



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Panorama del futuro de los
hidrocarburos:
Una perspectiva del 2017**

T E S I S

Que para obtener el título de
Ingeniero Petrolero

P R E S E N T A

Servando Hernández Santillán

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Ramón Edgar Domínguez Betancourt



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., Ingresa 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



A Dios...

Por brindarme el regalo más valioso de todos, la salud y por situarme en el camino correcto, planteado desafíos a lo largo del mismo para esforzarme y entender que siempre puedo mejorar.

A mis padres...

Quienes me han apoyado y guiado a lo largo de mi vida, compartiendo mis triunfos y fracasos y a quienes también les debo todos mis logros, al brindarme la mejor educación y ser los mejores maestros que he tenido, al instruirme con disciplina y gran variedad de enseñanzas que han formado a la persona que soy ahora.

A mi hermana...

Por sus enseñanzas y apoyo.

A mi gran familia...

Por su apoyo y motivación que siempre ha estado presente en mí y cada integrante me ha aportado enseñanzas y valores, formando parte de uno de mis principales pilares.

A mis amigos...

Por brindarme su amistad a lo largo de mi vida, con quienes he compartido triunfos, fracasos e innumerables aventuras.

A mi director...

Por el apoyo, dedicación y tiempo brindado, al aceptarme como su pupilo y orientar mis ideas hacia este proyecto de tesis, transmitiéndome parte de su experiencia.

A mi universidad y facultad...

Por ser el lugar en el que me formé no solo como profesional sino también como persona, donde viví diversas experiencias, encontré grandes amistades y recibí muchos conocimientos y enseñanzas de parte de mis profesores. Por estas razones me siento muy orgulloso de pertenecer a esta gran institución que me ha dado tanto no solo a mí, sino también a la nación.

Declaración

Yo Servando Hernández Santillán, declaro que éste trabajo escrito que presento para obtener el título de ingeniero petrolero, es un trabajo original creado por mí y no ha sido plagiado de otro autor.

Toda la literatura que considere de utilidad para elaborar este trabajo, hecha por alguien más, dentro de mi mismo idioma o algún otro, ha sido citada en esta tesis, mencionando su aportación a la misma, otorgando así el reconocimiento adecuado.

Lista de Figuras

Capítulo 2: Legislación Mexicana sobre hidrocarburos

Figura 1. Marco Jurídico del Sector Energético, acotado a los hidrocarburos

Capítulo 5: Energías Limpias

Figura 2. Imagen 1: Sistemas geotérmicos

Figura 3. Imagen 2: Principio de operación de una central geotérmica

Figura 4. Imagen 3: Principio de operación de una central Nucleoeléctrica con reactor BWR

Figura 5. Imagen 4: Diagrama de una central termosolar

Figura 6. Imagen 5: Central hidroeléctrica

Figura 7. Imagen 6: Central Mareomotriz

Figura 8. Imagen 7: Ejemplo de dispositivos para la captación de energía oleomotriz

Figura 9. Imagen 8: Ciclo Rankine para CETO

Figura 10. Imagen 9: Componentes de un aerogenerador

Figura 11. Imagen 10: Planta de biomasa de Sangüesa

Lista de Tablas

Capítulo 5: Energías Limpias

Tabla 1: Libras de Contaminantes producidos por billón de BTU

Tabla 2: Integración de las sub ramas de la petroquímica con diversos sectores de la economía

Tabla 3: Mercado de productos petroquímicos

Tabla 4: Impacto visual en el paisaje de las principales energías limpias

Tabla 5: Tipos de reactores nucleares de potencia

Tabla 6: Reactores nucleares en el mundo

Tabla 7: Fuentes de biomasa

Índice

Agradecimientos.....	I
Declaración.....	II
Lista de figuras.....	III
Lista de tablas.....	III
Capítulo 1: Introducción.....	1
Capítulo 2: Legislación Mexicana sobre hidrocarburos.....	3
2.1. Artículo 25°.....	3
2.2. Artículo 27°.....	4
2.3. Artículo 28°.....	5
2.4. Artículo 134°.....	6
2.5. Ley de Hidrocarburos.....	6
2.5.1 Reglamento de las Actividades a que se Refiere el Título Tercero de la Ley de Hidrocarburos.....	7
2.5.2 Reglamento de la Ley de Hidrocarburos.....	7
2.6. Ley de Ingresos Sobre Hidrocarburos.....	8
2.6.1 Reglamento de la Ley de Ingresos Sobre Hidrocarburos.....	8
2.7. Ley del Fondo Mexicano del Petróleo Para la Estabilización y el Desarrollo.....	8
2.8. Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética.....	9
2.9. Ley de Petróleos Mexicanos.	9
2.9.1 Reglamento de la Ley de Petróleos Mexicanos.....	10
2.10. Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos.....	10
2.10.1 Artículo 3°.....	11

2.10.2 Reglamento Interior de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos.....	11
2.11. Ley General Para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.....	12
2.11.1 Reglamento de la Ley General Para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.....	12
2.12. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.....	12
2.12.1 Reglamento de Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental.....	14
2.12.2 Reglamento de Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmosfera.....	14
2.12.3 Reglamento de Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico.....	14
2.12.4 Reglamento de Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.....	14
2.12.5 Reglamento de Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Autorregulación y Auditorías Ambientales.....	15
2.13. Marco Jurídico.....	15
Capítulo 3: Historia de la Política Mexicana Sobre Hidrocarburos.....	17
3.1. Etapa de La Conquista.....	17
3.2. Etapa Independiente.....	17
3.3. Etapa de Consolidación Nacional y Porfiriato.....	18
3.4. Etapa Revolucionaria.....	22
3.5. Etapa Constitucionalista.....	24
3.6. Etapa de Expropiación.....	29
3.7. Etapa de Desarrollo.....	33
3.8. Etapa de Acenso y Caída.....	41
3.9. Etapa de Inicio del Neoliberalismo.....	46
3.10. Etapa de Adopción del modelo Neoliberalista.....	47
3.11. Etapa de Reforma Energética.....	52

Capítulo 4: Historia Mundial Sobre Hidrocarburos.....	61
4.1 Hidrocarburos en La Edad Antigua.....	61
4.2 Hidrocarburos en La Edad Media y Moderna.....	62
4.3 Hidrocarburos en La Edad Contemporánea.....	70
Capítulo 5: Energías Limpias.....	93
5.1. El Gas Natural.....	93
5.1.1 Transporte del Gas Natural.....	94
5.1.1.2 Transporte de Gas Natural Por Tubería.....	94
5.1.1.3 Transporte de Gas Natural Licuado (GNL).....	94
5.1.1.4 Transporte de Gas Natural Como Metanol.....	95
5.1.2 Gas Natural En Competencia Con Otros Combustibles.....	96
5.1.3 Gas Natural y La Petroquímica.....	97
5.2. Energía Geotérmica.....	100
5.2.1. Desarrollo De La Energía Geotérmica.....	100
5.2.2. Tipos De Sistemas Potenciales Para La Generación De Energía Geotérmica.....	101
5.2.2.1. Hidrotérmica.....	102
5.2.2.2. Roca seca caliente.....	102
5.2.2.3. Magma.....	103
5.2.3. Clasificación De Los Recursos Geotérmicos.....	103
5.2.3.1. Alta temperatura.....	103
5.2.3.2. Media temperatura.....	103
5.2.3.3. Baja temperatura.....	104
5.2.3.4. Muy baja temperatura.....	104
5.2.4. Principio De Generación De La Energía Geotérmica.....	105
5.3. Energía Nuclear.....	107
5.3.1. Principio De Generación De La Energía Nuclear.....	108
5.3.1.1 Reactor BWR.....	109

5.3.2. Fisión Nuclear	110
5.3.3. Fusión Nuclear	114
5.4. Energía Solar.....	114
5.4.1. Principio De Generación De La Energía Solar.....	115
5.4.1.1 Energía Solar Fotovoltaica.....	115
5.4.1.2 Energía Solar Concentrada (termosolar)	116
5.4.1.2.1 Canales Parabólicos y Antenas Parabólicas.....	116
5.4.1.2.2 Receptores Centrales.....	117
5.5. Energía Hidroeléctrica.....	118
5.5.1. Diseño De Una Central Hidroeléctrica.....	119
5.5.2. Principio De Generación De La Energía Hidroeléctrica.....	119
5.6. Energía Oceánica.....	121
5.6.1. Energía Mareomotriz	121
5.6.1.1 Principio De Generación De La Energía Mareomotriz	122
5.6.2. Energía Olamotriz u Oleomotriz.....	123
5.6.2.1 Principio De Generación De La Energía Olamotriz u Oleomotriz.....	123
5.6.3. Conversión de Energía Térmica Oceánica o Energía Termomotriz.....	125
5.6.3.1 Principio De Generación De La Energía Térmica Oceánica (CETO) o Energía Termomotriz.....	125
5.7. Energía Eólica.....	126
5.7.1. Tipos De Aerogeneradores o Turbinas.....	127
5.7.1.1 Eje Vertical (TEV)	127
5.7.1.2 Eje Horizontal (TEH)	127
5.7.2 Principio De Generación De La Energía Eólica.....	128
5.8. Energía Biomasa o Bioenergía.....	130
5.8.1 Fuentes De Biomasa o Bioenergía.....	131
5.8.2. Principio De Generación De La Energía Biomasa o Bioenergía.....	131
5.8.2.1 Proceso De Combustión Directa.....	132

5.8.2.2 Proceso De Conversión Termoquímica.....	133
5.8.2.3 Proceso De Conversión Bioquímica.	134
5.9. Aplicación De Las Energías Limpias.....	139
5.10. Seguridad Energética.....	146
Capítulo 6: El Futuro De Los Hidrocarburos.....	148
6.1. Visión Al Pasado	148
6.2. Visión Al Presente	151
6.3. Visión Al Futuro.....	153
Análisis de la fase neoliberal en México.....	162
Conclusiones	165
Recomendaciones.....	167
Bibliografía y Referencias.....	169

Capítulo Primero

1. Introducción

A lo largo de su historia la humanidad ha empleado una gran variedad de recursos para progresar, pero ninguno de ellos tan importante como el petróleo, quien aceleró de manera trepidante el desarrollo de nuestra especie a medida que aprendimos a aprovecharlo más eficientemente.

La llegada de la primera revolución industria trajo consigo el comienzo de la masiva implementación de los recursos fósiles, con el carbón como su precursor y posteriormente con la segunda revolución industrial, su utilización se expandió debido a la acelerada industrialización que completaría el aprovechamiento total de estos recursos tan valiosos.

Tales eventos representaron un enorme cambio en las condiciones de vida de la humanidad, con el incremento en la producción de bienes de consumo y alimentos, mejorando también otros aspectos como el transporte, la comunicación y la medicina.

El petróleo ha jugado un significativo y muy notable papel tanto en la historia contemporánea como en la economía de ese mismo periodo. Su presencia en la historia ha sido crítica al forjar el destino de algunas naciones, el desarrollo militar de otras y eventualmente grandes conflictos entre estas teniendo como principal objetivo poseer el control sobre este recurso.

En cuanto a la economía la inclusión de este recurso ha modificado la estructura de las sociedades así como también la forma en que las naciones interactúan entre sí, esto propició la creación de estrategias de comercio global entre países y de estas estrategias proviene la gran importancia que poseen algunas regiones geográficas del mundo.

A lo largo de su historia el petróleo siempre ha estado rodeado de numerosos intereses, y es debido a estos que comúnmente se le ha asociado con mitos, obsesiones, miedos, guerras, codicia y conspiraciones internacionales para apoderarse de él, todo esto orquestado por la política, y es en nuestro país donde esta actividad ha causado más daño deteriorando en gran medida las relaciones que poseen los mandatarios con el pueblo, debido al gran número de oportunidades perdidas que este recurso le ha ofrecido al país aunando a numerosas promesas que las han precedido dentro de un ciclo repetitivo, pero lastimosamente ninguna de ellas ha servido para mejorar el bienestar de la nación.

La industria petrolera es una de las industrias de mayor relevancia y presencia en el mundo debido al gran impacto que posee sus actividades en nuestra vida diaria, pero para adquirir tal grado de importancia primero debió cambiar y adaptarse a los distintos retos que han surgido con el paso del tiempo, es por esta razón que el conocer sus orígenes, cambios y desafíos otorga un visión diferente para entender la situación actual y poseer una idea clara de hacia dónde se dirige.

Por otro lado con estos conocimientos podemos vislumbrar el comportamiento que tendrá el mercado petrolero percibiendo y comparando los augurios que se presentan, evitando volver a encontrarnos en una situación similar a la actual.



Los recursos fósiles han constituido una fuente de energía por muchas décadas convirtiéndose en una riqueza instrumental con un valor estratégico, debido al constante aumento en el consumo energético mundial, nació la preocupación energética, que busca diversificar las fuentes de energía en el futuro contemplando la disponibilidad de la misma aunado al bienestar de nuestro planeta , lo que ha llevado a diversos líderes políticos a planificar el futuro energético mundial: inicialmente una colaboración entre fuentes de energía fósil y energía limpia para terminar por una transición energética, desplazado a la industria petrolera de la generación de energía, para enfocarse en proveer materia prima extremadamente útil a diversas industria encargadas de proporcionarnos la calidad de vida actual.



Capítulo Segundo

2. Legislación Mexicana sobre hidrocarburos

La legislación mexicana sobre hidrocarburos está fundamentada en un ordenamiento jurídico adoptado de la pirámide de Kelsen, donde se muestra gráficamente la relación que existe entre un conjunto de normas jurídicas mediante un sistema escalonado y el principal escalón de esta pirámide es La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. La carta magna actual es el resultado de alrededor de 700 modificaciones efectuadas a lo largo de historia, con cada una de estas modificaciones se han perseguido objetivos específicos sobre todo en el sector energético ya que el desarrollo industrial aunado al descubrimiento de nuevos procesos y productos derivados del petróleo obligó a actualizar y adecuar nuestra legislación, debido a esto se han efectuado diversos cambios al marco normativo e institucional de la industria petrolera nacional.

La legislación mexicana sobre hidrocarburos, tiene como pilares principales cuatro artículos de la constitución política de los estados unidos mexicanos, los cuales son:

- ❖ Artículo 25
- ❖ Artículo 27
- ❖ Artículo 28
- ❖ Artículo 134

2.1. Artículo 25°

Citando el artículo veinticinco más el párrafo cuarto de la Constitución:

“Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable, que fortalezca la Soberanía de la Nación y su régimen democrático y que, mediante la competitividad, el fomento del crecimiento económico y el empleo y una más justa distribución del ingreso y la riqueza, permita el pleno ejercicio de la libertad y la dignidad de los individuos, grupos y clases sociales, cuya seguridad protege esta Constitución. La competitividad se entenderá como el conjunto de condiciones necesarias para generar un mayor crecimiento económico, promoviendo la inversión y la generación de empleo”.¹

Párrafo cuarto:

“El sector público tendrá a su cargo, de manera exclusiva, las áreas estratégicas que se señalan en el artículo 28, párrafo cuarto de la Constitución, manteniendo siempre el Gobierno Federal la propiedad y el control sobre los organismos y empresas productivas del Estado que en su caso se establezcan.

¹ Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Última Reforma DOF 29-01-2016. P24



Tratándose de 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, la Nación llevará a cabo dichas actividades en términos de lo dispuesto por los párrafos sexto y séptimo del artículo 27 de esta Constitución. En las actividades citadas la ley establecerá las normas relativas a la administración, organización, funcionamiento, procedimientos de contratación y demás actos jurídicos que celebren las empresas productivas del Estado, así como el régimen de remuneraciones de su personal, para garantizar su eficacia, eficiencia, honestidad, productividad, transparencia y rendición de cuentas, con base en las mejores prácticas, y determinará las demás actividades que podrán realizar”.²

Con este artículo comienza un enfoque económico en la Constitución, mencionando la intervención del Estado en la economía, para desarrollar un buen crecimiento, indicando sus tareas y modalidades, para lograr un progreso nacional sin olvidar el fortalecimiento de la soberanía, es importante mencionar que Petróleos Mexicanos es una empresa propiedad del gobierno mexicano y como tal no puede ser comprada, las actividades realizadas por esta son en beneficio de la Nación por lo que está sujeta a una situación tributaria más exigente que cualquier otra empresa.

2.2. Artículo 27°

Citando el artículo veintisiete más los párrafos sexto y séptimo de la Constitución:

“La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada. Las expropiaciones sólo podrán hacerse por causa de utilidad pública y mediante indemnización”.³

Párrafo sexto:

“En los casos a que se refieren los dos párrafos anteriores, el dominio de la Nación es inalienable e imprescriptible y la explotación, el uso o el aprovechamiento de los recursos de que se trata, por los particulares o por sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas, no podrá realizarse sino mediante concesiones, otorgadas por el Ejecutivo Federal, de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes, salvo en radiodifusión y telecomunicaciones, que serán otorgadas por el Instituto Federal de Telecomunicaciones”.⁴

Párrafo séptimo:

“Tratándose del petróleo y de los hidrocarburos sólidos, líquidos o gaseosos, en el subsuelo, la propiedad de la Nación es inalienable e imprescriptible y no se otorgarán concesiones. Con el propósito de obtener ingresos para el Estado que contribuyan al desarrollo de largo plazo de la Nación,

² Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Op cit. P25

³ Ibid P.27

⁴ Ibid P.28-29



ésta llevará a cabo las actividades de exploración y extracción del petróleo y demás hidrocarburos mediante asignaciones a empresas productivas del Estado o a través de contratos con éstas o con particulares, en los términos de la Ley Reglamentaria. Para cumplir con el objeto de dichas asignaciones o contratos las empresas productivas del Estado podrán contratar con particulares. En cualquier caso, los hidrocarburos en el subsuelo son propiedad de la Nación y así deberá afirmarse en las asignaciones o contratos”.⁵

Este artículo, nos recuerda uno de los fundamentos de la constitución de 1917, el cual es devolverle a la nación, la propiedad original sobre sus recursos, por lo que el Estado en cualquier momento puede expropiar e imponer la propiedad privada en función al beneficio o utilidad pública que se requiera, con su debida indemnización, así mismo se le reconoce la facultad de expropiar tanto a la Federación como a las entidades federativas. Esta es una de las principales diferencias que tiene nuestra regulación con otros países lo cual ha sido causa de conflicto con algunas empresas para realizar actividades en México.

2.3. Artículo 28°

Citando el artículo veintiocho más el párrafo cuarto de la Constitución:

“En los Estados Unidos Mexicanos quedan prohibidos los monopolios, las (sic DOF 03-02- 1983) prácticas monopólicas, los estancos y las exenciones de impuestos en los términos y condiciones que fijan las leyes. El mismo tratamiento se dará a las (sic DOF 03-02-1983) prohibiciones a título de protección a la industria”.⁶

Párrafo cuarto:

“No constituirán monopolios las funciones que el Estado ejerza de manera exclusiva en las siguientes áreas estratégicas: correos, telégrafos y radiotelegrafía; minerales radiactivos y generación de energía nuclear; la planeación y el control del sistema eléctrico nacional, así como el servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica, y la exploración y extracción del petróleo y de los demás hidrocarburos [...] el Estado al ejercer en ellas su rectoría, protegerá la seguridad y la soberanía de la Nación, y al otorgar concesiones o permisos mantendrá o establecerá el dominio de las respectivas vías de comunicación de acuerdo con las leyes de la materia”.⁷

Este artículo expresa que los únicos monopolios que se permiten dentro del territorio mexicano son en las áreas estratégicas para la economía, las cuales serán desarrolladas de la mejor manera convirtiéndose en propiedad federal.

⁵ *Ibid* P.29

⁶ *Ibid* P.34

⁷ *Ibid* P.34



2.4. Artículo 134°

Citando el artículo ciento treinta y cuatro de la Constitución:

“Los recursos económicos de que dispongan la Federación, las entidades federativas, los Municipios y las demarcaciones territoriales de la Ciudad de México, se administrarán con eficiencia, eficacia, economía, transparencia y honradez para satisfacer los objetivos a los que estén destinados”.⁸

En este artículo se exterioriza de manera simple la rendición de cuentas como un principio básico de la democracia, este artículo implementa un modelo mediante el cual los ciudadanos puedan estar enterados de como el Estado manipula los recursos monetarios. Por otro lado se expresa que la contratación de servicios o compra de bienes deberán realizarse a través de un proceso licitatorio en función del monto en cuestión, con lo que se asegura para el Estado las mejor condiciones.

2.5. Ley de Hidrocarburos

Con base en los artículos 25, 27 y 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de hidrocarburos, se expidió la “Ley de Hidrocarburos”, esta ley modifica la relación de las empresas petroleras con las instituciones reguladoras quienes vigilaran las actividades que estas llevaran a cabo en territorio nacional.

Citando el artículo primero de esta ley:

“Corresponde a la Nación la propiedad directa, inalienable e imprescriptible de todos los Hidrocarburos que se encuentren en el subsuelo del territorio nacional, incluyendo la plataforma continental y la zona económica exclusiva situada fuera del mar territorial y adyacente a éste, en mantos o yacimientos, cualquiera que sea su estado físico.

Para los efectos de esta Ley, se considerarán yacimientos transfronterizos aquéllos que se encuentren dentro de la jurisdicción nacional y tengan continuidad física fuera de ella.

También se considerarán como transfronterizos aquellos yacimientos o mantos fuera de la jurisdicción nacional, compartidos con otros países de acuerdo con los tratados en que México sea parte, o bajo lo dispuesto en la Convención de las Naciones Unidas sobre Derecho del Mar.”⁹

Para conocer los objetivos de esta ley citaré el artículo segundo de la misma:

“Esta Ley tiene por objeto regular las siguientes actividades en territorio nacional:

- ❖ El Reconocimiento y Exploración Superficial, y la Exploración y Extracción de Hidrocarburos

⁸ *Ibid* P.139

⁹ *Ley de Hidrocarburos*. Nueva Ley DOF 11-08-2014. P1



- ❖ El Tratamiento, Refinación, Enajenación, Comercialización, Transporte y Almacenamiento del Petróleo
- ❖ El procesamiento, compresión, licuefacción, descompresión y regasificación, así como el Transporte, Almacenamiento, Distribución, comercialización y Expendio al Público de Gas Natural
- ❖ El Transporte, Almacenamiento, Distribución, comercialización y Expendio al Público de Petrolíferos
- ❖ El Transporte por ducto y el Almacenamiento que se encuentre vinculado a ductos, de Petroquímicos¹⁰

De esta ley se desprenden dos reglamentos, los cuales llevan por nombre:

- ❖ Reglamento de las actividades a que se refiere el título tercero de la ley de hidrocarburos
- ❖ Reglamento de la ley de hidrocarburos

2.5.1 Reglamento de las Actividades a que se Refiere el Título Tercero de la Ley de Hidrocarburos

Para entender el enfoque de este reglamento, citaré su artículo primero:

“El presente ordenamiento tiene por objeto regular los permisos para realizar las actividades de Tratamiento y refinación de Petróleo; Procesamiento de Gas Natural; exportación e importación de Hidrocarburos y Petrolíferos; Transporte, Almacenamiento, Distribución, compresión, descompresión, licuefacción, regasificación, comercialización y Expendio al Público de Hidrocarburos, Petrolíferos o Petroquímicos, según corresponda, así como para la gestión de Sistemas Integrados, en términos del Título Tercero de la Ley de Hidrocarburos¹¹”

2.5.2 Reglamento de la Ley de Hidrocarburos

De igual manera, para comprender el enfoque de este reglamento, citaré su artículo primero:

“El presente ordenamiento es de observancia general y obligatoria y tiene por objeto reglamentar los Títulos Primero, Segundo y Cuarto de la Ley de Hidrocarburos. Las actividades de la Industria de Hidrocarburos a que se refiere el Título Tercero de la Ley de Hidrocarburos se regularán, además, por el Reglamento que se expida para tal efecto¹²”

¹⁰ Ley de Hidrocarburos. *Op cit.* P1

¹¹ Reglamento de las Actividades a que se Refiere el Título Tercero de la Ley de Hidrocarburos. Nuevo Reglamento DOF 31-10-2014.P1

¹² Reglamento de la Ley de Hidrocarburos. Nuevo Reglamento DOF 31-10-2014. P1



Este estatuto regula las actividades de exploración y extracción tanto superficial y profunda de los hidrocarburos, además de buscar la creación de un consejo consultativo para el fomento del desarrollo nacional.

2.6. Ley de Ingresos Sobre Hidrocarburos

Ahora que la legislación se ha encargado de reglar los procesos de la industria, se crea una ley fundamentada en el artículo 27 más el artículo 134 constitucional, la cual busca ordenar el uso de los recursos monetarios obtenidos a partir de diversas actividades de la industria, esta ley lleva por nombre “Ley de Ingresos Sobre Hidrocarburos”, citando el artículo primero:

“La presente Ley es de orden público y tiene por objeto establecer:

- ❖ El régimen de los ingresos que recibirá el Estado Mexicano derivados de las actividades de Exploración y Extracción de Hidrocarburos que se realicen a través de las Asignaciones y Contratos a que se refieren el artículo 27, párrafo séptimo, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y la Ley de Hidrocarburos, así como las Contraprestaciones que se establecerán en los Contratos
- ❖ Las disposiciones sobre la administración y supervisión de los aspectos financieros de los Contratos
- ❖ Las obligaciones en materia de transparencia y rendición de cuentas respecto de los recursos a que se refiere el presente ordenamiento”¹³

2.6.1 Reglamento de la Ley de Ingresos Sobre Hidrocarburos

De manera similar, la ley anterior cuenta con un reglamento, el cual desarrolla a fondo las intenciones de esta, citando el artículo primero:

“Corresponde a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público la emisión de disposiciones de carácter general para la aplicación de la Ley de Ingresos sobre Hidrocarburos, así como la interpretación para efectos administrativos de dicha Ley y del presente Reglamento, sin perjuicio de las facultades que correspondan a otras dependencias de la Administración Pública Federal”¹⁴

2.7. Ley del Fondo Mexicano del Petróleo Para la Estabilización y el Desarrollo

Posterior a la aparición de la ley de ingresos sobre hidrocarburos que regula todos los ingresos que se obtienen por parte de las actividades de la industria, ahora para hacer un uso adecuado de esos recursos se crea una institución con carácter de fideicomiso público del Estado, llamado “Fondo

¹³ Ley de Ingresos Sobre Hidrocarburos. Nueva Ley DOF 11-08-2014. P1

¹⁴ Reglamento de la Ley de Ingresos Sobre Hidrocarburos. Nuevo Reglamento DOF 31-10-2014. P1



Mexicano del Petróleo para la estabilización y el desarrollo”, conjuntamente se crea una ley homónima, una media adecuada aprendida de una lección del pasado recordándonos que debemos pensar a futuro, citando el artículo primero:

“La presente Ley es de orden público y tiene por objeto establecer las normas para la constitución y operación del Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo, el cual tendrá como fin recibir, administrar, invertir y distribuir los ingresos derivados de las asignaciones y los contratos a que se refiere el párrafo séptimo del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, con excepción de los impuestos, en términos de lo dispuesto en el artículo 28 de la propia Constitución y los transitorios Décimo Cuarto y Décimo Quinto del Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en Materia de Energía, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de diciembre de 2013”¹⁵

2.8. Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética

Debido a la creación de diversos órganos que operan ligados a las actividades de la industria de los hidrocarburos, se desarrolla una ley la cual busca reglamentar el correcto funcionamiento y organización de estos órganos reguladores, citando el artículo primero de esta ley:

“La presente Ley es reglamentaria del párrafo octavo del artículo 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y tiene por objeto regular la organización y funcionamiento de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética y establecer sus competencias”¹⁶

Los órganos reguladores coordinados en materia energética son:

- ❖ La Comisión Nacional de Hidrocarburos: órgano que tendrá a su cargo regular y supervisar las actividades de exploración, extracción y su integración hasta los puntos de transporte y almacenamiento de los hidrocarburos. Así mismo se encargará de realizar las actividades de licitación bajo las distintas modalidades de contratación y administrar tales convenios a lo largo de su proceso de realización. Por último prestará asesoría técnica a su órgano superior, la Secretaría de Energía en cuanto a la selección de áreas con potencial petrolero para su posterior licitación.
- ❖ La Comisión Reguladora de Energía: órgano que tendrá a su cargo regular las actividades tanto de la industria eléctrica (generación de electricidad, transmisión, distribución y comercialización de esta) como de la industria de los hidrocarburos (transporte, almacenamiento, distribución y comercialización de petrolíferos y petroquímicos), con el fin de fomentar un desarrollo eficiente de la industria al promover competencia, adecuada cobertura nacional y asegurar un suministro confiable de los servicios a precios competitivos, en virtud de atraer la inversión pública hacia el sector.

¹⁵ Ley del Fondo Mexicano del Petróleo Para la Estabilización y el Desarrollo. Nueva Ley DOF 11-08-2014. P1

¹⁶ Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética. Nueva Ley DOF 11-08-2014. P1



2.9. Ley de Petróleos Mexicanos

De acuerdo con lo dispuesto en el artículo veinticinco párrafo cuarto, la nación llevará a cabo las actividades de la industria de los hidrocarburos para así obtener sus beneficios, por lo que para realizar esta tarea se necesitó de la creación de una empresa petrolera nacional, de aquí el nacimiento de Petróleos Mexicanos (PEMEX), posterior a la creación de esta empresa aparece una ley homónima, esta ley reafirma y otorga poder a PEMEX, citando el artículo primero de esta ley:

“La presente Ley es Reglamentaria del artículo 25, párrafo cuarto de la Constitución y del Transitorio Vigésimo del Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en Materia de Energía, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de diciembre de 2013, es de interés público y tiene por objeto regular la organización, administración, funcionamiento, operación, control, evaluación y rendición de cuentas de la empresa productiva del Estado Petróleos Mexicanos, así como establecer su régimen especial en materia de:

- ❖ Empresas productivas subsidiarias y empresas filiales
- ❖ Remuneraciones
- ❖ Adquisiciones, arrendamientos, servicios y obras

- ❖ Bienes
- ❖ Responsabilidades
- ❖ Dividendo Estatal
- ❖ Presupuesto
- ❖ Deuda”¹⁷

2.9.1 Reglamento de la Ley de Petróleos Mexicanos

Como consecuencia de la creación de la ley de petróleo mexicanos, se crea un reglamento que lleva por nombre “Reglamento de Petróleos Mexicanos”, que tiene por finalidad la creación de un consejo de administración para la evaluación y gestión de la empresa productiva del estado.

2.10. Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos

Después de que se reglamentaron todas las actividades, operadores y órganos participantes en la industria de los hidrocarburos, ahora la legislación mexicana se enfoca en la protección de la sociedad y del medio ambiente, mediante una regulación a las instalaciones que operen con hidrocarburos, por lo que se crea la “Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección del Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos”, citando el primer artículo de esta ley:

¹⁷ Ley de Petróleos Mexicanos. Nueva Ley DOF 11-08-2014. P1



“La presente Ley es de orden público e interés general y de aplicación en todo el territorio nacional y zonas en las que la Nación ejerce soberanía o jurisdicción y tiene como objeto crear la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, como un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con autonomía técnica y de gestión.

La Agencia tiene por objeto la protección de las personas, el medio ambiente y las instalaciones del sector hidrocarburos a través de la regulación y supervisión de:

- ❖ La Seguridad Industrial y Seguridad Operativa
- ❖ Las actividades de desmantelamiento y abandono de instalaciones
- ❖ El control integral de los residuos y emisiones contaminantes”¹⁸

2.10.1 Artículo 3°

Es importante mencionar el artículo tercero párrafo onceavo de esta ley, para su empleo posterior, citando dicho artículo:

“Además de las definiciones contempladas en la Ley de Hidrocarburos y en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, para los efectos de esta Ley se entenderá, en singular o plural, por: [...]

Párrafo onceavo:

XI. Sector Hidrocarburos o Sector: Las actividades siguientes:

- a. El reconocimiento y exploración superficial, y la exploración y extracción de hidrocarburos;
- b. El tratamiento, refinación, enajenación, comercialización, transporte y almacenamiento del petróleo;
- c. El procesamiento, compresión, licuefacción, descompresión y regasificación, así como el transporte, almacenamiento, distribución y expendio al público de gas natural;
- d. El transporte, almacenamiento, distribución y expendio al público de gas licuado de petróleo;
- e. El transporte, almacenamiento, distribución y expendio al público de petrolíferos;
- f. El transporte por ducto y el almacenamiento, que se encuentre vinculado a ductos de petroquímicos producto del procesamiento del gas natural y de la refinación del petróleo.”¹⁹

¹⁸ Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos. Nueva Ley DOF 11-08-2014. P1-1

¹⁹ Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos. Op cit. P2-3



2.10.2 Reglamento Interior de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos

Posterior a la creación de este órgano administrativo desconcentrado, aparece su reglamento, “Reglamento de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos”, con el cual se pretende gestionar la dirección y administración de las facultades de este órgano, citando el artículo primero:

“La Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con autonomía técnica y de gestión, tiene a su cargo el ejercicio de las facultades y el despacho de los asuntos que le encomiendan la Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, la Ley de Hidrocarburos y demás ordenamientos que resulten aplicables en materia de seguridad industrial, seguridad operativa y protección al medio ambiente para el Sector”²⁰

2.11. Ley General Para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Ulteriormente a la creación de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, la legislación mexicana se enfoca en la creación, manejo y tratamiento de los residuos generados por las diversas actividades de la industria, por lo que entra al marco jurídico la “Ley general Para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos”, citando el artículo primero de esta ley:

“La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional.

Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación”²¹

²⁰ Reglamento de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos. DOF: 31/10/2014. P1

²¹ Ley General Para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Última Reforma DOF 22-05-2015. P1



2.11.1 Reglamento de la Ley General Para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

La ley antes mencionada cuenta con un reglamento, que es “Reglamento de la Ley General Para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos”, este reglamento busca regular todos los planes y condiciones de manejo de los residuos, ya sea identificados como peligrosos o no, así como también determinar las operación generadoras de residuos o los generadores de estos, por ultimo dictar su transporte, recolección, almacenamiento y su reciclaje o tratamiento.

2.12. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

Ahora que se han reglamentado todos los residuos que provienen de las actividades de la industria de los hidrocarburos, se integra al marco jurídico la “Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente”, a diferencia de la anterior esta ley se encausa hacia la conservación de un medio ambiente sano, mediante un aprovechamiento sustentable y su debida restauración, citando el artículo primero:

“La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:

- I. Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar; Fracción reformada DOF 05-11-2013
- II. Definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación;
- III. La preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente;
- IV. La preservación y protección de la biodiversidad, así como el establecimiento y administración de las áreas naturales protegidas;
- V. El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas;
- VI. La prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo;
- VII. Garantizar la participación corresponsable de las personas, en forma individual o colectiva, en la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente;
- VIII. El ejercicio de las atribuciones que en materia ambiental corresponde a la Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios, bajo el principio de concurrencia previsto en el artículo 73 fracción XXIX - G de la Constitución;
- IX. El establecimiento de los mecanismos de coordinación, inducción y concertación entre autoridades, entre éstas y los sectores social y privado, así como con personas y grupos sociales, en materia ambiental;
- X. El establecimiento de medidas de control y de seguridad para garantizar el cumplimiento y la aplicación de esta Ley y de las disposiciones que de ella se deriven, así como para la imposición de las sanciones administrativas y penales que correspondan. En todo lo no



previsto en la presente Ley, se aplicarán las disposiciones contenidas en otras leyes relacionadas con las materias que regula este ordenamiento.”²²

De manera similar a las anteriores, esta ley cuenta con su reglamento, pero debido a que esta ley abarca un panorama tan grande como lo es el medio ambiente, su reglamento se divide en cinco reglamentos de igual importancia, enfocados en áreas distintas, las cuales son:

- ❖ Reglamento de Ley general de equilibrio ecológico y protección al ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental;
- ❖ Reglamento de Ley general de equilibrio ecológico y protección al ambiente en materia de prevención y control de la contaminación de la atmosfera;
- ❖ Reglamento de Ley general de equilibrio ecológico y protección al ambiente en materia de ordenamiento ecológico;
- ❖ Reglamento de Ley general de equilibrio ecológico y protección al ambiente en materia de registro de emisiones y transferencia de contaminantes;
- ❖ Reglamento de Ley general de equilibrio ecológico y protección al ambiente en materia de autorregulación y auditorías ambientales.

2.12.1 Reglamento de Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental

Este reglamento se enfoca en proteger al medio ambiente de la actividad humana, ya que diversas extensiones de tierra cambiaran su vocación natural debido a la acción del hombre que busca darle un uso diferente a ese suelo basándose en todas sus características; con este cambio se produce una alteración al medio ambiente. Este reglamento dicta que antes de realizar cualquier actividad de alguna industria, esta deberá ser autorizada por la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, mediante una evaluación del impacto ambiental más las responsabilidades de cada solicitante y de aquellos que realicen dicho estudio.

2.12.2 Reglamento de Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmosfera

El encauzamiento de este reglamento es gestionar las emisiones de contaminantes hacia la atmosfera, que mediante la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, se reglamentarán haciendo uso de las normas técnicas ecológicas, estableciéndose diferentes niveles permisibles de emisión o inmisión de contaminantes generados por las diversas fuentes de las industrias, ya sean fijas o

²² Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Última Reforma DOF 13-05-2016. P1-2



móviles, utilizando la información aportada por parte del Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire, con lo que se darán sanciones a los infractores.

2.12.3 Reglamento de Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico

Este reglamento tiene una orientación distinta a los anteriores, ya que busca regular los diferentes usos de suelo en cada actividad de las industrias presentes para así lograr un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que posee la federación, sin llegar a agotarlos o dañar al medio ambiente de forma considerable, por lo que la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales formulará un plan de ordenamiento ecológico general, haciendo uso de este reglamento para ejecutarlo.

2.12.4 Reglamento de Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes

El rumbo de este reglamento es relativamente simple, ya que busca la creación de una base de datos, de todas aquellas fuentes de emisión de contaminantes, generadores de residuos y transferencia de contaminantes, que estará a cargo de la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, esta secretaria se apoyara en la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente o en la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, para la vigilancia, inspección y sanción de los infractores, según dicta este reglamento.

2.12.5 Reglamento de Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Autorregulación y Auditorías Ambientales

Este reglamento se planteó para cualquier empresa en operación que debido a sus características o actividades pueda causar daños al ambiente o sobrepasar los estándares de emisiones de contaminantes, por lo que se practicarán auditorias, como medidas de control y seguridad, para gestionar dichas operaciones y si es necesario sancionar a los infractores.

2.13. Marco Jurídico

Con base en los artículos constitucionales antes mencionados, se manifiestan las leyes anteriores, las cuales moldean el marco jurídico proveniente al sector energético acotándolo hacia los hidrocarburos, estableciéndose de la siguiente manera:



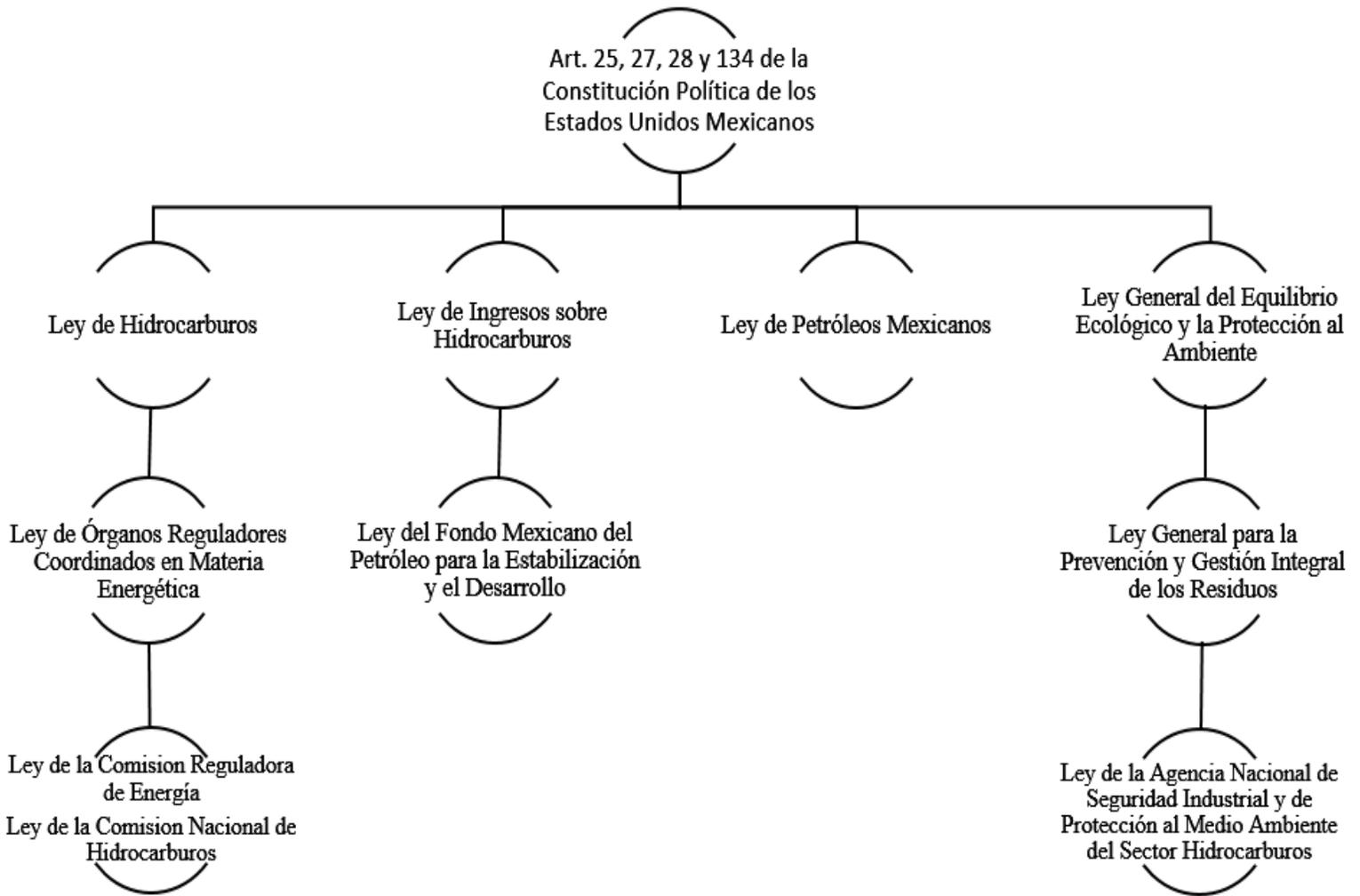


Figura 1. Marco Jurídico del Sector Energético, acotado a los hidrocarburos (Hernández Servando, 2016).

Capítulo Tercero

3. Historia De la Política Mexicana Sobre Hidrocarburos

Desde la época prehispánica, nuestros antepasados provenientes de los pueblos que se asentaron en Mesoamérica, ya poseían un conocimiento sobre los hidrocarburos, obtenido mediante la curiosidad y observación de las manifestaciones superficiales de estos en su territorio. Nombraron a dichos hidrocarburos encontrados en su forma más inerte “Chapopotli”, de aquí proviene el vocablo empleado únicamente en México “Chapopote”.

Los pueblos indígenas conocedores de este recurso ya le daban diversos usos, desde fines medicinales, de construcción, higiene y hasta en ceremonias religiosas, este fue el comienzo del aprovechamiento de este abundante recurso en nuestro territorio.

3.1. Etapa de La Conquista

El choque entre mundos que evolucionaron aislados ocurre con la llegada de los españoles a las costas de América, comenzando así un periodo de conquista y evangelización en gran parte del continente, el cual implicaba una propiedad absoluta sobre todos los recursos de la región adjudicándoselos a los monarcas de España, dando inicio a un auge de extracción de recursos minerales desmedido para enriquecer las arcas de la corona española.

3.2. Etapa Independiente

Después de consumada la independencia de México, la monarquía española se vio obligada a devolver el dominio del territorio conquistado y las riquezas que contiene más aun reconocer su soberanía, es aquí cuando todos los recursos vuelven a ser propiedad de la nación por lo que desde ese momento en adelante toda explotación de estos sería en beneficio de México para lograr su desarrollo.

Es importante mencionar que en esta etapa de la historia comienza a consolidarse una carta magna que tiene como antecedentes a “la Constitución de Cádiz” y al escrito de José María Morelos “Sentimientos de la Nación”, conformándose la “Constitución de Apatzingán” que diez años después sería remplazada por la “Constitución Federal de los Estados Unidos Mexicanos” de 1824, esta serie de eventos comienzan a formar la identidad de la nación y sus intereses.

3.3. Etapa de Consolidación Nacional y Porfiriato

El comienzo de esta etapa fue marcado por numerosos conflictos internacionales comenzando con Estados Unidos y siguiendo con Francia, durante esta época la inestabilidad económica causada por la guerra obligó al país a comprometer sus recursos para pagar las deudas contraídas.

Por otro lado durante esta etapa surgió una nueva constitución promulgada el 5 de Febrero de 1857, que cambiaría radicalmente el panorama en México en aspectos de derechos, educación, libertad, trabajo e igualdad. En los años siguientes se promulgarían las leyes de reforma, tales leyes sentarían las bases para un nacionalismo de los recursos del país que alcanzaría su máximo esplendor con la constitución de 1917 en su tan famoso y controversial artículo vigésimo séptimo.

- Años después, el 10 de agosto de 1863, sucedió el primer acontecimiento importante para la industria petrolera mexicana, cuando el presbítero e historiador tabasqueño Manuel Gil y Sáenz, descubrió una chapopotera cerca de Tepetitlán, Tabasco, nombrando a este lugar como “Mina de Petróleo de San Fernando” [23].

Tras la promulgación de las leyes de reforma se nacionalizan los bienes del clero, despertando el interés de la clase empresarial por hacerse de grandes extensiones de tierra para explotar los recursos naturales, ya que en la actual constitución no existía una regulación sobre este rubro.

El inicio de la explotación intencionada de hidrocarburos en México comienza dentro del efímero gobierno de Maximiliano de Habsburgo bajo el modelo de concesión, práctica tomada de la industria minera que era la pionera en explotar los recursos del país. “Durante el mandato de Maximiliano de Habsburgo se otorgaron 38 concesiones petroleras, abarcando diversas zonas localizadas en Tabasco, Veracruz, Tamaulipas, Estado de México, Puebla y el Istmo de Tehuantepec, pero ninguna prosperó. Se decretó el 6 de julio de 1865 que nadie podía explotar, entre otras, los lagos de petróleo, sin haber obtenido antes la concesión expresa y formal de las autoridades competentes”²⁴.

- En 1869, sucedió otro acontecimiento importante para la industria petrolera mexicana, cuando Adolfo Autrey un médico estadounidense, perforó el primer pozo en México con el fin de buscar petróleo, alcanzó una profundidad de 40 metros, conocido posteriormente como Furbero, en las inmediaciones de Papantla, pero este pozo no resultó productivo.

²³ Pbro. Manuel Gil y Sáenz: *Descubridor del petróleo en Macuspana*. Asesoría de Investigaciones y Asuntos Culturales. H. Ayuntamiento Constitucional Macuspana, Tabasco. [En línea]. 2016. P12 Dirección URL: https://archive.org/stream/ManuelGilYSaenzDescubridorDelPetroleoEnMacuspana/ALVAREZ_1#page/n15/mode/2up

²⁴ *La Regulación del Sector Energético*. Biblioteca Jurídica Virtual UNAM [en línea]. 2016 P81 Dirección URL: <http://bibliohistorico.juridicas.unam.mx/libros/1/153/6.pdf>



Después de consumada la independencia en 1821 todos los recursos naturales volvían a ser propiedad de la nación pero 63 años más tarde esta situación cambio abruptamente cuando el 22 de Noviembre de 1884 entra en vigor el “Código de minas” durante la presidencia de Manuel Gonzáles, en este documento se expresaba que los recursos encontrados en la superficie o por debajo de un predio son propiedad del dueño, además de permitir a los extranjeros la compra de tierras dentro del territorio nacional. Este escrito iba en contra de la directriz nacionalista que comenzaba a gestarse al revocar tajantemente el derecho exclusivo que posee la nación sobre cualquier recurso dentro de su territorio. Este sería el preámbulo del inicio de la batalla por recobrar la posesión sobre los recursos petroleros nacionales.

La aparición del Código de minas provoco que mucha de la explotación de recursos principalmente mineros fueran realizadas por empresas extranjeras privadas que adquirirían grandes extensiones de tierra para estos fines.

Cuando Porfirio Díaz volvió al poder tras el periodo presidencial de Manuel Gonzáles, la exploración de petróleo comenzaba a tener importancia gracias a los abundantes descubrimientos en Estados Unidos y al existir mayor interés sobre la explotación de este recurso, se comenzó a trabajar en una nueva legislación minera creada el 6 de Julio de 1887 para remplazar al “Código de Minas” que fue derogado hasta el 4 de Julio de 1892. Dentro de esta nueva legislación el artículo cuarto era el más radical expresando que “el dueño del subsuelo explotará libremente, sin necesidad de concesión especial en ningún caso, las substancias minerales siguientes: los combustibles minerales, los aceites y aguas minerales [...] la producción minera legalmente adquirida, y la que en lo sucesivo se adquiera con arreglo a esta ley será irrevocable y perpetua.”²⁵ Esta nueva legislación sería causante de grandes controversias que no se resolverían hasta ya comenzado el siglo XX.

