=PMXAC06>
- Sistema de Información Económica, SIE (2019c). Precio de la mezcla mexicana de petróleo. Banxico. Recuperado de <https://www.banxico.org.mx/apps/gc/precios-spot-del-petroleo-gra.html>
 - SEIA (2020). Solar Energy. Washington, D.C.: SEIA. Recuperado de <https://www.seia.org/initiatives/about-solar-energy>
 - Tipos de petróleo crudo en México (2019). Puerto dos Bocas. Recuperado de <https://www.puertodosbocas.com.mx/ultimas-noticias/288-tipos-de-petroleo-crudo-en-mexico-2019>
 - Valderraábano M. (2017). Conferencia: La Reforma Energética y la Sustentabilidad un análisis desde la Política Pública en México.