Porfirio Díaz renuncio a la propiedad de los recursos nacionales en virtud de atraer la inversión externa, tanto por parte de los norte americanos como por parte de los europeos, quienes habían desarrollado rápidamente sus industrias y poseían conocimientos técnicos que México carecía, para que con estas riquezas se asegurara la modernización y avance del país con el fin de lograr un progreso del mismo a costa de la explotación irracional de sus recursos ocasionando que la actividad tanto minera como petrolera se ausentaran de los compromisos federales.

Con la llegada del nuevo siglo aumento aún más el interés sobre la industria petrolera al notar la increíble rentabilidad de los proyectos y la creciente demanda por el combustible derivado de este recurso que ahora alimentaba una gran variedad de dispositivos y transportes. Es también al inicio del nuevo siglo cuando se desarrolla el primer intento gubernamental por conocer el potencial petrolero que poseía el país, en 1901 se creó una comisión mexicana de ingenieros con el objetivo de realizar prospecciones petrolíferas a lo largo de la costa del golfo y la mayoría de los miembros que conformaban dicha comisión declaró que no existía potencial petrolero a excepción del Ing. Ezequiel Ordóñez, quien discernió de esta decisión y sostuvo lo contrario, esta decisión ocasiono que fuera cesado de la comisión.

²⁵ *En Defensa del Petróleo*. Jaime Cárdenas Gracia. Biblioteca Jurídica Virtual UNAM [en línea]. 2016 P13 Dirección URL: <http://bibliohistorico.juridicas.unam.mx/libros/6/2729/5.pdf>



Paralelamente al inicio del siglo XX se dan los primeros pasos hacia la idea de conformar una legislación nacional sobre hidrocarburos al aparecer la primera ley orientada al sector petrolero, esta ley se publicó el 24 de Diciembre de 1901 y su función principal era conceder facultades al poder Ejecutivo para otorgar concesiones de trabajos petroleros a compañías establecidas en el país, esta ley le asignaba privilegios inconmensurables a las empresas, “tales como:

- ❖ Ceder tierras con potencial petrolero
- ❖ Les exime el pago de impuestos por importación de equipos
- ❖ Les exime las obligaciones de un gravamen sobre sus productos
- ❖ El Capital que inviertan queda exento por diez años de toda obligación fiscal
- ❖ Se les concede el derecho de compra de terrenos nacionales al precio de baldíos
- ❖ De igual manera se les concede el derecho de paso por terrenos particulares”²⁶

“En 1901, la producción de petróleo de nuestro país fue de apenas 10 000 barriles anuales, pero 10 años después la producción era de 12 552 798 barriles anuales.”²⁷

Con el paso del tiempo esto creó un paraíso para todas aquellas compañías petroleras que estuvieran presentes en México, ya que estas empresas gozaban plenamente del beneficio económico al extraer y comerciar los hidrocarburos con libertad y debido a estos muy agradables términos comenzaron a constituirse una gran variedad de empresas en el país y para 1910 destacaban “la Mexican Petroleum Company” de la Standard Oil Company y “El Águila” de la Royal Dutch Shell [²⁸], dos grandes empresas petroleras rivales que luchaban por apoderarse del mercado internacional al poseer más reservas petroleras alrededor del mundo, adentrándose ahora en América Latina especialmente en México y Venezuela donde comenzaban a esparcir su influencia.

Este ambiente de liberalismo por parte de Porfirio Díaz propició que las empresas petroleras aumentaran su presencia en el país al igual que su poderío y con el tiempo estas compañías comenzarían a ver sus intereses amenazados por los movimientos sociales incitados por Francisco I. Madero que detonarían la revolución mexicana, por lo que comenzaron a confabular con algunos hombres poderosos como Victoriano Huerta con el fin de generar conflictos de interés político y mantener intacto su control sobre las reservas petroleras.

Tras la salida del ingeniero Ezequiel Ordóñez de la comisión, un petrolero adinerado de origen norteamericano Edward L. Doheny se interesó en el informe que años antes había redactado, ya que él no había tenido éxito en la exploración de hidrocarburos en territorio mexicano, por lo que contrató a Ezequiel como asesor en la perforación, quien localizó el lugar adecuado para la tarea en los alrededores de la Huasteca Potosina y en 1904 se perforó el pozo “La Pez no.1” alcanzando una

²⁶ *En Defensa del Petróleo. Op cit. P13*

²⁷ *Ibid. P14*

²⁸ *Ibid. P14*



profundidad de 503 metros y una producción de 1500 barriles diarios [29], terminando así con la falta de resultados en la exploración de sus terrenos. Este pozo fue el primer pozo productor de México y su éxito llevó a Doheny a convertirse en un pionero y participe del desarrollo petrolero en México con la Huasteca Petroleum Company.

En los años siguientes aumentó el éxito en la exploración de petróleo, sobre todo en los Estados que tienen acceso al Golfo de México, pero en 1908 Veracruz acaparó la atención de la industria cuando se registraron dos sucesos importantes, el primero de ellos ocurrió en el mes de Mayo en la Hacienda de San Diego de la Mar al sur del Estado donde se terminó el “pozo no.2” con una producción de 2500 barriles diarios, el segundo acontecimiento ocurrió en el mes de Julio en esa misma región donde se perforó el pozo “Dos Bocas” y al llegar a una profundidad de 700 metros se encontró una formación productora con una presión impresionante que arrojó la sarta fuera del pozo al brotar intempestivamente con una fuerza sin precedente, pero cuando el crudo cayó cerca del motor que impulsaba el equipo de perforación se produjo un incendio que destruyó la instalación.

Al final de la primera década del siglo XX las ganancias que obtenían las empresas petroleras en México les permitían desarrollarse muy rápidamente comenzando a parecer demasiado buenas, consecuencia de los abundantes beneficio que al inicio de la década les fueron entregados, es por esto que Porfirio Díaz trato de detener su enriquecimiento promulgando el 23 de Noviembre de 1909 una nueva ley sobre el petróleo, a diferencia de la ley anterior esta tenía una intención totalmente opuesta y devolvía la propiedad a la nación sobre todos los bienes minerales y petroleros, esta sería la primera estocada en contra de las empresas extranjeras con intereses en México que culminaría veinte nueve años después en el sexenio de Lázaro Cárdenas con la expulsión definitiva del territorio nacional.

- En 1910 la mayor parte de las inversiones en las industrias petrolera y minera alcanzaban 1300 millones de dólares, pero de esos 1300 millones únicamente entre el uno y el tres por ciento pertenecían a inversores mexicanos, el resto era capital extranjero.
- La producción petrolera de México en 1910 era de 3.6 millones de barriles anuales y en 1911 aumentó considerablemente a 12.5 millones de barriles anuales.

Con los recientes descubrimientos en territorio mexicano se corroboraba el acertado criterio del ingeniero Ezequiel Ordóñez al determinar que el país poseía potencial petrolero, Ezequiel y Doheny siguieron colaborando y tras su primer hallazgo siguieron dos más, el primero de ellos ocurrió el 8 de Diciembre de 1910 con el pozo “Casiano No.7”, del cual emanaban 60 000 barriles diarios de petróleo y en ese mismo mes se realizó otro gran descubrimiento ajeno a los de la Huasteca Petroleum Company, este descubrimiento ocurrió en Veracruz al noreste de Tuxpan, dentro del campo Potrero del Llano donde se terminó el pozo “Potrero del Llano No.4” con una profundidad de 557 metros y

²⁹ *Crónica del petróleo en México: De 1863 a nuestros días*. Un panorama de la industria petrolera. [En línea]. 2016 Dirección URL: <http://petroleo.colmex.mx/index.php/linea/85>



su producción inicial registro los 100 000 barriles diarios, con estos nuevos descubrimientos que rivalizaban con aquellos en norte américa comenzó la producción petrolera en México a gran escala.

Años después de estos descubrimientos la compañía Huasteca Petroleum Company realizó su último hallazgo importante bajo la dirección del Ing. Ezequiel Ordóñez, en febrero de 1916 cuando continuaban sus actividades en el estado de Veracruz se terminó el pozo “Cerro Azul No.4” con una profundidad de 545 metros, este pozo registró una producción nunca antes vista de 260 000 barriles diarios, este pozo ha sido el pozo productor más importante registrado en México y con su inesperada producción llevó al descubrimiento de una de las zona petroleras más importantes de México, conocida posteriormente como “La faja de oro”.^[30]

3.4. Etapa Revolucionaria

Durante el corto mandato del presidente Madero, las compañías petroleras extranjeras entrarían en conflicto con el gobierno, ya que comenzarían a reducirse sus beneficios, “El 3 de Junio de 1912, el presidente Madero hace incluir en la ley del timbre un gravamen de veinte centavos por tonelada de petróleo, que equivale a la ínfima cantidad de tres centavos por barril”³¹, la ejecución de esta medida causó en las empresas una ola de enfados, justificando su molestia en que esta cantidad se tornaba en un impuesto excesivo comparándolo con su similar en los Estados Unidos.

Esta no sería la única acción que enfadaría a las compañías, si no que de igual forma el presidente Madero las obliga a formar un registro en el cual declaren, tanto el valor, estructura y constitución de sus propiedades, esto para poder conocer cuántas y cuáles son las compañías que están explotando los recursos de la nación. Esta medida se tomó debido al ambiente liberar que se vivió durante el porfiriato ocasionado que el gobierno desconociera: el número de empresas que explotaban los recursos, el pago de impuestos que realizaban si es que lo hacían y los volúmenes de hidrocarburos que estas compañías extraían del subsuelo mexicano. Este sería el primer informe detallado sobre la situación de la industria petrolera nacional que llevaría a un entendimiento sobre el potencial petrolero del país y su importancia mundial para otros países.

Tras las medidas legales que había tomado el gobierno para retomar control sobre el sector petrolero, las compañías extranjeras de origen norte americano vertían sus quejas en el gobierno de los Estados Unidos, principalmente la Standard Oil Company, saliéndose con la suya el gobierno mexicano les concede la reducción al periodo del impuesto petrolero, pero esto no lo es todo si no que aunado a la remoción del impuesto, las compañías también exigen garantías sobre cualquier riesgo que puedan correr sus propiedades, debido a la inestabilidad política y social causante de muchos levantamientos armados en diferentes partes de la república.

³⁰ Ezequiel Ordóñez, Bibliografía. [en línea]. 2016 Dirección URL: http://www.biografiasyvidas.com/biografia/o/ordonez_ezequiel.htm

³¹ *Ibid.* P15



Ulteriormente a la traición y golpe de estado por parte de Victoriano Huerta, las compañías petroleras que anteriormente se había cobijado bajo la protección del gobierno de los Estados Unidos, ahora hacían valer sus influencias para que el mismo gobierno americano, reconociera la dictadura miliar de Victoriano Huerta, con lo que aguardaban el retorno de los beneficios de los que gozaron años atrás durante el porfiriato, pero este intento fue en vano ya que el presidente de los Estados Unidos actuó contrariamente a los intereses de los empresarios americanos en nuestro país y se oponía a reconocer la dictadura de Huerta.

Debido a que la economía mexicana en ese entonces era muy frágil a causa de un bloqueo en los puertos de Veracruz, Huerta dejó de recibir recursos y material bélico para financiar su campaña en contra de los revolucionarios y opta por elevar el impuesto petrolero de 20 centavos a 65 centavos de dólar por barril de petróleo, acción que enfurece a las compañías petroleras y aumenta la presión política que ejerce el presidente de los Estados Unidos.

Estas no serían las únicas acciones contempladas en contra de las compañías petroleras, también algunos políticos mexicanos de la época proponían la creación de una corporación petrolera gubernamental que remplazara a la gran variedad de empresas que explotaban el petróleo y asimismo se buscaba revisar las concesiones petroleras otorgadas a dichas empresas, esta noción nacionalista sentaría las bases de la creación de Petróleos Mexicanos. Estas acciones preocuparon gravemente a las compañías estadounidenses ya que sus intereses petroleros en México comenzarían a tambalearse.

“La caída del régimen de Huerta no fue obra exclusiva de los intereses petroleros, pero éstos contribuyeron a ello, sobre todo después de la amenaza de la competencia británica sobre el petróleo”³², ya que en México chocaban los intereses de dos grandes empresas petroleras, la recién desfragmentada Standard Oil Company y la Royal Dutch Shell.

- La enorme demanda generada por los nuevos medios de transporte que utilizaban motores de combustión interna, más los nuevos requerimientos industriales y bélicos para el inicio del primer gran conflicto mundial, constituyeron factores decisivos para el desarrollo de la industria de los hidrocarburos, lo que intensificó la extracción de este recurso en nuestro país y el extranjero.

“En 1914, la Secretaría de Fomento, Colonización e Industria, empezó a preparar y a poner en práctica una serie de medidas destinadas a reivindicar para la nación la propiedad de los combustibles minerales; así, Luis Cabrera proponía que se aumentara la participación del Estado en los beneficios de la explotación petrolera y que se buscaran nuevas fuentes de inversión en esa industria”.³³

El 7 de Enero de 1915, el nombrado jefe de la revolución Venustiano Carranza, expide un decreto en el cual menciona que se debe revisar la legislación petrolera, para reglamentar de manera adecuada todo lo relativo a este recurso, para evitar que todos los beneficios de esta industria sean acaparados por las compañías privadas y considera también que muchas de estas empresas han realizado

³² *Ibid.* P17

³³ *Ibid.* P18



operaciones sin autorización del gobierno mexicano, por lo que el artículo primero de este decreto expresaba que:

“Desde esta fecha y hasta la expedición de las nuevas leyes, que determinen la condición jurídica del petróleo y sus derivados, deberán suspenderse todas las obras que estén ejecutando para construcción de oleoductos, perforación de pozos petroleros, y, en general, cualesquiera otras relacionadas con la explotación de petróleo”.³⁴

Meses después de este acto, el 19 de marzo de 1915, Venustiano Carranza acuerda crear una Comisión Técnica del petróleo “Encargada de realizar una investigación completa sobre la industria petrolera y sus relaciones con el gobierno, y que ésta propusiera las leyes y reglamentos necesarios para el desarrollo de esa industria”³⁵, el 31 de diciembre de ese mismo año, dicha dependencia, implementa la utilización del idioma español más el sistema métrico en todos aquellos documentos relacionados con la industria de los hidrocarburos.

En abril de 1916 el gobernador del estado de Veracruz Cándido Aguilar declaró que todos aquellos contratos petroleros celebrados durante la dictadura de Victoriano Huerta quedaban sin validez, además de instaurar por parte del gobierno una autorización para arrendar o vender extensiones de tierra estratégicas con potencial petrolero. Estas acciones nuevamente ocasionaron protestas por parte de las empresas petroleras hacia el gobierno de los Estados Unidos, no satisfecho con esto Cándido Aguilar agobia a las compañías petroleras exigiéndoles el pago del impuesto reglamentario por la comercialización del petróleo extraído del territorio nacional, pero como las compañías se sentían resguardadas por el gobierno norte americano se negaron a realizar tal pago, en consecuencia el gobernador de Veracruz ordenó el cierre de las tuberías para la exportación.

3.5. Etapa Constitucionalista

A finales de 1916 Venustiano Carranza convoca a un congreso constituyente en la ciudad de Querétaro, para darle al país una nueva carta magna altamente diferente a su predecesora, ya que ahora la nueva constitución tenía un alto contenido social. En 1917 se publica la “Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos 1917”, con su creación las cosas cambiaron por completo ya que esta Constitución promovía la base para la organización del gobierno, derechos y deberes del pueblo mexicano más una absoluta nacionalización de los recursos naturales. Este evento es de suma importancia para nuestro país ya que construye unos cimientos firmes en los cuales el decreto expropiatorio del 18 de Marzo del presidente Lázaro Cárdenas puede apoyarse aunado a una coyuntura apropiada para realizar dicha acción, citando el primer párrafo de lo dispuesto originalmente en dicha Constitución:

³⁴ *Codificación Petrolera 1887 a 1920*. Biblioteca de la Universidad Autónoma de Nuevo León. [en línea]. 2016 P58-59 Dirección URL: http://cdigital.dgb.uanl.mx/la/1190000851/1190000851_MA.PDF

³⁵ *La Regulación del Sector Energético*. Biblioteca Jurídica Virtual UNAM [en línea]. 2016 P84 Dirección URL: <http://bibliohistorico.juridicas.unam.mx/libros/1/153/6.pdf>



“La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, la cual, ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada”³⁶. Es aquí donde de manera permanente se manifiesta el dominio sobre todos los recursos a la Nación.

Es importante mencionar el párrafo séptimo de este artículo, ya que en él se acuerdan las condiciones a las cuales deberán sujetarse las concesiones para explotar el petróleo y demás hidrocarburos, citando dicho párrafo:

“Sólo los mexicanos por nacimiento o por naturalización y las sociedades mexicanas, tienen derecho para adquirir el dominio de tierras [...] o para obtener concesiones de explotación de minas, aguas o combustibles minerales. [...] El estado podrá conceder el mismo derecho a los extranjeros siempre que convenga ante la Secretaria de Relaciones en considerarse como nacionales respecto de dichos bienes y en no invocar, por lo mismo la protección de sus Gobiernos”³⁷

A partir de este momento, el Estado tiene la facultad de otorgar concesiones a particulares para la explotación de los minerales y los hidrocarburos, así como la de regular e implementar impuestos a las empresas por la extracción de los recursos.

- “En 1917 México ocupaba el tercer lugar como productor mundial de petróleo crudo al producir 55 millones de barriles anuales”

Mientras Álvaro Obregón era presidente de México, las compañías petroleras extranjeras se vieron beneficiadas ya que flexibilizó la aplicación de lo establecido en la Constitución y sobre todo lo que establecía el artículo 27 de la misma, prácticamente el país regresó a un ambiente semejante al porfiriato.

- En 1921 México ocupó el segundo lugar como productor mundial de hidrocarburos, en el cual alcanzó su nivel máximo de producción anual de 193.4 millones de barriles, en ese entonces operaban más de 200 empresas privadas. [³⁸]

Cunado Álvaro Obregón llegó a la presidencia encontró un país devastado por la guerra con una creciente deuda externa debido a la moratoria que existió durante la dictadura militar de Huerta y su posterior caída, es por esto que “Obregón decidió aprovechar el auge de la producción petrolera y sus

³⁶ *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos 1917*. DOF 05-02-1917. P 150

³⁷ *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos 1917*. Op cit. P151

³⁸ *Fuentes para la historia del petróleo en México*. Línea del tiempo 1900 a 1921. [en línea]. 2016 Dirección URL: <http://petroleo.colmex.mx/index.php/linea/55>



derivados en 1921 para aumentar los impuestos a la exportación del petróleo³⁹. Su objetivo era pagar la deuda externa mediante el recurso petrolero del país, pero semanas después de adoptada la medida, las empresas disminuyeron sus exportaciones debido a una baja en los precios del petróleo consecuencia de la creciente producción del medio oriente y con esta reducción de precios disminuyeron las actividades afectando tanto el pago de estos impuestos como a los trabajadores por la falta de trabajo, lo que obligó a Obregón a reducir paulatinamente este impuesto.

- El 13 de Agosto de 1923 Obregón firma con el gobierno estadounidense la “Convención Especial de Reclamaciones” o conocida también como “Los Tratados de Bucareli”. Lo importante de ellos con relación al petróleo es que las compañías extranjeras buscaban que el artículo 27 de la nueva Constitución no se aplicará a aquellas compañías que obtuvieron concesiones antes de 1917, para poder continuar con los beneficios que adquirieron anteriormente, a cambio de esto los estadounidenses reconocerían como legítimo el gobierno de Obregón y en consecuencia otras naciones los seguirían.

“Durante el gobierno de Obregón, las compañías petroleras extrajeron y se beneficiaron desmedidamente del petróleo mexicano. Es la época de la explotación de los yacimientos de la faja de oro, una etapa de bonanza para las empresas extranjeras y de depredación para la nación”.⁴⁰

- El pozo Potrero del Llano 4 comenzó arrojar agua salada a finales de 1918 y lo mismo sucedió con algunos otros pozos famosos como el de Cerro Azul 4 a partir de 1923, es aquí donde comienza el declive de la abundante producción de México.

Al inicio del gobierno del presidente Plutarco Elías Calles se cancelan los “Tratados de Bucareli” y al año siguiente se conforma una comisión para llevar a cabo la elaboración de un proyecto de ley reglamentario del artículo 27 constitucional en el ramo del petróleo, logrando que en 1925 se aprobara una “Ley del Petróleo”, esta ley estableció que la industria de los hidrocarburos era de utilidad pública para la Nación, por lo que gozaría de preferencia sobre cualquier otra actividad de aprovechamiento de recursos en la superficie, además de reafirmar que el dominio de la Nación sobre estos recursos es inalienable e imprescriptible.

El 31 de diciembre de 1925 se publica en el Diario Oficial de la Federación, la “Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo” y junto con esta ley, se crea por decreto la dependencia de Control de Administración del Petróleo Nacional para sustituir al Departamento del Petróleo.

³⁹ *En Defensa del Petróleo*. Jaime Cárdenas Gracia. Biblioteca Jurídica Virtual UNAM [en línea]. 2016 P23 Dirección URL: <http://bibliohistorico.juridicas.unam.mx/libros/6/2729/5.pdf>

⁴⁰ *En Defensa del Petróleo*. *Op cit*. P24



“La ley precisaba que correspondía a la nación el dominio inalienable e imprescriptible de toda mezcla natural de carburos de hidrógeno situada en su yacimiento, cualquiera que fuera su estado, [...] consideró de utilidad pública a la industria, incluyendo en ella el descubrimiento, la captación, la conducción por oleoductos y la refinación del petróleo. Además [...] obligaba a los extranjeros a renunciar a la protección de sus gobiernos en caso de cualquier controversia jurídica sobre derechos o bienes en México”⁴¹

- El 31 de diciembre de 1925 durante el gobierno de Plutarco Elías Calles, se crea por decreto y de forma conjunta con la ley reglamentaria una dependencia llamada “Control de Administración del Petróleo Nacional”, que perfecciona lo que había realizado previamente la Comisión Técnica del Petróleo.

Después de la publicación de esta ley las empresas petroleras buscaron diversas formas de ampararse en contra de las disposiciones de la misma y le insistían a Calles que la armonía entre los gobiernos vecinos podría seguir si se anulaban algunos artículos de la ley (artículos que hacían referencia a la duración de las concesiones), pero Calles ignoraba sus peticiones y como resultado de estas, el 21 de julio de 1926 aparece el reglamento de la ley antes mencionada, redactado por una comisión dependiente de la Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo^[42], básicamente en este reglamento, se dictaba una racionalización de la producción petrolera, que en años anteriores, había sido desmedida, sobre todo en los pozos localizados sobre la faja de oro.

Las empresas extranjeras continuaban quejándose con el gobierno norteamericano declarando que cualquier cambio de los términos acordados cuando se otorgaron las concesiones durante el profiriato contradecía algunas normas dentro de lo que establecía el derecho internacional ^[43], esta queja se apoyaba en lo dictado en el artículo 27 constitucional y en la ley reglamentaria del artículo 27 constitucional (principalmente en los artículos 14° y 15° de esta ley).

El gobierno norteamericano constantemente mantenía una postura inquieta contra la presidencia mexicana, patrocinada siempre por la influencia y poder de las empresas extranjeras norteamericanas para defender sus intereses. Incluso las compañías impulsaron al gobierno estadounidense al extremo, lanzando una amenaza de invasión militar hacia el presidente Calles quien respondió:

“En caso de una intervención armada los pozos petroleros arderán en un incendio que se verá hasta Nueva Orleans”

A diferencia de los estadounidenses los ingleses que durante estos años mantuvieron una posición intermedia al simplemente escuchar los argumentos de ambas partes, finalmente se unieron a los reclamos norte americanos, el gobierno inglés manejó una política de no agresión y en cambio buscaron una solución jurídica, para la cual se designó al embajador norteamericano Dwight Morrow.

⁴¹ *Ibid.* P25

⁴² *Ibid.* P26

⁴³ *Ibid.* P26



Gracias a la efectiva actividad de la diplomacia mexicana y la mediación de Morrow, se evita el conflicto armado y Morrow propone para solucionar el problema el empleo de la Suprema Corte de Justicia de la Nación.

El 17 de noviembre de 1927, después de analizar el caso, finalmente la Suprema Corte de Justicia, dio un fallo a favor de las empresas privadas, determinando que los derechos adquiridos por parte de las compañías privadas durante el mandato de Porfirio Díaz, no podían ser revocados mediante las leyes establecidas, ya que las compañías no entraban en ningún carácter ilegal y por lo tanto sus derechos adquiridos anteriormente eran legítimos.

- El 29 de noviembre de 1927, se contemplan medidas pertinentes para proteger la vida y la salud de los trabajadores de la industria de los hidrocarburos, así como también evitar desperdicios y despilfarros de capital, por lo que se crea el “Reglamento de Trabajos Petroleros”, este reglamento proviene de la ley de petróleo, ese mismo año se crea la “Junta Federal de Conciliación y Arbitraje”, debido a la gran cantidad de controversias con las empresas privadas.

Ulteriormente al fallo de la Suprema Corte de Justicia, el presidente Calles cede e impulsa una reforma de modificación a algunos artículos de la ley reglamentaria del artículo 27 constitucional, principalmente a los artículos 14° y 15°, la modificación entra en vigor el 3 de enero de 1928, confirmando así los derechos adquiridos por parte de las empresas extranjeras, estas acciones apaciguaron a los gobiernos extranjeros más no a las compañías.

El resultado de estas negociaciones que tenían por mediador al embajador estadounidense Dwight Morrow significó que el gobierno mexicano cedía ante las demandas extranjeras como sucedió en los tratados de Bucareli, pero con esto se evitó una intrusión armada por parte de los Estados Unidos que como recordamos con dolor fue de gran costo para a nuestra patria.

- A partir de 1928 comenzaron nuevos programas de modernización en las refinerías de Minatitlán y Tampico para atender la creciente demanda interna de productos derivados, especialmente gasolina.

Después de que estallo el llamado “crack de 1929”, la crisis económica también afectó a las empresas petroleras con operaciones en México, ocasionando que se redujera el ritmo de producción al mínimo, lo que significó cerrar algunas de sus plantas y terminales, dismantelar oleoductos y despedir trabajadores. Aun así, la producción mexicana de los grandes grupos se mantuvo básicamente explotando los viejos pozos de la región del Pánuco.



3.6. Etapa de Expropiación

Con la llegada de Lázaro Cárdenas a la presidencia de México se abre el primer y único capítulo con gran contenido socialista que se ha presenciado en un sexenio, ya que Lázaro Cárdenas era un hombre preocupado por el bienestar social enfocado a resolver en primera instancia los problemas del pueblo, experimentó de primera mano la relación con los campesinos y las acciones que realizó durante su gubernatura en el Estado de Michoacán serían un ensayo de lo que realizaría durante su sexenio.

La expropiación no fue un acto aislado dentro del gobierno de Lázaro Cárdenas ya que durante su sexenio se buscó aplicar de la mejor manera lo expresado el artículo 27° constitucional, empezando por una reforma agraria por diversos estados de la República que promovía el reparto de tierras, algunas de ellas expropiadas a los hacendados y mejoró las condiciones de trabajo para los campesinos, dicha reforma se realizó con una mala planeación que llevó a varios problemas tanto financieros como agrícolas, también durante su administración se nacionalizaron los ferrocarriles, acción que de igual manera fue fallida ya que bajo la administración obrera, ocurrieron muchos accidentes y un mal manejo, por lo que el presidente decidió que el Estado debe ser el rector de la administración de esa área. Estos eventos fueron de alguna forma una práctica expropiatoria en diversos ámbitos que preparó al gobierno de Cárdenas para llevar a cabo la acción que marco su gobierno.

Durante el mandato del presidente Cárdenas, los trabajadores se vieron beneficiados ya que se impulsó la creación de múltiples organizaciones petroleras que terminaron por conformar una única asociación sindical.

- El 15 de Agosto de 1935, se constituyó el Sindicato de Trabajadores Petroleros de la República Mexicana (STPRM), que tiene por antecedente en 1915 la formación de una agrupación denominada “Unión de Petroleros Mexicanos”.

Los trabajadores que no contaban con un sindicato estaban sujetos a todo lo que dictara su empleador, lo que llevó a condiciones inseguras e insalubres de trabajo aunado a largas horas de trabajo y remuneraciones injustas por los servicios.

Una de las primeras acciones del STPRM fue exigir a las compañías extranjeras un contrato colectivo de trabajo para que los trabajadores petroleros recibieran los mismos salarios de parte de la gran cantidad de compañías que tenían operaciones en el país y que otorgaran prestaciones justas y equivalentes. [44]

- El 25 de noviembre de 1936, se publica en el DOF una ley de expropiación, que llevó por ideales la defensa, conservación y desarrollo o aprovechamiento de los recursos susceptibles

⁴⁴ *En Defensa del Petróleo*. Jaime Cárdenas Gracia. Biblioteca Jurídica Virtual UNAM [en línea]. 2016 P29 Dirección URL: <http://bibliohistorico.juridicas.unam.mx/libros/6/2729/5.pdf>



de explotación, con lo que puede proceder la expropiación para fines de beneficio del Estado, esta publicación causó inquietud tanto al embajador norteamericano como a las compañías extranjeras, pero ninguno de ellos lo tomó como una acción importante.

- En Enero de 1937 se creó una organización llamada Administración General de Petróleo Nacional (AGPN) para ejercer un control más eficiente sobre la industria, a esta organización se le traspasaron los bienes de una empresa petrolera nacional llamada Compañía Petróleos de México (PETROMEX), una empresa con capital mixto que tenía por objetivos regular el mercado interno petróleo, asegurar el abasto nacional y capacitar personal mexicano.
- De 1933 a 1937 la producción se incrementó de 34 a 46 millones de barriles al año, esto causó cierto optimismo en cuanto al futuro de la industria petrolera en México, pues se creía que en algunos lugares de Veracruz y Tabasco existían grandes acumulaciones de hidrocarburos. [45]

Ulteriormente a la creación del STPRM y a la exigencia de su contrato colectivo de trabajo, comenzaron las negociaciones con las compañías extranjeras sin llegar a un acuerdo por lo que el STPRM opta por realizar una huelga general en el país para obtener su objetivo, repitiendo una acción sucedida en 1921 en Minatitlán donde un grupo de trabajadores de la compañía El Águila realizaron un huelga para obtener un aumento salarial que al final se logró, esta nueva huelga comenzó el 28 de marzo de 1937 y tuvo un gran impacto en el país ya que durante sus trece días de auge, el transporte nacional y las industrias estaban en crisis debido al desabasto de los combustibles fósiles afectando directamente a la economía nacional.

Debido a la explosión de la huelga y sus efectos negativos, el gobierno de Cárdenas pidió al STPRM levantar la huelga y posteriormente solicita apoyo a la Junta de Conciliación y Arbitraje para resolver inmediatamente el desacuerdo entre los trabajadores y las compañías petroleras, por lo que se designa una comisión para realizar un peritaje, con lo que se podría determinar si las empresas petroleras en conflicto poseían las capacidades económicas para satisfacer los derechos de los trabajadores. Durante el mes de diciembre de 1937 dicha comisión emitió el reporte de sus actividades, declarando que las empresas en conflicto si poseían los recursos económicos suficientes para cubrir las demandas del STPRM. [46]

El acto siguiente de la Junta de Conciliación y Arbitraje fue revisar detalladamente el informe entregado por su comisión, considerando también las peticiones del STPRM quien reclamaba 90 millones de pesos y las empresas petroleras contraofertaban pagar solamente 14 millones de pesos, en el informe de la comisión de peritaje se propuso que el pago justo sería de 26 millones de pesos [47] y es así como La Junta de Conciliación y Arbitraje justifica su fallo a favor del STPRM, en

⁴⁵ *Crónica del petróleo en México: De 1863 a nuestros días*. Un panorama de la industria petrolera. [En línea]. 2016 Dirección URL: <http://petroleo.colmex.mx/index.php/linea/85>

⁴⁶ *En Defensa del Petróleo*. Jaime Cárdenas Gracia. Biblioteca Jurídica Virtual UNAM [en línea]. 2016 P30 Dirección URL: <http://bibliohistorico.juridicas.unam.mx/libros/6/2729/5.pdf>

⁴⁷ *En Defensa del Petróleo*. Op cit.



consecuencia las empresas petroleras rechazan dicho laudo y buscan un amparo de parte de la Suprema Corte de Justicia que durante el sexenio de Plutarco fallo a su favor concediéndoles la razón.

El primero de marzo de 1938 la Suprema Corte de Justicia confirma el fallo de orden laboral por parte de la Junta de Conciliación y Arbitraje y determina que la fecha límite para cubrir el pago de 26 millones de pesos a los trabajadores es el 7 de marzo de ese mismo año, pero nuevamente las empresas se niegan a acatar la resolución de la Suprema Corte, a pesar de esto el presidente Cárdenas busca llegar a un acuerdo con las empresas petroleras pero los intereses de cada parte están ampliamente distanciados por lo que la relación de enemistad prevaleció.

Debido al continuo desacato de las compañías petroleras, el STPRM opta por solicitar a la Junta de Conciliación y Arbitraje la rescisión de todos aquellos contratos efectuados con las compañías petroleras, la Junta consiente la petición y se dan por terminada la relación entre los trabajadores y las empresas, el sindicato planea un cese de actividades general para llevarse a cabo el 18 de marzo de 1938. [48]

El 18 de marzo de 1938 se concreta una junta con el presidente y los dueños de las empresas en donde se acuerda el pago de 26 millones de pesos a los trabajadores y los petroleros manifiestan al presidente su deseo por continuar la relación de trabajo, cumpliendo con el fallo de la Suprema Corte de Justicia, después de acordar esta negociación uno de los empresarios le pregunto al presidente:

“¿Qué seguridad tenemos de que en un futuro no intentaran repetir estas acción para elevar los salarios?”

Después de escuchar la pregunta el presidente Lázaro Cárdenas da por terminada la junta he inmediatamente le encarga la redacción de un manifiesto expropiatorio a su amigo el secretario de comunicaciones y obras públicas Francisco J. Múgica, para que posteriormente ese mismo día por la noche el presidente diera un discurso a través de la radio nacional con el cual se declara la expropiación de los bienes de las empresas petroleras.

El 19 de marzo de 1938 los trabajadores petroleros organizaron una marcha que se dirigió hacia palacio nacional apoya de muchas otras personas que simpatizaban con el decreto expropiatorio otorgándole su apoyo al presidente, posteriormente a este acto se congregan filas enormes de personas de todas las clases sociales que convergen en la entrada del palacio de bellas artes para apoyar con lo poco o mucho que poseen al pago de la indemnización de las empresas, ese mismo día la Administración General de Petróleo Nacional (AGPN) se hace cargo provisionalmente de todos los bienes e infraestructura que fueron expropiados de las empresas.

Tras decretada la expropiación petrolera, toda actividad referente a la industria homónima fue cesada drásticamente y continuo así durante alrededor de poco más de dos meses, esto debió a que para el gobierno de Cárdenas era difícil coordinar a una industria tan grande, presente en diversos Estados de la República por lo que durante el tiempo de inactividad se planeó la creación de una institución nacional que llevara a cabo toda clase de actividades concernientes a la industria petrolera, mientras que operaba toda aquella infraestructura expropiada.

⁴⁸ *Ibid*



El 7 de junio de 1938 se crea Petróleos Mexicanos (PEMEX), pero esta empresa nacería dividida en dos partes, una encargada de las actividades de exploración, producción y refinación, mientras que la otra se encargaría de las actividades de distribución y comercialización del petróleo y sus derivados, tanto dentro como fuera del país, pero esta organización dividida traería problemas por lo que en Agosto de 1940 se conjuntan todas estas actividades en una sola institución. [49]

- Petróleos Mexicanos (PEMEX) nació como una empresa paraestatal o descentralizada de carácter público, lo que significa que esta empresa no genera ganancias para sí misma sino para el Estado, tomando parte de estas para su propio desarrollo. Tiene por objetivos el aprovechamiento de los recursos petroleros del subsuelo de manera adecuada, el atender las necesidades del mercado interno y externo mediante sus exportaciones, logrando la entrada de divisas al país y crear beneficios para las zonas de potencial petrolero, para con estas actividades contribuir al gasto público mediante el pago de impuestos. [50]

Después de ejecutada la orden de expropiación, las empresas petroleras extranjeras vieron como sus intereses y propiedades en México desaparecían, por lo que vertieron inmediatamente gran cantidad de quejas a sus gobiernos, quienes condenaban la acción del presidente Cárdenas al tacharla de inapropiada e innecesaria que indirectamente afectaba los intereses de las grandes potencias, es por esto que tras la medida tomada por el presidente mexicano, los países ofendidos Estados Unidos e Inglaterra organizaron un boicot hacia México dejando de comprar de manera abrupta sus productos provocando una caída estrepitosa del peso, poniéndose en peligro nuevamente la economía nacional ya que los Estados Unidos eran los principales compradores de nuestro petróleo.

Es importante mencionar que la decisión de expropiación se llevó a cabo en una coyuntura apropiada, ya que para este momento de la historia los hidrocarburos se posicionaban como una materia prima indispensable para los países, por lo que asegurar un suministro constante de este recurso se volvía tema de seguridad nacional, lo que llevó a Estados Unidos e Inglaterra a aceptar las acciones tomadas por el gobierno mexicano.

Por otro lado comenzaba a tomar importancia el ascenso del Nazismo debido a su indetenible militarismo que amenazaba al mundo terminando por llevarlo a la guerra el 1 de Septiembre de 1939 cuando Alemania invade Polonia, para entonces México sufría los estragos de un embargo comercial y en busca de divisas decide vender su petróleo a los gobiernos expansionistas de política fascista en Europa alimentando su máquina de guerra.

⁴⁹ *Crónica del petróleo en México: De 1863 a nuestros días*. Un panorama de la industria petrolera. [En línea]. 2016 Dirección URL: <http://petroleo.colmex.mx/index.php/linea/116>

⁵⁰ *Crónica del petróleo en México: De 1863 a nuestros días*. Un panorama de la industria petrolera. *Op cit*



Al inicio de la segunda guerra mundial Estados Unidos se pronunció neutral pero se mantuvo a la espera y se preparó para entrar al conflicto, esto detuvo su habitual política militar mediante la cual años antes durante el sexenio de Calles amenazó al país con una intervención armada para conseguir sus objetivos, pero en esta ocasión no podían permitirse el uso de esta política bélica en contra del gobierno mexicano ya que debilitaría su poderío antes de entrar a la guerra, favoreciendo así a la expropiación petrolera.

Expulsar a las compañías petroleras de México fue un gran acto que contribuyó al desarrollo nacional apalancado por el desarrollo de la industria de los hidrocarburos ya que en las etapas tempranas después de la expropiación todos esos recursos producidos se utilizaron para consumo interno, lo que benefició en gran medida al país. La decisión de expropiación que México lanzó hacia las principales compañías e indirectamente hacia los países desarrollados fue un gran acontecimiento para la industria petrolera en general ya que por primera vez un país subdesarrollado se oponía a los intereses de las grandes potencias y esta medida orquestada por primera vez en México tendría resonancia en otras naciones que optarían por replicar dicha acción que terminaría por transformar al mercado internacional.

Petróleos Mexicanos se convirtió en la empresa más rentable del país ya que aporta en gran medida a las finanzas públicas y con los nuevos recursos monetarios obtenidos del petróleo se impulsó la investigación, creación de tecnología y se promovió el desarrollo de profesionistas para esta área. La decisión de expropiación fue una decisión muy difícil pero el aceptarla trajo para el país grandes beneficios que lo llevaron a poseer una situación económica muy favorable durante la parte media del siglo XX.

- El 9 de Noviembre de 1940 se publica una iniciativa de reforma al párrafo sexto del artículo 27° de la Constitución, ese mismo día se publica una nueva “Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo”, en esta nueva ley se estableció que el petróleo sería explotado por las instituciones creadas por la nación, además de permitir la participación de particulares con PEMEX. [51]

3.7. Etapa de Desarrollo

Manuel Ávila Camacho toma el poder como sucesor de Lázaro Cárdenas y al principio de su gobierno existen dos grandes problemas en cuanto a la industria petrolera, el primero de ellos es la conformación de Petróleos Mexicanos y su organización para desempeñar todas aquellas actividades propias de la industria de los hidrocarburos, el segundo problema es el pago de la indemnización obligatoria a las empresas expulsadas años antes.

⁵¹ *En Defensa del Petróleo*. Jaime Cárdenas Gracia. Biblioteca Jurídica Virtual UNAM [en línea]. 2016 P34 Dirección URL: <http://bibliohistorico.juridicas.unam.mx/libros/6/2729/5.pdf>



Como consecuencia de la expropiación los gobiernos tanto Estadounidense como Británico rompieron sus relaciones diplomáticas con México, pero la segunda guerra fue de gran importancia para reestablecer contacto entre gobiernos ya que ambos necesitaban del petróleo mexicano. El gobierno estadounidense fue el primero en retomar la actividad diplomática, mediante el establecimiento de acuerdos específicos en el pago de la indemnización a las compañías petroleras, contemplando abonos e intereses.

En los primeros años del sexenio de Ávila Camacho, la regulación sobre hidrocarburos sufriría un par de modificaciones, específicamente la “Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo”, la primera modificación a la ley ocurriría el 2 de mayo de 1941 al ampliarse el régimen de las concesiones para realizar las actividades concernientes a la industria (transporte, almacenamiento, distribución y aprovechamiento), además se creó la figura de “asignación” otorgada por la Secretaría de Economía, con lo que se le otorgaba a las instituciones públicas como PEMEX el control de áreas determinadas para su exploración y desarrollo. [52]

La segunda modificación a la “Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo” se enfocó a los artículos 10° y 60°, donde ahora se establecía que la Nación puede realizar actividades conjuntas con particulares o sociedades aun cuando sean extranjeros al celebrar contratos, en cada caso el gobierno representara la mayoría capital. [53]

La actitud neutral de los Estados Unidos hacia la guerra termina con el sorpresivo ataque japonés a Pearl Harbor el 7 de Diciembre de 1941, el cual desata el conflicto por dominar el pacífico y su vez por ganar la guerra, dicho acto llevó a los norteamericanos a llevar su producción industrial al límite y para ello necesitaron más petróleo, lo que terminó con el boicot petrolero reanudando las exportaciones de materia prima que ahora alimentaban a la maquinaria bélica de los Aliados.

Por otra parte las negociaciones con el gobierno británico serían más tortuosas y complicadas encontrándose finalmente hasta 1943, pero la resolución concreta al problema se alcanzaría hasta 1947 tras largos años de intensa actividad diplomática.

El 16 de Diciembre de 1941 aparece el Reglamento de la “Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo”, en el cual se destacan tres puntos, el primero punto relevante menciona una clasificación de las áreas estratégicas en terrenos explorados y explotados, terrenos asignados, terrenos contratados con particulares y terrenos en concesión, el segundo punto relevante menciona que para celebrar contratos con particulares, deben existir estudios que fundamenten la

⁵² *La Regulación del Sector Energético*. Biblioteca Jurídica Virtual UNAM [en línea]. 2016 P93 Dirección URL: <http://bibliohistorico.juridicas.unam.mx/libros/1/153/6.pdf>

⁵³ *En Defensa del Petróleo*. Jaime Cárdenas Gracia. Biblioteca Jurídica Virtual UNAM [en línea]. 2016 P34 Dirección URL: <http://bibliohistorico.juridicas.unam.mx/libros/6/2729/5.pdf>



necesidad y mediante una licitación y en el último punto se menciona que el gobierno efectuará estas actividades siempre y cuando sea benéfico para él. [54]

- En 1942 PEMEX y el STPRM firman el primer contrato colectivo de trabajo, con esta acción el STPRM se convierte en uno de los sindicatos más poderosos de la República debido a la importancia de sus actividades y la rentabilidad de la industria.

Con estas acciones podemos ver que después de la expropiación petrolera, aun en las actividades de la industria homónima se permite la entrada de inversores extranjeros, buscando con su capital más el capital nacional lograr un desarrollo acelerado de la industria al modificar y creando nueva infraestructura para satisfacer la creciente demanda mundial por el petróleo.

- En 1944 México pide un préstamo de 10 millones de dólares al gobierno estadounidense por medio del Eximbank, que se destinan a la ampliación de la refinería de Azcapotzalco. [55]
- “Entre 1943 y 1947 México pagó cerca de treinta millones de dólares a la Standard Oil y a otras empresas estadounidenses”⁵⁶, recordando que con la expropiación petrolera se expulsaron alrededor de una veintena de compañías; la Standard Oil Company recibió alrededor del 80% de esta cantidad ya que era una de las empresas con más infraestructura en el país.
- Los gobiernos británicos y mexicanos llegarían a un acuerdo con los accionistas de la compañía El Águila, determinando un pago de indemnización de ochenta y un millones doscientos cincuenta mil dólares a un plazo de 15 años con un interés del 3%, comenzando desde el día efectivo de la expropiación, por lo que después de establecidas las condiciones el gobierno mexicano terminaría pagando un total de ciento treinta millones trescientos treinta y nueve mil dólares. [57]

⁵⁴ *La Regulación del Sector Energético*. Biblioteca Jurídica Virtual UNAM [en línea]. 2016 P93 Dirección URL: <http://bibliohistorico.juridicas.unam.mx/libros/1/153/6.pdf>

⁵⁵ *Crónica del petróleo en México: De 1863 a nuestros días*. Un panorama de la industria petrolera. [En línea]. 2016 Dirección URL: <http://petroleo.colmex.mx/index.php/linea/116>

⁵⁶ *En Defensa del Petróleo*. Jaime Cárdenas Gracia. Biblioteca Jurídica Virtual UNAM [en línea]. 2016 P36 Dirección URL: <http://bibliohistorico.juridicas.unam.mx/libros/6/2729/5.pdf>

⁵⁷ *Ibid.*



Durante el periodo presidencial de Miguel Alemán Valdés, se optó por un progreso industrial claramente orientado hacia el capitalismo que desplazando los ideales de bienestar público mostrados a lo largo del sexenio de Lázaro Cárdenas y de forma diluida en el de Ávila Camacho, lo que llevó al país a una industrialización masiva que trajo grandes cambios a la sociedad y al crecimiento económico. En cuanto a la industria petrolera sucedieron cambios importantes, uno de ellos fue la reorganización de PEMEX y otro fue la inclusión de los contratos de riesgo como herramienta para el desarrollo de la industria al agrupar a la empresa petrolera nacional con particulares.

- En noviembre de 1946 se termina la ampliación de la Refinería de Azcapotzalco, (conocida como “18 de Marzo”) que ahora era capaz de procesar 50 mil barriles diarios de crudo, además ese mismo año se descubre en Reynosa importantes yacimientos de petróleo y gas. Tres años después se descubre un campo llamado “Francisco Cano”, productor de aceite localizado en los estados de Tamaulipas y Nuevo León. [58]

Tras recibir el cargo de mandatario de la nación, Miguel Alemán comienza su actividad ejecutiva al emitir un decreto mediante el cual reformaba la estructura corporativa de Petróleos Mexicanos, ahora se establecía un Director General y tres subdirectores para realizar de manera independiente las actividades de producción, comercialización y administración, cada uno de estos ejecutivos serían seleccionados por el presidente de la República de una forma que recordaba el porfiriato, este nuevo orden contrastaba con el anterior ya que en la antigua organización se contaba con dos grandes puestos de poder el gerente general y el secretario general que administraban todas los distintos departamentos de actividad de la empresa.[59]

Poco tiempo después de ejecutado el decreto del presidente, el sindicato petrolero organizó una huelga fundamentada en un aumento salarial pero el presidente no permitió la suspensión de labores ya que paralizaría el país y obstaculizaría el proyecto de industrialización planeado para el mismo, por lo que la madrugada del 19 de diciembre de 1946 los soldados ocuparon las instalaciones de la refinería de Azcapotzalco y la sede del sindicato, en consecuencia por tal acto se rescindió el contrato de los líderes sindicales, posterior a estas acciones el STPRM aceptó el aumento salarial propuesto por el gobierno terminando inmediatamente con el cese de labores de la huelga y garantizando el suministro de hidrocarburos.

Después de la reforma administrativa de PEMEX, se logró una mejor admiración de la empresa lo que llevó a un mejor funcionamiento y eficiencia en sus actividades, así como un toma de decisiones bien apoyada, ya que con la nueva administración antes de aprobar un proyecto, primero debía recibir el visto bueno de todos los subdirectores para por último llegar con el director general.

⁵⁸ *Ibíd.*

⁵⁹ *Crónica del petróleo en México: De 1863 a nuestros días.* Un panorama de la industria petrolera. [En línea]. 2016 Dirección URL: <http://petroleo.colmex.mx/index.php/linea/116>



- En Marzo de 1947 el presidente norteamericano Truman visita México, con lo que las tensas relaciones entre ambos gobiernos comienzan a retomarse de buena manera, sobre todo al ver que el presidente mexicano adopta el modelo económico capitalista y se aleja del socialista. Se acuerda que la ayuda financiera y técnica para la industrialización de México se buscaría en Estados Unidos y no en la unión soviética por lo que se abre una línea de crédito de 150 millones de dólares para financiar los proyectos del presidente Alemán.

Desde el sexenio anterior dentro del marco normativo se mantuvo la puerta abierta al capital extranjero sin que éste estuviera presente en actividades fundamentales de la industria, tales como refinación y comercialización, con lo que se lograría un desarrollo acelerado de la misma, dicha opción fue utilizada durante el mandato de Miguel Alemán al implementarse los “Contratos Riesgo”.

En el periodo comprendido entre los años 1949 a 1951 se celebraron 16 contratos riesgo, de los cuales solo se ejecutaron 5, dichos contratos consistían en una alianza entre Petróleos Mexicanos y alguna otra empresa extranjera (normalmente estadounidenses), en los cuales se acordaba la realización de alguna actividad petrolera, principalmente exploración y perforación en zonas con potencial previamente determinadas en el acuerdo.

Si durante o después de realizada la actividad, dichas zonas resultaban productoras, PEMEX podía otorgarle a la empresa colaboradora un plazo para la realización de alguna de las 2 actividades durante un periodo de 10 a 15 años además de pactar un reembolso por el capital invertido y una ganancia para la empresa colaboradora de un 15% a un 18%, en efectivo o en especie. [60]

- El 14 de noviembre de 1950, se modifica el “Reglamento de la ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo”, para permitir legalmente la colaboración de PEMEX con particulares mediante la modalidad de concesión otorgada por la Secretaria de Economía, para participar en actividades de almacenamiento, distribución, transporte y suministro de gas. Es aquí donde se determina el método de suministro de gas a los usuarios tanto en el tipo de recipiente utilizado (tanque estacionario o cilindro portátil) como el empleo de sistemas de transporte especial (auto tanque), acorde con las normatividad mexicana. [61]

⁶⁰ *En Defensa del Petróleo*. Jaime Cárdenas Gracia. Biblioteca Jurídica Virtual UNAM [en línea]. 2016 P38 Dirección URL: <http://bibliohistorico.juridicas.unam.mx/libros/6/2729/5.pdf>

⁶¹ *La Regulación del Sector Energético*. Biblioteca Jurídica Virtual UNAM [en línea]. 2016 P94 Dirección URL: <http://bibliohistorico.juridicas.unam.mx/libros/1/153/6.pdf>



- También en 1950 se construyen dos refinerías nuevas, una en Salamanca y otra en Reynosa para abastecer las necesidades de refinación de la creciente producción de hidrocarburos, un año después se descubre un yacimiento de gas muy importante llamado “José Colomo”, esta vez en Tabasco. [62]

La celebración de los “Contratos Riesgo” no trajo al país el desarrollo que se creyó mediante la colaboración entre la empresa nacional y empresas extranjeras, ya que en ninguno de los 5 contratos efectuados se obtuvieron los beneficios esperados por lo que se procedió a la recesión de los mismos, lo que logró nuevamente una disputa y lucha por los derechos de explotación de las empresas colaboradoras repitiéndose así la historia de la expropiación. Para poder lograr dejar sin efecto dichos contratos pasaron muchos años y no fue hasta el sexenio de Gustavo Días Ordaz que mediante una reforma constitucional al párrafo sexto del artículo 27° constitucional que ahora prohibía la celebración de contratos entre la petrolera nacional y particulares para la realización de alguna actividad petrolera se terminó el conflicto. [63]

En los años siguientes desde 1952 y hasta 1958, periodo que comprende el sexenio de Adolfo Ruiz Cortines, no se llevaron a cabo grandes obras o eventos con gran impacto en la industria, ya que en los sexenios anteriores ya se habían encargado de asentar las bases de una infraestructura moderna para la empresa del estado (PEMEX), que para entonces ya comenzaba a dar sus frutos y beneficio a la nación.

- En 1954, la antigua refinería de Minatitlán fue reconstruida para aumentar su producción, así mismo se hicieron modificaciones en otras refinerías y en 1955 se concluyen la ampliación de la refinería de Poza Rica y el oleoducto Poza Rica-México, con todo este despliegue modernizador, entre 1944 y 1958, PEMEX incrementó el volumen total de destilación primaria en 315% y la producción con base en la desintegración catalítica en 369%. [64]

En el último año de su gobierno estallaron muchas huelgas, sobre todo la de maestros y ferrocarrileros, a las cuales se unieron los petroleros, exigiendo un aumento de sueldo ya que debido a la devaluación los niveles de inflación eran muy altos.

⁶² *Crónica del petróleo en México: De 1863 a nuestros días*. Un panorama de la industria petrolera. [En línea]. 2016 Dirección URL: <http://petroleo.colmex.mx/index.php/linea/116>

⁶³ *En Defensa del Petróleo*. Jaime Cárdenas Gracia. Biblioteca Jurídica Virtual UNAM [en línea]. 2016 P39 Dirección URL: <http://bibliohistorico.juridicas.unam.mx/libros/6/2729/5.pdf>

⁶⁴ *Crónica del petróleo en México: De 1863 a nuestros días*. Un panorama de la industria petrolera. [En línea]. 2016 Dirección URL: <http://petroleo.colmex.mx/index.php/linea/116>



- A finales de 1958 se publica una nueva “Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional”, remplazando la de 1941 (publicada por Manuel Ávila Camacho), en la cual se realizan dos cambios importantes, primero a diferencia de su antecesora se modifica el modelo de contrato en la parte de la remuneración al contratista, ahora solo se permite la remuneración en efectivo por las actividades o servicios proporcionados ya que PEMEX es el único que puede comercializar los hidrocarburos de la nación, en el segundo cambio se elimina la figura de concesión a particulares y se reafirma que únicamente la empresa petrolera del estado es la única que tiene permitido explotar los recursos de la nación y para reafirma esto se expresan sus distintas funciones.

Es aquí donde se expresa que las actividades de una industria de tanta importancia para el progreso de la Nación no pueden verse afectadas por los intereses privados, por lo que se determina que el Estado debe realizar un monopolio en estas actividades para asegurar un desenvolvimiento y soberanía de la nación. [65 Y66]

El sexenio de Adolfo López Mateos (1958-1964) comenzó reprimiendo múltiples movimientos sociales en busca de aumentos salariales, para después encarcelar a los dirigentes que orquestaban dichos movimientos y de igual manera que el sexenio anterior no se realizaron grandes obras de infraestructura para la industria de los hidrocarburos, pero si se avanzó en el campo jurídico beneficiando tanto a la industria petrolera como a la industria eléctrica, se impulsó una reforma al artículo 27 constitucional en materia de energía eléctrica con lo que se lograba nacionalizar esta industria el 27 de septiembre de 1960.

En materia de hidrocarburos en 1960 se impulsa otra reforma para modificar los párrafos cuarto, quinto, sexto y séptimo de artículo 27 constitucional y en consecuencia también se modificaron los artículos 42 y 48 de la “Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional (de 1958)”, logrando con esta reforma una modificación del ordenamiento jurídico en el cual la ley antes mencionada recibía un aumento jerárquico que la posicionaba casi al mismo nivel que la Constitución, el fundamento de esta reforma fue erradicar de manera tajante los “Contratos Riesgo” celebrados un par de sexenios antes, es decir ya no se permite que una empresa ajena al Estado colabore con PEMEX, por lo tanto ya no se otorgan contratos y los existentes están camino a ser cancelados. [67]

⁶⁵ *En Defensa del Petróleo*. Jaime Cárdenas Gracia. Biblioteca Jurídica Virtual UNAM [en línea]. 2016 P40 Dirección URL: <http://bibliohistorico.juridicas.unam.mx/libros/6/2729/5.pdf>

⁶⁶ *La Regulación del Sector Energético*. Biblioteca Jurídica Virtual UNAM [en línea]. 2016 P94 Dirección URL: <http://bibliohistorico.juridicas.unam.mx/libros/1/153/6.pdf>

⁶⁷ *En Defensa del Petróleo*. Jaime Cárdenas Gracia. Biblioteca Jurídica Virtual UNAM [en línea]. 2016 P41-42 Dirección URL: <http://bibliohistorico.juridicas.unam.mx/libros/6/2729/5.pdf>



Durante este sexenio, la producción de hidrocarburos se incrementó abundantemente y se priorizaron las actividades para incrementar la producción postergando las actividades de exploración, esto se fundamentó en el aumento del consumo interno que entre 1960 y hasta 1972 se incrementaba con una tasa anual de casi 10%, mientras que el de la producción fue de sólo 4.1%, provocando que PEMEX importara crudo para satisfacer la demanda de la creciente industria y población mexicana. [68]

Así mismo durante este sexenio, PEMEX comienza a mostrar síntomas de inestabilidad financiera, debido al incremento de la demanda interna, régimen fiscal, reducción de sus exportaciones e importación de crudo, fueron los principales lastres que propiciaron la inestabilidad financiera de PEMEX. [69]

El siguiente mexicano que se hizo cargo del manejo del país fue Gustavo Díaz Ordaz y durante su mandato (1964-1970) se logró un desempeño económico envidiable mediante una administración inteligente de los recursos, pero a la sombra de éste se mostraba una represión sin precedentes contra los movimientos sociales. Al comienzo de su sexenio no se presentó huelga alguna de trabajadores petroleros o ferrocarrileros que siempre iniciaban así el nuevo periodo para obtener un aumento salarial ya que la mayoría de los líderes sindicales seguían presos.

Para el ámbito petrolero en el sexenio de Díaz Ordaz se realizaron algunas acciones que apoyaron el fortalecimiento de Petróleos Mexicanos y de la industria de los hidrocarburos, se logran cancelar definitivamente y después de muchos años, los 5 “Contratos Riesgo” que se otorgaron en el periodo del presidente Miguel Alemán, esta acción significó que la petrolera nacional recibía todo el apoyo del Estado para llevar a cabo sus actividades sin depender de asociaciones con terceros traduciéndose en mayores ingresos para las arcas públicas. [70]

A manera de fortalecer a PEMEX se crea en 1965 el Instituto Mexicano del Petróleo, que tiene como fundamento impulsar la investigación científica sobre los campos petroleros mexicanos además de ofrecer servicios especializados y capacitar recursos humanos logrando con esto mejorar el factor de recuperación de hidrocarburos mediante investigación e innovación en México, así como también impulsaría el desarrollo de especialistas mexicanos en distintas áreas para reducir paulatinamente la importación de tecnología. Así mismo durante este sexenio se incrementan las reservas probadas gracias a nuevos descubrimientos en el sureste del país.

⁶⁸ *Crónica del petróleo en México: De 1863 a nuestros días*. Un panorama de la industria petrolera. [En línea]. 2016 Dirección URL: <http://petroleo.colmex.mx/index.php/linea/116>

⁶⁹ *Crónica del petróleo en México: De 1863 a nuestros días*. Un panorama de la industria petrolera. Op cit.

⁷⁰ *En Defensa del Petróleo*. Jaime Cárdenas Gracia. Biblioteca Jurídica Virtual UNAM [en línea]. 2016 P42- 43 Dirección URL: <http://bibliohistorico.juridicas.unam.mx/libros/6/2729/5.pdf>



- “En 1966 PEMEX dejó de exportar crudo por primera vez en su historia y redujo sustancialmente las exportaciones de derivados y gas natural [...] en 1971 la empresa recurrió a la importación de crudo y productos petrolíferos”⁷¹

3.8. Etapa de Acenso y Caída

En el sexenio de Luis Echeverría Álvarez (1970-1976), México viviría un poco de todo, ya que se presentaron desde movimientos civiles, represión, obras de ingeniería, aumento en la inflación y aumento en la deuda externa además de una devaluación del peso tras varios sexenios de estabilidad, durante este periodo se trató de buscar el progreso del país a partir de ambiciosas obras de ingeniería. Así mismo durante su sexenio se presentó una crisis mundial de petróleo debido a un embargo petrolero que elevó los precios de los hidrocarburos, esta crisis no fue del todo mala para nuestro país ya que gracias a este entorno México se posicionó como un importante productor de hidrocarburos y como tal recibió gran apoyo de otras naciones para aumentar la infraestructura de su industria, de haber sido bien aprovechados estos recursos sin llegar al derroche, la situación de nuestro país sería muy diferente.

- El 6 de Febrero de 1971, se publica una ley llamada “Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos”, en la cual se expresa la identidad de Petróleos Mexicanos así como también su objetivo y actividades, citando lo dispuesto por la ley en cuanto a la identidad de PEMEX: “Petróleos Mexicanos es un organismo público descentralizado del gobierno federal, de carácter técnico industrial y comercial con persona jurídica y patrimonio propio”⁷².
- El 10 de Agosto de 1972 aparece el “Reglamento de la Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos”, en el cual se determina el modelo de administración y funcionamiento de PEMEX y las atribuciones que posee su director y subdirectores, acorde con las leyes aplicables. [73]
- Entre los años de 1970 a 1973 se descubren nuevos yacimientos de petróleo y gas en los Estados de Veracruz y Tamaulipas, un año después en 1974 los campos productores de la región sur propician un repunte en la producción nacional, alcanzando 209.8 millones de barriles anuales [74].

⁷¹ *Crónica del petróleo en México: De 1863 a nuestros días*. Un panorama de la industria petrolera. [En línea]. 2016 Dirección URL: <http://petroleo.colmex.mx/index.php/linea/116>

⁷² *La Regulación del Sector Energético*. Biblioteca Jurídica Virtual UNAM [en línea]. 2016 P96 Dirección URL: <http://bibliohistorico.juridicas.unam.mx/libros/1/153/6.pdf>

⁷³ *La Regulación del Sector Energético*. Op Cit

⁷⁴ *Crónica del petróleo en México: De 1863 a nuestros días*. Un panorama de la industria petrolera. [En línea]. 2016 Dirección URL: <http://petroleo.colmex.mx/index.php/linea/58>



- Después del aviso de un pescador llamado Rudesindo Cantarell al personal de PEMEX sobre un hallazgo de manchas de aceite en la superficie del agua frente a las costas de Campeche, en 1971 se autoriza la implementación de estudios exploratorios para la localización de la fuente de emanación de dicho aceite. Tres años después comienzan las perforaciones exploratorias para identificar la estructura geológica de la acumulación y su potencial, descubriendo así uno de los yacimientos más grandes del mundo, solamente superado por sus homónimos del medio oriente, recibiendo el nombre de Cantarell en honor a su descubridor, el potencial de dicho yacimiento no sería conocido sino hasta el sexenio siguiente, en la llamada “bonanza petrolera”.

Durante la primera parte de su gobierno, las inversiones para la industria de los hidrocarburos disminuyeron, llevando a PEMEX a requerir importación de petróleo y derivados para mantener el abasto nacional durante el embargo petrolero. En 1974 México se adhiere a la Agencia internacional de Energía, ofreciendo aumentar su producción para exportación a cambio de empréstitos para obtener recursos y lograr desarrollar su industria, acto seguido el presidente destina una gran cantidad de recursos para el sector petrolero que logra aumentar la producción gracias a los recientes descubrimientos de nuevos yacimientos. [75]

- El 27 de Febrero de 1974 se publica el “Reglamento de Trabajos Petroleros”, en él se expresa que cualquier trabajo u obra relacionada con la industria requiere para su ejecución permisos y requisitos a satisfacer para poder operar además del permiso de la Secretaria del Patrimonio Nacional de aquellos años. [76]

Hacia finales de su sexenio, Luis Echeverría logra transformar al país en un exportador de materia prima y la economía comienza a apoyarse en las exportaciones de petróleo y debido a que financió toda su obra mediante grandes empréstitos manejando una política orientada al gasto aparecen las primeras señales de crisis económica y la deuda externa se triplica de 8 mil millones de dólares a casi 26 mil millones de dólares, comienza una desestabilidad financiera en el país, terminando en una devaluación de casi el doble del valor del peso.

Después de estallada la crisis económica, México solicita por primera vez ayuda al Fondo Monetario Internacional (FMI) en Septiembre de 1976 y desde ese momento en adelante el país no volvería a alcanzar las altas tasas de crecimiento experimentadas en sexenios anteriores, debido a una política monetaria moderada de gasto publico reducido y salarios bajos, obligada por el FMI privando al país de las grandes obras de ingeniería que constituían la infraestructura del mismo, ocasionando un estancamiento en el desarrollo de México hasta nuestros días.

⁷⁵ *En Defensa del Petróleo*. Jaime Cárdenas Gracia. Biblioteca Jurídica Virtual UNAM [en línea]. 2016 P43-44 Dirección URL: <http://bibliohistorico.juridicas.unam.mx/libros/6/2729/5.pdf>

⁷⁶ *La Regulación del Sector Energético*. Biblioteca Jurídica Virtual UNAM [en línea]. 2016 P98 Dirección URL: <http://bibliohistorico.juridicas.unam.mx/libros/1/153/6.pdf>



- El 18 de Marzo de 1976 se inaugura la refinería "Miguel Hidalgo", en el municipio de Tula Hidalgo, ese mismo año se amplía la capacidad de refinación de otros complejos.

El sexenio de José López Portillo sucesor de Echeverría (1976-1982), fue un sexenio de contrastes, comenzando con el ordenamiento hacia una política monetaria austera y posteriormente fue contrastante con sus mismas ideas al cambiar radicalmente de una política monetaria orientada al ahorro a una impulsada por un gasto desmedido, en cuanto a los hidrocarburos durante su gestión estos fueron sobre exigidos y considerados como el principal y único salvavidas del país, pero varios años más tarde al final de su sexenio se convertirían en un lastre que lo ahogaría aún más como consecuencia de malas decisiones tomadas durante el camino.

Después de sucedido el embargo petrolero, la escases de hidrocarburos en el mercado elevó los precios hasta ocho veces el valor que tenían antes de la crisis, esto ocurría mientras que México luchaba por elevar su producción y para llevar a cabo esta meta, López Portillo designó al ingeniero Jorge Díaz Serrano a la dirección de PEMEX quien orientó al presidente para aumentar las reservas del país mediante la exploración en el mar, asociada a grandes descubrimientos de hidrocarburos dentro del golfo de México, la mayoría de ellos frente a las costas de Campeche.

- En 1977 tras la gran inversión para el sector petrolero, se aumenta la infraestructura para la industria petroquímica con la inauguración de tres plantas, una planta criogénica en Poza Rica, una planta de percloroetileno en el complejo "Pajaritos" y una planta de amoniaco en Cosoleacaque, todas en el Estado de Veracruz.

Antes de iniciada la exploración en el mar México contaba con aproximadamente 11 200 millones de barriles de reservas probadas, para 1977 las reservas se incrementaron a 16 800 millones de barriles, para 1978 se incrementaron a 29 000 millones de barriles y para 1979 se incrementaron a 40 200 millones de barriles de reservas probadas, colocando al país como una potencia petrolera emergente que podía rivalizar con aquellas del medio oriente.

Para cualquier empresa petrolera la restitución de reservas es la actividad más importante dentro de la cadena de procesos ya que esto representa el valor e importancia de la misma y avalando estos recursos puede obtener capital para continuar con las siguientes actividades dentro de la cadena de proceso e invertir en otros aspectos como capacitación, tecnología o investigación para mejorar su nivel producción.

- El 2 de Junio de 1979 se presenta un descontrol en el pozo Ixtoc número 1 a una profundidad de 3627 metros, debido a una pérdida de circulación del fluido de control ocasionado por la entrada a un estrato altamente poroso, la presión con la que brotaron los fluidos confinados ocasiono que comenzara un incendio en la plataforma, terminando con la perdida de la misma, el pozo fue controlado el 23 de Junio y ocasionó un derrame de aproximadamente 3 millones de barriles, alcanzando las costas del Estado de Texas.



- En 1979 se incrementa nuevamente la infraestructura para el sector petrolero, comenzando con un gasoducto de 1,247 km de longitud que se extendía de Cactus Chiapas a Los Ramones Nuevo León, posteriormente se inauguraron dos nuevas refinerías una en Cadereyta Nuevo León y otra en Salina Cruz Oaxaca.

Después del descubrimiento del campo Cantarell, en 1979 comienza su explotación, obteniéndose una producción promedio de 88 mil barriles diarios, para el año siguiente aumentaría considerablemente a 611 mil barriles diarios y para 1981 se alcanzarían 1.156 millones de barriles diarios^[77], tras ver el incremento en el ritmo de producción nacional, el presidente hace su tan famosa declaración:

“México ha estado acostumbrado a administrar carencias y crisis, ahora en petróleo, en el otro extremo, tenemos que acostumbrarnos a administrar la abundancia”

México pasó a estar dentro de los cinco principales países exportadores de petróleo, colocándose en el cuarto puesto detrás de los árabes, el crudo mexicano invadía el mercado mundial con grandes caudales de una manera repentina e inesperada para sus rivales de la OPEP, lo que beneficiaba en gran medida a Estados Unidos ya que su propia producción de hidrocarburos no era suficiente para lograr un abastecimiento suficiente.

- A finales de la década de 1970, la producción del país aumento considerablemente al igual que su exportación, en 1977 se producían 1 millón 200 mil barriles diarios, para 1980 se incrementó a poco más de 2 millones de barriles diarios, casi duplicando la producción nacional, la exportación se reportaba en 1.3 millones de barriles diarios, le que inundaba las arcas públicas con divisas de la comercialización del petróleo.

La creciente producción de hidrocarburos del país lo obligaba a incrementar de manera similar su infraestructura para la extracción, transporte, refinación y acondicionamiento de ese crudo y para lograrlo se buscó el financiamiento en el extranjero, muchos países ofrecían su capital para financiar estas actividades al ver la creciente riqueza de México, llevando a PEMEX a contraer una deuda de casi el 25 por ciento de la deuda nacional, confiando que los altos precios de los hidrocarburos y las grandes cantidades exportadas de estos pagarían las deudas en un corto plazo.

Hacia el término de la década en 1979 comienzan a ingresar los primeros recursos monetarios provenientes de la comercialización de los hidrocarburos, tales recursos no estaban contemplados dentro del plan sexenal por lo que representaban la oportunidad de dar un gran impulso al país, así que se realizaron enormes inversiones prácticamente para todos los sectores, (energético, agrícola, transportes, turismo, salud, ciencia, educación, comunicación, comercio, etc.) al ver tal iniciativa por

⁷⁷ *El Campo Petrolero Cantarell y La Economía Mexicana*. Instituto Politécnico Nacional. Revista Problemas del Desarrollo. México. Daniel Romo 2015. P 144. [en línea] Dirección URL: http://www.probdes.iiec.unam.mx/numeroenpdf/183_v46/06art_Romo.pdf



parte del presidente hacia la nación, el sector privado comenzó a contagiarse de la euforia por el “boom petrolero” y contrajo deudas que normalmente no serían viables manteniendo la idea de que serían pagadas por los ingresos del petróleo.

El presidente se sentía confiado con el gran potencial petrolero del país, ocasionando que restara importancia a otros sectores indispensables para la economía, aquellos que contribuían al producto interno bruto, llevando al país a enfocar su captación de recursos únicamente a los ingresos obtenidos por la comercialización del crudo ocasionando así sostener las finanzas del país bajo un solo pilar, el cual era el precio de compra de los hidrocarburos en el mercado y tal variable puede ser muy volátil en función de las leyes de la oferta o la demanda.

Para el final de 1980 el panorama financiero mexicano se torna aún más oscuro cuando debido al inicio de un conflicto bélico entre Irak e Irán, las tasas de interés mundiales sobre los préstamos que el país mantenía aumentaron de un 6 por ciento a un 20 por ciento provocando un aumento radical e inesperado de la deuda externa, requiriendo un cambio inmediato en la administración de los recursos monetarios, pero el presidente se opuso a tomar alguna medida para mitigar los efectos negativos de este suceso pensando que los ingresos obtenidos de la venta de hidrocarburos sería la solución al problema, cuando debió evaluar la situación y actuar acorde a la misma para mitigar los efectos negativos que esto podría tener, es decir estar preparados para enfrentar el problema y no solamente actuar después de haber visto las repercusiones.

- Desde 1976 hasta 1980 la deuda del sector público más el privado alcanzaba la cifra de 51,788 millones de dólares y para finales del sexenio en 1982 la deuda alcanzaba los 80, 000 millones de dólares, todos estos recursos provenían del financiamiento externo por lo que volvían a aparecer las primeras pistas de una devaluación próxima de la moneda.

En 1981 el mercado petrolero mundial da un giro de 180 grados, como consecuencia del embargo petrolero árabe de 1973 que trajo una escasez de combustibles, ahora todos los grandes países consumidores adoptan distintas medidas para reducir su dependencia a los hidrocarburos provocando una sobre oferta en el mercado, evidentemente ocasionando una caída precipitada del precio del barril, podría decirse que México con su desmesurada y creciente producción invadió el mercado sin considerar los efectos negativos que esto tendría, es decir se pensó únicamente en un futuro inmediato y no a largo plazo analizando los distintos escenarios que estas medidas podrían causar, aunado a la negativa de disminución de la producción por parte de países del Medio Oriente como Arabia Saudita, Irak e Irán.

Después de manifestarse la caída mundial del precio del petróleo, la OPEP orquesta un descuento de 4 dólares por barril, iniciando la batalla de ofertas en el mercado, el director de PEMEX Jorge Díaz Serrano pretende imitar este movimiento para el crudo mexicano, que considerando las situaciones del mercado era una medida totalmente acertada y para hacerlo buscó la autorización del presidente a quien le pareció una buena idea, inmediatamente después de terminada esa conversación se decreta el descuento de 4 dólares al barril, acto seguido el presidente destituye a Jorge Díaz Serrano del cargo de director por realizar esta acción sin previo consentimiento del gabinete económico, una acción que debía tomarse por el bien de la nación ya que de no hacerlo se perderían los ingresos por la venta de los hidrocarburos.



Ulteriormente a la destitución del director de PEMEX, el presidente ordena elevar dos dólares el precio del barril de petróleo, agravando con esto la situación financiera de México al provocarse un desbalance en las cuentas del Estado, debido a la disminución en los ingresos por la venta de los hidrocarburos, aumentando así el déficit por el sobre endeudamiento, causando que en febrero de 1982 se devaluara el peso, comenzando un estrepitosa caída del tipo de cambio entre el dólar y el peso, llegando a extremos en los cuales el tipo de cambio rebasaba los 110 pesos por dólar, para detener esta inminente catástrofe se tomó una medida desesperada y se cerró el mercado cambiario, terminando con un tipo de cambio de 70 pesos por dólar.

3.9. Etapa de Inicio del Neoliberalismo

El sexenio de Miguel de la Madrid Hurtado, comenzó con una severa crisis financiera heredada del sexenio anterior provocando una inflación desmedida, por otro lado se enfrentó al aumento en la pobreza y el crecimiento poblacional que derivaba en comercio informal, así mismo se denunciaron actividades de corrupción dentro del sindicato de petroleros sin tomar medidas pertinentes para castigar tales sucesos. A medidos de su sexenio se enfrentó a un desastre natural que devasto la capital del país, complicando aún más la situación del mismo, por último se ahogó la libertad de expresión de la prensa y hacia finales de su sexenio la bolsa de valores mexicana se desplomó como consecuencia del “lunes negro”, llevando a una pérdida de valor del peso.

- En 1983 se realiza una reforma constitucional a los artículos 25°, 26° y principalmente al 28°, en la cual se determinaba que los hidrocarburos, tanto en superficie como en el subsuelo y la petroquímica básica, forman parte de las áreas estratégicas para la economía nacional por lo que el sector público tendrá exclusividad en su operación, explotación y administración, así mismo se expresa que el control de la nación sobre estas áreas, no representa un monopolio. [78]

Durante el sexenio de Miguel de la Madrid como se acostumbraba en sexenios anteriores se le sobre exigió al sector petrolero una aportación mayor para la nación, provocando una extracción desmedida de los recursos para venderse en el mercado internacional, la producción del país aumento a más de 2 millones y medio de barriles diarios. Para 1986 se autoriza la importación de productos petroquímicos a empresas privadas, tales productos no podían ser abastecidos necesariamente por PEMEX ya que el presidente reclasificó 36 productos petroquímicos primarios a secundarios, reduciendo los ingresos de PEMEX por la venta de estos productos, favoreciendo a otros productores como Estados Unidos. [79]

⁷⁸ *En Defensa del Petróleo*. Jaime Cárdenas Gracia. Biblioteca Jurídica Virtual UNAM [en línea]. 2016, P47. Dirección URL: <http://bibliohistorico.juridicas.unam.mx/libros/6/2729/5.pdf>

⁷⁹ *En Defensa del Petróleo*. Op cit



En este sexenio comenzó la privatización de algunas empresas paraestatales de la nación, afectando a algunas filiales de Petróleos Mexicanos como Hules Mexicanos y Polystar, por otra parte la dirección de PEMEX aplica planes más restrictivos y cautelosos enfocados a un entorno de precios bajos, ocasionado que se reduzca la producción alrededor de un 12%, así mismo se otorga a un grupo de empresas la creación de Petróleos Mexicanos Internacional (PMI) constituida hasta 1989, con el objetivo de organizar y eficientar la realización de la comercialización del crudo mexicano, logrando para el Estado una mayor captación de recursos. [80]

- En 1987 México se incorpora al GATT (Acuerdo General Sobre Aranceles Aduaneros y Comercio), para su incorporación se considera que es un país en vías de desarrollo, por lo que se le da un trato diferido poco más favorable que a otros miembros, dentro de este acuerdo México excluye el comercio con hidrocarburos en general. Este es el antecedente al TLC que fue impulsado en el sexenio posterior, beneficiando a los países del norte del continente.

3.10. Etapa de Adopción del modelo Neoliberalista

El sexenio de Carlos Salinas de Gortari (1988-1994), permanece fresco en la memoria popular ya que es el sexenio en el que se da un cambio en el país, comenzando con unas elecciones presidenciales fraudulentas, se abre paso a la generación tecnócrata para dirigir al país, se crean programas de asistencia social para disfrazar las condiciones reales de la población, se logra concretar una negociación multilateral enfocada al comercio con algunos países vecinos, además de una renegociación de la deuda externa. A la sombra de su sexenio, se manifiesta un levantamiento armado indígena cosa no vista desde principios de siglo con la revolución mexicana, proclamando su descontento con el gobierno y en consecuencia hacia finales de su sexenio se presentó una inestabilidad financiera que de haber sido atendida oportunamente, no se habría manifestado en el país una crisis tan devastadora como la de 1994.

- En 1989, el presidente decreta una nueva reclasificación de los productos petroquímicos, reclasificando a 16 de ellos de básicos a secundarios, para 1992 se habían vuelto a clasificar otros productos, dejando únicamente 8 productos como básicos, debajo del control de la empresa nacional. [81]
- En 1990 inicia un plan para disminuir la emisión de contaminantes a la atmosfera, por lo que sale al mercado una nueva gasolina llamada “Magna Sin”, portando como características la ausencia de plomo y un número de 82 octanos, dos años después se introduce al mercado el “Diesel Sin” y por ultimo para 1995 se agrega al mercado la gasolina “Premium” a diferencia de la gasolina Magna esta posee 93 octanos. [82]

⁸⁰ *Ibíd*

⁸¹ *Ibíd*

⁸² *Historia de Petróleos Mexicano*. [En línea]. 2016 Dirección URL: <http://www.pemex.com/acerca/historia/Paginas/historia-pemex.aspx>



- En 1991 la preocupación de Petróleos Mexicanos por el medio ambiente, lo obliga a cerrar la refinería “18 de Marzo” tras 58 años operando, debido a la mala calidad del aire en el Distrito Federal. [83]
- En 1992 Petróleo Mexicanos inicia el sistema de franquicias Pemex, con este sistema de ventas se libera y masifica la infraestructura para la venta de gasolinas, consiguiendo así un rápido incremento en el número de estaciones gasolineras a lo largo del país.
- El lunes 4 de octubre de 1993 se crea la Comisión Reguladora de Energía (CRE), por decreto presidencial publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF).

Al inicio de su sexenio el presidente comienza una estrategia privatizadora, argumentando que esta acción beneficiaba a las cuentas del Estado al reducir la carga fiscal del gobierno, pero esto no era del todo cierto ya que algunas de estas empresas si eran lucrativas pero se disfrazó su situación para privatizarlas. Para realizar la enajenación de las empresas se organizan subastas públicas claramente arregladas para entregar las compañías a empresarios afines al régimen del partido único o dentro del mismo circulo de poder de la clase social alta mexicana. PEMEX se ve afectada por esta estrategia y se fragmenta en cuatro subsidiarias y un órgano Corporativo, ahora esta organización será responsable de la conducción de la industria petrolera nacional.

- El 15 de Julio de 1992 se abroga la “Ley Orgánica de Petróleo Mexicanos” de 1971 y es sustituida por orden del ejecutivo federal por la “Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios”, esta ley determina la creación de:
 - ❖ Un Órgano Corporativo Directivo
 - ❖ PEMEX Exploración y Producción (PEP)
 - ❖ PEMEX Refinación (PXR)
 - ❖ PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB)
 - ❖ PEMEX Petroquímica (PPQ) [84]

La desfragmentación de PEMEX fue una mala jugada por parte del presidente, ya que esto implicaba que cada subsidiaria debía venderle sus productos al precio internacional de mercado a la otra para continuar el proceso de transformación de los hidrocarburos, a diferencia del proceso anterior en el que simplemente se entregaban los productos de un área a la otra, es decir un simple cambio de custodia, esta acción reduce la utilidad para la empresa y el gobierno ya que se deben comprar los productos que ya son nacionales a precios afectados por las condiciones del entorno global.

El tratado de libre comercio que se gestó durante este sexenio, contemplaba una apertura en el ámbito de la petroquímica y la electricidad, esta es la justificación de las constantes reclasificaciones de productos petroquímicos, en cuanto al ámbito de la energía eléctrica se le permitió la entrada a

⁸³ *Historia de Petróleos Mexicano*. Op cit

⁸⁴ *Crónica del petróleo en México: De 1863 a nuestros días*. Un panorama de la industria petrolera. [En línea]. 2016 Dirección URL: <http://petroleo.colmex.mx/index.php/linea/58>



empresas extranjeras para la generación de electricidad, en el tratado también se contemplaba la contratación de servicios con empresas extranjeras [85].

Todas estas consideraciones presentes en el tratado eran innecesarias ya que si el gobierno canalizará los recursos en los sectores adecuados, el país podría aprovechar los beneficios de desarrollarlos independientemente empleando tanto mano de obra como ingeniería mexicana, pero pocos han sido los presidentes que han considerado y aplicado este enfoque, mientras que la mayoría optan por el camino fácil de buscar en el extranjero quien resuelva el problema, tal vez la mejor solución sería emplear ambos enfoques, buscar en el extranjero únicamente conocimientos técnicos para adaptarlos a la resolución de nuestros problemas por trabajadores y profesionistas mexicanos.

En cuanto al ámbito sindical petrolero, el presidente tomó ciertas acciones en los primeros años de su mandato, comenzando el 10 de enero de 1989 con la aprensión de algunos líderes sindicales como Salvador Barragán Camacho y Joaquín Hernández Galicia (alias "La Quina") quien ingresa a prisión acusado de varios delitos, esto derrumba la estabilidad política del sindicato ya que ningún presidente se atrevió a desafiar su poderío, meses después se realiza otra acción en la cual se modifica el contrato colectivo de trabajo, esta modificación contempló la reducción de salarios, prestaciones y más una reducción en la contratación de personal sindicalizado en algunos proyectos. [86]

Ernesto Zedillo Ponce de León fue el siguiente mexicano en dirigir al país durante el sexenio siguiente (1994-2000), al tomar posesión del cargo el nuevo presidente heredó un México que se dirigía en picada hacia una nueva crisis causada por la inestabilidad política y social, Estados Unidos organizó un rescate financiero para salvar a su principal socio comercial, pero este no sería el único rescate durante su sexenio, sino también un rescate bancario debido a la conversión de deuda privada a deuda pública por parte de los bancos (FOBAPROA), lo que disgustó en gran medida a la población, después de la devaluación las exportaciones crecieron lo que ayudó a la recuperación del país pero como consecuencia de la gran tasa de desempleo también aumentó la inseguridad y el narcotráfico.

La crisis bancaria es una consecuencia de la nacionalización de la banca y su posterior reprivatización ocurrida en sexenios anteriores, ya que esto llevó a una extranjerización de los bancos, es decir se pierde la presencia de capital mexicano en este sector lo que perjudica el crecimiento económico del país debido a que las ganancias de estas actividades se dirigen hacia otros países, después de la reprivatización los bancos no tienen restricciones, por lo que pueden hacer lo que les beneficie y comienzan a cobrar comisiones, orientan el crédito al consumo más un otorgamiento de tarjetas de crédito sin mucha consideración.

La crisis que México experimentaba en 1995 era abrumadora, miles de personas perdieron sus empleos, las deudas contraídas con los bancos aumentaban alarmantemente algunas de ellas pasarían a ser impagables y añadirse a la cartera vencida, debido a esto los bancos comenzaban a cobrar interés sobre intereses o anatocismo, acto seguido se embargaban las propiedades de los deudores para solventar sus deudas, motivo por el cual algunas personas optaron por quitarse la vida al ver tan

⁸⁵ *En Defensa del Petróleo*. Jaime Cárdenas Gracia. Biblioteca Jurídica Virtual UNAM [en línea]. 2016, P50. Dirección URL: <http://bibliohistorico.juridicas.unam.mx/libros/6/2729/5.pdf>

⁸⁶ *En Defensa del Petróleo*. Op cit



sombrío panorama, para detener esta catástrofe se busca el apoyo internacional principalmente proporcionado por los Estados Unidos para lograr un rescate financiero, este empréstito sería soportado con los hidrocarburos provenientes del subsuelo mexicano y para respaldarlo el gobierno cedió información estratégica de PEMEX a Estados Unidos.

La firma del acuerdo significó un salvavidas para el país a cambio de revelar información muy valiosa sobre la industria petrolera nacional, desde datos de contabilidad, proyectos e infraestructura de la empresa paraestatal y después de la entrega de esta información, se dio paso a una serie de medidas que afectarían nuevamente a la industria de los hidrocarburos en los años próximos, comenzando en 1995 con una modificación a la Ley Reglamentaria del Artículo 27 para revocar la exclusividad que PEMEX mantenía sobre las actividades de transporte, almacenamiento, distribución y venta del gas natural, disfrazando este proceso con un cambio estructural que traería nuevos empleos y mejores remuneraciones. Para 1996 siguió una etapa de privatización de la industria petroquímica en la cual se enajenaron las redes de distribución de gas para seguir con los complejos petroquímicos. [87]

- Para 1996 PEMEX organiza un proyecto para mantener la presión del yacimiento más importante de México, se opta por la inyección de nitrógeno al campo y se considera la perforación de 9 pozos inyectores más la construcción de una planta de nitrógeno.
- En 1997 arranca el proyecto de optimización de Cantarell, paralelamente inicia un proceso de reconfiguración de las refinerías de Cadereyta y Ciudad Madero. [88] Ese mismo año se implementa el “Proyecto de Inversión de Infraestructura Productiva con Registro Diferido en el Gasto Público (PIDIREGAS), cuyo objeto fue el canalizar recursos adicionales a los proyectos estratégicos de la petrolera estatal”⁸⁹, la mayor parte de los recursos obtenidos se canalizaron para la realización del proyecto en Cantarell.

Podría decirse que estas acciones eran compromisos no escritos dentro del acuerdo para el rescate del país, contraídos entre el presidente y el gobierno de los Estados Unidos, aumentando así la influencia ganada a lo largo de la historia que ese país mantiene sobre México, controlando el crecimiento que este puede tener, es decir Estados Unidos prefiere un vecino aliado débil y sumiso que pueda ser manipulable en función a sus intereses a diferencia de uno fuerte que pueda oponerse a él.

La toma de posesión presidencial por parte de Vicente Fox Quesada y el próximo sexenio (2000 - 2006), representó el fin del monopolio que el PRI había ejercido por 70 años, el nuevo presidente se caracterizó por su escasa prudencia al expresar sus opiniones, su falta de cultura y su inexistente conciencia política. Su gestión fue en total intrascendente para México, ya que no logró crear un cambio real al ser una alternancia en el poder, su único logro fue cesar la permanencia del PRI en el poder. Durante su mandato el país permaneció con la misma estabilidad económica que en el sexenio

⁸⁷ *Ibíd*

⁸⁸ *Historia de Petróleos Mexicanos*. [En línea]. 2016 Dirección URL: <http://www.pemex.com/acerca/historia/Paginas/historia-pemex.aspx>

⁸⁹ *El Campo Petrolero Cantarell y La Economía Mexicana*. Instituto Politécnico Nacional. Revista Problemas del Desarrollo. México. Daniel Romo 2015. P 146. [en línea] Dirección URL: http://www.probdes.iiec.unam.mx/numeroenpdf/183_v46/06art_Romo.pdf



anterior, todas las reformas estructurales propuestas fueron rechazadas más una garrafal administración sobre el proyecto a realizar en San Salvador Atenco.

El presidente manejó a lo largo de su mandato una imagen de incapacidad por parte de PEMEX en cuanto a la realización de las principales actividades de la industria petrolera, buscando con esta concepción la inversión extranjera para este sector, así mismo se despidieron grandes cantidades de empleados de la paraestatal, abriendo paso a la contratación de funcionarios afines al presidente quien siempre manejo un ideal privatizador para el sector energético, sin tomar en cuenta que gran parte de los ingresos obtenidos por parte de la comercialización del hidrocarburo servían para solventar el déficit fiscal anunciado por la secretaria de hacienda debido a las secuelas de la crisis y posterior devaluación de 1994.

- Para el año 2000 Petróleos Mexicanos se consolida como una de las mejores empresas a nivel mundial ocupando el quinto lugar. [⁹⁰]

Durante el sexenio de Vicente Fox, se promovió la realización de contratos de servicio múltiples por parte de PEMEX con otras empresas petroleras, dichos contratos consentían la participación de otras empresas en el país lo que reduce parte de las actividades que la paraestatal podría realizar por sí misma, un de estas empresas fue “Oceanografía SA de CV”, quien fue favorecida por la otorgación de contratos mediante licitaciones o adjudicaciones, que llevó a facturar un monto de más de 500 millones de dólares, concretando un fraude millonario a la paraestatal.

Por ultimo en el sexenio de Vicente Fox, se consintió una descapitalización de PEMEX, a base de fraudes y gran captación de recursos monetarios tomados de sus utilidades para canalizarlos a otros sectores, disminuyendo conscientemente su eficiencia y potencial para justificar su privatización, debido a estas acciones la deuda de la empresa creció provocando una ausencia de fondos para desempeñar actividades indispensables como la exploración, mantenimiento de instalaciones, modernización e incluso el desarrollo de nuevos campos. A pesar de esto la producción de hidrocarburos aumentó en un ambiente de precios que iban en asenso debido a los acontecimientos mundiales como la invasión de Estados Unido a Irak consecuencia de los atentados ocurridos el 11 de septiembre del 2001.

- En 2004 aparecen el mayor beneficio del programa de optimización al yacimiento más importante del país y se alcanza la mayor producción del campo Cantarell de 2.2 millones de barriles diarios, consolidándose como la joya de la corona que posee Petróleo Mexicanos. Ese mismo año PEMEX confirma la existencia de hidrocarburos en aguas profundas del golfo de México. [⁹¹]

⁹⁰ *Historia de Petróleos Mexicano*. [En línea]. 2016 Dirección URL: <http://www.pemex.com/acerca/historia/Paginas/historia-pemex.aspx>

⁹¹ *Historia de Petróleos Mexicano*. Op cit



- Para el 2005 PEMEX alcanza una producción diaria de poco más de 3.3 millones de barriles de petróleo crudo colocándose en el sexto lugar a nivel mundial, la más alta en su historia y ocupaba el tercer lugar de mayores productores de aceite, detrás de SAUDI ARAMCO (Arabia Saudita) y NIOC (Irán), en cuanto a la producción de gas natural la empresa ocupaba el octavo puesto. [⁹² y ⁹³]
- En 2005 se benefició a PEMEX mediante la autorización por El Congreso de la Unión de un nuevo régimen fiscal, con el propósito de liberar recursos para invertir en exploración y desarrollo de nuevos campos, dejando a Petróleos Mexicanos en una situación más desahogada.

3.11. Etapa de Reforma Energética

El sexenio de Felipe Calderón Hinojosa (2006–2012), fue un sexenio lleno de múltiples acontecimientos comenzando con una declaración de guerra al crimen organizado de una manera equivocada y mal planeada lo que ocasionó únicamente un aumento en la violencia, aunado a esto ocurren una serie de muertes con connotaciones políticas, se presenta una crisis financiera en Estados Unidos con graves repercusiones a nivel mundial, pero el país la sobre lleva y se recupera en un corto plazo, aparecen señales de una pandemia por una nueva enfermedad a la cual es controlada oportunamente. En cuanto al sector energético del país mediante un decreto presidencial se extingue CFE y por último se plantea la idea de una Reforma Energética, principalmente enfocada hacia Petróleos Mexicanos.

Tras años de insistencia por parte del gobierno norteamericano hacia nuestro país en busca de la apertura de la industria petrolera, durante el mandato de Felipe Caldero podrían verse los primeros avances hacia esa instancia, en la cual existía la posibilidad para las empresas extranjeras de colaborar con Petróleos Mexicanos en el desarrollo de campos petroleros o realizar para la paraestatal diferentes actividades dentro de la cadena de proceso de la industria, actividades ahora de un carácter más importante que las realizadas habitualmente en nuestro país.

La idea de la reforma energética fue concebida por el presidente tras fungir como secretario de energía, donde conoció la situación de las diferentes empresas públicas que están presentes en el sector energético, esto durante el mandato de su colega Vicente Fox. Para llevar a cabo esta reforma primero se encargó de transmitir un mensaje pesimista sobre la situación del país y de PEMEX en materia de hidrocarburos (escases de reservas, incapacidad operativa para desempeñarse en aguas profundas del golfo y escases de capital para llevar a cabo la exploración y desarrollo de nuevos campos), las declaraciones que el presidente hizo eran poco veraces y fueron debatidas por especialistas, demostrando que la realidad era otra.

⁹² *Ibíd*

⁹³ *Crónica del petróleo en México: De 1863 a nuestros días*. Un panorama de la industria petrolera. [En línea]. 2016 Dirección URL: <http://petroleo.colmex.mx/index.php/linea/58>



Las declaraciones del presidente tenían como objetivo vender la idea de la reforma energética para mejorar la eficiencia de Petróleos Mexicanos, este plan de apertura se elaboró durante un ambiente favorable para la industria, es decir cuando los precios por el barril de crudo alcanzaban máximos nunca antes vistos, rebasando incluso los 100 dólares por barril haciendo que la renta petrolera fuera extremadamente lucrativa, llenado las arcas públicas de ingresos petroleros excedentes no contemplados en los planes de desarrollo al inicio del sexenio. Evidentemente estas condiciones favorables no podía seguir ascendiendo ni prolongarse por más tiempo en el mercado financiero, por lo que a finales del 2008 los precios de los hidrocarburos se desplomaron como consecuencia de una crisis de crédito que afectaba a grandes bancos a nivel mundial.

La pregunta incómoda para el gobierno en esta instancia y oportuna a lo largo de 6 sexenios es: ¿En que se han aprovechado los incontables excedentes monetarios provenientes de los ingresos petroleros?, ya que como declaró el presidente José López Portillo “los países pueden dividirse entre los que tienen y no tienen petróleo, nosotros lo tenemos”. Nuestro país es privilegiado al contar con incontables recursos naturales y ventajas geográficas, pero la diferencia con aquellos países del medio oriente es brutalmente clara, ellos han aprovechado en mejor manera sus abundantes recursos petroleros. El problema no radica en PEMEX, pero tampoco es libre de culpa, el principal lastre del país es la corrupción en complicidad con el sistema político mexicano.

A lo largo de los sexenios que han transcurrido en el país, pocos han sido los hombres que se han comprometido realmente con México y actúan por el bien de la nación para buscar un progreso de la misma y llevarla al lugar donde su potencial le permita mantenerse a la vanguardia.

Después de la expropiación petrolera, el panorama económico para México fue prometedor debido a los acontecimientos mundiales que llevaron a los hidrocarburos a establecerse como recursos altamente valiosos, esta condición de progreso se mantuvo incluso después de una serie de devaluaciones de la moneda, posteriormente llegó el modelo de sustitución de importaciones y el llamado “Milagro Mexicano”, lo que beneficio a la recuperación y crecimiento del país pero inicio un proceso de atraso tecnológico que afecto al sector industrial, a pesar de esto durante este tiempo el país experimentó tasas de crecimiento impresionantes que no volverían a verse jamás debido a malas administraciones.

Hacia las últimas tres décadas del siglo XX, Petróleos Mexicanos declaró la presencia de uno de los yacimientos más grandes del mundo lo que fue benéfico para el país, pero al poseer tan semejante joya podría decirse que la paraestatal quedo cegada y canalizo todos sus esfuerzos a desarrollar dicho yacimiento, descuidando otras áreas importantes como la exploración, investigación y la atención o desarrollo de otros campos petroleros, debido a estas acciones la empresa comenzaba a debilitarse paulatinamente, aunado a una sobre exigencia por parte del gobierno para contribuir con mayores ingresos a las arcas públicas.

Por último a finales del siglo se establecieron los gobiernos neoliberales en el país que se encargaron de reducir la presencia de PEMEX en el mercado de comercialización del gas natural y la petroquímica disminuyendo los ingresos que la paraestatal podría generar en estos campos, además de esto se orquestaron fraudes millonarios con complicidades presidenciales que debilitaron aún más a la empresa petrolera nacional disminuyendo su poder adquisitivo para modernizar o ampliar la infraestructura del sector petrolero.



En cuanto a Petróleos Mexicanos podría decirse que entre sus principales problemas y errores está el exceso de personal y personal ineficiente que indirectamente se traduce en una carga fiscal que agobia a la empresa debido al antiguo modelo de jubilación heredado del “cardenismo”, ya que esto requiere abundantes recursos para cubrir nóminas y pensiones, aunado a funcionarios corruptos tanto sindicales como de confianza que desvían recursos vitales para la compañía.

Uno de los grandes errores de la empresa fue no destinar recursos suficientes de forma continua para invertir en investigación, lo que llevó a la necesidad de importar tecnología o especialistas de otros países. Así mismo debemos mencionar que la mayor parte de los yacimientos en México se encuentran en tierra o en aguas someras del golfo, esto disminuye la dificultad de su extracción más no significa que estos yacimientos no representen desafíos en su explotación, pero si significa que la petrolera nacional no se enfrenta a desafíos como la perforación y explotación de yacimientos en aguas profundas o el desarrollo de recursos no convencionales cotidianamente, lo que elevaría su competitividad a nivel mundial. Por último se encuentra el problema corporativo debido a que pocos han sido los directores generales de PEMEX que poseen la preparación adecuada para desempeñar el cargo realizando un manejo adecuado de la empresa entendiendo la importancia y complejidad del mundo de los hidrocarburos.

- El 30 de marzo del 2008 se difunde un diagnóstico de la situación de Petróleos Mexicanos, elaborado por la Secretaría de Energía y PEMEX, en el cual se muestran las deficiencias y problemáticas de la empresa nacional, sin mencionar la complicidad del gobierno para llegar a tal instancia.
- Nueve días después de la difusión del diagnóstico de la paraestatal es decir el 8 de Abril del 2008, el titular del poder ejecutivo hace la presentación de la Reforma Energética al Senado de la Republica. La Reforma consta de 5 iniciativas, las cuales son:
 - ❖ Iniciativa de Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos
 - ❖ Iniciativa de decreto para reformar la Ley Orgánica de la Administración Pública
 - ❖ Iniciativa de Ley para la creación de la Comisión del Petróleo
 - ❖ Iniciativa de Decreto que reforma y adiciona diversas disposiciones de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional
 - ❖ Iniciativa de Decreto que reforma y adiciona diversas disposiciones de la Ley de la Comisión Reguladora de Energía

Es así como comienza el proceso de aceptación de la reforma energética, impulsada por el entonces presidente de la Republica Felipe Calderón quien menciona que la reforma tiene como función fortalecer a PEMEX, permitiéndole tomar decisiones empresariales oportunas, teniendo mayor libertad para administrar y contratar tecnología para mejorar sus operaciones.

Considero que el problema no es la reforma en sí, sino la política mexicana sobre hidrocarburos ya que está orientada al gasto y no al ahorro, es decir en cuanto a su posición si hacen falta recursos monetarios, entonces debemos extraer más petróleo y no ajustar el gasto público. Este es el enfoque



que está depredando al país consumiendo sus recursos desmesuradamente, no se trata de extraer nuestros recursos en el menor tiempo posible, sino en buscar una explotación racional que acarreará un beneficio a largo plazo, logrando un aprovechamiento sustentable de todo tipo de recursos, no solo de los hidrocarburos.

- El 28 de Octubre del 2008 el Congreso de la Unión aprobó la Reforma Energética y finalmente un mes después el 28 de Noviembre se publican los siete decretos que contiene, los cuales son:
 - ❖ Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo (Se reformaron y adicionaron diversas disposiciones de la ley)
 - ❖ Ley de Petróleos Mexicanos (Nueva ley que establece atribuciones al consejo de administración de PEMEX, otorgando más autonomía)
 - ❖ Ley de la Comisión Reguladora de Energía (Se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la ley, entre ellas se amplían las actividades reguladas)
 - ❖ Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (Nueva ley que regula a las energías renovables que generan electricidad con fines distintos, además de detallar la estrategia para la transición energética)
 - ❖ Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (Se reforma el artículo 33 otorgando nuevas facultades a la Secretaría de Energía)
 - ❖ Ley de la Comisión Nacional de Hidrocarburos (Nueva ley que establece la creación de un órgano regulador con autonomía técnica desconcentrado de la SENER)
 - ❖ Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (Nueva ley para instrumentar el uso óptimo de procesos y actividades en materia de energía sustentable) [94]

Esta reforma representa un fortalecimiento a las instituciones concernientes al sector energético comenzando por la Secretaría de Energía posteriormente con los órganos desconcentrados como la Comisión Reguladora de Energía y la Comisión Nacional de Hidrocarburos quienes regulan y supervisan diferentes actividades dentro de la industria, por último se le otorga a PEMEX mayor autonomía en su organización y toma de decisiones aunado a un nuevo régimen fiscal.

⁹⁴ *Puntos Relevantes de la Reforma Energética*. Centro de Estudios de Finanzas Públicas. Cámara de Diputados. Octubre de 2008. [En línea]. 2016 Dirección URL: <http://www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/2008/cefp0732008.pdf>



Por otro lado la reforma representa una reducción de la renta petrolera percibida, debido a la disminución de la presencia de la empresa nacional en las actividades estratégicas expresadas en la constitución, ya que con la reforma se permite la colaboración y competición de Petróleos Mexicanos con empresas particulares entre ellas extranjeras en diversas actividades dentro del proceso de explotación de los hidrocarburos, ocasionando que gran parte de los trabajos u operaciones más comunes sean realizadas por otras empresas mediante contratos de servicios múltiples, actividades que PEMEX podría llevar a cabo pero debido a la precaria situación de sus equipos e infraestructura optan por la contracción.

Enrique Peña Nieto es el actual representante del Poder Ejecutivo (2012–2018), este presidente se ha jactado del eslogan “Mover a México” que ha mostrado a lo largo de su mandato, mediante una aplicación de diversas reformas estructurales, entre ellas la Reforma Energética a la que fortaleció a finales del 2013, pero este presidente no es un gran reformador, simplemente añadió un último impulso a la reforma propuesta por su homólogo del sexenio anterior, al tomar posesión se pensó que sería un cambio para el país por el regreso al poder del partido único, pero como habitualmente ocurre en la política mexicana ha superado sus expectativas para mal.

- El viernes 20 de Diciembre del 2013 se publica en el Diario Oficial de la Federación la reforma a los artículos 25, 27 y 28 de la Constitución, con esta modificación se consolida la Reforma Energética, después de adaptar todos los aspectos del sector energético.

La modificación partió de un diagnóstico previo, identificando que el arreglo constitucional de los órganos reguladores del sector energético debía adecuarse al cambio ocasionado por la reforma, en primera instancia en el artículo 25 se introduce el concepto de “Empresa Productiva del Estado” como entidad encargada de llevar a cabo el desarrollo de las áreas estratégicas en materia energética, aumentando el valor económico para la nación con sentido de responsabilidad social y ambiental.

Inmediatamente después de la publicación de esta modificación tanto PEMEX como CFE tuvieron un plazo de 2 años para transformarse de empresas paraestatales a empresas productivas del estado mejorando la eficiencia en sus respectivos procesos, la diferencia es que con el nuevo modelo estas empresas gozaran de autonomía técnica y gestión, además de un nuevo régimen especial de contraprestaciones, por ultimo estarán en constante comunicación con la secretaría de Hacienda y Crédito Público con el objetivo de que la búsqueda de financiamiento por sus operaciones no se convierta en un carga para el sector público.

En cuanto al artículo 27 Constitucional, la modificación incluye las diferentes modalidades de contratación que la Nación puede optar para celebrar estos acuerdos ya sea con alguna empresa productiva del estado o con particulares, entre estos se encuentran:



- ❖ Contratos de servicios
(Como principal diferencia la contraprestación al contratista es en efectivo)
- ❖ Contratos de utilidad compartida
(Como principal diferencia la empresa productiva del estado colabora con una empresa particular y la contraprestación está en función a la utilidad percibida más el porcentaje de participación)
- ❖ Contratos de producción compartida
(Como principal diferencia la empresa productiva del estado colabora con una empresa particular y la contraprestación puede otorgarse en efectivo o en especie, en función a la utilidad percibida más el porcentaje de participación)
- ❖ Contratos de licencia
(Como principal diferencia el contratista paga al Estado una regalía por el aprovechamiento del recurso hidrocarburo)

Además en esta modificación se expresan las características y mecanismos de adjudicación de los contratos, quien realizará dicho procedimiento y esta misma entidad será responsable de la administración del acuerdo.

Por último la modificación al artículo 28 constitucional, consiste en la revocación del monopolio que PEMEX mantenía sobre las áreas estratégicas tanto sobre los hidrocarburos como en la petroquímica básica, permitiendo así la participación de empresas particulares dentro de la cadena de proceso de la industria petrolera.

- El 11 de Agosto de 2014 se publican en el Diario Oficial de la Federación, tres leyes con relevancia para la industria de los hidrocarburos, las cuales son:
 - ❖ LEY DE LOS ÓRGANOS REGULADORES COORDINADOS EN MATERIA ENERGÉTICA
 - ❖ LEY DE LA AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y DE PROTECCIÓN AL MEDIO AMBIENTE DEL SECTOR HIDROCARBUROS
 - ❖ LEY DEL FONDO MEXICANO DEL PETRÓLEO PARA LA ESTABILIZACIÓN Y EL DESARROLLO
- El 28 de Agosto de 2014 se publican dos decreto presidenciales en el Diario Oficial de la Federación, con los que se crean nuevos organismos públicos descentralizados:
 - ❖ El Centro Nacional de Control del Gas Natural (CENEGAS)
(Quien será el gestor y administrador de las instalaciones para el transporte y almacenamiento de gas natural, con el fin de promover precios competitivos y competencia en servicios de transporte)

- ❖ El Centro Nacional de Control de Energía (CENACE)
(Quien será el encargado de proponer una expansión eficiente de las redes eléctricas y establecer los requerimientos e instrucciones para las interconexiones, logrando satisfacer la demanda de energía a menor costo por el servicio)

Así es como se determina el arreglo final del marco regulatorio sobre el sector energético, encabezado por la Secretaría de Energía como responsable del sector, cediendo parte de sus atribuciones a sus órganos reguladores desconcentrados. La Comisión Nacional de Hidrocarburos se encargará de regular y supervisar las actividades concernientes a la actividad petrolera, aunado a la administración y proceso de asignación de contratos, por su parte La Comisión Reguladora de Energía se encargará de fomentar una competencia sana para el desarrollo del sector, proporcionando una cobertura y suministro adecuado tanto de hidrocarburos como de electricidad a precios competitivos.

En cuanto al ámbito ambiental se crea la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (ASEA), como un órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), esta agencia se encargará de supervisar y establecer regulaciones para las actividades petrolera con el objetivo de minimizar el riesgo de accidentes en instalaciones o afectaciones al medio ambiente por malas prácticas en las operaciones.

Adicionalmente a estas medidas se integra el Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo quien se encargará de administrar, invertir y distribuir los ingresos derivados de las asignaciones y los contratos efectuados, medida adoptada de otros países, como un de las mejores prácticas para beneficiarnos a futuro de los ingresos petroleros.

Por otro lado y fuera de la principal atención de la reforma, se encuentran dos nuevos modelos de operación que representaran un gran cambio para el sector de los hidrocarburos, estos nuevos modelos van orientados a:

- ❖ La producción de petrolíferos y petroquímicos.
- ❖ El transporte, almacenamiento y distribución de hidrocarburos y derivados.

El primero busca impulsar las actividades de transformación y refinación de petróleo y el procesamiento de gas, volviéndolas más efectivas mediante una mayor inversión para reindustrializar y modernizar al país, que se traduce en mayor oferta de combustibles y petroquímicos lo que reducirá el costo de estos y para lograr la aplicación de este nuevo modelo, se modificó el artículo 28 constitucional para eliminar a la petroquímica básica de las áreas estratégicas para el Estados. En cuanto al marco institucional con esta modificación la Secretaría de Energía será quien entregue los permisos para desarrollar dichas actividades tanto para PEMEX como para particulares.

El recurrir a esta situación es consecuencia de la privatización del sector del gas natural y la petroquímica efectuada en los sexenios de Carlos Salinas y Ernesto Zedillo, donde primero se reclasificaron diversos productos petroquímicos dejando únicamente 8 productos como básicos y posteriormente mediante una modificación a la ley que revoca la exclusividad de la petrolera nacional sobre las actividades de transporte, almacenamiento, distribución y venta del gas natural. Estos



cambios provocaron que para 1997 México importara alrededor del 25 % de gasolinas y 41 % de petroquímicos para el consumo nacional, este problema siguió agravándose y para el 2012 México importaba 49 % de gasolinas y 66% de petroquímicos.

La estrategia privatizadora no es realmente una opción viable para impulsar al país, lo más recomendable sería asociarse dentro del territorio nacional, donde la petrolera nacional busque un socio adecuado que brinde los conocimientos técnicos para reindustrializar al país, como el caso de la refinería localizada en Houston Texas “Deer Park”, esta refinería es la más eficiente que posee Petróleos Mexicanos a diferencia de las actuales seis instalaciones que se encuentran en México, esto se debe a una administración diferente aunada de mejores prácticas en la ejecución de los procesos, este modelo es el que deberíamos de aplicar en el país en lugar de dejar la industria en manos particulares.

El segundo modelo busca impulsar la inversión privada para lograr la construcción de nueva infraestructura para transportar y distribuir hidrocarburos y sus derivados, en específico enfocado al transporte de combustibles y gas licuado del petróleo (Gas LP) volviendo más eficaces estos procesos consiguiendo satisfacer las necesidades de la industria aunado a una disminución en los costos de transporte que se traducen en precios más bajos al consumidor por estos productos, favoreciendo el crecimiento de la industria.

La aplicación de este nuevo modelo no requirió ninguna modificación constitucional ya que las actividades de transporte de hidrocarburos y derivados no son exclusivas del Estado, únicamente se le concedieron facultades a La Comisión reguladora de Energía de otorgar permisos para realizar dichas actividades y emitir regulación sobre las ventas de primera mano de los productos hasta que exista una competencia efectiva en este ámbito, por último para mejorar la administración y operación del sistema nacional de gasoductos (SNG) se crea el Centro Nacional de control de gas Natural (CENEGAS) con el objetivo de facilitar el acceso y reserva de capacidad en la redes de transporte a los interesados.

Este modelo es apropiado ya que el actual sistema de transporte que emplea Petróleos Mexicanos es insuficiente tanto para los petroquímicos como para los petrolíferos además de ser demasiado caro, riesgoso e ineficiente en el caso de los combustibles el empleo de carro-tanques o auto-tanque es respectivamente seis y catorce veces más costoso que emplear ductos, pero debido a la escases por esta infraestructura se optó por este método.

Las actividades expresadas en este modelo fueron planificadas para realizarse paulatinamente en un transcurso de cuatro años teniendo como inicio el 2014, tanto para los combustibles como para el gas LP se planeó que desde el primer año de ejecución de la reforma se incrementaran los precios de ambos productos hasta establecer un escenario de precios máximos que consideran diferencias por costos de transporte entre regiones además de modalidades de distribución y expendio al público. Durante este periodo PEMEX sería la única empresa con la autorización de importar estos productos, en el caso de los petrolíferos la libre importación comenzaría hasta 2016 y en el caso del gas LP hasta 2017 terminando que para ese mismo año se tendría un precio libre en los combustibles y para el año siguiente se tendría la misma condición para el gas LP.



La realización de estas actividades si representan una prioridad para el país ya que no se cuenta con condiciones de oferta suficiente en cuanto a la cantidad de estaciones de almacenamiento y venta de combustibles ni existencia adecuada de redes de ductos para su transporte a lo largo del territorio nacional, el enfoque que tiene la reforma hacia este ámbito pudo haber sido mejorado implementando una competencia entre el capital extranjero y el interno al favorecer el modelo de franquicia de PEMEX extendiendo su red por el territorio beneficiando así a la petrolera nacional.

Por otro lado el periodo en el cual se programó la ejecución de estas actividades fue un plan muy ambicioso que se llevó a cabo de manera acelerada y mal preparada, lo que llevó a un malestar social debido a una apertura prematura que expuso a los consumidores a un ambiente de precios elevados fugazmente consecuencia de apresurar la liberación de las gasolinas sin que existiera una emergente competencia en las estaciones de servicios. La media falló debido a que no se tomó el tiempo suficiente para fomentar el establecimiento de los competidores y sus redes de suministro en el territorio nacional logrando así preparar al mercado para asimilar el cambio.

México es una Nación privilegiada rica en recursos naturales de los cuales el más valioso actualmente es el petróleo, pero este recurso se ha convertido en el ángel y demonio para el país ya que gracias a él ha logrado desarrollar su industria rápidamente con el objetivo de aumentar su producción, pero en el lado opuesto el conseguir tal riqueza de forma inesperada ha llevado al país hacia graves problemas financieros, es por esto que con el transcurso del tiempo Petróleos Mexicanos se ha convertido en una empresa estratégica y pieza clave para el desarrollo del país, debido a sus aportaciones tanto al producto interno bruto como a las finanzas públicas.

Es verdad que PEMEX ha disminuido su eficiencia a lo largo de los sexenios, pero esto es causa de las políticas económicas erróneas y una mala administración acompañada de corrupción, la reforma aprobada por el congreso no era lo que la empresa del Estado necesitaba. Lo que necesita es mayor holgura en su régimen fiscal aunada de una buena administración de sus recursos en todos los niveles, más el personal capacitado y adecuado, todo esto combinado con una política económica eficiente lograría que Petróleos Mexicanos recobrará su eficiencia, esto es posible sin la aprobación de la reforma.

La “Reforma Energética” representa un cambio útil para el país, haciendo énfasis en que la situación presente es consecuencia de las decisiones que los representantes del poder ejecutivo tomaron al seguir diferentes directrices políticas, esas decisiones son las que llevaron a la situación vigente del sector petrolero, por lo que debido a las condiciones en las que se encuentra el mismo actualmente esta medida es conveniente más no necesaria.

La visión que realmente beneficiaría al país sería impulsar la realización de proyectos ingenieriles para incrementar y modernizar la infraestructura que se posee actualmente, esta acción generaría empleos, movilizaría la economía e incrementaría el producto interno bruto, traduciéndose en una mayor tasa de crecimiento anual que transformaría a México en un país aún más productivo.



Capítulo Cuarto

4. Historia Mundial Sobre Hidrocarburos

Los hidrocarburos han jugado un papel fundamental a lo largo de la historia, primero remplazaron a la madera que por mucho tiempo fue el combustible indispensable para generar calor e iluminación, posteriormente desplazaron la presencia del carbón y se posicionaron como uno de los recursos más valiosos que conoce y emplea la humanidad, gracias a ellos, el hombre logró no solo sobrevivir si no crear una infinidad de productos y beneficios a partir de una amplia gama de procesos enfocadas al aprovechamiento de esta materia prima, obteniendo así el estándar de la calidad de vida actual.

4.1 Hidrocarburos en La Edad Antigua

El primer registro escrito de la existencia de hidrocarburos en el mundo, tiene como cede al medio oriente. La Biblia menciona en el Génesis la presencia de pozos de asfalto en el valle de Sidim donde se llevó a cabo una batalla entre los reyes del mundo antiguo. El historiador griego Herodoto quien relata el conflicto entre el imperio Persa y las ciudades estado griegas, en su obra describe como ambos bandos empleaban el crudo obtenido de estas manifestaciones superficiales con fines bélicos y de construcción, aunado a esto Herodoto pormenoriza fosas de asfalto cerca de la ciudad de Babilonia, en la actualidad esta área pertenece a la nación de Irak, país conocido por su potencial petróleo.

Hacia el tercer siglo después de cristo surgía el imperio bizantino proveniente de la parte oriental del imperio romano, dicho imperio implementó una de las armas más destructivas del mundo antiguo el llamado “Fuego Griego”, un sustancia en extremo inflamable que ardía incluso sobre la superficie del agua, al ser un arma tan poderosa la composición original de la mezcla era mantenida en secreto asesinando a todo aquel que la conociera, debido a esto se desconoce su composición original pero se ha inferido que dicha mezcla podría contener petróleo, cal, azufre o salitre. Esta arma podría compararse con el actual Napalm que fue empleado en la guerra de Vietnam.

Para medidos del siglo tercero aparecen los primero intentos para extraer, transportar y emplear el crudo en Asia, donde “Usando tallos de bambú se construyen pozos de 800 pies de profundidad en China”⁹⁵, esta cultura también fue la primera en lograr transportar este aceite por tuberías improvisadas hechas con tallos de bambú. Siglos después historiadores árabes como Ahmed Al-Beladhuri (en árabe: أحمد البلاذري) describen la conexión que tienen las culturas locales con el uso del crudo tanto en actividades cotidianas como para el comercio regional.

⁹⁵ *Extreme Oil: The journey (Vast Reserves, Small- Scale Use)*. [En línea 2017]. Traducción Hecha por mí. Dirección URL: <http://www.pbs.org/wnet/extremeoil/history/prehistory.html>



Las civilizaciones antiguas idearon maneras para continuar sus actividades aun cuando la luz del sol se había ido, desde estos tiempos antiguos se comenzaron a adoptar distintas formas de iluminación como la vela o el candil alimentado de aceite o grasa animal, que impregnaban una mecha elaborada con cabello alojada en un plato, estos artefactos comenzaron conocerse y popularizarse por la basta influencia y presencia del imperio romano.

En esta etapa de la historia, las aplicaciones que tenían los hidrocarburos eran escasas, principalmente se utilizaban en actividades como: construcción (función de mortero o impermeabilizante), iluminación (antorchas), calefacción, comercio, medicinales y fines bélicos.

4.2 Hidrocarburos en La Edad Media y Moderna

A lo largo de esta época crecen los registros de presencia de hidrocarburos en los alrededores del mar caspio, específicamente en la ciudad de Bakú erigida en una de las porciones de tierra que se adentran en el mar, en la actualidad esta ciudad forma parte de Azerbaiyán.

El primer registro de la presencia de hidrocarburos en la región fue realizado por el explorador italiano Marco Polo a finales del siglo XIII quien “visitó la región de Bakú en la costa del mar caspio, notó como la gente local recolectaba aceite proveniente del subsuelo. El escribió ‘cerca de la frontera georgiana existe una fuente de la cual brota un chorro de aceite de tal abundancia que podría cargar un centenar de barcos al instante’ ”⁹⁶. Tres siglos después la compañía Moscú, fundada en Londres por británicos visita la ciudad de Bakú y escribe sobre la presencia de hidrocarburos, popularizando la región con potencial petrolero a mediados del siglo XIV.

De igual manera a lo largo de esta época se perfeccionan los artefactos con propósito de iluminación, mejorando la composición de las velas hasta alcanzar los estándares que conocemos actualmente, además se introducen los arreglos de iluminación o candelabros, principalmente en los palacios e iglesias y con este nuevo artefacto se implementaron grandes decoraciones complicando el diseño del mismo durante el periodo barroco.

- “En 1556 la palabra petróleo, del latín ‘aceite de roca’ es citada por primera vez en un trabajo por un minerólogo alemán (Georg Bauer)”⁹⁷

A finales del siglo XIV, se excava el primer pozo petrolero a mano en los alrededores de Bakú, alcanzando una profundidad de 35 metros empleando un recubrimiento de piedras en las paredes del pozo. Viajeros de diferentes nacionalidades describen la cantidad de campos y pozos petroleros en los alrededores de Bakú y la riqueza proveniente de la comercialización de este recurso con otras naciones de la región entre ellas Rusia y el imperio otomano.

⁹⁶ *Extreme Oil: The journey (Vast Reserves, Small- Scale Use)*. Op cit

⁹⁷ Ibid



Durante el siglo XVIII, continúan creciendo la fama del potencial petróleo en los alrededores de la península de Absheron y la isla Chilov (Azerbaiyán), mediante la publicación de numerosos artículos que detallaban la situación de los campos petroleros, las técnicas empleadas en la extracción de los hidrocarburos y el comercio de la región. Debido a esto se comienza a esparcir la idea de que los recursos provenientes de la tierra son infinitos, motivando a diversas personas a enfocar su atención en la explotación de los hidrocarburos, avicinándose así el inicio de una de las industrias más grandes, importantes y rentables del orbe.

Paralelamente en el continente americano a mediados del siglo XVIII, específicamente en las 13 colonias británicas también comenzaban a incrementarse los registros sobre la presencia de hidrocarburos en la región, comenzando por el geógrafo y cartógrafo británico Lewis Evans quien mapeó las colonias británicas medias, expresando en este documento la presencia de petróleo en Pennsylvania, así mismo con el paso del tiempo se documentaron los conocimientos de las tribus nativas sobre el petróleo, principalmente orientado hacia el campo medicinal. [98]

Para inicio del siglo XIX Inglaterra impulsaba la industrialización como uno de los países más avanzados, pero para mantener este ritmo de crecimiento se comenzó a remplazar la madera por el carbón debido a la alta deforestación de los bosques en los alrededores de las ciudades, así que la demanda de carbón aumentaba de manera trepidante y como consecuencia del alto riesgo en las actividades mineras de aquel tiempo, paralelamente se buscaba un nuevo combustible que ayudara a satisfacer la alta demanda de energía.

Debido a esto se incrementaron las actividades de exploración para hallar petróleo, incluso costa afuera en los alrededores de la isla Chilov sin mucho éxito debido a la precaria tecnología de aquel entonces, así mismo en Bakú se comienza a incursionar en la construcción de pozos mediante herramientas de percusión. En el otro lado del mundo en los recién formados Estados Unidos también comenzaban las exploraciones por el recurso, en los estados de Ohio y Kentucky, con poco éxito.

El ámbito de la iluminación seguía restringido por las invenciones primitivas como la vela y el candil que evolucionó al convertirse en lámpara, comúnmente las lámparas eran alimentadas por cuatro fuentes diferentes: aceite de manteca de cerdo, resina proveniente de los árboles de pino que era peligrosamente volátil, alcohol que al arder proporcionaba una llama azul de baja intensidad luminosa y el más usado el aceite de ballena que al arder proporcionaba escaso humo y poco olor, muy superior a los otros tres combustibles [99].

La demanda por este producto llevó a una depredación sin precedentes de los cetáceos, ya que a partir de su grasa se obtenía el aceite usado para alimentar las lámparas y crear cera, esta depredación trajo una escasez de cetáceos que se tradujo en una escasez por el combustible que comenzó a encarecerse debido a la alta demanda y dificultad en las actividades de recolección, ocasionando que únicamente las personas adineradas pudieran costear el beneficio de la iluminación relativamente limpia.

⁹⁸ Ibid

⁹⁹ *Oil in the Deep South: A History of the Oil Business in Mississippi, Alabama, and Florida, 1859-1945*. Hughes Dudley J. University Press of Mississippi. 1993. Traducción Hecha por mí. P XIII



En cuanto al alumbrado público se sustituyó el carbón por el gas natural en las luminarias que adornaban y delineaban las calles mediante la entubación del gas proveniente de los yacimientos gasíferos de la región, de igual manera este avance se realizó en Inglaterra que para entonces era la cuna de la innovación, a pesar de esto la iluminación aun no alcanzaba a las masas, no todas las casas contaban con el nuevo beneficio debido a los altos precios del combustible para lámparas, las molestias de las velas o la lejanía de las zonas metropolitanas con alumbrado de gas, es por esto que muchos científicos de la época trabajaban para mejorar estas condiciones.

Hacia mediados del siglo XIX el primer intento de introducir un nuevo combustible al mercado de la iluminación fue hecho por el químico James Young quien demostró que el aceite proveniente de los esquistos (Shale Oil) podría convertirse en un combustible apropiado para las lámparas denominándolo “parafina” para su comercialización. Él fue el primero en prestarle atención a este tipo de recurso no convencional que comenzarían su fama con la invención del fracturamiento hidráulico.

Al otro lado del océano atlántico en Estados Unidos precisamente en Pittsburgh el canadiense Abraham Gessner buscaba nuevos usos para el hidrocarburo por lo que implementaba diversos procesos al aceite, entre ellos la destilación de la cual obtuvo un líquido más limpio de fabricación simple al que nombró “queroseno” (del griego Keros, cera y elaion, aceite), este nuevo combustible fue patentado para su comercialización y gracias a su bajo costo aunado a llama más limpia, logró remplazar fácilmente al costoso aceite de ballena terminando con la depredación de los cetáceos, gracias a su descubrimiento Abraham Gessner es conocido como el padre de la industria petrolera. [100]

Gracias al nuevo descubrimiento ahora se tenían usos claros para el crudo proveniente del subsuelo lo que aumento la demanda por el recurso generándose oportunidades de negocio. Tras el reciente descubrimiento del queroseno, consecuentemente continuaron los descubrimientos sobre la diversidad de productos derivados que se podían obtener del crudo, desechando siempre uno de ellos debido a su volatilidad e inflamabilidad llamado “gasolina”, este producto no recibiría la atención adecuada hasta que el queroseno comenzaría a ser desplazado por la electricidad de Tesla.

Ahora el principal problema de la industria en este momento era el sostenimiento de la oferta, es decir que se tuviera una producción constante de hidrocarburos en volúmenes considerables para entrar completamente en el mercado a un precio módico y no escasos del mismo que lo encareciera, como lo sucedido con el aceite de ballena, este era el principal reto de la joven industria ya que el éxito en la perforación de pozos era evasivo aunado a una precaria tecnología que obligaba a los hombres a construir los pozos poco profundos con pala en mano, provocando condiciones de trabajo muy riesgosas e insalubres, es por esto que la mayor recolección de hidrocarburos líquidos se hacía en aquellos lugares donde se presentaban las manifestaciones superficiales del recurso.

El 27 de Agosto de 1859 ocurriría el primer acontecimiento relevante que transformaría la industria petrolera, cuando el “Coronel” Edwin L. Drake se encontraba perforando un pozo en Oil Creek, cerca

¹⁰⁰ *Extreme Oil: The journey (Vast Reserves, Small- Scale Use)*. [En línea 2017]. Traducción Hecha por mí. Dirección URL: <http://www.pbs.org/wnet/extremeoil/history/prehistory.html>



de Titusville Pennsylvania, mediante un rudimentario equipo mecánico basado en un máquina de vapor que hacía girar una rueda conectada a una cinta que proporcionaba el movimiento para la actividad, perforando a una profundidad de 70 pies (21 metros) el pozo se llenó de petróleo y el rudimentario equipo de perforación se transformó en un primitivo sistema de bombeo, gracias a este equipo el pozo era capaz producir 25 barriles diarios y cada barril se vendía en ocho dólares [101]. Este descubrimiento conmocionó al mundo ya que jamás se habían apreciado ritmos de recolección tan altos que acarrearaban grandes ganancias.

El descubrimiento de Edwin Drake provocó una fiebre por el petróleo similar a la fiebre del oro de 1849 en el estado de California, esto comenzó un boom petrolero que se esparció desde el noreste hasta el suroeste de los Estados Unidos, en el cual se perforaban pozos con el único objetivo de encontrar petróleo a diferencia de años anteriores donde el encontrar el oro negro era una casualidad gratificante. “Para finales de 1860, un total de 240 pozos habían sido perforados en Pennsylvania, de los cuales 201 resultaron productores. Ese mismo año se encontró petróleo en el oeste de Virginia, Ohio, Kentucky y Tennessee. California se convirtió en un estado productor en 1861. La búsqueda por aceite se amplió a otros estados, pero Pennsylvania continuaría siendo el principal estado productor de aceite por tres décadas”¹⁰²

Drake no solo propició el apogeo de la industria con su descubrimiento sino que además de esto revolucionaría otras actividades dentro la misma, comenzando con la perforación de pozos mediante un nuevo método ideado por él, tomando en cuenta un consejo dado por el inversionista del proyecto George Bisell. “Trabajando con un pequeño grupo de trabajadores lugareños, erigieron un torre de madera que alojaba una larga rueda impulsada por vapor en la cual se enroscaba un cable con un barrena de hierro atada a un extremo. La rueda rotaba, levantando el cable y el quipo con una polea, y luego los dejaba caer al suelo, de este modo se excavaba el agujero. [...] Drake agregó algo propio que probó ser decisivo. Él dirigió un tubería dentro del agujero y ordeno a sus hombres perforar dentro de ella, de tal forma que el agua y el material desprendido de los lados del agujero no impidieran a la barrena de hierro seguir adelante.”¹⁰³

La modificación de Edwin Drake al sistema de perforación por percusión contribuyó a eficientar el proceso, el hecho de considerar una tubería dentro del agujero para aislar la barrena del material desprendido de la pared del hueco sentaría las bases para perfeccionar el proceso.

Posteriormente se adoptaría la perforación rotatoria a comienzos del siglo siguiente en Texas logrando así alcanzar nuevas profundidades. Además de esto Drake introdujo una estandarización muy importante a la industria al restaurar la unidad de medición de 42 galones (159 litros), empleada para el almacenamiento y transporte del aceite crudo proveniente de los pozos y para esta tarea recurrió a

¹⁰¹ *Oil in the Deep South: A History of the Oil Business in Mississippi, Alabama, and Florida, 1859-1945*. Hughes Dudley J. University Press of Mississippi. 1993. Traducción Hecha por mí. P 4

¹⁰² *Oil in the Deep South: A History of the Oil Business in Mississippi, Alabama, and Florida, 1859-1945*. Op cit

¹⁰³ *THE AGE OF OIL: The Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource*. Leonardo Maugeri. Praeger. Westport CT. 2006. Traducción Hecha por mí. P 4-5



los barriles de madera usados en el negocio del whiskey, el barril se convertiría en una unidad adoptada a nivel mundial para las transacciones en el mercado. [104]

Con la creciente ola de hidrocarburos que inundaba el mercado, los dueños de las refinerías eran quienes incrementaban rápidamente sus ganancias, incluso más que aquellos hombres exitosos en la perforación de pozos petroleros, ya que la obtención del queroseno a partir de la destilación del crudo era un proceso relativamente sencillo y barato a diferencia de la actividad de perforación llena de incertidumbre, lo que convertía a este negocio en uno de los más rentables y debido a esto comenzaron a edificarse refinerías a lo largo de noreste de los Estados Unidos, principalmente en los estados de Pennsylvania y Ohio, uno de los hombres en observar esta situación y formar parte de ella fue John Davison Rockefeller individuo que al igual que Edwin Drake, revolucionaria la industria de los Hidrocarburos.

- En 1861 se documenta el primer envío de petróleo entre continentes, el aceite extraído del subsuelo de Pennsylvania se almacenó en barriles y se cargó a bordo del barco ‘Elizabeth Watts’ que partió de Filadelfia a Londres. [105 y 106]

La mejora en las actividades que componen la industria petrolera obedeció a la inmediatez de los procesos, es decir primero se innovó en la perforación tanto para localizar las áreas de mayor oportunidad de éxito como en los métodos y equipos utilizados en la actividad, acto seguido se encontraron nuevos usos para el crudo proveniente de los pozos a través de la experimentación con esta sustancia mejorando así los procesos mediante los cuales se obtenían los diversos derivados del mismo, por último fue el turno del transporte que para entonces hacía uso del tren por su eficiencia al llevar grandes cargas a lugares alejados rápidamente, pero su capacidad se veía limitada a cierto número de barriles por vagón ya que para transportarlos estos se apilaban horizontalmente.

Esto ocasionando que debido al aumento en la producción se requiriera ocupar un mayor número de vagones traduciéndose en mayores gastos de transporte, pero el barón de la industria John D. Rockefeller tuvo una idea diferente para evitar dichos gastos que favorecían a los dueños del transporte ferroviario, él introdujo la idea de implementar tuberías para transportar el aceite, una idea brillante que modernizaría la industria, disminuyendo los costos de transporte y aumentando las ganancias, así fue como comenzó la construcción de tuberías a través de los Estados Unidos que rivalizaba incluso con las vías férreas, acción que sería adoptada a nivel mundial debido a su eficiencia.

¹⁰⁴ *THE AGE OF OIL: The Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource*. Op cit

¹⁰⁵ Ibid

¹⁰⁶ *History of the World Petroleum Industry (Key Dates)*. [En línea 2017]. Traducción Hecha por mí. Dirección URL: <http://www.geohelp.net/world.html>



Debido al reciente “boom petrolero” comenzaron a aparecer nuevos descubrimientos de áreas con potencial homónimo y los descubridores rápidamente se precipitaban a realizar los trabajos de perforación para lograr extraer el crudo, tras su éxito este hidrocarburo se dirigía a las refinerías y posteriormente al mercado, con este rápido incremento de la producción indirectamente apareció la primera depreciación de los precios debido a la sobre oferta, esto provoco un declive inesperado de las ganancias y como consecuencia muchas personas que apostaron todos sus bienes para la búsqueda del oro negro ahora se veían en la ruina, este fue el comienzo de las fluctuaciones en el precio de los hidrocarburos y sus eventuales afectaciones.

- “En 1860, el precio del aceite se precipitó a los diez centavos, luego en 1861 rebotó a los diez dólares; en 1862 el precio fluctuaba entre 10 centavos y 2.25 dólares por barril, promediando 1.5 dólares por barril. Eventualmente, el precio promedio de un barril de aceite en la cabeza del pozo era de 3.5 dólares en 1863, \$8 en 1864, \$4 en 1866, \$2.8 en 1867, \$5.8 en 1869, \$4.2 en 1871, y menos de \$2 en 1873.”¹⁰⁷
- En 1869, surgió una ola de especulación en oro, lo que provocó que las acciones de las compañías aumentaran su valor de forma trepidante hasta llegar a un máximo para después desplomarse dramáticamente, esto provocando un choque muy abrupto en la rudimentaria bolsa de valores que desencadenó la primera depresión de los Estados Unidos. [¹⁰⁸]

Por otro lado existían dos problemas que aún no cobraban la importancia necesaria durante esta etapa y permanecían ignorados, pero conforme la industria crecía su atención se volvería de suma importancia. El primero de ellos era el desarrollo de conocimientos indispensables para entender la complejidad de los yacimientos aunado a técnicas adecuadas para su explotación, el segundo punto era la constitución de un marco legal que regulara las actividades dentro de la industria, estos dos puntos se desarrollarían debido a la gran cantidad de controversias que se generaron.

Comúnmente los nuevos descubridores de petróleo tras encontrar el recurso observaban felices como los nuevos pozos producían el aceite crudo a raudales con una presión impresionante capaz de elevarlo a grandes alturas, pero este alto ritmo de producción no duraba por mucho tiempo y como consecuencia de la falta de medida en la extracción, los pozos terminaban por producir un mísero goteo de crudo, esto llevó a los petroleros a perforar la mayor cantidad de pozos lo más rápido posible relativamente cerca uno de otro, agotando la energía de los yacimientos de manera increíblemente acelerada y con el frenesí de la perforación nació la idea de que los pozos vecinos robaban el petróleo del subsuelo propiedad de otra persona, esta idea creó infinidad de conflictos.

¹⁰⁷ *THE AGE OF OIL: The Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource*. Leonardo Maugeri. Praeger. Westport CT. 2006. Traducción Hecha por mí. P 6

¹⁰⁸ *THE AGE OF OIL: The Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource*. Op cit



Las bases de la regulación comenzarían en Pennsylvania en 1889 cuando la suprema corte de ese estado decretó: “El aceite crudo es un mineral ‘fugaz’ y que ‘la regla de captura prevalecía’. El juicio de la corte se basaba en una vieja ley inglesa común mediante la cual animales salvajes, criaturas fugitivas de un paradero cuestionable pertenecería a ‘quien las capture primero’ ”¹⁰⁹.

Este concepto es la base del marco regulatorio de los Estados Unidos y es aquí donde nace la idea de que el petróleo es de aquel que lo encuentre primero, además de esto cuando los empresarios compraba un territorio recibían derechos absolutos sobre los minerales encontrados debajo del suelo de su propiedad, ocasionando que ellos orquestaran un desarrollo muy descuidado e irresponsable aunado a una sobre exigencia de los campos petroleros que resultaba en más crudo para el mercado, provocando la caída de los precios y es hasta la década de los años treinta cuando el gobierno de la unión americana empieza a ejercer su control sobre la industria, comenzando por el espacio entre pozos y los ritmos de producción.

Tras el boom petróleo, la industria de los hidrocarburos comenzaba a acumular más y más fuerza ya que muchas personas adineradas notaban la alta rentabilidad de los proyectos, terminando por invertir parte de sus fortunas en una infinidad de empresas que estaban dentro del mercado, John D. Rockefeller aprovechó la oportunidad y junto con su socio Henry Flagler constituyeron en 1870 la “Standar Oil Company”, Rockefeller cautivo a los inversionistas logrando que invirtieran en su compañía volviéndose un hombre poderoso, él no solo poseía la refinería más gran en Ohio sino también la más eficiente en el estado más próspero del país para la industria y ahora con ese poder comenzaría una audaz estrategia para apoderarse del mercado petrolero de los Estados Unidos.

Rockefeller comenzó su expansión en primera instancia a lo largo del estado de Ohio para adueñarse del mercado estatal, ofrecía a sus competidores expectativas pesimistas sobre el futuro del mercado, ofreciendo minimizar sus pérdidas al retirarse ahora y si esto no funcionaba recurría a la intimidación para lograr apoderarse de sus instalaciones, en solo dos años la Standard Oil Company pasó de tener una sola refinería que manejaba alrededor del 10% de la producción de crudo, a manejar una cuarta parte de la producción al eliminar a su competencia estatal, cinco años después de implementar su estrategia de monopolización logró adueñarse del 90% de la actividad de refinación, pero además de esto la compañía también controlaba la mayor parte de los ductos de transporte y la capacidad de almacenamiento del crudo, con estas acciones la Standard Oil Company se convirtió en un titán de la industria petrolera.

La rápida expansión de la Standard Oil en Estados Unidos y su presencia en el mercado europeo con exportaciones de queroseno implicaban abundantes ganancias que ahora colocaban a John D. Rockefeller como uno de los hombres más acaudalados del mundo, es por esto que al otro lado del atlántico también existía una competencia para comerciar con queroseno proveniente de los alrededores de Bakú donde la industria había comenzado hace siglos, dos familias luchaban por entrar en el mercado petrolero internacional los Nobel y los Rothschild, comenzando a expandir su comercio desde el mar caspio hasta el mar negro abriéndose paso a Europa, este choque de ofertas

¹⁰⁹ *Oil in the Deep South: A History of the Oil Business in Mississippi, Alabama, and Florida, 1859-1945.* Hughes Dudley J. University Press of Mississippi. 1993. Traducción Hecha por mí. P 6



desató una competencia directa entre empresarios iniciando así una guerra de precios que ocasionará la expansión de la industria petrolera por todo el orbe.

- En 1877 es construido el primer buque tanque del mundo impulsado por vapor llamado ‘Zoroaster’, por Robert y Ludwing Nobel con el propósito de transportar keroseno en el mar caspio. [¹¹⁰]

Es importante mencionar que el incremento del éxito en las operaciones de exploración y perforación de pozos se debe a los geólogos, ya que ellos comenzaron con la recopilación de conocimientos e información sobre la ciencia de la tierra y más específicamente sobre los yacimientos petroleros, además sentaron las bases para desarrollar “El Sistema Petrolero” comenzado con las estructuras geológicas que favorecían la acumulación de hidrocarburos en especial las formaciones anticlinales, así como también introdujeron el concepto de migración y a lo largo del tiempo se encargaron de incrementar el acervo académico sobre el tema.

- En 1916 se constituyó la Asociación Americana de Geólogos Petroleros (AAPG en inglés) con 94 miembros, su fama se popularizó logrando que para 1990 contaba con 37 000 miembros. [¹¹¹]

En la última década del siglo XIX tras ver el auge y oportunidades que ofrecía el creciente comercio del queroseno, se crearon muchas compañías entorno al interés petrolero tanto para el transporte como para la exploración y extracción del recurso, algunas de esas compañías fueron “La Royal Dutch Petroleum Company”, de origen holandés quien se encargó de la exploración y extracción de hidrocarburos principalmente en indonesia donde siglos antes su potencia marítima les otorgo el control de la región. “La Shell Transport and Traiding Company” fue una compañía británica que se consolido en actividades de comercio con queroseno proveniente de los alrededores de Bakú.

En Estados Unidos la compañía de John D. Rockefeller se había convertido en un verdadero titán de la industria que obtenía sus ganancias de la venta de queroseno a gran escala, para entonces todo el planeta empleaba esta substancia para alimentar los sistemas de iluminación doméstica, pero un famoso inventor cambiaría esto al crear “la bombilla eléctrica”, cuando el mundo observó el potencial de este inventó, Rockefeller trató de desestimar la creación de Thomas Edison argumentando su peligrosidad para los hogares, buscando un rechazo público por el objeto para que el mundo continuará utilizando el queroseno, pero este intento fue en vano y en poco tiempo ese invento se

¹¹⁰ *Extreme Oil: Excavation (Led by the U. S.).* [En línea 2017]. Traducción Hecha por mí. Dirección URL: <http://www.pbs.org/wnet/extremeoil/history/1850.html>

¹¹¹ *Oil in the Deep South: A History of the Oil Business in Mississippi, Alabama, and Florida, 1859-1945.* Hughes Dudley J. University Press of Mississippi. 1993. Traducción Hecha por mí. P 8



popularizó y masifico, remplazando tanto al gas natural como al queroseno con el propósito de iluminación.

Debido a la creación de Edison, Rockefeller necesitaba buscar otro producto dentro de la gran gamma de derivados del petróleo para mantener a su empresa dentro del negocio, por lo que inmediatamente solicito a sus científicos encontrar el producto adecuado para volver al mercado. Para su fortuna paralelamente se estaba desarrollando un motor más poderoso para remplazar al impulsado por vapor y las propiedades únicas de la gasolina, como la capacidad de vaporizarse con facilidad a diferencia de cualquier otro derivado en fase líquida la convertía en el combustible ideal, ya que al vaporizarse y entrar en la cámara de combustión mezclándose con aire al surgir la chispa de ignición se aprovecha completamente la capacidad energética de la mezcla.

Gracias al perfeccionamiento del motor de combustión interna alimentado por gasolina, John D. Rockefeller volvía al negocio de manera aún más imponente que antes, ahora el nuevo motor se usaba para diversos procesos industriales que aumentaban la eficiencia de las fábricas, es por esto que todas las industrias lo adoptaron rápidamente e indirectamente adoptaban el nuevo producto de Rockefeller, pero fue hasta que este poderoso motor se instaló sobre ruedas que la gasolina jugaría un papel fundamental a nivel mundial, el nuevo producto no solo había remplazado al queroseno si no que era incluso mucho más importante que su antecesor y este echo impulsaría aún más la expansión de la industria petrolera.

Durante la última parte del siglo XIX el disgusto social sobre los hombres más poderosos de Estados Unidos comenzaba a incrementarse paralelamente a sus fortunas debido a una obvia disparidad en cuanto a la distribución de la riqueza, aunada a condiciones de trabajo esclavizantes y riesgosas mediante las cuales eran percibidas remuneraciones cada vez más bajas y cuando los empresarios colocaron a las ganancias como prioridad por encima de todo se desencadenaron ideales proteccionistas por parte de los trabajadores, dando paso a las primeras ideas de conformar sindicatos y a considerar el fin de la era de los monopolios teniendo en la mira a la Standard Oil Company.

- En 1896 se vuelve a incursionar en la extracción de petróleo costa afuera, mediante la perforación de un pozo al final de un muelle de 300 pies en Summerland California. [112]

4.3 Hidrocarburos en La Edad Contemporánea

El inicio del siglo XX lucia muy prometedor para la industria petrolera de manera general, todo conseguido con la nueva invención revolucionaria “el auto” impulsado por gasolina, gracias a esto las compañías petroleras desarrollaban nuevas tecnologías para perforar, extraer y refinar el petróleo, considerando siempre expandir sus dominios por el mundo tratando de encontrar nuevos campos petroleros que elevaran la producción de hidrocarburos, logrando con esto aumentar los volúmenes

¹¹² *Extreme Oil: Excavation (Led by the U. S.)*. [En línea 2017]. Traducción Hecha por mí. Dirección URL: <http://www.pbs.org/wnet/extremeoil/history/1850.html>



de gasolina disponible para la creciente demanda de combustibles para los diferentes trasportes e industrias en crecimiento como la automotriz y la aeronáutica.

A lo largo de la historia de los hidrocarburos, la mayor parte de los avances y desarrollos tecnológicos eran concebidos dentro de los Estados Unidos. Tras el descubrimiento del potencial petrolero en Pennsylvania los empresarios se expandieron a lo largo del país y para principios del siglo XX, los emprendedores ya se encontraban explorando en los estados de California y Texas. es en este último estado donde reaparece un boom petrolero incluso mayor al generado por Edwin Drake, específicamente en Spindletop una pequeña colina cerca de la ciudad de Beaumont, cuando al perforar en el sitio se alcanzó un profundidad de 250 metros, el aceite fue violentamente expulsado del pozo formando enormes fuentes de petróleo, este pozo produjo alrededor de 75 000 barriles por día, tras esparcirse la noticia apareció un gran número de entusiastas aventureros abriendo paso a un perforación desmedida en el lugar y solo un año después del descubrimiento la energía del yacimiento se había agotado y ahora el sitio era incapaz de producir aceite crudo. [113]

El descubrimiento en Texas no decepcionó a los petroleros entusiastas, si no aumento su interés por la región y por el tipo de formaciones anticlinales que probaban ser de interés petrolero, los eventos de Texas desencadenaron una serie de exploraciones sobre los estados circundantes, gracias a las cuales se descubrieron nuevos campos petroleros en los estados de Oklahoma y Louisiana, con estos descubrimientos los petroleros enfocaban su atención a los estados que rodean al Golfo de México.

El creciente potencial petrolero de estos estados favoreció la creación de nuevas empresas petroleras en la región como la “Texas Oil Company” después “Texas Co.” y por último “Texaco” y la “Gulf Oil Company”.

Por otro lado el empresario Henry Ford innovó en la industria al implementar la línea de producción consiguiendo fabricar automóviles a menor costo más rápido, haciendo su producto accesible para el trabajador común algo que revolucionaría esta industria ya que anteriormente solo los burgueses eran quienes poseían el poder adquisitivo necesario para poseer uno de estos inventos. Henry Ford fue el primer empresario en introducir la idea de “un auto para el pueblo”, esta idea tendría un gran impacto para la industria de los hidrocarburos ya que el consumo de gasolina se incrementaría exponencialmente, motivando a las empresas petroleras a expandir sus operaciones a otros países del mundo con el fin de aumentar su capacidad de producción y refinación de crudo.

Hacia comienzos del siglo XX la Standard Oil Company era la compañía petrolera más poderosa del mundo con redes de comercio que abarcaban incluso a otros países y para jactarse de su puesto se había desecho de su competencia conforme aumentaba su poder, pero este nuevo siglo no solo traería innovación a la industria si no también competencia, iniciando al otro lado del atlántico en Rusia, donde el Zar había expandido su territorio adueñándose de las regiones petroleras para explotarlas, pero esta amenaza para el mercado mundial se vería detenida por la revolución de Lenin, sin embargó otras compañías emergía del horizonte para competir con la Standard Oil como: Texaco, Gulf y la

¹¹³ *THE AGE OF OIL: The Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource.* Leonardo Maugeri. Praeger. Westport CT. 2006. Traducción Hecha por mí. P 15



unión de Royal Dutch Petroleum Company con Shell Transport and Trading Company que formaban a “La Royal Dutch Shell Group” su rival más fuerte.

La competencia no era el único frente de batalla que enfrentaría la compañía de John D. Rockefeller si no también debía enfrentarse al gobierno de los Estados Unidos, debido a que años antes un periodista hizo público un libro llamado “Historia de la Standard Oil Company”, en el cual se relataba con lujo de detalle los métodos que Rockefeller había empleado para expandir las dimensiones de su compañía entre ellos la “masacre de Cleveland” (cuando se apropió de todas las refinerías en el estado de Ohio), esto desató una serie de investigaciones federales pero fue hasta que Theodore Roosevelt tomó el cargo de presidente cuando las demandas hacia los monopolios comenzaron a redactarse y la más importante de ellas estaba dirigida hacia la Standard Oil Company.

La compañía que John D. Rockefeller había creado desde la nada hasta convertirse en un verdadero imperio comenzaba a peligrar durante una épica batalla con el gobierno de los Estados Unidos, los métodos que Rockefeller empleó para conformar su poderío llevaron a la concentración de poder y recursos en un solo individuo, por lo que la corte declaró a la compañía como un monopolio existente en contra de las leyes recientemente publicadas y por lo tanto la sentencia aplicable era su desmantelamiento, pero la compañía apeló a la suprema corte de gobierno.

“En 1911 la Corte Suprema de los Estados Unidos, basándose en las disposiciones de la llamada ‘Sherman Act’, acusó a la Standard Oil de restringir a la competencia de un modo ‘irrazonable’ y de llevar a cabo prácticas desleales para eliminar a la competencia. La Corte ordenó entonces que se desmembrará en 33 compañías independientes”¹¹⁴

- ❖ Standard Oil of New Jersey (que pasaría a llamarse “Exxon”, la más poderosa de las nuevas compañías y sería quien retomaría el legado de la Standard Oil Company)
- ❖ Standard Oil of New York (que pasaría a llamarse “Mobil”)
- ❖ Standard Oil of California (que pasaría a llamarse “Socal” y por último “Chevron”)
- ❖ Standard Oil of Ohio (que sería comprada por “British Petroleum”)
- ❖ Standard of Indiana (que pasaría a llamarse “Amoco”)
- ❖ Continental Oil (que pasaría a llamarse “Conoco”)
- ❖ Atlantic Oil (que pasaría a llamarse “Arco”) [¹¹⁵]

¹¹⁴ *El petróleo como elemento de negociación de los países subdesarrollados*. Gonzalo Agustín Bravo y Vera. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales UNAM. México 1977. P 41

¹¹⁵ *THE AGE OF OIL: The Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource*. Leonardo Maugeri. Praeger. Westport CT. 2006. Traducción Hecha por mí. P 18



La invención del motor de combustión interna y su paulatina evolución a lo largo del tiempo, fue un gran avance para la humanidad al poder expandir sus capacidades y con el nuevo siglo este invento también diversificó sus aplicaciones, ahora podría encontrárselo en todo tipo de vehículos e industrias, gracias a esto se logró transformar el mundo e indirectamente se incrementaba la importancia de la industria petrolera por abastecer al mundo de tan valioso recurso, esto llevó a las compañías a búsquedas por el recurso a través del mundo incursionando en regiones de América Latina y Asia.

Tras la contratación de una serie de concesiones sobre suelo iraní, el empresario escocés William Knox D'Arcy encuentra petróleo en Persia (Irán), con este descubrimiento se constituyó la “Anglo-Persian Oil Company”, pero los pozos exitosos no producían grandes cantidades de hidrocarburos por lo que la construcción de tuberías para transportarlo se iba encareciendo, dificultando las finanzas de la empresa hasta llegar casi a la banca rota, pero Gran Bretaña una nación que mantenía colonias alrededor del globo necesitaba un suministro constante de hidrocarburos para mantener su soberanía y estatutos, por lo que compró la mayor parte de las acciones de la empresa [116], convirtiéndola en la primera petrolera propiedad de una nación, con lo que consiguen lograr la autosuficiencia energética manteniendo un suministro constante de petróleo al imperio, acción que muchos otros países adoptaron como México con PEMEX.

- En 1907 el químico Leo Baekeland estudió y mejoró la “reacción fenol-formaldehído” creada por Adolf von Baeyer en 1872, él ideó un dispositivo al que nombró “baquelizador” mediante el cual la masa pegajosa y viscosa producto de la mezcla se calentada y expulsaba el gas, obteniendo un material suave, liso y duro, el nuevo producto se denominó “baquelita” y con él se creó una infinidad de productos como: teléfonos, cámaras, relojes, joyas, etc., este suceso inicio la era de los materiales artificiales creados por el hombre consiguiendo para Leo Baekeland el título de padre de los plásticos.
- En enero de 1909 una compañía llamada “Hughes Tool Company” fundada por Howard Hughes introduce la primer barrena con cortadores giratorios (barrena tricónica), esta nueva herramienta revolucionaría a la industria, sobre todo las técnicas de perforación al mejorar el proceso dramáticamente [117]

Antes de la primera gran guerra, las compañías petroleras se disputaban el control por lugares estratégicos con potencial petrolero a lo largo del mundo, debido a la alta demanda por los combustibles fósiles como ya he mencionado, pero existía un región en la cual muchas compañías comenzaban a interesarse “El Medio Oriente”, los primeros descubrimientos tuvieron lugar en Persia (actual Irán) por la Anglo-Persian Oil Company esto provocó que otras compañías se interesaran en la región, una de ellas fue la Royal Dutch Shell quien compró extensiones de tierra con potencial petrolero en Egipto, esto desencadenaría una guerra entre compañías por apoderarse de mayores extensiones de

¹¹⁶ *THE AGE OF OIL: The Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource*. Op cit

¹¹⁷ *History: Ground-breaking inventions that revolutionized the petroleum industry*. [En línea 2017]. Traducción Hecha por mí.
Dirección URL: <https://www.bakerhughes.com/company/about/history>



terreno y en algunos lugares sus intereses llegaban a chocar como fue el caso de México y Venezuela con rivalidades de la Standard Oil con Shell y a lo largo del medio oriente donde se enfrentaba la Anglo-Persian Oil con Shell. [118]

Tras la primera guerra mundial se demostró la vital importancia de poseer un suministro constante de petróleo, este recurso jugó un papel determinante en el resultado de la guerra como dijo el marqués George Nathaniel Curzon “los aliados flotaron hacia la victoria sobre una ola de petróleo” [119], los vehículos impulsados por caballos o carbón quedaban en el pasado ahora el petróleo movía al mundo, este conflicto incremento tanto el consumo de hidrocarburos como su producción y las compañías petroleras incrementaban sus ganancias de forma trepidante.

Por otro lado, los vencedores de la guerra se preocupaban aún más por mantener un suministro de hidrocarburos y a partir de este conflicto, los países en los cuales tenían sede compañías petroleras como Estados Unidos con la Standard Oil, Gulf y Texaco y Gran Bretaña con Anglo-Persian Oil y parte de Shell, buscaban beneficiar y apoyar a sus empresas para que se expandieran alrededor del mundo asegurando para estas naciones un suministro seguro de hidrocarburos [120], es por esto que cuando México decreto el 18 de Marzo de 1938 su decisión de expropiar el petróleo, ambos países se negaron rotundamente a aceptarlo, sobre todo los americanos principales consumidores de este recurso ya que el acto comprometía su seguridad nacional al reducirse el flujo de combustible que alimentaba tanto a su industria como a su máquina de guerra.

La situación del medio oriente tras la guerra era prometedora ya que los ingleses ayudaron a conformar el sentido de identidad de las diversas naciones árabes de la región después de incitar su rebelión en contra del imperio otomano y al hacerlo los británicos esparcieron su presencia por toda la demarcación conformando nuevas colonias para el imperio.

Tras la victoria los franceses y los británicos se repartían tanto territorios como acciones de la empresa petrolera regional la “Turkish Petroleum Company” (TPC) creada en 1912, parte de esta compañía se convertiría en “Compagnie Française du Pétrole” (C.F.P.), pero Estados Unidos también intentaba conseguir parte del botín y al negárselo implemento la política de “puertas abiertas” para cualquier persona o compañía, con lo que buscaban ganar un lugar en el medio oriente declarando que las nuevas naciones tenían derecho a comerciar libremente. [121]

¹¹⁸ *El petróleo como elemento de negociación de los países subdesarrollados*. Gonzalo Agustín Bravo y Vera. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales UNAM. México 1977. P 43

¹¹⁹ *Oil in the Deep South: A History of the Oil Business in Mississippi, Alabama, and Florida, 1859-1945*. Hughes Dudley J. University Press of Mississippi. 1993. Traducción Hecha por mí. P 12

¹²⁰ *THE AGE OF OIL: The Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource*. Leonardo Maugeri. Praeger. Westport CT. 2006. Traducción Hecha por mí. P 25

¹²¹ *El petróleo como elemento de negociación de los países subdesarrollados*. Gonzalo Agustín Bravo y Vera. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales UNAM. México 1977. P 44



Durante la década de 1920 los geólogos mejoraron su teoría sobre el sistema petrolero, incluyendo el concepto de cuenca dentro de la cual habitaron numerosos seres vivos además de depositarse gradualmente sedimentos terrígenos, posteriormente la materia orgánica depositada en el fondo fue sepultada por capas de roca sedimentaria a lo largo de miles de años, de esto se aprendió que el petróleo proviene de la descomposición de los restos de seres vivos como plantas y animales.

Por otra parte la exploración había cambiado, ahora se empleaban geólogos, geofísicos, exploradores y negociadores, cada miembro de la cuadrilla tenía tareas específicas. Se adoptó a la geofísica como nueva herramienta en la exploración, empleando diversos dispositivos que funcionaban con principios físicos pero la “reflexión” era el más útil ya que al reflejar ondas de sonido generadas con explosiones se podía identificar los tipos de estructuras de interés petrolero en distancias relativamente amplias. [122]

En los años siguientes aumentaron los descubrimientos de hidrocarburos a lo largo del medio oriente, comenzando en Irak, después Kuwait, Bahreín y Arabia Saudita, paulatinamente se iba incrementando la importancia de la región debido a su potencial petrolero, que podía ser encontrado en la mayoría de los países que conforman la región, debido a este creciente aumento de producción contrastante con los años de la guerra donde se había experimentado escases por este recursos, los precios por el barril de petróleo comenzaron a disminuir, esto llevó a una guerra de ofertas regionales por parte de las empresas petroleras que tarde o temprano se esparció hacia otros continentes afectando a todas las compañías en la industria y se detenían únicamente cuando las empresas en duelo llegaban a algún acuerdo.

Es por esto que algunos líderes de empresas petroleras comenzaron a reunirse e idearon mecanismos para controlar el mercado a su beneficio mediante la cooperación de cada miembro, firmando acuerdos en secreto para mantener cierto nivel de producción que garantizaría precios estables y consecuencias contra cualquier miembro que siguiera una dirección contraria, con estas medidas nace el primer “Cartel petrolero internacional”, donde todas las compañías dentro tiene el objetivo común de maximizar sus ingresos y al conjuntar su influencias gobiernan el mercado como un monopolio.

En esta momento de la historia este evento fue posible ya que el mercado estaba dominado por los vendedores que eran relativamente pocos y al ver la eficiencia de este acuerdo con el tiempo se fueron integrando otras empresas que también estaban dentro de la escena mundial.

Para la década de 1930 las principales empresas de la industria ya estaban presentes en medio oriente la región del mundo con mayor potencial petrolero, mediante el concepto de concesiones que las compañías petroleras adquirirán con los países y con el control de esta región, el cartel petrolero ahora extendía su hegemonía en gran parte del orbe, dicho dominio perduraría gran parte del siglo hasta principios de los años setenta cuando los países árabes usan al petróleo como arma en contra de las potencias, dicho cartel estaba conformado por siete compañías:

¹²² *Oil in the Deep South: A History of the Oil Business in Mississippi, Alabama, and Florida, 1859-1945.* Hughes Dudley J. University Press of Mississippi. 1993. Traducción Hecha por mí. P 30, 32 y 33.



- ❖ Royal Dutch Shell Group (Shell)
- ❖ Anglo-Persian Oil Company (En 1954 se transformaría en British Petroleum (BP))
- ❖ Exxon (Standard Oil of New Jersey)
- ❖ Mobil (Standard Oil of New York)
- ❖ Chevron (Standard Oil of California)
- ❖ Gulf
- ❖ Texaco

En 1950 se usa por primera vez el título “Las Siete Hermanas” para referirse a este cartel petrolero, con el paso del tiempo algunas de estas compañías desaparecieron debido a fusiones entre ellas y de las siete hermanas solo permanecen cuatro ExxonMobil, Chevron, BP y Shell. Además existieron otras fusiones entre compañías que podrían considerarse como medias hermanas.

De estas siete empresas únicamente tres de ellas son consideradas originalmente como las mayores compañías del negocio, debido a su amplia trayectoria: ExxonMobil, Shell, and BP.

Paralelamente en esta década se desechaban las teorías pesimistas de que el petróleo comenzaba a agotarse a nivel mundial, debido a los altos consumos de hidrocarburos por parte de los países desarrollados. Esta idea fue olvidada rápidamente gracias a la creciente producción proveniente del medio oriente. Con esta nueva ola de abundancia petrolera aumento el interés por entender de una mejor manera al petróleo aunado a una mejora en las técnicas de obtención y aprovechamiento de este recurso tan valioso. Primero se mejoraron las técnicas de exploración con la estratigrafía y geofísica que lograban develar los misterios de la tierra favoreciendo la localización de acumulaciones subsuperficiales de hidrocarburos, posteriormente conocidas como trampas petroleras, esto incrementó en gran medida el éxito en las perforaciones, que a diferencia del siglo pasado dependían únicamente de la suerte. [123]

Pero la innovación no se detuvo ahí también mejoraban las técnicas de perforación y equipos empleados, ahora los equipos de perforación se convertían en dispositivos móviles más eficientes capaces de perforar a mayores profundidades en tiempos relativamente menores que en el siglo pasado, incluso se comenzaban a desarrollar instalaciones para perforar pozos costa afuera y por otra parte se comenzaba a cuestionar el principal dogma de la industria “la perforación descontrolada de pozos”, considerando que era un innecesario y alarmante desgaste de recursos subterráneos, prueba de esto es que al existir demasiados pozos en un campo el tiempo de vida del mismo disminuía drásticamente a un par de años tras su descubrimiento, al dejar de producir los abundantes volúmenes de hidrocarburos al inicio de su explotación y con esta nueva mentalidad se abría paso la concepción de obtener más petróleo en una segunda etapa de recuperación dentro del desarrollo del campo.

La nueva idea de la recuperación secundaria provenía de un estudio publicado en 1917 por la oficina de minas de los Estados Unidos, en la cual se mencionaba la posibilidad de obtener más petróleo aun después de la primera fase de recuperación (cuando ya había agotado la energía natural del

¹²³ *THE AGE OF OIL: The Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource*. Leonardo Maugeri. Praeger. Westport CT. 2006. Traducción Hecha por mí. P 42



yacimiento), inyectado gas natural al yacimiento, este estudio es la base de la teoría sobre la recuperación secundaria y los diferentes métodos que se emplean en ella. [124]

Por otro lado la refinación del petróleo no había cambiado demasiado desde el siglo pasado, seguía basándose en el principio primitivo de la destilación del petróleo por fuego directo, llevándolo a altas temperaturas para obtener diferentes productos en cada etapa, con este método anticuado únicamente podía aprovecharse alrededor del 20 al 30% de un barril de petróleo para obtener productos valiosos como los combustibles y el porcentaje restante dejaba de tener valor.

Las técnicas de refinación evolucionarían gracias al descubrimiento del químico William Merriam Burton en 1913 “el craqueo térmico” o “desintegración térmica”, que tuvo como antecedente al craqueo Shukhov inventado por un ingeniero ruso, este nuevo proceso necesitaba altas temperaturas y presiones para desintegrar las cadenas largas de hidrocarburos en pequeñas cadenas logrando obtener con este nuevo procedimiento un aprovechamiento de alrededor de 50% del barril de petróleo, obteniendo así un mayor volumen de combustibles. [125]

La evolución en las técnicas de refinación fue un gran avance para la industria, ya que ahora se aprovechaba mejor el recurso y se podían obtener más productos a partir de él, esto llevó a un incremento en la diversificación de los productos derivados del petróleo ya que ahora no solo se obtenían combustibles. Todos los avances de la industria contribuyeron en gran medida a incrementar la producción, la calidad y diversificación de los productos obtenidos del petróleo, esto avances revolucionarían al mundo.

- En 1927 el químico de DuPont Wallace Carothers comenzó la investigación de la “fibra 66”, investigación enfocada a descubrir fibras sintéticas utilizando diversos elementos entre ellos hidrocarburos y para finales de la década de los treinta esta investigación llevó al descubrimiento de nuevas fibras sintéticas como: el “nailon” y el “neopreno”.
- En 1933 un par de químicos ingleses inventan por accidente el polímero más famoso “el polietileno”, para convertirse en el plástico más popular del mundo ya que posee la capacidad de moldearse y adquirir innumerables formas para crear un mundo de productos. Años después de manera accidental se descubre una especie de resina muy resbaladiza denominada “teflón”, proveniente del polietileno.

Otro aspecto en que la industria de los hidrocarburos ayudo a desarrollar fue la publicidad, antes de la primera guerra mundial la gasolina se vendía en tiendas de abarrotes, ferreterías y tiendas generales, pero para aumentar sus ganancias y promocionar su marca se inventaron las gasolineras aprovechando el crecimiento exponencial del parque vehicular en las ciudades, con la creación de estas instalaciones las empresas promocionaban su marca cautivando al cliente con diferentes servicios o regalos al comprar su combustible, esta idea se popularizó y estas instalaciones comenzaron a multiplicarse

¹²⁴ *THE AGE OF OIL: The Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource*. Op cit

¹²⁵ Ibid



alojándose en las rutas principales mostrando grandes anuncios de cada empresa, con este creciente fenómeno todas las compañías tenían emblemas de sus empresas por todas partes, preferentemente en lugares visibles como los tanques de agua de las ciudades donde plasmaban su imagen, este es el origen de los anuncios espectaculares que ahora vemos por todas partes. [126]

A finales de la década de los treinta ocurre un evento muy importante que cambiaría la relación que tenían las compañías petroleras con los países y este evento es la expropiación petrolera en México por parte del presidente en turno Lázaro Cárdenas, este evento no solo es importante para México si no es relevante para todo el mundo, ya que fue el primer país en oponerse a las ambiciones de las compañías petroleras e indirectamente a los países más desarrollados. El acto del general Cárdenas representó para el país apropiarse completamente de todos los beneficios que conlleva el desarrollo de la industria de los hidrocarburos, esta idea de nacionalismo se extendió por todo el mundo justo cuando el recurso se posicionaba como un insumo indispensable para los países, ocasionando la nacionalización de la industria petrolera en otros países a lo largo del siglo.

La expropiación en México fue el parteaguas que comenzaría a sacudir los pilares del cartel petrolero, tras la expulsión de las empresas extranjeras con intereses en México, otros países trataron de seguir el ejemplo y cuando las compañías notaron esto, cambiaron su estrategia implementando el modelo de contrato y no el de concesión, mediante el cual ahora se le garantizaba parte de los beneficios a la nación en cuestión, estos acuerdos expresaban una repartición equitativa del orden del cincuenta por ciento para cada parte, con el tiempo estos acuerdos evolucionaron en función de las características de las operaciones realizadas y de los riesgos considerados. Este concepto es el que México está utilizando para la implementación de la “Reforma Energética”, considerando las mejoras prácticas internacionales sobre el tema.

El final de la década de los años treinta marco el inicio de la segunda guerra mundial en la cual el control de las regiones petroleras desde el mar caspio hasta el medio oriente se tornaba imperativo para la victoria de cualquier coalición, por otra parte las naciones con influencia en el medio oriente como los Estados Unidos comenzaban a fortalecer sus lazos de amistad con los países de la región para asegurar un suministro de hidrocarburos, pero esta amistad con los países árabes comenzaría a desestabilizarse al apoyar la partición de Palestina entre árabes y judíos. Tras el término de la guerra se descubrieron las atrocidades que los nazis implementaron a los judíos, era realmente complicado oponerse a la formación de un estado que los albergara tras ver el sufrimiento por el que habían pasado.

El consentimiento por parte del presidente norte americano hacia la formación del nuevo país “Israel” en 1948, no fue solamente impulsado por un sentimiento de caridad hacia el pueblo judío sino también por un interés político al buscar el voto de la población judía para favorecer a su persona y partido en las elecciones presidenciales de ese mismo año. Con el fin de la guerra Estados Unidos se posicionaba como el país más poderoso y cuando éste reconoció a Israel como una nueva nación muchos otros países lo siguieron, esta posición ocasiono que muchas naciones árabes rompieran relaciones y adoptaran nuevas políticas con posiciones agresivas que llevarían a la unión y nacionalismo árabe en

¹²⁶ *THE AGE OF OIL: The Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource.* Leonardo Maugeri. Praeger. Westport CT. 2006. Traducción Hecha por mí. P 44 - 45



contra del nuevo país y sus aliados, desencadenando numerosos conflictos religiosos debido a las tensas relaciones que prevalecen hasta la actualidad. [127]

- El 14 de Noviembre de 1947 se perfora el primer pozo fuera del macizo continental a unas de 10 millas de la costa de Louisiana y con este evento nace la plataforma de perforación que revolucionaria la industria al expandir su potencial hacia el mar un nuevo horizonte de oportunidades, este nuevo equipo desataría una ola de innovación tecnológica. [128]
- En 1948 se descubre el campo petrolero más gran del mundo “Ghawar” (en árabe: الغوار), en Arabia Saudita dentro del medio oriente, región del mundo que alberga la mayor parte de las reservas petroleras.

Tras la declaración de independencia de Israel varios países árabes colindantes invadieron inmediatamente sus fronteras para atacar al nuevo país, entre ellos Egipto, Siria, Jordania, Irak y Líbano. Este sería el comienzo de una sucesión de guerras en la zona y por otra parte este evento se consideraría como un parteaguas que marca el acenso de una ola de nacionalismo árabe que traería una serie de cambios a la región, sobre todo en cuanto al ámbito petrolero ya que después de la guerra el 98% de la producción de hidrocarburos del Medio Oriente estaba dominada por compañías norteamericanas o anglo-holandesas como: BP, Shell, Exxon, Gulf, Mobil, y Chevron.

En los años siguientes comenzó a gestarse un malestar del pueblo iraní hacia las compañías petroleras extranjeras como la British Petroleum, principalmente porque consideraban que las empresas estaban depredando al país, aunado a un acuerdo muy injusto donde gran parte de las ganancias que se percibían por la comercialización del recurso eran acaparadas por la empresa dejando una mínima parte para la nación, para solucionar esta situación se trataron de implementar una serie de acuerdos que terminaron por fracasar llevando a que el primero de marzo de 1951 Irán ejecutara la nacionalización de su industria.

La expropiación de la industria petrolera que México había ejecutado trece años antes y el desarrollo que esta acción trajo al país, fue un modelo que comenzaba a influenciar a otras naciones como el caso de Irán, que con este acto desestabilizó el control que mantenían las grandes empresas petroleras en su país, pero Irán no sería el único caso que empleó como base al modelo mexicano, otros casos se presentaron en Italia y Brasil donde insatisfechos con los modelos de desarrollo que ofrecían las grandes empresas petroleras decidieron crear sus propias petroleras nacionales, es en 1953 cuando surgen “Ente Nazionale d’Idrocarburi” (ENI) y “Petrobras” quien nació con el eslogan ‘o petroleo e nosso’ (el petróleo es nuestro). [129]

¹²⁷ THE AGE OF OIL: The Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource. Op cit

¹²⁸ OFFSHORE PIONEERS: Brown & Root and The History of Offshore Oil and Gas. Joseph A. Pratt. Tyler Priest. Christopher J. Castañeda. Gulf Publishing Company. Houston Texas. 1997. Traducción Hecha por mí. P XII

¹²⁹ El petróleo como elemento de negociación de los países subdesarrollados. Gonzalo Agustín Bravo y Vera. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales UNAM. México 1977. P 47



Los acontecimientos anteriores marcaban la pauta para debilitar la hegemonía que ostentaba el cartel petrolero internacional y su monopolio del mercado petrolero ya que en respuesta de su control monopólico muchos países comenzaban a desafiarlos creando nuevas petroleras.

Años después del primer conflicto entre árabes e israelíes, en 1952 se lleva a cabo un golpe de estado con tintes de revolución en Egipto en el cual llegan al poder un grupo de oficiales para remplazar a la monarquía reinante que consideraban era inútil, decante y títere de extranjeros, después de este movimiento llega al poder Gamal Abdel Nasser un hombre con ideales liberales hacia las naciones árabes proclamando que debían unirse y perseguir sus propios intereses con el fin de conseguir un mundo árabe independiente de las potencias.

Nasser llevó a cabo tensas negociaciones con los Estados Unidos y el Imperio Británico, pero sus relaciones terminarían por romperse en 1956 ocasionando que Nasser en represalia anunciara la nacionalización del canal de Suez un punto estratégico del comercio mundial por donde principalmente transitaban buques tanques cargados de petróleo con destino a Europa. El canal estaba bajo el control de una empresa anglo-francesa por lo que esto terminó en un conflicto bélico entre Israel, Francia, Inglaterra y Egipto, a manera de contrataque gran parte de los países árabes se unieron a la causa de Nasser e interrumpieron el envío de petróleo hacia Europa, lo que llevó a serias consecuencias para las potencias demostrando así el poder de la unión de los países árabes en contra de occidente.

Estas acciones llevarían a una segunda crisis petrolera en medio oriente, teniendo como antecedente la nacionalización de la industria petrolera por parte de Irán. Tras el ataque a Egipto occidente comprobó el poder y la amenaza que los países árabes podían representar, dicha amenaza llegaría a su máxima representación durante los primeros años de la década de los setenta cuando utilizan el petróleo como arma, teniendo como antecedente el primer embargo petrolero de 1956.

Ulteriormente al conflicto en Egipto las empresas petroleras extranjeras con operaciones en esta región comenzaron a intensificar la extracción de petróleo, debido a la inestabilidad política que podría sacarlos de la zona en cualquier momento, por lo que intentaban obtener la mayor cantidad de beneficios en el menor tiempo posible llevando a una sobre explotación de los yacimientos arrojando cantidades desmesuradas al mercado. ^[130]

Por otro lado durante esta década crece el número de empresas petroleras en busca del recurso (compañías nacionales o privadas) y su participación comienza a representar una tendencia de disminución en los precios debido al aumento de la competencia y producción, reduciéndose así las ganancias que el cartel petrolero había disfrutado durante muchos años, esto aunado a una sobreproducción proveniente del medio oriente y la venta de excedentes de petróleo procedente de la URSS a países tercermundistas a cambios de productos primarios únicos de su territorio a precios muy bajos generan una depreciación en el precio del barril de petróleo que aumenta gradualmente.

¹³⁰ *El Petróleo y La Crisis Mundial (Génesis, evolución y consecuencias del nuevo orden petrolero internacional)*. Roberto Centeno. Alianza. Madrid 1982. 65



La caída en los precios obligo a las compañías a competir con sus productos y propiciar una guerra de ofertas, ocasionando continuas fluctuaciones en el precio del barril terminando en una disminución general del mismo del orden de 10% para a principios de 1959 y del 15% para mediados de 1960.

La reducción en el precio del barril representaba indirectamente una disminución en los ingresos que los países petroleros percibían a manera de regalía por la extracción de hidrocarburos presentes en su territorio y a pesar de que la rebaja no era tan grande para países cuya economía estaba petrolizada esto era una acción muy seria que debía atenderse inmediatamente, aunado a todo esto estaba presente la prepotencia de las empresas petroleras quienes incitaban la guerra de ofertas para bajar los precios y afectar a su competencia, sin consultar a los países productores lo que posteriormente llevaría a la creación de la OPEP. [131]

Debido a la situación de precios bajos en el mercado petrolero para el medio oriente los países petroleros comienzan a reunirse ideando una manera para combatir las disminuciones arbitrarias de precios y el 14 de Septiembre de 1960 se crea la “Organización de Países Exportadores de Petróleo” (OPEP) a manera de respuesta en contra de las empresas petroleras que dominan el mercado, buscando modificar las reglas del juego mediante negociaciones entre los países y las compañías en cuanto a temas de producción, precios y concesiones, para mantener un nivel estable de los precios de referencia de venta del barril que mejoraba su recaudación fiscal con las actividades concernientes al petróleo. Posteriormente en 1968 se crea la “Organización de Países Árabes Exportadores de Petróleo” (OPAEP). [132]

Consecuencia del aumento de jugadores en el mercado petrolero cada empresa debía mejorar sus propuestas para conseguir la autorización de los países y comenzar sus actividades, por lo que ahora las sociedades independientes (nuevas compañías) proponían a los países condiciones más ventajosas que las permitidas por aquellas grandes empresas pertenecientes al cartel. Los acuerdos propuestos manejaban diferentes enfoques según la empresa que los propiciara, algunas introducían contratos de asociación con los países, otras contratos donde el país productor mantenía el control sobre las operaciones, siempre apelando al creciente sentido nacionalista de los países quienes constantemente recibían condiciones más ventajosas que las anteriores, es así como comienzan a modificarse para bien la relación que existe entre la empresa petrolera y el país productor para colaborar juntos buscando percibir un bien común.

A lo largo de la década de los sesenta y los primeros años de la década de los setenta la demanda por los hidrocarburos iba en aumento ya que los grandes países ataban su progreso industrial y acelerado crecimiento económico al consumo de petróleo, sobre todo en los Estados Unidos quienes después del término de la segunda guerra mundial aumentaban anualmente su ritmo de consumo de hidrocarburos en 5% y cada 12 o 14 años se duplicaba la demanda, principalmente debido a la creciente producción automotriz.

¹³¹ *El Petróleo y La Crisis Mundial (Génesis, evolución y consecuencias del nuevo orden petrolero internacional)*. Op Cit.

¹³² *El petróleo como elemento de negociación de los países subdesarrollados*. Gonzalo Agustín Bravo y Vera. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales UNAM. México 1977. P 50-51



Durante la década de los sesenta la tensión entre Israel y sus vecinos árabes comienza a aumentar debido a pequeñas escaramuzas en las fronteras de su territorio, pero la liberación de este estrés llegaría hasta junio de 1967 en la llamada “guerra de los seis días”, en la cual Siria, Egipto y Jordania planearon una ofensiva sorpresiva en contra de Israel quien repele la acción frustrando los intereses árabes, consiguiendo anexarse nuevas zonas de territorio egipcio y sirio entre ellas el Sinaí que compromete el canal de Suez, esto sería una de las causas del último conflicto árabe-israelí de la siguiente década que repercutiría enormemente en la economía mundial.

Durante esta guerra se obstruye la navegación en el Canal de Suez creando la tercera crisis petrolera con sede en el medio oriente, pero esta crisis solo fue el preludio de la próxima que causaría un gran impacto en el estilo de vida que ostentaban los países más desarrollados y poderosos del orbe ya que eran grandes consumidores de hidrocarburos.

En 1973 estalla sorpresivamente el cuarto conflicto árabe-israelí denominado “guerra del Yom Kippur” en nombre de la más famosa efeméride del pueblo judío en la cual comienza la batalla donde Egipto y Siria atacan a Israel con el propósito de recuperar el territorio perdido en la guerra anterior y restaurar el orgullo árabe, la tensión que generó esta guerra fue muy elevada debido a que cada potencia apoyaba a un lado distinto dentro del contexto de la guerra fría temiendo un escalamiento del conflicto.

Gran parte de los países ataban su desarrollo al consumo de hidrocarburos debido a que era la fuente de energía más barata de la época incrementando ligeramente su precio a lo largo de los años, esto consecuencia de la cooperación multilateral de la OPEP que decidía fijar topes de producción para los miembros, ocasionando una disparidad en el crecimiento del consumo comparado con el crecimiento de la oferta. Por otro lado durante la década de los setenta surgieron diversos conflictos de carácter político en algunos países exportadores de hidrocarburos (Argelia, Libia, Irak, Venezuela y Arabia Saudita) que llevaron a nacionalizaciones del petróleo, lo que en consecuencia alejaba al capital extranjero de invertir en esta industria. [¹³³]

En consecuencia del comienzo del conflicto gran parte de las naciones árabes se unieron a la causa y aquellos que formaban parte la OPEP decretaron el 17 de Octubre de 1973 un embargo petrolero en contra de aquellos naciones que apoyaban a Israel en la guerra, amenazando con reducir su producción en 5% cada mes hasta que Israel se retire de los territorios ocupados, desatando la cuarta y más importante crisis petrolera mundial que generó presiones internacionales sobre Israel perdiendo muchos de sus aliados.

El embargo petrolero que duró hasta Marzo de 1974 encareció el precio del barril de petróleo cuadruplicando el valor que este poseía antes de la crisis, debido a la tendencia a la baja en la producción y dificultad de transporte, ya que gran parte de la masiva flota de buque tanques se encontraba detenida por el cierre del canal de Suez.

El aumento en los precios del petróleo trajo la peor recesión económica desde la segunda guerra mundial y “En el plano puramente financiero, las rentas de los países productores de Oriente Medio

¹³³ *El Petróleo y La Crisis Mundial (Génesis, evolución y consecuencias del nuevo orden petrolero internacional)*. Roberto Centeno. Alianza. Madrid 1982. 124



en 1972 se elevaron a 14.500 millones de dólares frente a 4.214 en 1970, es decir, se multiplicarían más de tres veces”¹³⁴

El embargo petrolero fue un parteaguas en la manera en que los gobiernos de los países tanto exportadores como importadores se involucran con la industria petrolera, ya que tuvo como consecuencia un análisis de la cantidad de participación del gobierno en la planificación y gestión de las operaciones concernientes al sector petrolero, por lo que ahora se busca una mayor integración en la economía del país priorizando las decisiones de inversión para el sector petrolero ya que esto significa un desarrollo nacional.

Con el surgimiento de la crisis petrolera y la posterior recesión económica se comenzó a indagar más sobre los precios de los hidrocarburos, demostrando que el valor comercial asignado al recurso y sus derivados proviene de diversos factores siendo los menos importantes los costos de producción, transporte, refinación y distribución que significan apenas alrededor de una cuarta o quinta parte del costo total del recurso, aunado a una ponderación por los gobiernos de los países productores y el resto es un impuesto agregado por el gobierno del país importador siendo esta la parte más significativa. [¹³⁵]

Por lo que el establecimiento de los precios de referencia que muestra el recurso no necesariamente es resultado de una serie de elementos que tienen que ver con la economía de mercado o criterios económicos, pero sí con la percepción de los gobiernos de los países productores y consumidores que representan gran parte del precio de venta.

La crisis provocó en los gobiernos de los países importadores plantearse nuevas estrategias, en aquellos países que ya se había descubierto petróleo se implementaron masivas inversiones con los excedentes petroleros en exploración para descubrir nuevos yacimientos, (durante esta época se descubren grandes acumulaciones de hidrocarburos en el Mar del Norte, Alaska, Noruega y México) para después enfocarse en las actividades de refinación y limitar su importación a únicamente al petróleo crudo y no derivados.

Por otra parte la crisis petrolera también generó un cambio en la política económica de los países consumidores ya que estaba orientada a un gasto desmedido y ahora debía cambiar ciento ochenta grados enfocando se al ahorro para volverse más eficientes y lograr reducir su consumo de hidrocarburos. Por último comenzaron a experimentar con nuevas formas de energía buscando una autosuficiencia energética. Estas acciones repercutirían posteriormente a los países productores que ahora estaban muy confiados con su posición en la escena mundial.

Ulteriormente al levantamiento del embargo petrolero las naciones árabes comenzaron a ser tomadas en serio por las potencias tratándolas con mucho respeto reajustando sus relaciones con ellas y a partir de Octubre de 1973 los precios de referencia se fijaban unilateralmente por la OPEP.

Con esta acción los árabes se dieron cuenta que sus movimientos podían derribar la economía mundial ya que al año siguiente del embargo comenzó una inflación mundial que redujo las ganancias que los

¹³⁴ *El Petróleo y La Crisis Mundial (Génesis, evolución y consecuencias del nuevo orden petrolero internacional)*. Op Cit.

¹³⁵ Ibid



países productores esperaban y para finales de la década una baja cotización del dólar empeoró la situación. Tras ver los estragos que causó la crisis petrolera los países productores aprendieron la lección y moderaron sus exigencias, admitiendo descensos en los precios de venta acordes a las necesidades del mercado mundial.

Hacia finales de la década de los setenta comienzan a aparecer claras señales de un nuevo conflicto en el medio oriente nuevamente en Irán donde se gestó la primera crisis petrolera de la región, esta vez el pueblo iraní buscaba un cambio en la estructura política de su gobierno incitado por el líder político y religioso el ayatolá Jomeini a través de huelgas y revueltas que eran reprimidas por la “Savak” terminando con muchos muertos, esto con el fin de derrocar al “Sha” quien mantenía una postura pro occidente favoreciendo la occidentalización de Irán para modernizar al país, pero esta ideología iba en contra del sentimiento religioso nacional.

La revolución Iraní finalizó el 11 de Febrero de 1979 cuando se proclama la república islámica de Irán, siguiendo los ideales del ayatolá Jomeini quien años antes pronunció un discurso en el que mencionaba que Estados Unidos necesitaba de Irán por su petróleo y como base para una lucha contra la Unión Soviética, terminando por tratar de unir al mundo árabe en contra de los Estados Unidos e Israel y así lograr detener el occidentalismo que amenazaba las tradiciones y la región del medio oriente, este evento creó la quinta crisis petrolera ya que la producción petrolera de Irán cayó repentinamente provocando un nuevo incremento en el precio del barril de petróleo.

Por otro lado en Irak la llegada al poder de Saddam Hussein un líder militar, fue favorecida por occidente donde veían a un nuevo aliado en medio oriente en contra de la doctrina impulsada por el ayatolá y tras el caos generado por su revolución en 1981 Irak invade Irán aprovechado la desorganización del país para apoderarse de los campos petroleros de este país vecino.

La guerra entre Irak e Irán fue favorecida totalmente por las potencias mundiales ya que empleaban a un país para destruir a otro y mantener bajo su control la región más importante en cuanto a la industria petrolera, pero esta guerra no fue lo que esperaban ya que los combates se trabaron en la frontera sin dejar a un claro ganador.

Con esta nueva guerra los precios de petróleo se elevaron de forma trepidante debido a que los combatientes en cuestión eran dos de los principales productores de hidrocarburos del mundo, durante esta guerra los principales ataques se dirigían hacia los complejos petroleros y su infraestructura que coincidente en ambos países se encontraba relativamente cerca de la frontera, esto ocasionó una abrupta caída en la producción de ambas naciones generando inmediatamente una escasez de petróleo, el aumento en el precio del barril que causó este conflicto fue incluso mayor que el percibido a finales de 1973 tras el embargo petrolero, este evento es considerado la sexta crisis petrolera con sede en el medio oriente.



A mediados de los ochenta, el “Arabian Light” alcanzó su precio máximo histórico de \$42 por barril y el precio promedio de la gasolina en Estados Unidos alcanzó su nivel record de \$1.42 por galón [136].

Esta repentina alza en los precios ocasiono que otros países productores de petróleo elevaran su producción para llenar el hueco que dejaban las naciones en guerra, ocasionando un desorden entre la organización OPEP ya que cada integrante trataba de vender su petróleo al mayor precio posible buscando obtener el mayor beneficio rápidamente.

En 1982 la OPEP fija cuotas de producción a sus miembros para tratar de contener la euforia generada por la escases y así mantener los precios estables, a pesar de los intentos de Arabia Saudita (el miembro más representativo de la OPEP) por reducir su producción para estabilizar el precio del petróleo pasando de producir 10.5 millones de barriles diarios en 1980 a 2.2 millones de barriles a mediados de 1985, pero no todos los miembros respetaron el acuerdo lo que llevó a Arabia Saudita a elevar su producción ocasionando que en 1986 los precios del petróleo se desplomaran debido a una sobreproducción que inundo el mercado. [137]

La sobreproducción que apareció a mediados de los años ochenta fue causada por una falta de disciplina por parte de algunos de los países exportadores de petróleo del medio oriente que optaron por seguir una producción descontrolada, aunada a políticas energéticas conservadoras que gran parte de los países consumidores habían adoptado como consecuencia de la escases de petróleo de la década pasada, por lo que ahora impulsaban el cambio a otras fuentes de energía para reducir su dependencia de los hidrocarburos. Los últimos años de los setenta y la década de los ochenta constituyeron la era dorada de la energía nuclear en el mundo.

Con la caída de los precios del petróleo comenzó una guerra de ofertas que redujo el precio del barril aun más, por lo que ahora las empresas petroleras ofrecían descuentos a los compradores siendo los precios establecidos meramente marcadores que ya no guiaban las transacciones entre ellos. Estos eventos confirmaban la pérdida del dominio oligopólico de la OPEP y las grandes compañías petroleras ya que el mercado había pasado de ser un mercado de vendedores a convertirse en un mercado de compradores, devolviendo el golpe de la crisis de 1973 a los árabes.

Tras el término de una guerra que se prolongó por ocho años sin un claro ganador, Irak emergía del conflicto con una situación financiera abrumadora ahogado en desudas, es decir estaba en la ruina guiado por una estrepitosa caída del precio de su crudo de exportación, por lo que Saddam Hussein desató una campaña propagandista acusando a Kuwait, Los Emiratos Árabes y Arabia Saudita de confabular en contra de Irak aumentando su producción y propiciar una depreciación en los precios para castigarlo por sus acciones.

¹³⁶ *THE AGE OF OIL: The Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource*. Leonardo Maugeri. Praeger. Westport CT. 2006. Traducción Hecha por mí. P 129-130

¹³⁷ *THE AGE OF OIL: The Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource*. Op cit



Posteriormente la primera propaganda iraquí en contra de sus vecinos, Saddam Hussein intensificó sus acusaciones en contra de Kuwait declarando que él lideraba la sobre producción y al ser países vecinos compartían parte de la riqueza petrolera de la región la cual estaba siendo extraída desmesuradamente del lado kuwaití robando petróleo a Irak. Pero detrás de estas acusaciones se encontraban las ambiciones de Saddam por apoderarse en primera instancia de un mayor territorio con acceso al golfo pérsico para no depender de otros países para transportar su petróleo y posteriormente de apoderarse de la riqueza petrolera para con ella manipular el mercado a su beneficio. El 2 de Agosto de 1990 Irak invade Kuwait y para el término de ese día ya se había apoderado del control total del país. [¹³⁸]

Con la invasión a Kuwait Saddam Hussein se había apoderado fácilmente de alrededor del 20% de las reservas mundiales de petróleo por lo que ahora tenía a merced a Arabia Saudita y a Los Emiratos Árabes, esto significaba que Saddam estaba al alcance de apoderarse de más del 50% de las reservas mundiales de hidrocarburos, pero el mundo y principalmente los Estados Unidos no permitirían que el dictador se apoderara de las reservas petroleras de Kuwait y la madrugada del 17 de Enero de 1991 el mundo presencia la primera guerra televisada en tiempo real por la CNN, la llamada operación “Desert Storm” (tormenta del desierto) mostrando el bombardeo a la capital de Irak. [¹³⁹]

Después de que el ejército iraquí tomó el control de su país vecino los precios de los hidrocarburos ascendieron inmediatamente hasta alcanzar un nuevo record máximo provocando nuevamente una euforia en los países de la región por aumentar su producción, pero con la entrada de Estados Unidos al conflicto quien liberó 35 millones de barriles al mercado provenientes de su reserva estratégica para alimentar su máquina de guerra los precios se desplomaron de la noche a la mañana.

Tras la inevitable derrota del ejército iraquí, en represalia Saddam Hussein ordenó a sus tropas destruir toda la infraestructura petrolera de Kuwait, causando una destrucción sin precedentes al incendiar alrededor de 800 pozos, espectáculo conocido como “Los fuegos de Kuwait” donde las nubes generadas por la quema del hidrocarburo obstruían incluso la luz del sol, las operaciones para extinguir estos fuegos matando a los pozos duraron alrededor de 9 nueve meses. La guerra del Golfo Pérsico representó la séptima crisis petrolera con sede en el Medio Oriente.

Fuera de la atención del Medio Oriente a finales de la década de los ochenta, se derrumba la Unión Soviética consecuencia de un desastre nuclear que requirió incontables recursos que durante ese mismo año la sobreproducción proveniente del Medio Oriente trajo una depreciación en los precios del petróleo, que afectó dramáticamente los excedentes de la comercialización de hidrocarburos que contribuían en alrededor de un 30% al presupuesto soviético, además que en los años siguientes su industria petrolera sufriera una implosión que trajo una caída substancial a su producción debido a una sobreproducción de sus yacimientos, esto aunado a una implantación de reformas fallidas que llevaron a la caída del imperio comunista. [¹⁴⁰]

¹³⁸ Ibid

¹³⁹ Ibid

¹⁴⁰ Ibid



La disolución de la Unión Soviética trajo un caos a la región permitiendo el nacimiento de quince nuevas repúblicas dentro de las que eran sus fronteras, pero el caos no solo estaba fuera de Rusia si también dentro de ella ya que aprovechado el caos se comenzaba a desmembrar su industria petrolera mediante una aplicación de medidas privatizadoras que le cedían el control al capital privado. Por otra parte la aparición de nuevas naciones rodeado el Mar Caspio quienes buscaban formar su propia identidad independiente de Rusia, comenzó a despertar el interés de los magnates petroleros dirigentes de las siete hermanas que conocían el potencial petrolero de la región desde el siglo pasado.

La caída de la URSS favoreció la independencia de nuevas naciones lo que trajo a su vez una nueva región petrolera para explotar y tras numerosos estudios exploratorios se confirmaron grandes hallazgos por lo que la prensa mundial se refería al Mar Caspio como el nuevo Mar del Norte (con sus grandes descubrimientos cercanos a las costas de Inglaterra y Noruega) o el nuevo Golfo Pérsico.

A pesar de que el Mar Caspio posee un gran potencial petrolero también posee un gran problema que obstaculiza su aprovechamiento, el cual es que la mayoría de las naciones que están en contacto con el mar están aisladas geográficamente de algún acceso al océano, es decir están encerrados, lo que dificulta enormemente el transporte de hidrocarburos extraídos de la zona y el acceso de grandes equipos o herramientas para la extracción del recurso como las plataformas petroleras.

Tras conocer el potencial de la relativamente nueva región su popularidad crecía a la par de las tensiones geopolíticas entre Estados Unidos y Rusia alrededor del problema de como transportar el crudo extraído (ya que Rusia era quien se había encargado de transportar el crudo durante varias décadas), los norteamericanos favorecían la construcción de enormes oleoductos a través de otros países como Turquía logrando tener acceso al océano y transportar su crudo. Debido al problema del transporte y accesibilidad para finales de la década de los noventa se habían conseguido pequeños logros para conseguir abrir la zona a una exportación masiva y únicamente se había construido un oleoducto que conectaba Azerbaiyán con Georgia logrando con esto tener acceso al Mar Negro. [141]

Durante la década de los noventa surgieron algunos cambios en la industria petrolera mundial, comenzando por el sorpresivo boom petrolero proveniente del Mar del Norte que ahora alimentaba gran parte del consumo mundial de hidrocarburos, disminuyendo la importancia del Medio Oriente y sus continuos conflictos. Esto gracias a un debilitado y sancionado Irak y a una derrumbada Unión Soviética que era algunos de los principales productores de hidrocarburos, pero cuando estas naciones se recuperaron y otras nuevas aparecieron en el mercado mundial, la oferta de hidrocarburos comenzó a rebasar la demanda, por lo que paulatinamente comenzaba a gestarse una sobre producción en el mercado que nuevamente depreció los precios del barril de petróleo.

Con una nueva crisis petrolera en el horizonte, la OPEP convocó a una reunión incluyendo no solo a los países miembros de la organización sino también a otros países productores como Noruega, México, Rusia, etc.. En esta reunión se llegó a un acuerdo de una disminución general en la producción, esta acción ocasionó inmediatamente un aumento progresivo de los precios que en poco tiempo se recuperaron a niveles aceptables de alrededor \$20 a \$28 dólares a finales de la década.

¹⁴¹ Ibid



Esta acción demostró nuevamente el poder que posee la organización de los vendedores dentro de un mercado internacional. [142]

Por otro lado durante esta década comenzó a hacerse importante un tema que nunca antes se había siquiera mencionado en la industria petrolera “la afectación al medio ambiente”, por lo que este tema se volvió una prioridad en la industria y en Diciembre de 1997 se firma un acuerdo entre 84 países para reducir las emisiones de gas invernadero hacia un futuro colocando el 2008 a 2012, a este acuerdo se le conoce como “el protocolo de Kyoto” y con su implementación la industria alrededor del mundo tuvo que modificar sus procesos para mitigar las emisiones de dicho gas.

Hacia finales de la década “British Petroleum” (BP) anuncia su fusión con “Amoco” y ese mismo año “Exxon” se fusionó con “Mobil”. Esta nueva estrategia impulsó a los magnates petroleros a unir fuerzas entre ellos creando una era de super empresas petroleras para repartirse el mundo, acto que a inicios del siglo la suprema corte de Estados Unidos trato de evitar al desintegrar la titánica “Standard Oil Company”, pero siglos más tarde la idea de John D. Rockefeller de evitar la competencia a toda costa era implementada con una ligera modificación.

La llegada del nuevo siglo fue eclipsada por uno de los peores actos terroristas en la historia de la humanidad consecuencia de los problemas no resueltos en el Medio Oriente, cuando la mañana del 11 de Septiembre de 2001 el mundo presenció los ataques al New York World Trade Center y al Pentágono en Washington, destruyendo completamente el ideal de un mundo pacifico entre dos civilizaciones que evolucionaron independientes y aprendieron a colaborar juntas.

Tras el inesperado ataque Estados Unidos declara la guerra a los terroristas además de acusar a Irak de apoyarlos y poseer armas de destrucción masiva que amenazaban no solo al Medio Oriente sino también al mundo entero, ulteriormente a esta declaración los norteamericanos invadieron en primera instancia Afganistán (país donde se localizaba la mente maestra de los ataques) y posteriormente Irak el 20 de Marzo del 2003 comenzando así la segunda guerra del Golfo Pérsico.

La cruzada en contra de la “guerra del terror” desatada por el mandatario estadounidense fue enmascarada como una liberación del pueblo iraquí de un despiadado dictador aunada a una lucha en contra del mal representado por los musulmanes radicales. Pero detrás de estos argumentos se escondía la insaciable y creciente adicción de los Estados Unidos por petróleo, que al encontrar la coyuntura perfecta para apoderarse de una de las reservas petroleras más grande del mundo (Irak) resultó ser la respuesta. Después de comenzada la invasión la prioridad de las tropas era controlar y asegurar a toda costa las zonas petroleras del país y tras el derrocamiento de Saddam Hussein, se instaló un gobierno afín a los Estados Unidos mediante el cual se abrió la puerta a las empresas norteamericanas para explotar los yacimientos del subsuelo iraquí.

Durante el inicio del siglo XXI ocurrieron otros eventos de interés para la industria petrolera además del inicio de la segunda guerra del golfo. El primero de ellos ocurrió en Diciembre del 2002 cuando estalla una gran huelga de trabajadores de la empresa petrolera nacional en Venezuela, en respuesta al cambio en el manejo de la empresa propuesto por Hugo Chávez, esta huelga implicó el cese de labores por parte de alrededor de 18 000 trabajadores ocasionando que la producción de la nación

¹⁴² Ibid



pasara de 3 millones de barriles diarios en 2002 a menos de 1 millón de barriles diarios en 2003. [143] En consecuencia de esta huelga Chávez despidió a todos aquellos trabajadores que participaron ocasionando que muchos de ellos emigraran a otros países, entre ellos México.

Por otro lado en Rusia el nuevo presidente Vladimir Putin estaba decidido a terminar con los oligopolios en su nación, por lo que en los primeros años del nuevo siglo comenzaron a caer varios magnates de distintas industrias, entre ellas la petrolera con Mikhail Khodorkovsky director de una de las compañías petroleras más importantes de Rusia (Yukos) acto que produjo inmediatamente una considerable caída en la producción de ese país ya que esta empresa producía alrededor de 1.7 millones de barriles diarios de petróleo. Con esta estrategia Putin anunciaba al mundo que la industria petrolera rusa estaba fuera del alcance de las compañías occidentales. [144]

A mediados de la primera década del siglo XXI un fenómeno natural entra a la escena mundial y el 29 de Agosto del 2005 el “huracán Katrina” toca tierra en la costa de Lousiana, provocando una devastación sin precedentes cobrando una gran cantidad de vidas principalmente en la ciudad de New Orleans, por otra parte este huracán hizo colapsar la infraestructura petrolera estadounidense del Golfo México, ocasionando un decremento temporal de la producción tanto de aceite como de gas, alrededor de 1.5 millones de barriles diarios de petróleo, deshabilitó alrededor del 16% de la producción de gas natural y por último detuvo el 10 % de las operaciones de refinación. [145]

Esta serie de eventos aunado a un constante crecimiento económico anual sorprendente por parte de China y Estados Unidos que ambas naciones demandaban una gran cantidad de recursos siendo el más importante de ellos el petróleo para sostener su apabullante desarrollo, ocasionando que el precio del barril de petróleo comenzara un ascenso continuo llegando a nuevos records. Tras el inicio de la segunda guerra del Golfo Pérsico “el West Texas Intermediate (WTI) promedió \$31.1 por barril en 2003, \$41.4 por barril en 2004 y un estelar \$56.5 en 2005. [...] El 30 Agosto de 2005 el crudo alcanza un nuevo record [...] de \$71 por barril de WTI”¹⁴⁶.

A lo largo de los tres años siguientes el precio del barril de petróleo continuó con una tendencia alcista hasta alcanzar un máximo en 2008 de casi \$150 por barril, esto consecuencia de diversos eventos, entre ellos numerosos accidentes o sabotajes efectuados a la infraestructura petrolera de distintas naciones aunado a constante incertidumbre política en países exportadores.

Por otro lado se presenta una creciente tensión en el Medio Oriente por la intensa persecución de Irán para conseguir armas nucleares, un aumento de la demanda de hidrocarburos por parte de las principales economías del mundo y por último una especulación en el mercado financiero de los

¹⁴³ Ibid

¹⁴⁴ *Extreme Oil: Geopolitics & the Future*. [En línea 2017]. Traducción Hecha por mí. Dirección URL: <http://www.pbs.org/wnet/extremeoil/history/1975.html>

¹⁴⁵ *THE AGE OF OIL: The Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource*. Leonardo Maugeri. Praeger. Westport CT. 2006. Traducción Hecha por mí. P. 196

¹⁴⁶ *THE AGE OF OIL: The Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource*. Op cit P. 187



Estados Unidos sobre una posible recesión económica que comenzaba a devaluar el dólar favoreciendo la comercialización del crudo.

Para finales del 2008 la “crisis del crédito” aparece, afectando inmediatamente el mercado petrolero al dirigir los precios en picada deteniéndose en \$50 dólares a finales del año y poco más de \$40 a comienzos del siguiente conmocionando así a las economías de los países exportadores, como consecuencia de esta crisis muchos bancos tuvieron problemas de liquides ocasionando que la cantidad de préstamos que estas instituciones realizaban se contrajera enormemente, traduciéndose en escases de capital para financiar proyectos petroleros que debido a los altos precios presenciados anteriormente condujo a muchas compañías a aventurarse a explotar yacimientos más complicados que implican elevados costos de producción.

Tras la estrepitosa caída de los precios en 2008 y 2009 las coberturas petroleras comenzaron a tomar un gran importancia y popularidad entre las empresas del ámbito ya que con la disminución muchas de ellas se vieron obligadas de priorizar sus proyectos y posponer otros, sobre todo las pequeñas empresas y las petroleras nacionales que no poseen el poder adquisitivo de permanecer intactas tras la crisis, como lo hicieron las grandes compañías que a pesar de la caída de los precios seguían financiando sus proyectos sin importa lo encarecido que fuera ya que ellas poseen una gran cantidad de recursos para financiar sus actividades. Es por eso que tras esta caída muchas empresas optaron por emplear esta acción que asegura el flujo de ingresos por la comercialización del crudo a cierto precio sin importar las fluctuaciones del mercado.

En 2010 el mundo presenció el peor desastre ecológico de la historia cuando la plataforma petrolera Deepwater Horizon sufre un descontrol de pozo ocasionando el inicio de un incendio que hizo colapsar la estructura trayendo consigo toda la infraestructura del pozo (Riser), provocando una masiva filtración de hidrocarburos en el Golfo de México. A finales de ese mismo año se desata una serie de protestas en el norte de África y en algunos países del Medio Oriente donde se derrocan a varios dictadores, este movimiento amenazó con comprometer el flujo de hidrocarburos proveniente de una de las zonas petrolíferas más importantes para atender la insaciable demanda mundial por el valioso recurso.

Por otro lado a comienzos de esta década y a finales de la anterior comenzaron a cobrar gran popularidad los hidrocarburos no convencionales principalmente los llamados “Shale Oil” y “Shale Gas” que recibieron el nombre de la roca en la cual están atrapados. El aprovechamiento de este recurso fue bastante dramático ya que este tipo de rocas pasó de ser inútiles a ser el futuro de la independencia energética en Estados Unidos ya que este país es el principal promotor de la explotación de estos hidrocarburos.

El panorama que trajo la explotación de estos relativamente nuevos hidrocarburos fue de verdadera euforia para los países exportadores, ya que al descubrir este tipo de formaciones en sus territorios incrementaron sus reservas drásticamente con la incorporación de estos recursos y al poseer esta inesperada riqueza pueden emplearla como una bien para comerciar con otros países.

La sorpresiva aparición del “Shale Oil” y “Shale Gas” en la escena petrolera mundial podría decirse que es consecuencia del embargo árabe de 1973 que conmocionó a las economías occidentales principalmente a los Estados Unidos, quienes comenzaron una intensa búsqueda por nuevas fuentes



de energía en su territorio entre ellas los hidrocarburos no convencionales que habían sido descubiertos desde mediados del siglo XIX, por lo que inició un gran programa de inversión para estas nuevas fuentes de energía que los favoreció, pero fue hasta la década de los ochenta cuando se introduce el motor de fondo como una gran herramienta en las actividades perforación logrando con ella perfeccionar la perforación direccional y por ende la horizontal, esto favoreció el desarrollo de estos recursos.

Con el paso de los años se progresó en el perfeccionamiento en las técnicas y equipos de perforación aunado al nuevo desarrollo de tecnologías como: fluidos fracturantes, distintos tipos de aditivos y diversos tipos de apuntalantes que lograron un rápido desarrollo en las actividades para explotar los nuevos recursos recibiendo el nombre de “Fracturamiento Hidráulico” (Fracking en inglés). Inicialmente mucho de este desarrollo fue generado por pequeñas compañías en la industria, motivadas por la indetenible tendencia alcista en los precios que llevó al barril a cotizarse casi en los \$150 y tras ver la nueva oportunidad de negocio muchas grandes empresas comenzaron a interesarse y absorbieron en gran parte a aquellas pequeñas compañías pioneras.

El incremento en las actividades del Fracking en los Estados Unidos fue realmente exponencial al expandirse por todo el país, ocasionando una vehemencia por la perforación de pozos para explotar las formaciones productoras llegando a cantidades impresionantes y colocando estas instalaciones en todo tipo de áreas incluso en las cercanías de algunas residencias. La actividad del fracking también conmocionó al mercado petrolero ya que la producción de hidrocarburos obtenida por este método es realmente inmediata y en consecuencia esto trajo un aumento en la producción tanto de aceite crudo como de gas, inundando el mercado mundial amenazando con exceder la oferta por el recurso, por lo que esto comenzó a preocupar a los productores árabes de la OPEP quienes comenzaron a impulsar restricciones para la producción de este tipo de recursos en los Estados Unidos.

De manera similar a comienzos de la segunda década del nuevo siglo sigue aumentando la tensión en el Medio Oriente por la negativa de Irán de detener su programa de enriquecimiento de uranio provocando que la comunidad internacional apruebe sanciones sobre el país que amenazan con comprometer su crecimiento económico, pero a pesar de estas acciones Irán no detiene su programa ocasionando que en 2011 el gobierno de los Estados Unidos impulse sancione al país en un pilar fundamental de su economía las exportaciones de petróleo, elevando en gran medida el costo por seguir su plan de enriquecimiento y ocasionando que la exportación del país caiga abruptamente, esto favorece al mercado petrolero mundial ya que uno de los principales productores ha quedado deshabilitado ocasionando una reducción en la producción internacional de hidrocarburos.

Por último es importante mencionar que durante este periodo comenzó un aumento en el consumo mundial de energía principalmente debido a la llegada de nuevos dispositivos electrónicos que se popularizaron enormemente como los “Smartphones”, “Tablets” y otros dispositivos, por lo que la demanda de hidrocarburos como energéticos también aumentó.

Para 2009 la producción mundial disminuyó consecuencia de la crisis del año pasado pero después de que los precios tocaron un mínimo por encima de los \$40, como resultado de la creciente demanda volvieron a repuntar al principio moderadamente durante el año 2009 y 2010 pero para el 2011 volvían a colocarse por encima de los \$100 por barril manteniéndose con ligeras fluctuaciones hasta mediados del 2014 y en los últimos meses de este mismo año comenzaron a desplomarse sin control



causando una de las peores recesiones de la cual aún la economía mundial se está recuperando lentamente.

La estrepitosa caída en los precios del barril se debe principalmente a los factores más importantes dentro la economía: la oferta y la demanda. La demanda se ha reducido paulatinamente guiada por una desaceleración de uno de los principales consumidores del mundo China, consecuencia de la crisis financiera del 2008 ya que el gigante asiático depende del crédito para crecer y al detener su crecimiento necesita menos energéticos fósiles. Por otro lado la oferta ha ido en aumento impulsada por algunos países del Medio Oriente y la fugaz producción de los productores de esquisto de los Estados Unidos que inundó el mercado demasiado rápido consiguiendo únicamente una situación de sobreoferta en la escena mundial.

La sobreoferta es el problema más importante de esta crisis y tiene sus raíces en dos situaciones de inestabilidad social y política, siendo la primera de ellas las recientes revueltas ocasionadas por la primavera árabe que trajeron inestabilidad a la región terminando por deshabilitar a Libia debido a numerosos conflictos sociales y a Siria e Irak con el surgimiento del Estado Islámico (ISIS), la segunda proviene de las sanciones internacionales a Irán por continuar con su programa de enriquecimiento de uranio que disminuyeron drásticamente sus exportaciones de petróleo.

Ambos eventos ocasionaron que varios países exportadores de petróleo quedaran deshabilitados temporalmente generando un vacío en el mercado donde antes se encontraba su crudo de exportación, pero este vacío fue muy breve ya que otros países incrementaron rápidamente su producción para ocupar los lugares vacantes (entre ellos Arabia Saudita). En 2015 se levantan las sanciones sobre Irán permitiendo le exportar sus hidrocarburos, esto ocasionó un shock en el mercado que volvía a ser inundado de crudo.

Tras el regreso de Irán al mercado crecen las tensiones entre algunos miembros de la OPEP principalmente Irán y Arabia Saudita, por el súbito incremento de su producción y la negativa a reducirlo, ocasionando una desfragmentación en la cooperación de los miembros de la OPEP que derivó en un desorden dentro del cual Irán aumenta su producción gradualmente, tratando de alcanzar los niveles que poseía antes de las sanciones.

Por lo que la situación del mercado mundial se reduce a las relaciones geopolíticas entre países exportadores organizados en acciones multilaterales y compañías petroleras que mediante una cooperación general dominan el mercado. Así como también es importante mencionar que las vertiginosas fluctuaciones del precio de los hidrocarburos tienden a convertirse en un ciclo que se repite constantemente a través de las décadas.



Capítulo Quinto

5. Energías Limpias

La inclusión de las energías limpias en la escena energética mundial se debe principalmente a dos factores que surgieron en circunstancias distintas, el primero de ellos es el shock que se apoderó del mercado cuando a finales de 1973 se declara un embargo petrolero que causó una severa crisis energética, provocando que múltiples naciones buscaran diversificar sus fuentes de energía. El segundo factor es el deterioro del medio ambiente como consecuencia de un desmesurado consumo de combustibles fósiles, por lo que el impulso a estas energías tiene por objetivo reducir en gran medida la emisión de los gases contaminantes en beneficio del planeta, aprovechando los recursos naturales existentes para atender la necesidad energética mundial manteniendo siempre una armonía.

5.1. El Gas Natural

El gas natural se ha convertido en poco tiempo en una alternativa muy viable a emplear para reducir las emisiones de gases dañinos al medio ambiente con lo que ha ganado mucha popularidad y apoyo en poco tiempo, pasando de ser despreciable durante las etapas tempranas de la industria petrolera a posicionarse como una útil fuente de iluminación a estar presente en muchos objetos de uso diario y en diversos sectores económicos (residencial, comercial, industrial y vehicular), hasta representar una transición amigable con el medio ambiente entre combustibles fósiles al comenzar a sustituirlos.

La producción de gas natural se encuentra ligada profundamente a la producción de aceite crudo durante gran parte de la vida del yacimiento (después de haber alcanzado la presión de saturación), a diferencia del primero la explotación industrial del gas natural comenzó mucho después que la del petróleo, principalmente debido a que la obtención de derivados a partir del aceite era relativamente más fácil que los procedimientos experimentales del gas, por lo que el petróleo fue considerado más valioso y por ende una prioridad.

La producción de hidrocarburos comúnmente está asociada a la producción de otros gases que también están presentes dentro de la acumulación subsuperficial o trapa, tales como el nitrógeno, el dióxido de carbono y el ácido sulfhídrico, dichos gases representan una impureza dentro del gas natural pero tras ser removidas la combustión que éste produce no deja humo o cenizas y puede ser regulada fácilmente como se hace con la electricidad por mencionar un ejemplo. Esta es la gran ventaja que posee este hidrocarburo en comparación con otros combustibles fósiles que durante su incineración si desprenden residuos y gases contaminantes.

De manera similar la implementación del gas natural como fuente de energía en el sector doméstico e industrial comenzó en los años veinte dentro de los Estados Unidos en aquellos asentamientos relativamente cercanos a los campos gasíferos y en poco tiempo empezó a expandirse a otras regiones con potencial gasero, pero su expansión se veía limitada por el inconveniente de su transporte ya que durante las primeras décadas del siglo XX la única manera de transportarlo era por tuberías con soldaduras especiales para soportar altas presiones, lo que dificultaba y encarecía su comercialización



a gran escala pero a pesar de esto su bajo costo como combustible lo popularizó y fomento su crecimiento regional.

Después de la segunda guerra mundial el gas natural comenzó cobrar gran importancia gracias al desarrollo de la petroquímica que ahora empleaba este hidrocarburo como una materia prima energética, mediante la cual se obtenían una gran variedad de productos. Es en esta época de la posguerra cuando aparece una marca icónica reconocible actualmente “Tupperware”, fundada por el químico Earl Tupper quien con sus revolucionarios inventos contribuyó a popularizar el uso de los plásticos en la vida diaria.

El potencial del gas natural para remplazar a otros combustibles es evidente, pero para lograrlo se debe cambiar de un combustible líquido a uno gaseoso, siendo el principal obstáculo el equipo necesario para realizar la combustión del combustible, ya que durante mucho tiempo se implemento al petróleo como principal fuente de energía promoviendo una sobre dependencia a él. La inclusión del gas natural ha sido retrasada por el costo que representa el cambio en las instalaciones tanto en los grandes complejos o centrales de generación de energía como en las actividades del consumidor minorista, pero el beneficio radica tanto en lo ambiental como en lo económico ya que el gas natural posee un muy bajo precio comparado con los demás combustibles.

Así mismo al hablar del gas natural, se debe mencionar al Gas LP o gas licuado del petróleo, el nombre de gas licuado procede del proceso mediante el cual el gas reduce su volumen debido a una drástica reducción de la temperatura con la finalidad de almacenarlo de una forma más eficiente.

Con este nombre se le conoce a un par de gases hidrocarburos, al propano y al butano o cualquier mezcla de ambos, estos gases forman parte del gas natural pero en menor proporción ya que la composición de este está dominada por el gas metano, tal gas no entra en la clasificación de Gas LP debido a su dificultad para licuarlo, además de requerir de recipientes más resistentes para soportar las altas presiones de su confinamiento, lo que encarece la construcción de este tipo de contenedores y lo vuelve muy poco práctico y encarecido para su expendio al público.

Comúnmente en México el Gas LP es distribuido dentro de ‘recipientes portátiles’ con capacidades de 20, 30 y 45 Kg o en auto-tanques para distribuirlo a tanques estacionarios, al recargar tales recipientes se deja una zona libre del fluido alrededor del 10% de la capacidad del tanque, con la finalidad de permitir la evaporación del gas dentro del recipiente de forma gradual a medida que la presión del mismo es abatida debido al consumo o al absorber lentamente calor del ambiente.

- Se entiende por ‘recipiente portátil’ aquel cuya capacidad medida en agua no exceda de 200 litros; que por su peso y dimensiones sea fácil de manejar y cuyos accesorios de control no permitan que sea llenado en su lugar de emplazamiento. El llenado de estos tanques debe ser controlado mediante una báscula para evitar que se sobrellenen. Su fabricación está sujeta a norma oficial obligatoria (NORMA Oficial Mexicana NOM-008-SESH/SCFI-2010, Recipientes transportables para contener Gas L.P. Especificaciones de fabricación, materiales y métodos de prueba). [¹⁴⁷]

¹⁴⁷ Contaminación Atmosférica, Gas Natural y Gas LP. Pedro López Alegría. Instituto Politécnico Nacional. 1986. México. P.92



Cuando existe una fuga de Gas LP éste permanece cerca, acumulándose progresivamente en el ambiente debido a que es más pesado que el aire, a diferencia del gas natural que se dispersa rápidamente, esta cualidad lo vuelve peligroso ya que el gas carece de olor y color, por lo que se le agrega un odorizante no tóxico en la refinería, utilizando una mezcla de ‘mercaptano (etanotiol)’ que tiene un olor penetrante (huevo podrido) y molesto, carente de color. [¹⁴⁸]

5.1.1 Transporte del Gas Natural

El gas natural proveniente de los yacimientos gasíferos puede transportarse de tres formas diferentes, en función a la distancia que deberá recorrer para llegar al consumidor:

- ❖ Por tubería (gasoducto)
- ❖ Convertido en líquido o licuado (GNL)
- ❖ Convertido a otro líquido el ‘Metanol’

El costo del transporte del gas dependerá de la distancia y procesos necesarios por los que debe pasar para llegar desde el vendedor hasta el consumidor, esta es la principal diferencia que existe en la comercialización entre los hidrocarburos líquidos y los gaseosos, mostrada claramente en el precio del producto en distintas regiones del mundo.

5.1.1.2 Transporte de Gas Natural Por Tubería

El transporte por tubería podría resultar la opción más simple ya que el gas no necesita de algún proceso para comenzar su transporte como en los otros casos, pero por otro lado el envío por tubería no es tan simple ya que debido a las impurezas que pueden estar asociadas al gas natural como el ácido sulfhídrico que al estar en presencia de agua se torna corrosivo dañando las tuberías, esto eleva el costo de la misma entre otros factores como el diámetro, la distancia y el número de estaciones de compresión que serán colocadas, además de considerar la longitud del derecho de vía utilizado y si en todo el trayecto de la tubería esta estará en superficie o será submarina ya que el costo se incrementaría considerablemente.

Dentro del transporte de gas por tubería el mayor costo está presente en los compresores debido a las continuas pérdidas de presión por fricción que experimenta el gas con la distancia, por lo que para superar esto se deben agregar instalaciones de recompresión en intervalos de alrededor de 60 kilómetros (típicamente usados) a lo largo de la línea, en ocasiones esta acción puede omitirse para minimizar los costos de la construcción del gasoducto y enviar el gas con la presión que se tiene en la cabeza del pozo permitiendo una descompresión del mismo dentro de la tubería, pero esto limita la distancia a la cual el gas puede ser enviado.

¹⁴⁸ Contaminación Atmosférica, Gas Natural y Gas LP. Op. Cit.



5.1.1.3 Transporte de Gas Natural Licuado (GNL)

Con la creciente popularidad del gas natural también creció el mercado y directamente aumentó la comercialización del mismo limitada a zonas regionales ya que la única forma de transportarlo era por tubería, a diferencia del petróleo que desde 1861 ya comenzaba a exportarse a otros países, para el caso del gas natural la comercialización a gran escala en estado gaseoso se veía claramente imposible por lo que necesitaba realizarse en estado líquido mediante un proceso de licuefacción. Si dicho proceso es efectuado a condiciones estándar de presión se requeriría disminuir la temperatura de la mezcla gaseosa de hidrocarburos alrededor de los -160 o -165 °C ocasionando que la mezcla se contraiga seiscientas veces su volumen original y así facilitando su almacenamiento.

El proceso de licuefacción no representó problemas para la industria ya que se realizaba desde 1917 y a finales de la década de los años treinta ya se empleaba para almacenar temporalmente el gas hidrocarburo, pero el desafío radicaba en el diseño del vehículo y los materiales de los contenedores donde se alojaría la substancia ya que debían soportar las condiciones del almacenamiento y en 1959 dos instituciones la Continental Oil y el Gas Council británico trajeron una solución, la creación de un transporte apto el “Methane Pioneer” consiguiendo exitosamente cumplir la tarea y desde este momento a los buques que transportan gas natural licuado (GNL) se les llama ‘metaneros’, esta medida fue tan exitosa que años más tarde ya existían numerosos metaneros que transportaban gas desde Argelia hasta Francia e Inglaterra.^[149]

Una nueva etapa nació con el transporte naval del gas natural ya que ahora al igual que el aceite crudo este comenzaba a ser relevante en el mercado mundial con una comercialización a gran escala, pero por otro lado el transporte de gas natural entre continentes incrementaba sustancialmente el precio del gas debido a los diversos procesos y equipos mediante los cuales debía ser procesado, por lo que ahora el precio del gas no solo dependía de los costos de producción en el yacimiento sino también de otros tres procesos más, la licuefacción, el almacenamiento y transporte y por último la recepción y regasificación en el país comprador, siendo el mayor de ellos el proceso inicial.

5.1.1.4 Transporte de Gas Natural Como Metanol

La tercera forma de transporte del gas natural es convertirlo a metanol o alcohol metílico, ya que de esta forma el transporte del gas natural se tornaría más sencillo gracias a que el metanol es un líquido a las condiciones estándar de presión y temperatura, disminuyendo radicalmente los costos de su transporte al eliminar algunos procesos y equipos necesarios en el gas natural licuado (GNL), como el proceso de licuefacción y la utilización de los buques metaneros que son considerablemente más caros que los tanqueros petroleros convencionales debido a su diseño y componentes especiales.

¹⁴⁹ *El Petróleo y La Crisis Mundial (Génesis, evolución y consecuencias del nuevo orden petrolero internacional)*. Roberto Centeno. Alianza. Madrid 1982. P. 417



5.1.2 Gas Natural En Competencia Con Otros Combustibles

La implementación masiva del gas natural como fuente de energía en virtud del desplazamiento de otros combustibles ha sido retrasada por diversos factores, entre ellos tecnológicos como las formas de transporte y distribución aunado a la dificultad de su extracción y por otro lado es afectado por factores económicos como el precio de venta de su principal competencia el carbón que es el combustible fósil más barato disponible en muchas partes del mundo y fue el motor de la industrialización durante el siglo XIX, pero la quema de este combustible produce un alto grado de contaminación al desprender gases y residuos, nada comparable con la limpia y más eficaz combustión del gas natural.

El gas natural puede remplazar a muchas otras fuentes de energía en todos los niveles ya sea a pequeña escala para alimentar una comunidad o una planta industrial local, o puede emplearse a una escala moderada y alimentar una ciudad o una central generadora de energía eléctrica, a competir a gran escala alimentando múltiples ciudades, grandes complejos químicos o para exportación, esto gracias a su disponibilidad ininterrumpida mediante la red de gasoductos y a sus propiedades únicas que representan ventajas como

- ❖ La combustión es completamente limpia al producir escasa contaminación con los gases emanados
- ❖ Se consigue una mejor distribución del fuego
- ❖ La comodidad por su utilización es comparable a la de la electricidad o el teléfono, ideal a los sectores económicos como el doméstico y el comercial
- ❖ Ofrece gran eficiencia en el tratamiento de fuego directo [¹⁵⁰]

En comparación con la utilización de los combustibles sólidos o líquidos el gas natural presenta una combustión muy eficiente sin dejar residuos a diferencia de la mayoría de los demás combustibles que tienen una combustión incompleta dejando rastros de carbono, aunado a esto el empleo del gas natural elimina el costo por el bombeo o el transporte de los combustibles líquidos o sólidos.

Por otro lado en cuanto a las emisiones de gases contaminantes para el medio ambiente o gases de efecto invernadero se toma como referencia al dióxido de carbono para compararlo con las emisiones de otros gases, entre ellos el metano y el óxido de nitrógeno (generado tras la combustión de petrolíferos) que son algunos de los gases más dañinos para el medio ambiente agravando el problema del efecto invernadero. [¹⁵¹]

¹⁵⁰ *El Petróleo y La Crisis Mundial (Génesis, evolución y consecuencias del nuevo orden petrolero internacional)*. Op. Cit.

¹⁵¹ *Fundamentals of Natural Gas Processing*. [En línea 2017]. Arthur J. Kidnay & William R. Parrish. Taylor & Francis. Boca Ratón, Florida. 2006. P.2



Tabla 1: Libras de Contaminantes producidos por billón de BTU

Contaminante	Gas Natural	Petróleo	Carbón
Dioxido de Carbono	117,000	164,000	208,000
Monoxido de Carbono	40	33	208
Oxidos de Nitrogeno	92	448	457

Tabla 1: Libras de Contaminantes producidos por billón de BTU (fuente: *Fundamentals of Natural Gas Processing*)

Dentro de la industria petrolera es común la realización de operaciones de quema o venteo de gas natural que en gran parte es gas metano (90% o más), en aquellos campos donde la infraestructura para el manejo del gas hidrocarburo es insuficiente para almacenarlo o reinyectarlo al yacimiento o al realizar obras de mantenimiento a los equipos, por lo que se opta por estos procedimientos como una medida de seguridad para evitar el daño a los mismos o la concentración de este gas y provocar explosiones.

La diferencia entre la quema y el venteo del gas puede no significar gran cosa a simple vista, hasta podría parecer que el venteo o desfogue deliberado del gas natural al medio ambiente podría ser menos contaminante que su combustión en los quemadores, pero esto es totalmente erróneo ya que una liberación del gas natural cuyo principal componente es el gas metano es veintiún veces más dañino para el medio ambiente comparado con el dióxido de carbono es decir es un gas más potente para efectos de invernadero, por lo que es imperativo optar por la quema del gas natural mitigando así la emisión de gases de efecto invernadero.

5.1.3 Gas Natural y La Petroquímica

Desde la época antigua el hombre ha hecho uso de diversos productos obtenidos de la naturaleza para su beneficio, causando una modificación al medio ambiente y a medida que aumentó su población aumentó el consumo a un ritmo desigual al que le tomaba a la naturaleza remplazar tales productos. Por lo que el hombre determinó la incapacidad de la naturaleza de satisfacer sus necesidades en aumento, esto se agravó durante la segunda guerra mundial que llevó al límite la capacidad industrial de los países, apoyada en la petroquímica mediante la cual se crearon nuevos productos sintéticos que sustituían a los materiales naturales con características mejores.

Tras el término de la guerra se estableció la importancia de las actividades de la industria petroquímica, al popularizarse con gran éxito los productos obtenidos de la misma y con el paso del tiempo estos productos se incrementaron al descubrirse nuevas tecnologías gracias al aumento en la investigación, terminando por proporcionarnos la calidad de vida actual.



Al comienzo del apogeo de la petroquímica el establecimiento de las plantas homónimas requería una gran inversión, tal que pocas empresas poseían la capacidad financiera y tecnológica para invertir en uno de estos proyectos, siendo únicamente las grandes empresas químicas y las aún más grandes empresas petroleras las únicas en fomentar el crecimiento de esta industria mediante asociaciones entre si donde las compañías petroleras suministraban parte del capital y materia prima a las compañías químicas quienes proporcionaban no solo capital si no también tecnología y conocimientos. El desarrollo trepidante de la reciente industria petroquímica favoreció en gran medida a ambas partes. [152]

En México la industria petroquímica es un pilar muy importante para la economía, el cual ha sido descuidada con el paso del tiempo a través de diversas políticas energéticas impulsadas por los distintos mandatarios en turno y por algunos directores de Petróleos Mexicanos ocasionando un rezago en estas actividades tan relevantes para el país, ya que “el desarrollo de la industria petroquímica nacional, tanto básica como secundaria [...] ha permitido al país adquirir un elevado grado de industrialización en este campo y una distribución más equitativa del ingreso”¹⁵³, esto debido a que las actividades de la industria petroquímica influyen en gran medida en el crecimiento anual con el impacto de sus productos en muchos sectores de la economía como el agropecuario, el textil, el automotriz, el manufacturero y el de la construcción.

Las actividades de la industria petroquímica son fundamentales y una prioridad para el país, ya que estas afectan profundamente a otros sectores relevantes para la economía, dentro de grandes cadenas productivas que alimentan e incitan el flujo del capital dentro de la economía nacional generando riqueza. En la tabla siguiente se muestra la integración de la petroquímica con los sectores económicos.

Tabla 2: Integración de las sub ramas de la petroquímica con diversos sectores de la economía

Sub Rama de la Petroquímica	Sector de la economía	Principales Derivados
Resinas Sintéticas y plastificantes	Sector Automotriz, Construcción y Manufacturero	Pinturas, esmaltes y plásticos
Elastómeros y Productos Relacionados	Sector Automotriz y Manufacturero	Caucho, adhesivos y silicón

¹⁵² *Integración De La Petroquímica En México*. Eduardo Montañó Aubert. UNAM. D.F., México 2001. P.12

¹⁵³ *Petroquímica 1984*. Comisión petroquímica mexicana (cpm). México 1984. P. 11



Especialidades	Sector Manufacturero	Explosivos, saborizantes fragancias y farmoquímicos
Fibras Sintéticas	Sector Textil	Nylon, poliéster, neopreno y polipropileno
Productos intermedios	Sector Manufacturero	Insumos de otros petroquímicos
Fertilizantes y Plaguicidas	Sector Agropecuario	Fertilizantes y Plaguicidas

Tabla 2: Integración de las sub ramas de la petroquímica con diversos sectores de la economía (se modificó la fuente: *Petroquímica 1984*)

El caso de México es un caso particular ya que es un país en vías de desarrollo, el cual ocupa como una de sus fuentes de ingreso a la exportación de materias primas (principalmente hidrocarburos) y al mismo tiempo importa gran cantidad de productos derivados de esas mismas ocasionando un gran déficit en las cuentas del Estado, esto aunado a políticas energéticas erróneas (ejemplo: desaparecer la comisión petroquímica mexicana) como lo he mencionado anteriormente que solamente han fragmentado la integración adecuada de las cadenas productivas del país además de desalentar la inversión de capital hacia esta área, favoreciendo únicamente a pequeños círculos de poder de la burguesía mexicana afín al presidente.

México es un país con una potencial enorme para colocarse como una potencia económica, gracias a la gran cantidad de recursos que posee y la posición geográfica que ostenta, ambos atributos representan una gran ventaja en comparación con otras naciones y en cuanto al ámbito de la petroquímica nuestro país posee un alto potencial para convertirse en un gran exportador de petroquímicos al tener a su disposición materias primas obtenidas localmente.

Impulsar nuevamente la industria petroquímica favorecería enormemente al país y podría realizarse mediante una reclasificación de los productos básicos y un incentivo para fortalecer a todas las empresas de este ramo ya sean públicas o privadas, sin olvidar fortalecer de igual manera las actividades de la industria petrolera quien es la proveedora de la materia prima. Esto detonaría una gran derrama económica favoreciendo al país y sobre todo beneficiando a ambas industrias que están profundamente relacionadas.

Es importante mencionar que las potencias económicas actuales basan su sensacional desarrollo y riqueza a la fortaleza de su estructura productiva industrial que gira en torno a actividades estratégicas, como lo son la producción de hidrocarburos, acero y petroquímicos todos elementos indispensables que forman la base de la cadena productiva, generando un constante incremento de su valor agregado traduciéndose en un crecimiento económico para los proveedores de estos productos. ^[154]

¹⁵⁴ *Petroquímica 1984*. Op. Cit.



En México la petroquímica suministra insumos para 42 de las 73 ramas básicas de la economía (poco menos del 60%), es fuente importante de empleos, reimpulsarla es una actividad de suma importancia para en un futuro considerar al país como desarrollado y no en uno en vías desarrollo, al fortalecer y extender las cadenas productivas, sobre todo con la reciente modificación al sector energético (la reforma energética).

Actualmente México posee una capacidad instalada de complejos petroquímicos muy importante heredada del siglo pasado, contando con ocho centros de trabajo los cuales son:

- ❖ El Complejo Petroquímico Cangrejera (Veracruz)
- ❖ El Complejo Petroquímico Cosoleacaque (Veracruz)
- ❖ El Complejo Petroquímico Morelos (Veracruz)
- ❖ El Complejo Petroquímico Pajaritos (Veracruz)
- ❖ El Complejo Petroquímico Independencia (Puebla)
- ❖ El Complejo Petroquímico Tula (hidalgo)
- ❖ El Complejo Petroquímico Escolín (Veracruz)
- ❖ La Unidad Petroquímica Camargo (Chihuahua)

Estos se dedican a la elaboración, comercialización y distribución de productos, tales como: Acetaldehido, Amoníaco, Benceno, Etileno, Oxido de Etileno, Glicoles, Ortoxileno, Paraxileno, Propileno, Tolueno, Xilenos, Acetronitrilo, Acido Cianhídrico, Acrilonitrilo, Polietileno de baja y alta densidad, Metanol y Cloruro de Vinilo, para satisfacer la demanda del mercado nacional y una parte del mercado Internacional. Su actividad fundamental son los procesos petroquímicos no básicos derivados de la primera transformación del gas natural, metano, etano, propano y naftas de Petróleos Mexicanos. [155]

Tabla 3: Mercado de productos petroquímicos

Derivado	Principales productos
<u>Derivados del gas natural</u>	
Amoniaco	Fertilizantes, elastómeros, fibras sintéticas, resinas sintéticas, explosivos, colorantes, pesticidas, productos farmacéuticos
Metanol	Plastificantes, fibras sintéticas, resinas, adhesivos, pestisidas, tintas, perfumes, polvos para moldeo, solventes, pinturas, explosivos y elastómeros

¹⁵⁵ *Acerca de Pemex Petroquímica. PEMEX petroquímica.* [en línea 2017]. Dirección de URL: <http://www.ptq.pemex.com.mx/AcercaPPQ/Paginas/default.aspx>



Derivados del etileno

Acetaldehído	Fibras sintéticas, pinturas, adhesivos, solventes, perfumes, pesticidas, medicamentos, plastificantes, humectantes, pisos, discos.
Oxido de etileno	Fibras sintéticas, anticongelantes, colorantes, plastificantes
Polietileno (alta y baja densidad)	Película, empaques, monofilamentos, tubería, tinacos
Cloruro de vinilo	Plásticos, adhesivos, pisos, tubería, perfiles, discos, calzado, juguetes, película
Percloroetileno	Aerosoles, resinas sintéticas, refrigerantes, solventes

Derivados del butadieno

Butadieno	llantas, bandas transportadoras y de tracción, suelas, tacones, losetas, mangueras, tapetes, rodillos para imprenta, tapones para envase, base para goma de mascar, pintura emulsionada para muros.
-----------	---

Derivados del propileno

Acilonitrilo	Fibras sintéticas, plásticos, floculantes, adhesivos, plastificantes, elastómeros, partes automotrices, teléfonos y saborizantes
Isopropanol	Solventes, agentes de flotación, reactivos químicos
Dodecibenceno	Detergentes, agentes tensoactivos
Polipropileno	Pásticos moldeados por inyección, fibras, películas, telas filtrantes, bolsas
Oxido de propileno	Poliuretanos

Derivados de los aromáticos

Benceno	Resinas sintéticas, elastómeros, colorantes, insecticidas, fibras sintéticas
---------	--



Tolueno	Alimentos, colorantes, perfumes, medicamentos, plastificantes, resinas sintéticas, elastómeros, explosivos y pesticidas
O – xileno	Resinas sintéticas, plastificantes
Mezcla de xilenos	Plastificantes, fibras y resinas sintéticas, pesticidas, adhesivos, tintas, pinturas, detergentes
Estireno	Resinas sintéticas, elastómeros, resinas intercambiadoras de iones, recubrimientos
Ciclohexano	Resinas sintéticas, nylon, solventes
Cumeno	Resinas, solventes, agentes tensoactivos, colorantes

Tabla 3: *Mercado de productos petroquímicos* (fuente: La industria petroquímica básica en México 1970 – 1982. Michele Snoeck. Colmex. 1986. México. P. 87-88)

Con la tabla anterior se demuestra la inmensa importancia de reimpulsar la petroquímica en el país ya que la industria petroquímica es una plataforma fundamental para el crecimiento y desarrollo de importantes cadenas industriales como son la textil, la automotriz (y otros transportes), la electrónica, la de construcción, la de los alimentos (mediante el impulso a los fertilizantes y plaguicidas) la farmacéutica y la química, entre otras.

El valor que posee la petroquímica para un país con abundantes reservas de hidrocarburos como es el caso de México significa fortalecer el primer eslabón de las cadenas productivas, es imprescindible que se fortalezca y pueda así abastecer oportunamente a la industria nacional con los insumos que ésta requiere, comenzando con la restitución de los máximos niveles de producción de los productos en cada complejo, para seguir con una etapa de rehabilitación de complejos en desusos y modernización o modificación de los actuales para elevar la capacidad productiva y extenderla hacia otros productos, en virtud de reducir la importación de petroquímicos y convertir al país en un exportador de estos mismo tras cubrir las necesidades del mercado interno.

Por otro lado la clasificación de la petroquímica mexicana como básica y secundaria, es un división de carácter legal, que no existe en ningún otro país del mundo, que únicamente obstaculiza la integración de la producción y burocratiza esta industria ^[156], si se eliminara esta clasificación, se

¹⁵⁶ *La Competitividad De La Industria Petroquímica Mexicana*. Eugenia Marisol Mejía Lugo y Carlos Gómez Chiñas. Universidad Autónoma Metropolitana. 2014. México. P. 271



favorecería la constitución de nuevas empresas a la cadena productiva, con su debido impulso financiero.

La diferencia entre una nación desarrollada y una en vías de desarrollo es que la segunda extrae y comercializa solamente el petróleo como materia prima, mientras que la otra lo utiliza para fabricar una amplia gama de productos con alto valor agregado, estimulando con ellos la industria, el empleo y la producción de diversas ramas de la economía [157]. La petroquímica posee todo el potencial para convertirse en un área de especificación de la ingeniería mexicana de entre muchas otras.

5.2. Energía Geotérmica

La energía geotérmica o geotermia (palabra de origen griego compuesta por “geos” tierra y “thermos” calor) es conocida por la humanidad desde hace miles de años específicamente desde la tercera glaciación en el planeta, ya que se han encontrado restos arqueológicos en cavernas cercanas a regiones volcánicas esto atribuido a su beneficio térmico como las aguas termales. La composición de nuestro planeta propició la aparición de manifestaciones superficiales geotérmicas como los geiseres, aguas termales o volcanes activos ya que el núcleo del mismo es casi tan caliente como la superficie del sol y ese calor fluye hasta llegar relativamente cerca de la superficie donde puede ser aprovechado.

Desde hace siglos las civilizaciones antiguas apreciaban la existencia de las aguas termales, pero dos grandes civilizaciones sentaron las bases del aprovechamiento de la energía geotérmica. Primero fueron los griegos y posteriormente los romanos quienes diversificaron la aplicación de la energía enfocada al aseo y la calefacción urbana, la gran influencia del imperio romano ayudo a transmitir el aprovechamiento de esta energía. El primer aprovechamiento comercial de la energía geotérmica en la edad media se establece en Francia en 1330 cuando se crea una red de distribución de agua caliente hacia algunos hogares por lo cual debía pagarse una cuota. [158]

El evento en Francia fue un hecho único al implicar una importancia comercial para este tipo de recurso, ya que por mucho tiempo el hombre se vio obligado a utilizar simplemente el calor obtenido de las manifestaciones superficiales, consecuencia de la falta de conocimiento sobre el subsuelo y los fenómenos que implicaban las manifestaciones en la superficie aunado a una escasa y precaria tecnología. El primer antecedente que propicio el impulso a de la geotermia más allá de los usos de aseo y calefacción, ocurrió casi quinientos años después en 1827 cuando “el francés Francois Larderel, desarrolló un sistema para utilizar el calor de los fluidos en el proceso de evaporación, en lugar de quemar madera de los bosques cercanos, que se encontraban en rápida deforestación”¹⁵⁹

¹⁵⁷ *La Competitividad De La Industria Petroquímica Mexicana*. Op. Cit. P. 268

¹⁵⁸ *Guía de la Energía Geotérmica*. Guillermo Llopis Trillo y Vicente Rodrigo Angulo. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. P. 27

¹⁵⁹ *Guía de la Energía Geotérmica*. Op. Cit.



5.2.1. Desarrollo De La Energía Geotérmica

La explotación industrial de la energía geotérmica tiene su inicio en el siglo XX, cuando en 1904 se inauguró la primera instalación de generación eléctrica de origen geotérmico produciendo 5 kilowatts en Larderello Italia, en las décadas siguientes surgieron otras instalaciones alrededor del mundo pero la popularidad de la energía geotérmica aún era escasa y únicamente estaba orientada a la calefacción urbana en la cual se desempeñaba muy eficazmente.

Fue hasta la década de los setenta cuando la energía geotérmica sería tomada en serio al recibir un gran apoyo, consecuencia del embargo petrolero que trajo los elevados precios de los hidrocarburos y posteriormente en la década de los noventa cuando se incluyen en la escena mundial las preocupaciones por las altas emisiones de dióxido de carbono hacia la atmósfera, que provocaron presiones internacionales para desarrollar fuentes de energía alternas, es debido a estos dos hechos fundamentales que la energía geotérmica se posiciona como una solución viable para ayudar a satisfacer la creciente demanda energética.

El desarrollo de la energía geotérmica se fundamentó en el aprovechamiento del calor proveniente del interior de la tierra bajo condiciones económicas y naturales adecuadas, haciendo factible una implementación a gran escala en torno a este recurso. El potencial geotérmico no está distribuido uniformemente por el planeta, pero si está presente en muchas regiones del mundo a diferencia de los hidrocarburos al ser unos recursos muy esquivos presentes en pocos países privilegiados en cantidades muy desiguales alrededor del mundo.

Es importante mencionar que el desarrollo paulatino de la geotermia ha sido apoyado por tecnologías exclusivas y características de la ingeniería petrolera, en actividades como la exploración, extracción y posterior tratamiento de los fluidos provenientes del subsuelo, con una muy notable diferencia sobre todo en la actividad de perforación debido al incremento en la dificultad de alcanzar las formaciones de interés geotérmico, las cuales poseen gradientes térmicos muy altos consecuencia de la intrusión de magma a profundidades relativamente cercanas a la superficie. Debido a esto la profundidad en las perforaciones de pozos con fines geotérmicos oscilan entre mil y tres mil metros, viéndose limitadas a profundidades máximas de 5 kilómetros por razones tecnológicas y económicas.

5.2.2. Tipos De Sistemas Potenciales Para La Generación De Energía Geotérmica

La generación de energía eléctrica a partir del potencial geotérmico puede obtenerse utilizando tres formas diferentes enfocadas al aprovechamiento de las distintas formaciones geotérmicas, las cuales son:

- ❖ Hidrotérmica
- ❖ Roca seca caliente
- ❖ Magma

Es importante mencionar que los dos primeros sistemas están constituidos de una manera similar a las trampas petroleras distinguiéndose principalmente por el fluido que contienen, ya que una formación con potencial geotérmico es aquella que mantiene una temperatura y presión elevada debido a la cercanía de una fuente termal como el magma, además de estar cubierta por un estrato



suprayacente de muy baja permeabilidad actuando como una capa sello, permitiendo así la acumulación de un fluido que estará confinado a las condiciones de presión y temperatura de la formación en cuestión.

5.2.2.1. Hidrotérmica

Comúnmente la energía eléctrica generada en una planta geotérmica proviene de formaciones hidrotérmicas, las cuales constan de depósitos de agua confinada a temperaturas elevadas oscilando entre 32°C y 360°C, el agua dentro de estas acumulaciones es agua meteórica y en algunos casos debido a las fracturas en los estratos suprayacentes el depósito puede ser recargado continuamente.

En función a las condiciones de presión y temperatura que se presenten en la formación geotérmica el agua confinada puede estar presente en fase líquida o gaseosa. Este tipo de sistemas geotérmicos es muy común alrededor del mundo es debido a su gran disponibilidad y accesibilidad para ser explotados que han sido la principal fuente de energía geotérmica.

5.2.2.2. Roca seca caliente

“La temperatura en el interior de la tierra puede llegar a ser tan alta como 7000 °C, pero disminuye hasta los 650°C – 1200°C a profundidades de 3 a 5 kilómetros. A estas profundidades se encuentran las formaciones geológicas llamadas rocas secas calientes compuestas de granito”¹⁶⁰. Las formaciones geotérmicas denominadas rocas secas calientes (Hot Dry Rock ‘HDR’ en inglés) algunas veces también son llamadas rocas húmedas calientes (Hot Wet Rock ‘HWR’ en inglés) ya que en algunos casos dentro de este tipo de formaciones puede estar presente una pequeña pero considerable cantidad de vapor de agua a una temperatura bastante elevada.

Los depósitos de roca seca caliente son los más abundantes alrededor del mundo constituyendo una gran oportunidad para expandir la capacidad de generación eléctrica basada en la energía geotérmica, pero este tipo de formaciones geotérmicas representa un gran desafío, principalmente debido a las extremas condiciones de presión y temperatura que complican en gran medida las operaciones de perforación, presentando nuevos retos a la ingeniería para desarrollar herramientas especiales para soportar tales condiciones.

La explotación de este tipo de formaciones geotérmicas requiere de una conjunción de procesos ya que al no estar presente en cantidades suficientes un medio por el cual se transmita el calor de la formación a la superficie como lo es el agua, se debe inducir este proceso creando un acuífero artificial en el depósito y para lograrlo se debe conocer la extensión de la formación y el potencial de la misma para la tarea pensada. Posterior a esta actividad comienzan las perforaciones estratégicas de dos o más pozos profundos mediante los cuales se obtiene información sobre la capacidad de flujo de la formación y si es necesario realizar actividades de fracturamiento hidráulico para mejorarla.

¹⁶⁰ *Energías Renovables*. Antonio Creus Solé. Ediciones Ceysa. Barcelona, España. 2004. P. 145

Ulteriormente a la preparación de la formación para la tarea comienzan las actividades de inyección del fluido transmisor del calor, la inyección de agua fresca desde superficie está controlada por el arreglo de los pozos en el área ya sean inyectores o productores, logrando así la explotación de este sistema geotérmico.

El desarrollo de los sistemas de roca seca caliente es mucho más encarecido y complejo de preparar que un sistema hidrotérmico, pero el beneficio radica en un mejor rendimiento para la generación de energía comparado a los sistemas hidrotérmicos debido a la diferencia de temperaturas que poseen los fluidos provenientes de la formación.

5.2.2.3. Magma

El aprovechamiento del magma proveniente del núcleo del planeta presenta tanto una gran oportunidad como un gran desafío para la producción de energía geotérmica, ya que su desarrollo sería muy similar al de la roca seca caliente pero aumentando la dificultad debido a las condiciones de presión y temperatura más extremas que en otros casos.

El potencial del magma para la energía geotérmica es muy prometedor ya que su temperatura aproximada es de 1000 °C, es gracias a esta condición que teóricamente puede usarse para la generación de energía eléctrica, acotando nuestra ambición a aquellos lugares donde podemos localizar esta substancia a profundidades accesibles, del orden de 2000 metros a 6000 metros ya que ir más allá sería una tarea muy desafiante e incluso utópica. Por ahora el aprovechamiento del magma para la generación de energía es una simple opción que se encuentra en una etapa experimental. [161]

5.2.3. Clasificación De Los Recursos Geotérmicos

El potencial geotérmico es abundante pero no todo es útil para producir energía eléctrica, es debido a la diferencia en las temperaturas encontradas en los diversos depósitos con potencial geotérmico que entra a escena una clasificación dividida en cuatro categorías:

- ❖ Alta temperatura ($T > 150^{\circ}\text{C}$)
- ❖ Media temperatura ($150^{\circ}\text{C} \leq T < 90^{\circ}\text{C}$)
- ❖ Baja temperatura ($90^{\circ}\text{C} \leq T < 30^{\circ}\text{C}$)
- ❖ Muy baja temperatura ($T < 30^{\circ}\text{C}$) [162]

5.2.3.1. Alta temperatura

Los recursos geotérmicos que entran en esta categoría son aquellas que presentan condiciones de temperatura mucho más elevadas que cualquier otro depósito, de un orden mayor a los 150°C y de

¹⁶¹ *Renewable Energy: A concise Guide to Green Alternatives. [Versión traducida].* Jennifer Carless. Plain English Press. Estados Unidos de América. 1994. P. 148

¹⁶² *Guía de la Energía Geotérmica.* Guillermo Llopis Trillo y Vicente Rodrigo Angulo. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. P. 32-33

este tipo de formaciones se obtiene vapor de agua. Estas características le atribuyen un alto valor a este tipo de sistemas al considerarse ideales para generar energía eléctrica.

5.2.3.2. Media temperatura

Los recursos geotérmicos que entran en esta categoría son aquellas que presentan condiciones de temperatura moderadas de un orden entre los 90°C y los 150°C, de este tipo de formaciones puede obtenerse agua tanto en fase líquida como gaseosa, de manera similar a los recursos de la categoría anterior este tipo de formaciones también puede emplearse para generar energía eléctrica pero no son tan eficientes como los recursos de alta temperatura.

5.2.3.3. Baja temperatura

Los recursos geotérmicos que entran en esta categoría son aquellas que presentan condiciones de temperatura modesta comparadas con los recursos en las categorías anteriores de un orden entre los 30°C y los 90°C, de este tipo de formaciones se obtiene únicamente agua en fase líquida y comúnmente estos recursos son los que poseen una gran variedad de aplicaciones pero ninguna de ellas están enfocadas a la generación de energía eléctrica debido a su insuficiente temperatura, principalmente son destinados a fines recreativos como los balnearios, calefacción o en procesos industriales.

5.2.3.4. Muy baja temperatura

Los recursos geotérmicos que entran en esta categoría son aquellas que presentan condiciones de temperatura muy por debajo de las necesarias para la generación de energía eléctrica de un orden menor a los 30°C, por lo que principalmente estos recursos son empleados para calefacción y climatización en hogares o edificios.

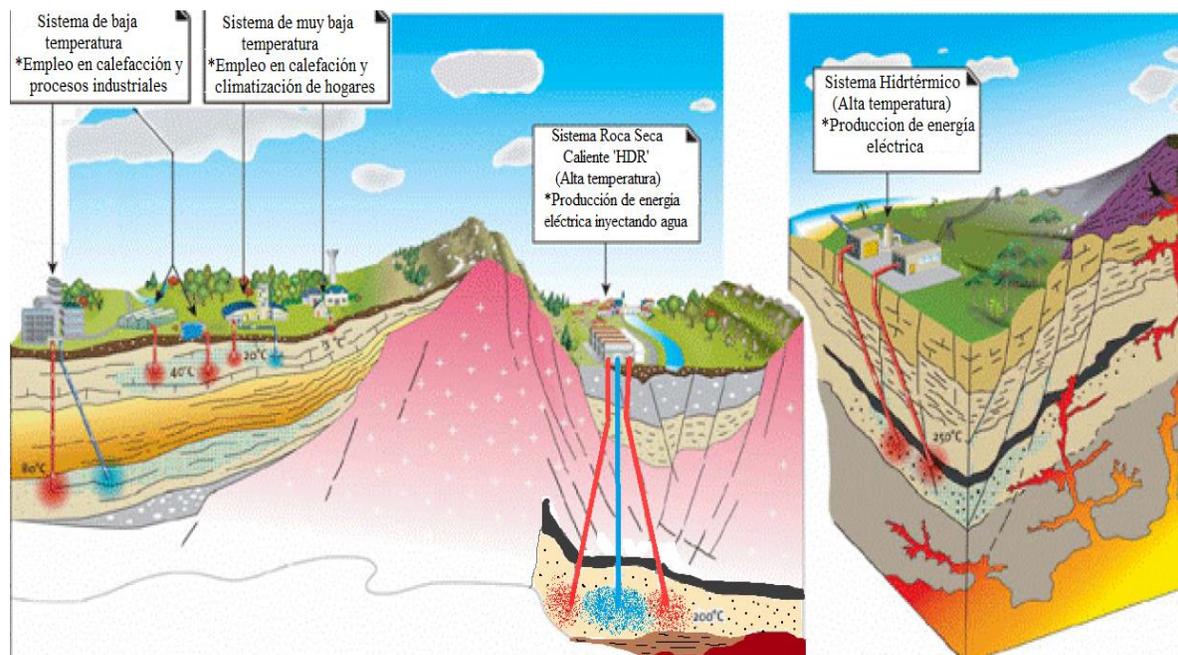


Figura 2. Imagen 1: Sistemas geotérmicos (se modificó la fuente: *Guía de la Energía Geotérmica*)

5.2.4. Principio De Generación De La Energía Geotérmica

La energía eléctrica producida dentro de una planta geotérmica proviene del calor interno existente en la corteza terrestre que a ciertas profundidades presenta temperaturas muy elevadas, ideales para la obtención de vapor a alta presión ya sea conseguido a partir del agua presente en la formación geotérmica o del agua inyectada a la misma.

El vapor obtenido del depósito geotérmico es conducido a la superficie mediante un pozo o una serie de pozos según el arreglo de la planta y este vapor producido a altas presiones y temperaturas pasa por una primera etapa de separación para retirar el líquido que pudo haberse condensado debido a los cambios en las condiciones iniciales del fluido en la formación geotérmica.

Posteriormente el vapor proveniente de los separadores primarios es conducido a la planta geotérmica para generar electricidad, pero antes de llegar a ese proceso pasa por una segunda etapa de separación para eliminar las gotas de agua que aún puede contener ese vapor debido al recorrido desde el primer separador hasta la planta, con este proceso se asegura que la turbina reciba únicamente vapor y así proteger la integridad de la misma.

El proceso de generación de energía eléctrica comienza cuando el vapor entra a la turbina impactando los alabes de la misma ocasionando que giren, consiguiendo con este giro el movimiento del rotor de la turbina que esta acoplado directamente con el rotor de un generador eléctrico produciéndose así la energía eléctrica. La energía eléctrica generada es conducida a un transformador para después ser entregada a las líneas de distribución.

Tras pasar por la turbina el vapor de baja presión y temperatura es condensado en torres de enfriamiento para después encausarlo a presas donde será almacenada temporalmente para posteriormente ser reinyectado a la formación mediante uno o varios pozos inyectoros según sea el arreglo de la planta geotérmica, este proceso es fundamental para la preservación de la energía geotérmica ya que con la reinyección se logra recargar el recurso, alargando su vida útil y productiva augurando un aprovechamiento sustentable.

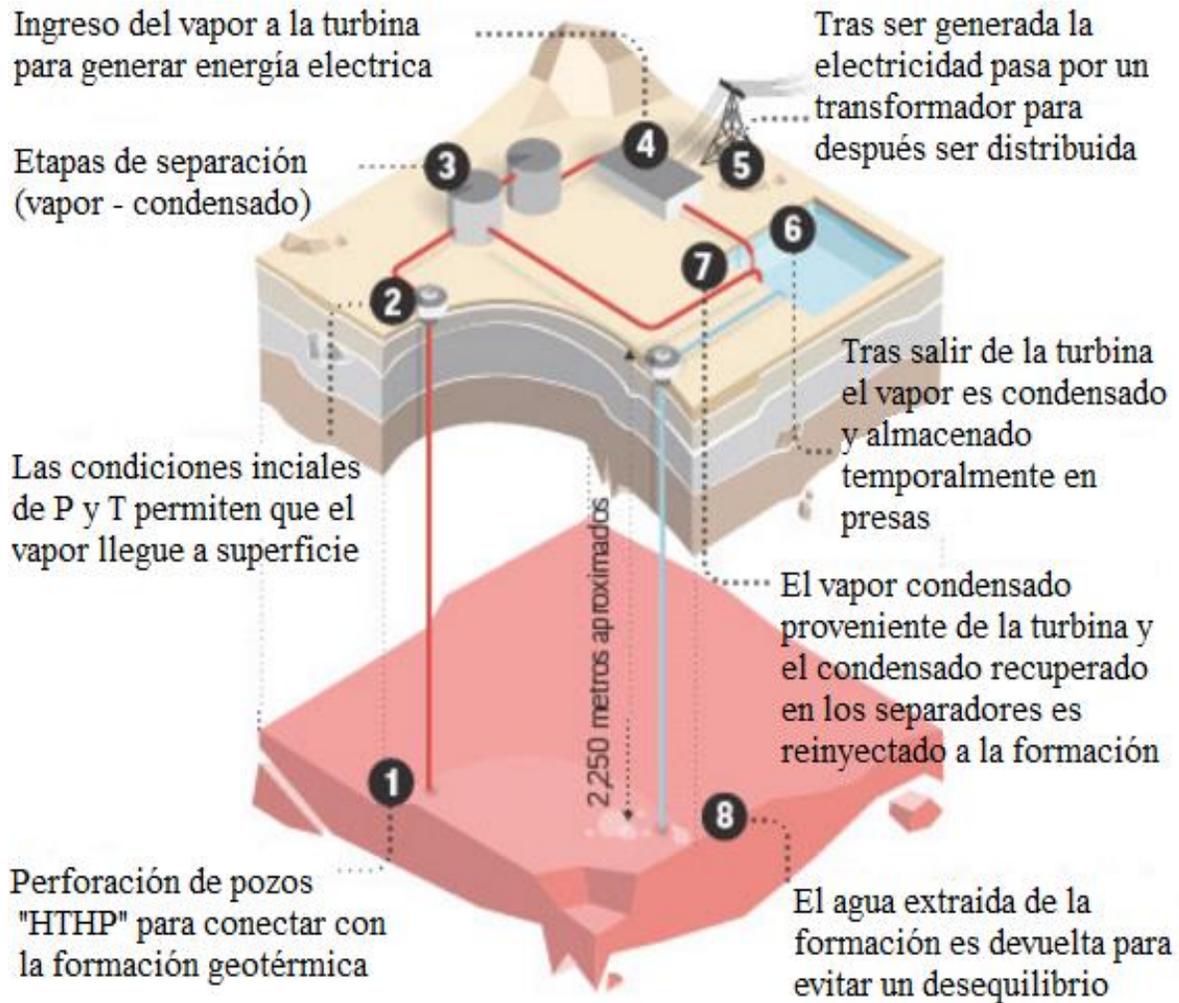


Figura 3. Imagen 2: Principio de operación de una central geotérmica (se modificó la fuente: *Energía geotérmica, una de las apuestas fuertes del futuro*. EL Financiero. Sergio Meana. 31.03.2014. [En línea 2017])

El costo de una planta geotérmica depende en gran parte del costo de las operaciones de perforación quienes a su vez están en función de la profundidad, las características de la formación geotérmica de interés y el número de pozos a realizar, además de estos costos se debe considerar el costo de los ductos para el transporte del fluido, esto aunado al costo de los equipos necesarios para la generación de energía eléctrica.

Por otro lado la energía geotérmica generada en una planta homónima no emite humo solo vapor de agua, no utilizan combustibles fósiles para generar electricidad eliminando así la producción de gases contaminantes de efecto invernadero, no afecta la estabilidad del medio ambiente debido a la re inyección del agua extraída de las formaciones manteniendo el equilibrio, por último una planta

geotérmica utiliza una extensión de terreno muy pequeña por lo que genera menor impacto ambiental y un mínimo daño al paisaje.

La energía geotérmica siempre está disponible y es ilimitada si es manejada correctamente, además de ser muy económica comparada con otras energías ya que el costo por la generación de electricidad es “en promedio de 52 dólares por cada megawatt-hora (MWh), frente a los 280 dólares de la solar a gran escala o los 100 dólares que cuesta la eólica marina y los 131 de la biomasa”¹⁶³.

Tabla 4: Impacto visual en el paisaje de las principales energías limpias

Tipo de energía	Metro cuadrados ocupados [m^2]
Solar Térmica	3,561
Solar Fotovoltaica	3,237
Eólica	1,335
Getotérmica	404

Tabla 4: Impacto visual en el paisaje de las principales energías limpias
(fuente: *Renewable Energy: A concise Guide to Green Alternatives*)

5.3. Energía Nuclear

El descubrimiento de la energía nuclear en los años treinta mediante los procesos de “fusión nuclear” y “fisión nuclear” con su respectiva reacción en cadena mostraron nuevas perspectivas para la raza humana, quien en primera instancia canalizó el empleo de esta nueva energía en forma de arma. Tras su descubrimiento y su notable desempeño bélico la energía nuclear se posicionaba como una fuente de energía bastante importante, contrastando radicalmente con la fuente de energía convencional (combustibles fósiles) quien utiliza una reacción química para desatar la liberación de energía, a diferencia de esta la gigantesca liberación de energía generada en una planta nuclear proviene de un proceso de transformación de masa en energía.

¹⁶³ 2016: año de la energía geotérmica en México (artículo). Martha Mejía. Vértigo Político. [En línea 2017]. Dirección URL: <http://www.vertigopolitico.com/articulo/37081/2016-ano-de-la-energia-geotermica-en-Mexico>



5.3.1. Principio De Generación De La Energía Nuclear

La energía eléctrica producida dentro de una central nuclear proviene de un proceso relativamente sencillo (empleando el método de fisión nuclear que es el más común), comenzando en el reactor de la planta con un nucleó de uranio U-235 al ser bombardeado por un neutrón que inmediatamente se torna inestable fragmentándose en dos partes liberando más neutrones que desestabilizan más núcleos de U-235 comenzando así la reacción en cadena dentro del reactor.

Existen distintos tipos de reactores nucleares y para clasificarlos emplearé una clasificación con respecto a su propósito de operación o finalidad, esta clasificación de reactores se divide en dos aspectos:

- ❖ Reactores de potencia: estos reactores se utilizan con fines industriales o con fines navales de propulsión (submarino nuclear), ya que estos reactores producen energía al transmitir el calor generado en su núcleo a un fluido para que este realice un trabajo mecánico, este tipo de equipos dominan la escena mundial en cuanto a la generación comercial de energía eléctrica.
- ❖ Reactores de investigación: estos reactores se utilizan con fines de investigación y experimentación sobre materiales sometidos a la radiación y su posterior comportamiento tras estar expuestos a estas condiciones o por otro lado para la producción de isótopos radioactivos. [164]

Tabla 5: Tipos de reactores nucleares de potencia

Tipo de Reactor	Principales características
<u>Reactores de agua ligera</u>	
Reactor de agua presurizada 'PWR' (Pressurized Water Reactor)	Emplea como refrigerante y fluido de trabajo agua presurizada que evapora alrededor de los 600 °C, el combustible es Uranio 235 o Uranio 238 enriquecido (3%)
Reactor de agua en ebullición 'BWR' (Boiling Water Reactor)	Emplea como refrigerante y fluido de trabajo agua a presión atmosférica, el combustible es Uranio 235 o Uranio 238 enriquecido (3%)

¹⁶⁴ Reactor TRIGA MARK III 40 años. Revista: Contacto Nuclear No. 51. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ). [En línea 2017]. Dirección URL: <http://inin.gob.mx/plantillas/contactonuclear.cfm?ano=2008&consec=51&volumen=27>



<u>Reactor de agua pesada</u>	
Reactor CANDU ‘PHWR’ (Pressurized Heavy Water Reactor)	Emplea como refrigerante agua pesada presurizada y como fluido de trabajo agua ligera, el combustible es Uranio natural en forma de óxido
<u>Reactor enfriados por gas</u>	
Reactor de alta temperatura enfriado con gas ‘HTGR’ (High Temperature Gas Cooled Reactor)	Emplea como refrigerante y fluido de trabajo al bióxido de carbono o al helio, el combustible es una mezcla de grafito y uranio, que le permite operar a muy altas temperaturas
<u>Reactor de metal líquido</u>	
Reactor de metal líquido ‘LMFR’ (Liquid Metal Fast Reactor)	Emplea como refrigerante al sodio líquido y opera con un flujo de neutrones rápido, teniendo la capacidad de producir nuevo material físil durante el proceso (produce combustible al mismo tiempo que lo utiliza)
<u>Reactores de propulsión</u>	
Reactores de propulsión Marina	El diseño de los reactores nucleares de estos navíos es confidencial y sólo se conocen detalles generales

Tabla 5: Tipos de reactores nucleares de potencia (Hernández Servando, 2017)

5.3.1.1 Reactor BWR

Es importante mencionar que la central nucleoelectrica de laguna verde en México, cuenta con dos reactores de tipo BWR.

Este tipo de reactor se encuentra inundado por agua en todo momento que actúa como refrigerante del equipo y al comenzar el proceso de fisión nuclear debido al intenso calor liberado en el núcleo, el agua absorbe este calor que en consecuencia la evapora, alcanzando una temperatura de 300 °C y una presión de 7 MPa, con estas condiciones el agua inicia su recorrido por la instalación.

El vapor a alta temperatura proveniente del reactor es conducido a una serie de turbinas de alta y baja presión acopladas a generadores eléctricos mediante las cuales es producida la energía eléctrica, después de pasar por las distintas turbinas el vapor es conducido a un condensador enfriado por agua



fresca proveniente de ríos, mares o lagos y tras condensar esta agua es regresada al reactor para comenzar el ciclo nuevamente. [165]

“La energía liberada por la fisión de un kilogramo de U-235 que es el isótopo fisionable del uranio, es igual a la producida por la combustión de 2,000 toneladas de petróleo, es decir, que su poder energético es dos millones superior por unidad de peso”¹⁶⁶.

El potencial de la energía nuclear para la generación masiva de energía eléctrica es evidente y en un principio se pensó que sería claramente el futuro de la generación de energía eléctrica al ser un método limpio y ecológico.

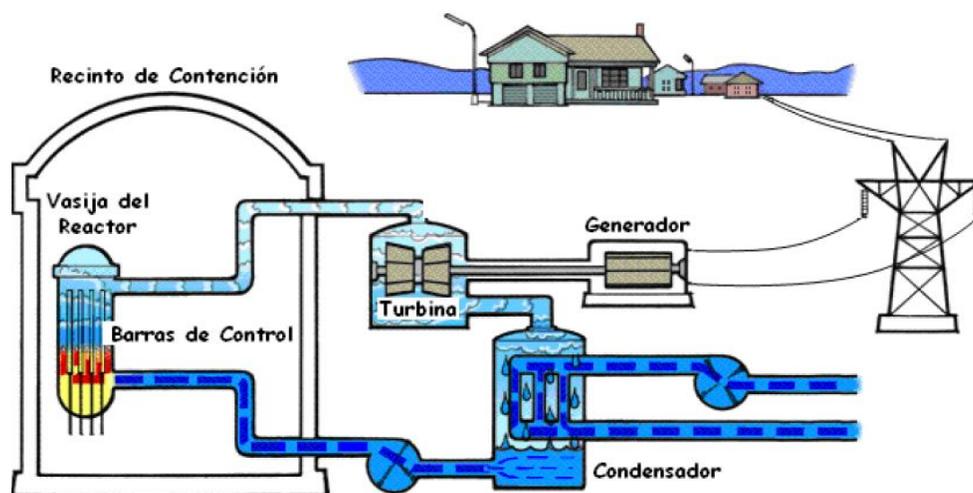


Figura 4. Imagen 3: Principio de operación de una central Nucleoelectrica con reactor BWR (fuente: *Apuntes de Fundamentos de Ingeniería Nuclear*)

5.3.2. Fisión Nuclear

Comúnmente la energía eléctrica proveniente de una central nuclear es generada a partir de un proceso de fisión nuclear al ser relativamente más sencillo de realizarse a diferencia de su opuesto la fusión nuclear, que para efectuarse requiere una gran cantidad de energía y muy altas temperaturas por lo que durante el siglo XX no se le prestó mucha atención debido a la dificultad que representaba.

La generación de energía eléctrica a partir del proceso de fisión nuclear tiene un lado oscuro comenzando por el combustible que utiliza la central para operar, ya que para ser extraído y procesado

¹⁶⁵ *Apuntes de Fundamentos de Ingeniería Nuclear: Guía de estudio para examen de admisión al Posgrado en Ingeniería.* Facultad de Ingeniería, UNAM. 2014. P. 35

¹⁶⁶ *El Petróleo y La Crisis Mundial (Génesis, evolución y consecuencias del nuevo orden petrolero internacional).* Roberto Centeno. Alianza. Madrid 1982. P. 458

se necesitan grandes cantidades de combustible que alimentan las máquinas de la minería, considerando que para obtener una tonelada de uranio se debe descartar alrededor de seiscientas toneladas de roca y de esa tonelada de uranio obtenida solamente alrededor del 0.7 % es uranio fisionable U-235 el resto es U-238 irrelevante para el proceso. En algunas ocasiones parte de ese mineral de uranio desechado se emplea en la fabricación de municiones de alto poder debido a su elevada concentración de masa.

De manera similar el abastecimiento de la central nuclear no es el único inconveniente de esta energía ya que existen tres factores aún más relevantes, el primero de ellos es la seguridad y monitoreo constante de los procesos en el reactor considerando el aseguramiento de su integridad al ocurrir algún imprevisto, ya que la humanidad conoce el nivel de daños que puede causar una falla en una central nuclear. El segundo factor es que cuando una central nuclear o planta de procesamiento de uranio termina su vida útil deben cerrarse y dejarse inactivas durante décadas para después desmantelarse sin inconvenientes o peligro de radiación mortal.

Por último el tercer y más importante inconveniente en contra de la energía nuclear es la eliminación de residuos ya que estos pueden conservar elevados grados de radioactividad durante miles de años, los residuos producidos por una central nuclear se clasifican en tres categorías según su grado de radioactividad: bajos, medios y altos. Los primeros son los más abundantes y no representan un peligro después de un tratamiento químico pero los dos siguientes son dañinos para cualquier ser vivo y para el medio ambiente, sobre todo los de alta radioactividad que no pueden ser eliminados por lo que se opta por encapsularlos dentro de armazones de plomo a su vez cubiertos de cobre para aislar la radiación, para después ser enterrados en áreas geológicamente inactivas o en el fondo del mar pero tras miles de años esa radiación podría escapar al degradarse el contenedor, por lo que no se sabe que tan confiable es este método. [167]

Por otro lado la energía nuclear está cambiando rápidamente para adaptarse a las necesidades actuales, ya que todos los inconvenientes antes mencionados se deben a que la mayoría de los reactores en el mundo provienen de mediados o finales del siglo pasado, es decir son anticuados tecnológicamente y actualmente ya existen soluciones a estos inconvenientes.

Las nuevas generaciones de reactores nucleares están modificando tanto la eficiencia en cuanto al aprovechamiento de su combustible (aprovechándolo por un periodo más prolongado de tiempo y de forma más eficaz), la reducción de residuos contaminantes y la introducción de nuevos diseños de instalaciones (más urbanistas y más seguros).

La energía nuclear es la energía limpia que genera una mayor cantidad de electricidad que cualquier otra con un impacto ambiental mínimo (con las nuevas generaciones de reactores), es por estas razones que en el futuro energético mundial estará presente en gran medida la energía nuclear.

Actualmente existen 435 reactores nucleares en operación en el mundo. Las centrales nucleares están instaladas principalmente en los países desarrollados, y dentro de la Unión Europea se encuentran en

¹⁶⁷ *El Petróleo y La Crisis Mundial (Génesis, evolución y consecuencias del nuevo orden petrolero internacional)*. Op. Cit.



operación 130 reactores nucleares, en América Latina solamente tres países tienen acceso a la energía nuclear, entre ellos México.^[168]

Así mismo, actualmente están en etapa de construcción o planeación nuevos reactores alrededor del mundo en países como: Argentina (1 reactor), Brasil (1 - reactor), Bulgaria (2 - reactores), China (27 reactores), Finlandia (1 reactor), Francia (1 reactor), India (5 reactores), Irán (1 reactor), Japón (2 reactores), Corea del Sur (5 reactores), Pakistán (1 reactor), Rusia (11 reactores), Eslovaquia (2 reactores), Ucrania (2 reactores) y EEUU (1 reactor). En total se anexaran a la cuenta sesentaicinco nuevos reactores nucleares. ^[169]

Tabla 6: Reactores nucleares en el mundo

País	Cantidad de reactores
Estados Unidos	104
Francia	58
Japon	44
Rusia	33
Corea del Norte	23
India	20
Reino Unido	18
China	17
Ucrania	15
Suecia	10

¹⁶⁸ *Energía Nuclear: instalaciones nucleares*. Secretaria De Estado De Energía (Gobierno de España). [En línea 2017]. Dirección URL: <http://www.minetad.gob.es/energia/nuclear/InstalacionesNucleares/Paginas/InstalacionesNuclearesyRadiactivas.aspx>

¹⁶⁹ *El mapa nuclear en el mundo*. El País. 14.03.2011. [En línea 2017]). Dirección URL: http://internacional.elpais.com/internacional/2011/03/14/actualidad/1300057215_850215.html



Alemania	9
España	8
Bélgica	7
República Checa	6
Suiza	5
Finlandia	4
Hungría	4
Eslovaquia	4
Pakistan	3
Bulgaria	2
Brasil	2
Sudáfrica	2
México	2
Rumanía	2
Argentina	2
Irán	1
Eslovenia	1
Países Bajos	1



Tabla 6: Reactores nucleares en el mundo (se modificó la fuente: *Energía Nuclear: En el Mundo*)

5.3.3. Fusión Nuclear

La fusión nuclear es la fuente de energía que alimenta al sol y las estrellas, generada mediante la fusión de los núcleos de dos isótopos de hidrógeno el deuterio (D) y el tritio (T) que al unirse forman el Helio liberando una inmensa cantidad de energía.

En la actualidad se está desarrollando un esfuerzo multinacional llamado ITER ('el camino' en latín) con el propósito de investigar la viabilidad de reproducir la reacción que alimenta al sol aquí en la Tierra y el potencial que representa esta reacción para obtener una gran cantidad de energía mediante un método limpio. Este proyecto tiene sus raíces al final del siglo XX cuando en 1985 se concibe la idea de una colaboración internacional para desarrollar un proyecto de energía de fusión con fines pacíficos impulsado por la URSS, para el año siguiente se consigue un acuerdo integrado por la Unión Europea, Estados Unidos, la URSS y Japón en virtud de lograr el desarrollo de una instalación internacional de Fusión y con el transcurso de los años se incrementó el número de naciones participantes en el proyecto que en la actualidad es de alrededor de 35 países. [¹⁷⁰]

El proyecto ITER está siendo construido al sur de Francia en un sitio de 42 hectáreas en la localidad de Cadarache, el proyecto inició su construcción en el año 2010 y para el año 2025 comenzarían las pruebas de su funcionamiento y para el año 2035 comenzarían las operaciones de fusión nuclear. Este proyecto desarrollado por un esfuerzo multinacional podría convertirse en la respuesta de la humanidad para satisfacer su creciente demanda de energía siendo muy amigable con el ambiente, pero es importante mencionar que para el año en el cual se inicien sus operaciones otras energías renovables podrían ser ya bastante avanzadas y proveer suficiente energía, por lo que la fusión nuclear podría para ese entonces carecer de relevancia, pero sería un gran avance para la raza humana el dominar la energía nuclear.

5.4. Energía Solar

La energía solar es conocida por la humanidad desde hace siglos y ha sido empleada para su comodidad en la cocción de alimentos o en la calefacción de sus hogares mediante la construcción de grandes ventanales orientados hacia la trayectoria del sol o para su conveniencia en el cuidado de bienes de comercio, por lo que el aprovechamiento de esta energía no es algo nuevo. De manera similar que con otras energías limpias tras la crisis petrolera de 1973 recibió un gran impulso para desarrollarse mediante un aumento en la investigación, esto la llevó a pasar de una etapa experimental

¹⁷⁰ *The ITER History*. [En línea 2017]. [Traducción Hecha por mí]. Dirección URL: <https://www.iter.org/proj/iterhistory>



a una implementación masiva tanto industrial como doméstica, sorprendiendo con un gran potencial para alimentar la demanda energética mundial.

5.4.1. Principio De Generación De La Energía Solar

La energía solar proveniente del principal astro en nuestro sistema puede emplearse de muchas maneras distintas, pero existen dos principales métodos para generar energía eléctrica a partir de ella, las cuales son:

- ❖ Energía solar fotovoltaica
- ❖ Energía solar concentrada (termosolar)

5.4.1.1 Energía Solar Fotovoltaica

“El término ‘fotovoltaica’ se deriva de ‘foto’ (luz) y ‘voltaico’ (producir una corriente eléctrica)”¹⁷¹. El aprovechamiento de la energía solar mediante un proceso fotovoltaico es la fuente de energía limpia con la que estamos más familiarizados actualmente ya que muchas personas directa o indirectamente han utilizado dispositivos que emplean celdas solares para funcionar, como lo son: calculadoras, relojes, cargadores, teléfonos públicos, alumbrado, entre otros. El proceso fotovoltaico se desarrolló en los años sesentas impulsado por la carrera espacial entre las potencias mundiales quienes empleaban celdas solares para alimentar de energía a las instalaciones espaciales o satélites.

El proceso mediante el cual se transforma la energía solar en energía eléctrica sucede cuando la radiación del sol incide sobre la celda que es de un material semiconductor compuesto en su mayoría de silicio, las partículas que componen la radiación solar son los fotones quienes ingresan a la celda golpeando la estructura formada por los átomos de silicio provocando la liberación de los electrones de estos, este fenómeno provoca la creación de dos regiones distintas en la celda una región positiva y una región negativa y al completar el circuito con un dispositivo se consigue la formación de una corriente eléctrica.

El rendimiento de una celda solar es expresado como la relación entre la energía eléctrica producida y la cantidad de radiación solar que incide en ella, pero es importante mencionar que la cantidad de energía eléctrica generada por la celda está en función de la intensidad de la radiación solar que reciba, la cual puede sufrir variaciones a lo largo del día teniendo como su punto más provechoso al mediodía pero aun durante este punto la radiación solar puede ser opacada por condiciones climatológicas como una abundancia de nubes en el cielo, así como también este dispositivo disminuye drásticamente su aporte eléctrico durante la noche, pero este problema puede ser disipado mediante un acumulador de energía o batería con una largo periodo de descarga que sea alimentada con el remanente de la energía eléctrica producida.

¹⁷¹ *Renewable Energy: A concise Guide to Green Alternatives. [Versión traducida].* Jennifer Carless. Plain English Press. Estados Unidos de América. 1994. P. 39



La generación de energía eléctrica mediante el proceso fotovoltaico es una opción viable actualmente para alimentar la demanda energética de pequeños sistemas como pueden ser hogares o edificios ya que estos dispositivos pueden satisfacer exitosamente las necesidades energéticas más comunes como son la eliminación, calefacción y agua caliente, pero la adquisición de una instalación de este tipo de equipos puede tornarse encarecida, pero a pesar de esto la energía fotovoltaica se ha vuelto muy útil y popular sobre todo en aquellos lugares aislados donde el sistema eléctrico no está presente.

5.4.1.2 Energía Solar Concentrada (termosolar)

El aprovechamiento de la energía solar mediante un colector donde es proyectada y concentrada la radiación es un método muy eficiente para generar energía eléctrica gracias a las altas temperaturas alcanzadas en el proceso y para realizarlo existe una variedad de equipos enfocados a esta tarea, de los cuales mencionaré los tres más usados:

- ❖ Canales parabólicos
- ❖ Antenas parabólicas
- ❖ Receptores centrales

Este método de generación de energía puede sub clasificarse en dos tipos, el primero es la energía solar concentrada o termosolar de media temperatura consiguiendo temperaturas del orden de 100°C a 250°C empleando un cierto número de captadores de concentración en un arreglo específico generando energía suficiente para desempeñar procesos industriales específicos como la desintegración de algún compuesto químico contaminante como las dioxinas y el tricloroetileno, así mismo también puede emplearse para la generación de electricidad a pequeña escala.

La otra la clasificación es la energía solar concentrada o termosolar de alta temperatura consiguiendo temperaturas del orden de 250°C a 1500°C empleando una gran cantidad de reflectores, debido a las altas temperaturas este método es capaz de generar grandes cantidades de energía eléctrica dentro de una central termosolar. [¹⁷² Y¹⁷³]

5.4.1.2.1 Canales Parabólicos y Antenas Parabólicas

Los canales parabólicos y las antenas parabólicas operan bajo el mismo principio pero en diseños diferentes, este tipo de equipos es principalmente ocupado para procesos industriales pero en algunas ocasiones puede ser utilizado para generar energía eléctrica.

Los canales parabólicos son espejos en forma de U que concentran la radiación solar dentro de un receptor lineal de la misma longitud que el canal, situado en el punto focal del mismo y dicho receptor

¹⁷² *Energías Renovables*. Antonio Creus Solé. Ediciones Ceysa. Barcelona, España. 2004. P. 296

¹⁷³ *Renewable Energy: A concise Guide to Green Alternatives. [Versión traducida]*. Jennifer Carless. Plain English Press. Estados Unidos de América. 1994. P. 34

puede ser un tubo de vidrio o de metal el cual contiene un fluido portador del calor ya sea aceite o agua, estos sistemas pueden seguir la trayectoria del sol en uno o dos ejes (N-S o E-O). [¹⁷⁴ Y¹⁷⁵]

Por otro lado las antenas parabólicas son espejos cóncavos específicamente con forma parabólica concentrando la radiación solar en un solo sitio, debido a su diseño la radiación solar se enfoca y concentra más eficientemente en un solo punto (punto focal) y gracias a esto este dispositivo puede alcanzar temperaturas mayores en el receptor a diferencia del canal parabólico, es por estas características que estos equipos son más aptos para desempeñar las actividades de descomposición de desperdicios tóxicos y de manera similar este dispositivo también puede seguir la trayectoria solar.

Si la actividad que realizan estos dispositivos es la generación de energía eléctrica, el proceso mediante el cual es generada comienza con el calentamiento del líquido portador de calor y tras alcanzar una temperatura establecida es transferido a otra instalación donde si el fluido es aceite pasa por un intercambiador de calor para transmitir su energía a otro fluido y así generar la energía eléctrica, pero si el fluido es agua este es dirigido directamente a unas turbinas de baja presión para generar electricidad.

5.4.1.2.2 Receptores Centrales

Este tipo de sistemas difiere totalmente de los sistemas anteriores donde cada dispositivo posee individualmente un punto donde enfocar la radiación solar, en este método se emplean muchos espejos en forma rectangular llamados 'Helióstatos' enfocados en un solo punto, esto aumenta enormemente la temperatura conseguida.

El proceso mediante el cual se transforma la energía solar en energía eléctrica es relativamente simple, sucede cuando la radiación solar concentrada por un gran número de helióstatos es enfocada en un receptor situado en una torre, donde está almacenado un fluido portador de calor pudiendo ser agua, aceite o aire, el agua es el fluido más usado ya que evita incluir en el diseño de la planta más de un intercambiador de calor (considerando al condensador) logrando así agilizar el proceso.

El fluido retenido dentro del receptor de la torre absorbe el calor alcanzando temperaturas de alrededor de 537°C a 1480°C, para después ser enviado a otras partes de la central termosolar donde gracias a sus condiciones de presión y temperatura pasarán por una serie de turbinas acopladas directamente a generadores que producen la electricidad para después pasar por un condensador y volver al receptor de la torre para iniciar el proceso nuevamente. Cuando el tiempo de exposición a la radiación solar termina con la puesta del sol, las centrales termosolares pueden seguir operando por varias horas más al mantener dentro de la misma un depósito donde se almacena un porcentaje del fluido proveniente del receptor.

¹⁷⁴ *Renewable Energy: A concise Guide to Green Alternatives*. Op. Cit.

¹⁷⁵ *Energías Renovables*. Antonio Creus Solé. Ediciones Ceysa. Barcelona, España. 2004. P. 296



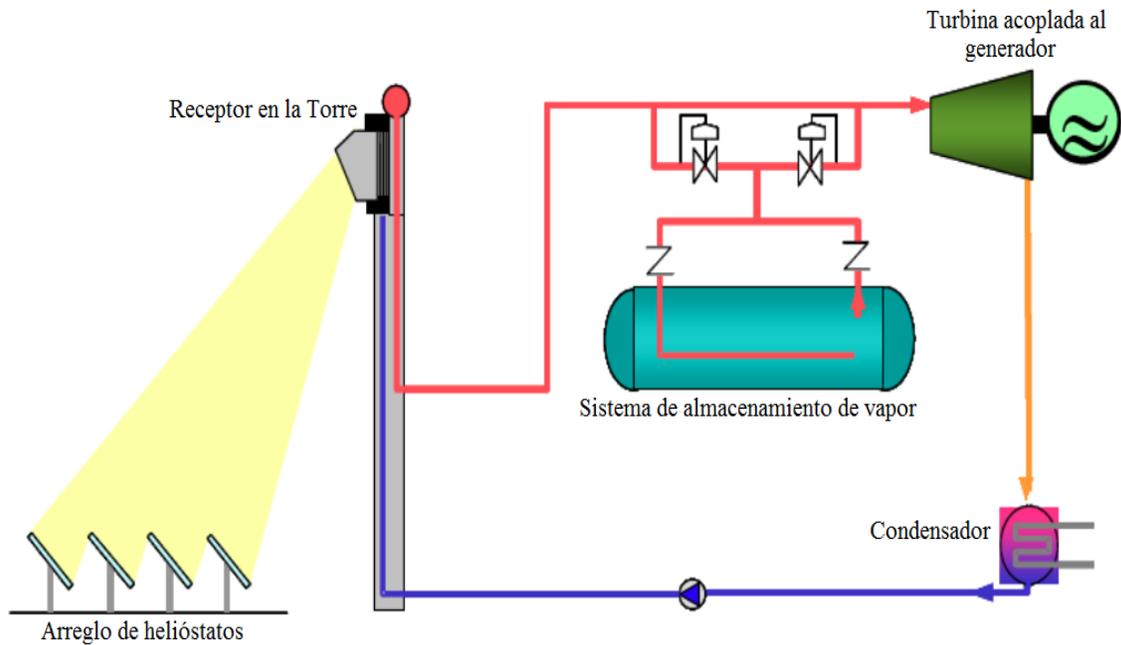


Figura 5. Imagen 4: Diagrama de una central termosolar (se modificó la fuente:: *Revista Digital Universitaria*. 01 de agosto 2010 • Volumen 11 Número 8 • ISSN: 1067-6079. [En línea 2017]. Dirección URL: <http://www.revista.unam.mx/vol.11/num10/art96/art96.pdf>)

Es importante mencionar que este método de generación de energía eléctrica necesita una gran superficie para conseguir una captación de radiación solar suficiente, por lo que esta energía limpia es la que posee un mayor impacto visual en el paisaje que cualquier otra y comúnmente es instalada en lugares áridos donde no existe otra fuente de energía limpia para emplearse. Por otro lado posee la mayor ventaja de todas las energías limpias que es su muy rápida construcción pero también costosa.

5.5. Energía Hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica es electricidad generada haciendo uso de la energía del agua en movimiento, el aprovechamiento de la energía hidráulica comenzó hace siglos cuando las civilizaciones antiguas emplearon este recurso para realizar un trabajo a partir del movimiento de un instrumento como las ruedas hidráulicas, además la energía hidráulica fue la primera gran fuente de energía eléctrica tras conseguirse el perfeccionamiento del generador eléctrico y la turbina, inventos que favorecieron el auge de las centrales hidroeléctricas aunado al incremento en la demanda energética. “La primera central hidroeléctrica se construyó en 1880 en Northumberland, Gran Bretaña”¹⁷⁶.

¹⁷⁶ *Energías Renovables*. Op. Cit. P. 167

Las centrales hidroeléctricas pueden clasificarse según su tamaño en: grandes centrales aquellas que producen una potencia superior a los 5Mw empleando inmensos diques o presas, pequeñas centrales aquellas que producen una potencia entre 1 Mw y 5 Mw empleando el agua almacenada en pantanos o presas y centrales mini hidráulicas aquellas que producen una potencia entre 100 Kw y 1 Mw empleando directamente la fuerza natural de un río o la caída de agua proveniente de diques naturales. [177]

5.5.1. Diseño De Una Central Hidroeléctrica

El diseño básico de una central hidroeléctrica no ha cambiado mucho con el paso de los años, pero si se ha creado una alternativa en cuanto a la manera en que se toman la energía del movimiento del agua, ya que comúnmente se empleaban una presa para capturar y almacenar agua la cual era recolectada desde una altura considerable para después caer por una tubería hasta la turbina, pero existe otro diseño en el cual la entrada del flujo de agua es colocada directamente en la corriente del río, disminuyendo la altura de donde es toma el agua reduciendo la necesidad de bloquear una gran cantidad de agua, denominándose instalación de agua fluyente.

Los factores más importantes para la generación de energía por este método son principalmente la altura desde la cual es tomado el suministro de agua y la velocidad del flujo del mismo que es función de la altura a la que comience su descenso, pueden establecerse diversas combinaciones alrededor de estos factores, pero la más eficiente para la generación de energía es una altura considerable y un flujo lento consiguiendo que el suministro de agua hacia la turbina sea continuo, esto para un sistema de dique pero en un sistema de agua fluyente el suministro es directo hacia las turbinas es decir un flujo alto y una altura media.

5.5.2. Principio De Generación De La Energía Hidroeléctrica

El principio de generación de la energía hidroeléctrica es muy simple, partiendo de la energía potencial que posee el agua almacenada, dicha energía será convertida en energía cinética durante su caída por la tubería hasta llegar a una turbina de acción (similar a una rueda hidráulica) o de reacción (similar a la hélice de un barco en estado horizontal) donde esta energía cinética es nuevamente transformada en energía mecánica de rotación que alimenta al generador eléctrico acoplado a la turbina, tras ser generada esa corriente eléctrica pasa por un transformador para finalmente ser distribuida. Este proceso es muy rápido por lo que en poco tiempo, alrededor de un par de minutos la central hidroeléctrica puede alcanzar su potencia máxima hecho que ninguna otra fuente de energía puede igualar.

Es importante mencionar que México cuenta con pocas instalaciones de este tipo que no solo contribuyen a satisfacer la demanda energética del país haciendo uso de un suministro local que nos permite una autosuficiencia energética al explotar un recurso nacional, dejando de depender de fuentes externas sino que también pueden incrementar el número de hectáreas bajo riego beneficiando al campo mexicano, mediante la realización diversos proyectos de este tipo ya sean el desarrollo de instalaciones grandes o pequeñas.

¹⁷⁷ Ibid

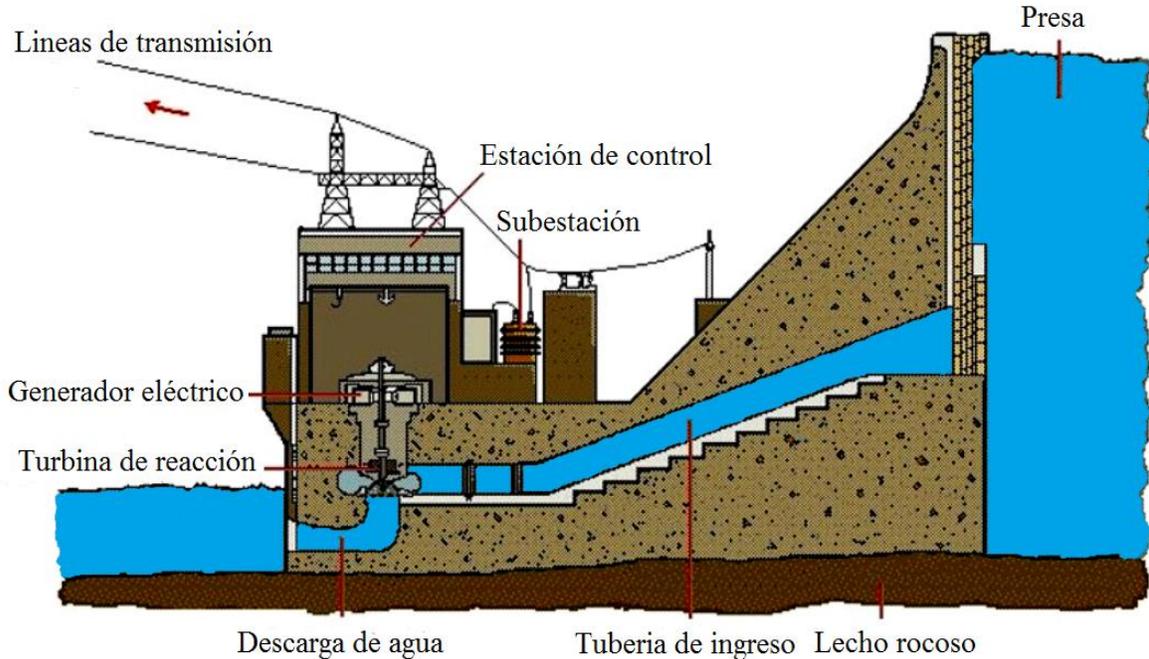


Figura 6. Imagen 5: Central hidroeléctrica (se modificó la fuente: *Energías Renovables*)

Por otro lado este tipo de proyectos posee un tiempo de vida reducido a diferencia de otras instalaciones para la generación de energía, esto debido al diseño de las centrales hidroeléctricas que consideran como elemento principal a la presa o dique donde es acumulada una gran cantidad de agua que posteriormente será utilizada, esta restricción del flujo natural genera un problema de acumulación de limo en el fondo de la presa que es acarreado por la corriente del río ocasionando que alrededor del 1% de la capacidad de almacenamiento de la presa se vea disminuido anualmente consecuencia de la acumulación de limo.

En cuanto al ámbito económico de este tipo de proyectos, la acumulación natural de limo en el fondo del dique representa un problema minúsculo comparado con el costo de la construcción de la presa que ocupa gran parte del presupuesto del proyecto, comenzando con estudios geológicos sobre la actividad sísmica de la región en virtud de mantener la integridad de la estructura tras un evento de este tipo, continuando con estudios mecánicos sobre la capacidad del suelo para resistir el peso que representará la acumulación de agua sin que existan filtraciones subterráneas que debiliten el área, consiguiendo con esto determinar si el lugar donde se piensa construir la presa es apto para la tarea.

Tras determinar que el lugar donde se construirá la presa es adecuado, los costos de la construcción de la misma continúan ahora con la selección del tipo de estructura que contendrá el flujo de agua, ya sea una presa de gravedad (estructura de sección posterior triangular y frente vertical con base ancha estrechándose hacia la cima), una presa de bóveda (muro curvo donde la parte convexa es el frente del embalse), una presa de contrafuerte (muro de forma triangular con una serie de pilares) o una presa de elementos sin trabar (acumulación de materiales impermeables bloqueando el flujo),

considerando en cada una los materiales a emplear para mitigar el deterioro de esta y asegurar su preservación.^[178]

La altura de la presa está en función de la topografía de la región además de considerarse la altura a la cual se captara el suministro de agua que alimentara la turbina y al generador eléctrico, esto aunado a la utilidad y valor de aquellas tierras que quedarán sumergidas debido a la acumulación de agua y si algunas de estas afectaran vías de comunicación, es importante mencionar esto ya que cuanto más alta sea la presa mayor capacidad de contención poseerá pero mayor cantidad de tierra quedarán inundada. Debido a todas estas acciones el costo de este tipo de proyectos es muy elevado al inicio pero a la posteridad es muy reducido, además de eliminar del panorama la contaminación del aire y generación de desechos tóxicos como en la energía nuclear.

En cuanto al ámbito ambiental la existencia de un obstáculo que bloquee el cauce natural de un río representa un daño a los ecosistemas locales debido a la alteración en las condiciones de vida, tanto para las especies acuáticas con el bloqueo de sus vías de desove como para las especies vegetales con la privación de nutrientes esenciales para ambas formas de vida presentes en el limo acarreado por la corriente del río, esto aunado a un cambio en la calidad del agua con la reducción en la cantidad de oxígeno presente y la disminución de la temperatura. Algunos de estos daños pueden mitigarse como la oxigenación del agua al colocar dispositivos que aumenten la turbulencia del flujo y otros dispositivos para incrementar la temperatura del agua haciendo uso de una muy pequeña parte de la electricidad generada.

5.6. Energía Oceánica

De manera similar a la energía hidráulica la energía oceánica también genera electricidad haciendo uso de la energía del agua en movimiento, pero a diferencia de la hidroeléctrica esta no emplea una diferencia de alturas para transformar la energía sino que directamente emplea el movimiento natural de los fenómenos ocurridos en el océano. El agua cubre alrededor del 70% de nuestro planeta y dentro de este vasto recurso existen tres manifestaciones comunes: las mareas, las olas y la diferencia de temperaturas a distintas profundidades, estos fenómenos naturales son aprovechados para la generación de energía eléctrica mediante diversos métodos las cuales son:

- ❖ Energía Mareomotriz
- ❖ Energía Olamotriz u Oleomotriz
- ❖ Conversión de Energía Térmica Oceánica (CETO) o Energía Termomotriz

5.6.1. Energía Mareomotriz

Las mareas son producidas por una serie de factores como presión atmosférica, viento, corrientes submarinas ya sean corrientes frías o calientes pero el factor principal es el movimiento de traslación y rotación de la Tierra que se ve afectada por los campos gravitatorios de la luna y el sol, dichos

¹⁷⁸ Ibid

campos gravitacionales generan dos ciclos de mareas en la Tierra, un ciclo cada día durante el mediodía (se repite cada 12 horas y 25 minutos) provocado por la rotación de la tierra y otro ciclo cada 14 días resultado de la superposición de los campos gravitacionales del sol y la luna. Cuando el sol y la luna están alineados, las mareas son mayores (mareas vivías) y cuando forman un ángulo de 90° las mareas se reducen (mareas muertas). [179]

5.6.1.1 Principio De Generación De La Energía Mareomotriz

El principio de generación de la energía mareomotriz es muy simple y similar al principio empleado en las centrales hidroeléctricas aprovechando las pleamares (nivel más alto de una marea) y las bajamares (nivel más bajo de una marea) generadas en cada ciclo de mareas consecuencia de la rotación de la Tierra. Una central mareomotriz es construida principalmente en estuarios o en lugares donde la costa posee un forma característica que permita la acumulación de una determinada cantidad de agua mediante la formación de un embudo, es decir habilite la creación de una presa.

Una central mareomotriz se aprovecha de la diferencia de alturas que poseen los niveles entre el agua del mar y el agua dentro del estuario que ha sido atrapada con la creación de un dique, con la pleamar el dique es llenado debido al incremento del nivel del mar y con la bajamar el nivel del mar se reduce generándose una diferencia de nivel entre ambos lados y consecuentemente una diferencia de presión, al abrir las compuertas del dique el agua atrapada pasa por una turbina que es accionada por el flujo de agua al salir, alimentando así a un generador mediante un acoplamiento directo quien produce la energía eléctrica, tras recuperarse los nivel del agua en ambos lados el proceso se repite.

La tecnología mareomotriz es la única de las tecnologías oceánicas que ha alcanzado una madurez debido a su simplicidad y parecido con la energía hidroeléctrica, las centrales mareomotrices son las instalaciones marinas que producen más electricidad debido a la gran energía que posee el fenómeno natural aprovechado.

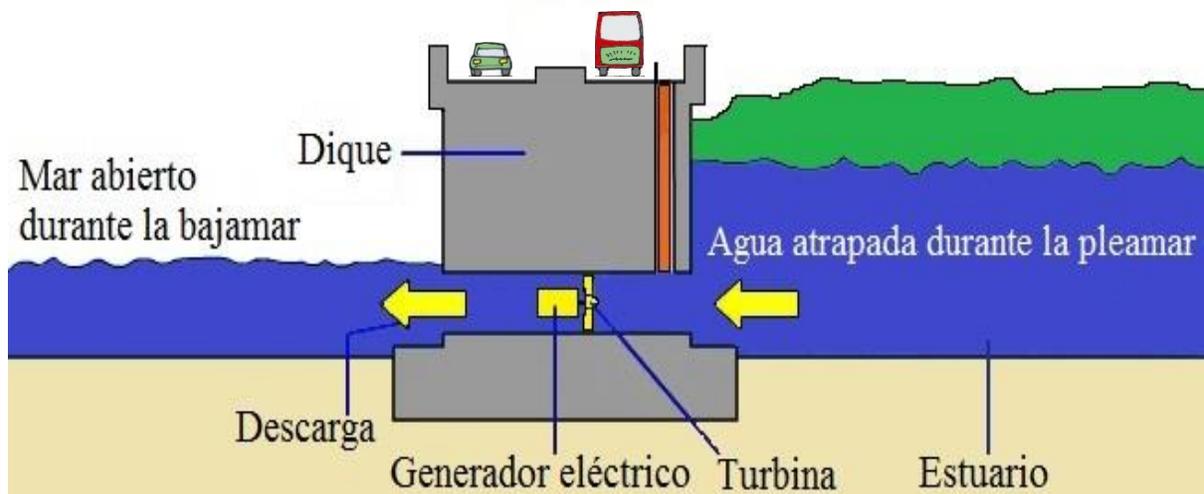


Figura 7. Imagen 6: Central Mareomotriz

¹⁷⁹ Ibid. P. 189

En cuanto al ámbito económico estos proyectos mantienen costos muy reducidos comparados con otros proyectos como los hidroeléctricos, ya que la parte más costosa y laboriosa del proyecto es la construcción del dique que contendrá al agua y posteriormente el costo por los equipos empleados, por lo que esta tecnología es bastante accesible aprovechando un recurso local. En cuanto al ámbito ambiental la creación de un muro para impedir el libre paso de la marea causaría un efecto radical en el ecosistema, generaría una acumulación de residuos en el estuario alterando las condiciones de vida de las especies e interrumpiría la navegación de embarcaciones.

5.6.2. Energía Olamotriz u Oleomotriz

Las olas en el mar son producto de dos efectos la radiación solar que incide sobre la superficie del planeta y las corrientes de viento, aunque a su vez el viento es producto de la radiación solar al incidir sobre la superficie de la tierra calentando algunas zonas de la misma, provocando que el aire de mayor temperatura ascienda propiciando un cambio en la presión que a gran escala genera las corrientes de viento. El viento golpea la superficie del agua transmitiéndole energía y al ser un fluido mucho más denso que el aire el agua puede almacenar más energía que el viento además de que las olas pueden propagarse por kilómetros con una mínima pérdida de energía hasta llegar a la costa donde disminuye considerablemente, estas características únicas han impulsado su aprovechamiento.

5.6.2.1 Principio De Generación De La Energía Olamotriz u Oleomotriz

Las olas en el mar estas constituidas por energía potencial en la cresta de la ola y energía cinética por el movimiento progresivo de esta, la magnitud de la energía que pueden contener está en función de su altura y esto depende de la fuerza de la corriente del viento que golpea en la superficie ya que al poseer mayor fuerza desplazará una mayor cantidad de agua.

La cantidad de energía que puede extraerse de una ola depende de su velocidad y la frecuencia o el periodo del oleaje además de considerar que las olas poseen su máxima energía en alta mar cerca de la fuente que las originó, a diferencia de aquellas olas que arriban a la costa que han dispersado gran parte de su energía y únicamente poseen alrededor de un diez por ciento de esta, por lo que teóricamente es más recomendable capturar esta energía lejos de la costa.

Existe un gran número de dispositivos diseñados para capturar la energía de las olas y transformarla en energía eléctrica, la mayoría de estos se encuentran en la última parte de su etapa de desarrollo, estos dispositivos pueden ser de tipo flotante en la superficie del agua o fijos teniendo su base en tierra o lejos de esta (ya sea anclado al suelo marino o construido en la costa). Los dispositivos que aprovechan la energía de las olas pueden clasificarse en tres categorías:

- ❖ Seguidores de superficie: dispositivos que utilizan el acoplamiento mecánico entre ellos y mediante un pivote convierten el movimiento ascendente y descendente de las olas en energía mecánica que produce electricidad, entre estos dispositivos se encuentran:
 - Flotadores
 - Balsas o Pontones
 - Dispositivos móviles articulados



- ❖ Dispositivos activados a presión: dispositivos que hacen uso del nivel cambiante del agua para comprimir y descomprimir aire dentro de un contenedor para mover una turbina, entre estos dispositivos se encuentran:
 - Neumáticos

- ❖ Aparatos de concentración: dispositivos que emplean barreras físicas para dirigir las olas hacia un punto de la instalación donde para salir de esta pasan por un canal estrecho haciendo girar una turbina, este tipo de dispositivos son los que logran capturar más energía de las olas y por lo tanto producen mayores cantidades de energía eléctrica que cualquiera de los dispositivos anteriores, entre estos dispositivos se encuentran:
 - Depósitos [¹⁸⁰ Y ¹⁸¹]

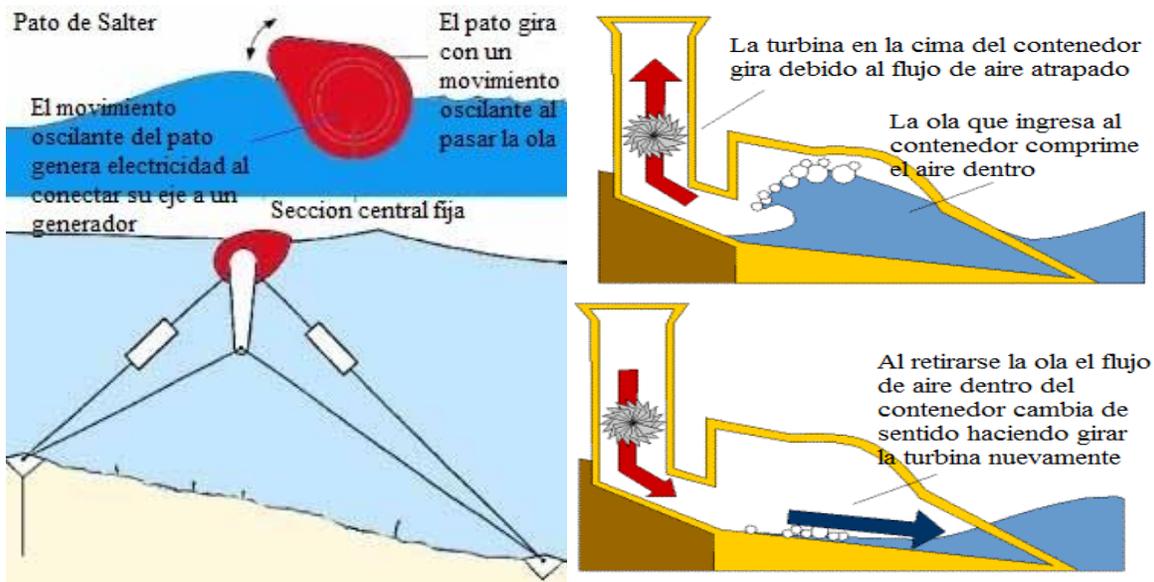


Figura 8. Imagen 7: Ejemplo de dispositivos para la captación de energía oleomotriz (se modificó la fuente: *Energías Renovables*)

En cuanto al ámbito económico este tipo de dispositivos al estar aún en una etapa de desarrollo significa que su implementación es muy cara y específica en el lugar donde se instalaran lo que complica su popularidad y masificación, además de estos dispositivos deben ser capaces de soportar tempestades y permanecer estables e intactos lo que añade dificultad a su desarrollo.

En cuanto al ámbito ambiental el dispositivo puede representar un bajo impacto visual pero esto también puede representar un peligro para la navegación ya sea comercial local, aunado a esto la

¹⁸⁰ *Renewable Energy: A concise Guide to Green Alternatives. [Versión traducida].* Jennifer Carless. Plain English Press. Estados Unidos de América. 1994. P. 123 - 124

¹⁸¹ *Energías Renovables.* Antonio Creus Solé. Ediciones Ceysa. Barcelona, España. 2004. P. 223

instalación de este tipo de dispositivos puede alterar el patrón de oleaje que comúnmente se presenta en la costa lo que puede alterar las condiciones de vida del ecosistema.

Por otro lado la energía de las olas puede ser una mejor opción al ser más confiable que la energía proveniente del aire ya que las olas del mar siempre están presentes durante todo el día en diferentes intensidades a diferencia de las ráfagas de viento que puede ser esporádicas.

5.6.3. Conversión de Energía Térmica Oceánica o Energía Termomotriz

Otra forma para aprovechar la energía del océano tiene que ver con la diferencia de temperaturas que se experimentan al sumergirse en el agua, donde pueden presentarse cambios radicales de temperatura entre la superficie y las profundidades, esta energía puede asemejarse a la energía geotérmica donde se emplea un fluido transmisor de calor al trasladarse desde un depósito caliente a uno frío empleando durante este proceso un turbina para aprovechar la energía del fluido. La indiscutible regularidad de las temperaturas oceánicas aunadas a una nula perturbación por los fenómenos naturales climáticos la vuelve una opción atractiva.

5.6.3.1 Principio De Generación De La Energía Térmica Oceánica (CETO) o Energía Termomotriz

El principio de funcionamiento de esta energía es emplear la temperatura cálida del agua en la superficie contrastando con las bajas temperaturas de cientos de metros hacia el fondo del océano, empleando un fluido de trabajo que se vaporice y condense tras realizar un trabajo. Es importante mencionar que este fenómeno solo puede aprovecharse en ciertas regiones del mundo donde la temperatura de la superficie del agua es tibia alrededor de los 22°C a los 25°C, esta característica priva a muchas naciones de implementar este proceso en sus costas ya que la temperatura ideal para este proceso únicamente puede encontrarse entre los trópicos de Cáncer y Capricornio, con los lugares más atractivos en el Pacífico.

El proceso básico mediante el cual operan los sistemas CETO es un ciclo Rankine empleando como fluido de trabajo al amoníaco por sus propiedades únicas para cambiar de fase a bajas temperaturas, el proceso comienza con la entrada del amoníaco al primer intercambiador de calor del sistema (evaporador), donde es evaporado por el agua en la superficie que posee una temperatura tibia para después dirigirse hacia una turbina acoplada a un generador eléctrico aprovechando así la energía del fluido para proveer electricidad, posteriormente a su salida de la turbina el amoníaco es dirigido al segundo intercambiador de calor (condensador) donde regresa a ser un líquido para finalmente dirigirse nuevamente al evaporador.^[182]

El ciclo Rankine es el proceso básico de estos sistemas, pero existen variaciones de este mismo como el ciclo Kalina (ciclo Rankine modificado empleando una mezcla agua-amoníaco), ciclo abierto (ciclo similar al Rankine utilizando agua como fluido para accionar la turbina y tras ser accionada es descargado) o ciclo cerrado (ciclo similar al Rankine pero tras utilizar el fluido para accionar la

¹⁸² *Energías Renovables*. Op. Cit.

turbina es condensado y regresado al evaporador, además de unir ambos flujos de descarga de agua) y ciclos híbridos, todos operando bajo las mismo principio del ciclo Rankine.

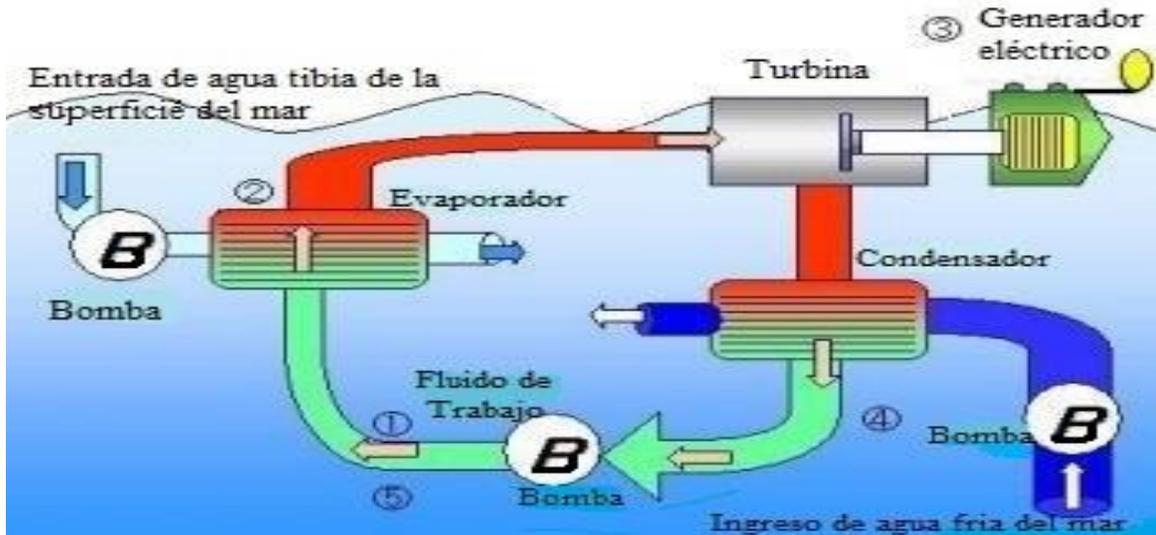


Figura 9. Imagen 8: Ciclo Rankine para CETO (se modificó la fuente: *Energías Renovables*)

En cuanto al ámbito económico estos sistemas pueden ser muy caros, principalmente algunos equipos como los intercambiadores de calor y las turbinas, la elección de tales equipos depende del tipo de ciclo que se implementará que a su vez define el fluido de trabajo, por otro lado la descarga de agua del sistema posee usos en procesos industriales o en la acuicultura o simplemente puede consumirse ya que es convertida en agua dulce. En cuanto al ámbito ambiental el agua salda del mar puede corroer los equipos causando una fuga del fluido de trabajo, lo cual contaminaría en gran medida el agua generando un riesgo para el ecosistema.

5.7. Energía Eólica

La energía proveniente del viento es conocida por la humanidad desde hace siglos, siendo la primera fuente de energía implementada masivamente al tener como su principal aplicación la navegación a vela, que durante la edad antigua se desarrolló ampliamente pero a pesar de su gran auge todas las embarcaciones debían recurrir al trabajo manual para impulsar su nave con remos, debido a la principal desventaja de esta energía, la discontinuidad e intermitencia de sus ráfagas lo cual la vuelve poco predecible.

Por otro lado el molino fue el invento diseñado para aprovechar la energía del viento que impulsó el desarrollo del potencial de esta como fuente de energía, esto debido a su diseño relativamente simple aunado a su eficiencia para moler granos. Los primeros molinos de viento proceden de regiones como Asia y el Medio Oriente, tras las cruzadas esta tecnología fue introducida en Europa donde fue mejorada e implementada ampliamente. La tecnología actual para el aprovechamiento de la energía

eólica se desarrolló bajo el mismo principio de los molinos de viento con un simple cambio al sustituir el mecanismo para moler granos por uno para generar energía eléctrica.

5.7.1. Tipos De Aerogeneradores o Turbinas

El desarrollo de la aeronáutica permitió un gran avance para la energía eólica, principalmente en cuanto a un diseño óptimo de las secciones transversales en las aspas o hélices que posee el aerogenerador (perfiles), en la actualidad existen diversos diseños de turbinas pero pueden clasificarse en dos maneras: en cuanto al tamaño de los aerogeneradores (potencia de generación) o con base en la orientación del eje de rotación o eje de oscilación del sistema. Por lo que las clasificaciones son las siguientes:

Por tamaño:

- ❖ Pequeños Aerogenerador (puede producir hasta 100 kilowatts)
- ❖ Medianos Aerogenerador (puede producir entre 100 kilowatts y un megawatt)
- ❖ Grandes Aerogeneradores (producen más de un megawatt de potencia)

Por eje de oscilación:

- ❖ Eje Vertical (TEV)
- ❖ Eje Horizontal (TEH) [183]

Ambos tipos de turbinas son capaces de convertir la energía eólica en energía mecánica, bajo diseños diferentes y además de su distintiva apariencia la principal diferencia entre estos dos tipos de aerogeneradores es la capacidad de operar en distintas direcciones del viento.

5.7.1.1 Eje Vertical (TEV)

Una turbina de eje vertical mantiene su eje de rotación o eje de oscilación paralelo al suelo, similar al giro de las aspas de un licuadora o el giro de las aspas de una batidora de repostería o batidor de huevos, esta característica le permiten operar ante vientos provenientes de cualquier dirección, es decir mantiene una oscilación libre a diferencia de una turbina TEH además de poder ser instalada al nivel del suelo, aunque por otro lado este tipo de turbinas no es muy utilizado debido a su baja eficiencia ya que al nivel del suelo donde regularmente es colocada, las corrientes de viento usualmente no poseen la misma magnitud de energía que las corrientes varios metros por encima de este.

5.7.1.2 Eje Horizontal (TEH)

La característica distintiva de este tipo de aerogeneradores es que su eje de rotación o eje de oscilación es perpendicular al suelo similar al que poseen algunas aeronaves o como un típico molino de viento, en este tipo de turbinas los rotores deben mantenerse perpendiculares a la dirección del viento para maximizar su eficiencia y para lograrlo este tipo de aerogeneradores poseen una oscilación dirigida para ajustar la posición del rotor, estos equipos solo pueden operar en una sola dirección de viento ya

¹⁸³ *Renewable Energy: A concise Guide to Green Alternatives. [Versión traducida].* Jennifer Carless. Plain English Press. Estados Unidos de América. 1994. P. 66 y 71



sea 'sotavento' (a favor del viento) o 'barlovento' (en contra del viento). Si el rotor se coloca en barlovento las aspas rotan frente a la torre y si el rotor es colocado en sotavento las aspas rotan detrás de la torre.

Las turbinas de eje horizontal son las más populares y dentro de este tipo existen muchos diseños en función al número de aspas acopladas al rotor, ya sean dos aspas, tres aspas, cuatro aspas. El diseño más usado es el de tres aspas al ser un punto intermedio entre los aspectos de costos de producción y la eficiencia.

En el caso de optar por un aerogenerador con un diseño de cuatro aspas los costos de producción se incrementaría considerablemente ya que la fabricación de las aspas es un proceso muy elaborado y costoso debido a sus características especiales, esto aunado a que el agregar un aspa más no provee una mayor eficacia como en el caso de tres aspas ya que incrementa el peso del sistema y la resistencia del aire dificultando la generación de momento, por otro lado si la velocidad de rotación es elevada la fuerza centrífuga incrementará aparentemente el peso del sistema, sometiendo a la turbina a un mayor estrés incrementando el desgaste del equipo y la probabilidad de una falla.

En el caso de optar por un aerogenerador con un diseño de dos aspas en principio se podrían disminuir los costos de producción considerablemente o al tener más espacio se podría considerar aumentar el ancho de las aspas lo que incrementaría el costo de producción al mismo que un aerogenerador de tres aspas. Por otro lado el diseño de dos aspas volvería más ligero al sistema además de ofrecer una menor resistencia al aire al principio de su movimiento, esto ocasionaría que el rotor girase a velocidades muy altas incrementando el peso aparente de las aspas aunado a una mayor tensión en las mismas que para soportarla se deberían construir bajo otras especificaciones, incrementando nuevamente el costo de producción y de manera similar se sometería al sistema a un mayor estrés incrementando el desgaste del equipo y la probabilidad de una falla, además de esto las altas velocidades de rotación incrementaría notablemente el ruido y parpadeo emitido por la turbina.

Por lo que el optar por un aerogenerador de dos y cuatro aspas no es recomendable. Un aerogenerador de tres aspas puede proveer más potencia girando a velocidades bajas que uno de dos aspas y este mismo aerogenerador de tres aspas es de un menor costo y mejor rendimiento que uno de cuatro aspas, es por esto que el punto medio es el apropiado.

5.7.2 Principio De Generación De La Energía Eólica

El principio de generación de la energía eólica es muy simple partiendo de la energía cinética que posee el viento, determinada por sus dos factores fundamentales la dirección de la corriente y la intensidad de la misma. La dirección de la corriente puede ser afectada por la localización geográfica del lugar y los vientos locales que experimenta dicha región ya sean brisas desde el mar hacia la costa o brisas desde la montaña al valle. La intensidad de la corriente del viento puede ser afectada por la orografía de la región, ya sea con zonas boscosas esporádicas que disminuyan la intensidad de la corriente o tan saturadas que impidan el paso de esta, así como también puede verse afectada mediante un relieve con muchas cimas escarpadas que durante el paso de la corriente generan zonas de turbulencia reduciendo así la intensidad del viento.



La función del aerogenerador es convertir la energía cinética de la corriente de viento en energía mecánica y posteriormente en energía eléctrica, la cantidad de energía convertida por la turbina depende fundamentalmente de tres factores: densidad del aire (está en función de la localización geográfica de la región aunado a la temperatura y presión atmosférica), longitud y ancho de las aspas (envergadura del sistema de rotación) y la velocidad de la corriente de viento.

El proceso de generación de energía eléctrica comienza cuando una corriente de viento incide sobre la cara frontal de las aspas del aerogenerador, diseñadas para captar la máxima energía del viento mediante su diseño único que le permite apoderarse de un momento para iniciar su rotación. Para aprovechar la mayor ventaja de la ráfaga de viento los aerogeneradores poseen una veleta situada en la parte trasera del equipo, a través de la cual se detecta la dirección de la corriente del viento y mediante un motor se hace rotar al aerogenerador sobre el eje de la torre para colocarlo en la posición adecuada (sotavento). Por motivos de seguridad la turbina mantiene un anemómetro situado a la misma altura del rotor de las aspas para determinar la velocidad del viento que de ser muy alta el sistema es detenido por motivos de seguridad.

Tras comenzar la rotación del sistema el eje del rotor o flecha (eje de baja velocidad) que gira a la misma velocidad que el rotor, transmite su movimiento a una caja de engranes mediante un cumplimiento directo, que a su vez transmite el movimiento a otro eje acoplado a un generador eléctrico (eje de alta velocidad) con este proceso la velocidad angular es elevada hasta cien veces, lo que incrementa en gran medida la potencia producida por el generador eléctrico. Después de ser generada la corriente eléctrica es dirigida hacia un transformador localizado en la base de la torre para finalmente ser distribuida.

Comúnmente los aerogeneradores son instalados en grupos (decenas) a lo largo de grandes distancias donde son registradas con regularidad fuertes corrientes de viento con velocidades altas donde suministran energía eléctrica a una red, pero a pesar de esto el viento es errático y con frecuencia tiene cambios tanto en su dirección como en su intensidad, este tipo de instalaciones son denominadas parques eólicos.

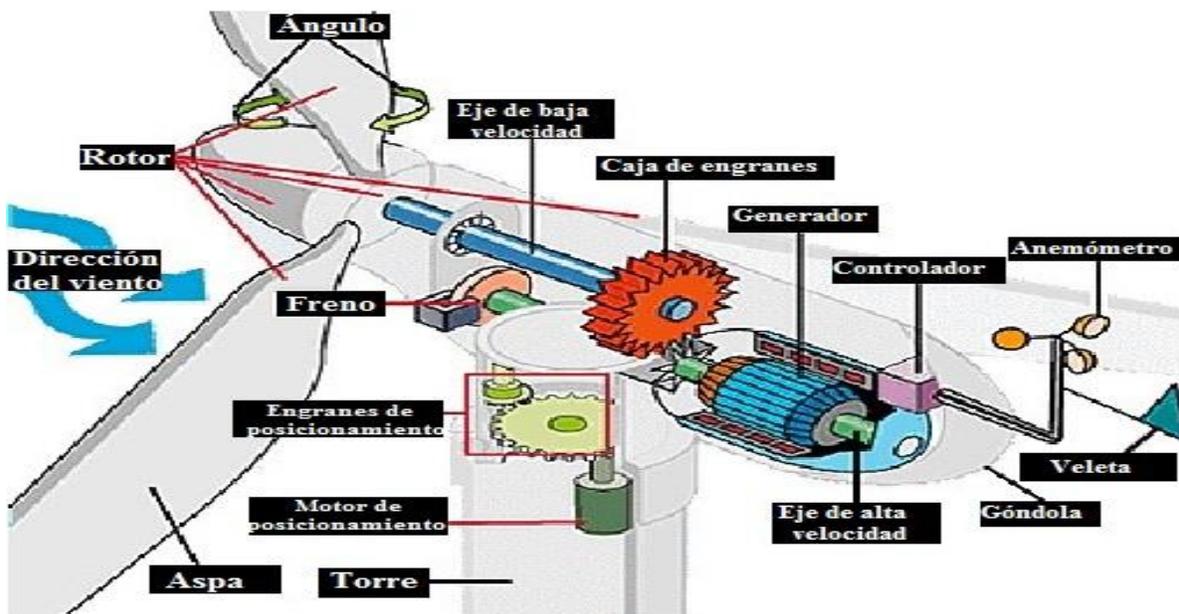


Figura 10. Imagen 9: Componentes de un aerogenerador (se modificó la fuente: *Energías Renovables*)

En cuanto al ámbito económico esta fuente de energía de manera similar a las anteriores posee costos muy elevados, debido a que la instalación de estos equipos en ocasiones se realiza en zonas remotas en algunos casos sin claras vías de acceso, esto incrementa los costos de la instalación de la estructura siendo el principal costo la cimentación de la torre donde se posicionara el aerogenerador, pero los principales costos de esta energía radican en las aspas que se acoplan al rotor. Por otro lado es importante mencionar que los aerogeneradores poseen un tiempo de vida de 20 años en zonas donde las corrientes de aire suelen ser turbulentas (debido a la orografía de la región) y de 25 a 30 años en zonas donde las corrientes de aire son poco turbulentas (cerca de la costa o mar adentro).

En cuanto al ámbito ambiental su principal afectación al ambiente es el impacto visual debido a la gran imponentia de su estructura (los aerogeneradores pueden medir más de 80 metros de alto y las aspas pueden medir más de 60 metros de longitud) y bajo esta misma característica se encuentra la crítica por la gran extensión de tierra que acapara un parque eólico, pero por encima de todo esto se encuentra la preocupación por las muertes de aves que son impactadas por las aspas de la aerogenerador mientras vuelan en la proximidad de este, esta es la principal preocupación sobre la afectación de la vida animal, es debido a esto que los parques eólicos deben evitar ser instalados en zonas migratorias y de alimentación de las aves, minimizando el impacto a su hábitat manteniendo únicamente la afectación del suelo.

Dentro de las desventajas de los aerogeneradores es importante mencionar la afectación en el ámbito residencial, esto es consecuencia de una implementación masiva de estos equipos debido a su gran popularidad como principal fuente de energía renovable, las afectaciones consisten en: altos niveles de ruido, parpadeo e interferencia electromagnética.

Las quejas en contra de los aerogeneradores en cuanto al ruido consisten en que los aerogeneradores producen altos decibeles de ruido (ruido por vibración del equipo y ruido aerodinámico por la rotación de las aspas). En cuanto al parpadeo (efecto causado por la rotación de las aspas contrastando con el fondo del cielo) este fenómeno puede provocar nauseas, migraña y episodios epilépticos. En cuanto a la interferencia electromagnética es causada por las aspas de acero de los aerogeneradores que debido a su movimiento pueden interrumpir o afectar la calidad de las señales de radio, televisión o navegación. [¹⁸⁴ Y ¹⁸⁵]

5.8. Energía Biomasa o Bioenergía

La energía biomasa proviene de los residuos materiales u orgánicos (vegetal o animal) que gracias a su constitución principalmente a base de compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno posee el potencial de ser utilizada como una fuente de energía, mediante una serie de procesos para transformarla en: combustibles sólidos (por un proceso de combustión), combustibles líquidos (por un proceso de fermentación de monosacáridos) o en un combustible gaseoso (a través de la

¹⁸⁴ *Energías Renovables*. Antonio Creus Solé. Ediciones Ceysa. Barcelona, España. 2004. P. 120, 122 y 123

¹⁸⁵ *Renewable Energy: A concise Guide to Green Alternatives*. [Versión traducida]. Jennifer Carless. Plain English Press. Estados Unidos de América. 1994. P. 90



descomposición anaeróbica), para posteriormente emplearse en la generación de energía eléctrica como cualquier otra fuente de esta.

La bioenergía puede ser presentada en tres combustible distintos, aprovechados también en procesos distintos que se mencionaran más adelante, dichas formas de representación son:

- ❖ Biocombustibles: combustible sólido, por ejemplo: leña, residuos forestales, carbón, desechos agrícolas, etc.
- ❖ Biocarburantes: combustible líquido, por ejemplo: aceite vegetal (residuos de aceite de cocina) y alcohol (principalmente etanol)
- ❖ Biogás: combustible gaseoso, obtenido de la fermentación de residuos orgánicos, por ejemplo: desechos del campo o desechos de animales de crianza. [¹⁸⁶]

5.8.1 Fuentes De Biomasa o Bioenergía

El origen de la biomasa procede de distintas fuentes en diversos tamaños y formas tales como: madera, vegetación, excedentes agrícolas, desechos sólidos municipales (DSM) y aguas residuales por nombrar algunas fuentes. En la tabla siguiente se mencionan las diversas fuentes y residuos obtenidos de estas:

Tabla 7: Fuentes de biomasa

Fuente	Residuos
Agrícola	Proveniente de cosechas (caña, paja, maíz, sorgo, alfalfa, hierbas, avena, cebada o flores)
Forestal	Proveniente de la limpieza de áreas verdes (árboles caídos, ramas, hojas, arbustos, residuos de talas)
Ganadera	Proveniente del estiércol del ganado (porcino o equino principalmente)
Industrial (DSM)	Proveniente de desechos de la industria alimentaria, papelera y maderera (alimentos, papel, plásticos, aceite y aserrín)
Urbana	Provenientes de asentamientos humanos (basura orgánica, plásticos, escombros de construcción, etc.)
Acuosa	Provenientes de fuentes de agua dulce o salada (plantas acuáticas y algas)

¹⁸⁶ *Energías Alternas: Propuesta de Investigación y Desarrollo Tecnológico para México.* Claudio A. Estrada Gasca y Jorge Islas Samperio. Academia Mexicana de Ciencias. 2010. México. P.44



Cultivos Energéticos	Proveniente de cultivos como: tipos cardos, colza, cereales o girasoles
----------------------	---

Tabla 7: Fuentes de biomasa (se modificó la fuente: *Renewable Energy: A concise Guide to Green Alternatives*)

5.8.2. Principio De Generación De La Energía Biomasa o Bioenergía

El principio de generación de la energía biomasa es muy simple, puede generarse de dos maneras. La primera es mediante la utilización de desperdicios agrícolas, forestales, municipales e industriales para conformar un combustible homogéneo que posteriormente será utilizado en la generación de energía eléctrica. La segunda puede realizarse mediante la explotación de cultivos especiales (cultivos energéticos) como combustible único para la producción de energía eléctrica.

Es importante mencionar que la biomasa no es un recurso totalmente renovable ya que su combustible son los desechos provocados por la actividad humana y a menos que plantáramos suficientes árboles a un ritmo mayor al que se talan podría serlo, es decir que la creación de la fuente exceda el consumo, es por esta razón que la biomasa únicamente es una forma eficiente para lidiar con nuestros desechos más no resuelve el problema de los mismos ya que se ataca a las consecuencias de este y no al problema en sí.

Para extraer energía de la biomasa existen tres procesos, los cuales son:

- ❖ Combustión directa
- ❖ Conversión termoquímica
- ❖ Conversión bioquímica

5.8.2.1 Proceso De Combustión Directa

El proceso de combustión directa es el procedimiento más antiguo conocido por la humanidad para obtener energía en forma de calor al incinerar madera, en la actualidad este proceso es el más usado por su simpleza y eficiencia para calentar agua usando una mezcla homogénea de cualquier tipo de biomasa, pero el combustible más empleado para este proceso son los desechos forestales o agrícolas (el combustible de biomasa debe mantener un contenido de humedad menor al 60 % para incinerarse). El proceso de generación de energía eléctrica a partir de la combustión directa es muy similar al usado en una central termoeléctrica siendo la única diferencia el combustible empleado para la generación de vapor de agua.

El proceso comienza con la llegada de biomasa forestal a la planta homónima donde primero es triturada para disminuir su tamaño aumentando así la superficie de combustión dentro del incinerador, los gases liberados de la combustión a altas temperaturas calientan un conjunto de tuberías en la cima del incinerador por donde circula el agua, gracias a las altas temperaturas generadas por la combustión de la biomasa el agua en las tuberías es evaporada para después dirigirse hacia la etapa de generación de energía.

El vapor de agua a alta temperatura y presión pasa por una serie de turbinas de distintas condiciones acopladas a generadores eléctricos quienes producen la electricidad con el giro de los rotores consecuencia de la incidencia del vapor sobre los alabes de la turbina, tras ser generada esa energía eléctrica pasa por un transformador para posteriormente dirigirse a las líneas de transmisión. El vapor de agua proveniente de las turbinas es condensado en intercambiadores de calor para volver a circular por el conjunto de tuberías en la cima del incinerador.

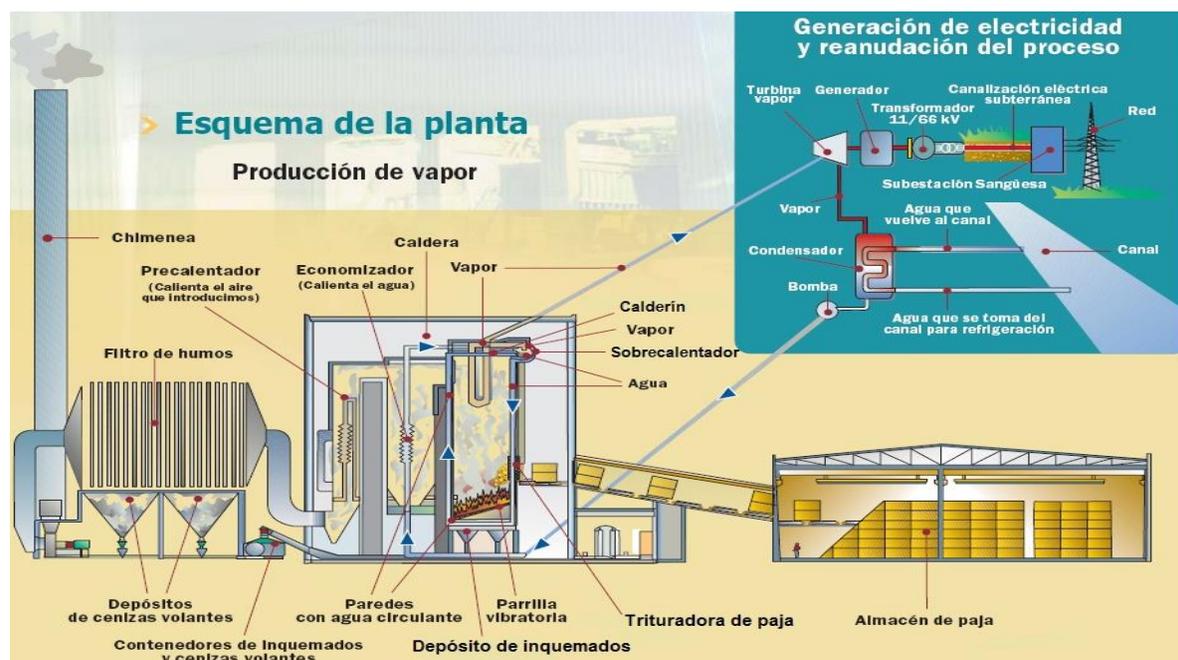


Figura 11. Imagen 10: Planta de biomasa de Sangüesa (se modifico la fuente: *Energías Renovables*)

5.8.2.2 Proceso De Conversión Termoquímica

El proceso termoquímico es más complejo que el proceso de combustión directa, este proceso necesita realizarse en un ambiente reductor (escases de oxígeno) donde se llevan a cabo diversas reacciones exotérmicas que producen cambios en la biomasa generando distintos productos como: gas, combustible, carbón, metanol, entre otros. Para realizar la conversión termoquímica existen tres métodos, todos realizan cambios químicos en la biomasa pero de cada uno de ellos se obtienen productos diferentes, los métodos termoquímicos son:

- ❖ Gasificación: proceso de combustión parcial donde se transforma la biomasa en una mezcla de gases a altas temperaturas (gases sintéticos o syngas: $H_2+CO+CH_4+CO_2+N_2+H_2O$), este proceso puede ser directo (utilizar aire o calor para producir la combustión parcial) o indirecto (transferir calor al recipiente desde una fuente externa mediante un fluido o arena).
- ❖ Pirólisis: proceso similar a la gasificación pero a temperaturas más bajas ($200^{\circ}C$), esto crea un ambiente donde pueden generarse una gran variedad de productos en función a las

condiciones de calentamiento, rango de temperatura y tiempo de permanencia en el reactor. (gases: $H_2+CO+CH_4+CO_2+C_2H_6$, líquidos: aceite pirolítico, sólidos: carbón)

- ❖ Licuefacción: en este método principalmente se emplean desechos agrícolas o forestales para reaccionar con vapor o hidrógeno y monóxido de carbono a bajas temperaturas pero a altas presiones, este proceso produce productos líquidos, de manera similar a la gasificación puede realizarse de manera directa o indirectamente. [187]

5.8.2.3 Proceso De Conversión Bioquímica

Al igual que la combustión directa, la descomposición de la materia orgánica debido a la acción de microorganismos ya era conocida por la humanidad aunque no comprendida, el proceso de conversión bioquímica se lleva a cabo mediante la acción de microorganismos como las enzimas o los hongos en biomasa húmeda (desecho agrícola, agua residual o desecho animal), este proceso de extracción de energía puede realizarse mediante dos métodos, de ambos pueden obtenerse productos líquidos o gaseosos, los métodos son:

- ❖ La digestión anaeróbica: este proceso se lleva a cabo en un ambiente reductor dentro de un recipiente con bacterias quienes descompondrán la biomasa desprendiendo gas metano (en un 50% o 60%), ácido sulfhídrico y vapor de agua, tras producido estos gases son separados y distribuidos para diversos fines.
- ❖ La fermentación: este proceso descompone sustancias complejas en sustancias simples, en este proceso se emplea biomasa de fuente agrícola para descomponer almidones (si la materia contiene granos) o monosacáridos (en el caso de que la planta contenga azúcares) para obtener alcoholes (etanol, metanol y butanol) y bióxido de carbono, estos productos pueden ser usados como insumo para la industria farmacéutica o para producir aditivos de combustibles.

En cuanto al ámbito económico esta fuente de energía de manera similar a las anteriores posee un costo elevado aunque el menor de todas las antes mencionadas, además de ofrecer un beneficio ambiental y poseer un gran avance sobre la tecnología de su aprovechamiento a diferencia de otras fuentes de energía que aún se encuentran en la etapa experimental. Los costos principalmente radican en la construcción de instalaciones para el aprovechamiento de la biomasa y posteriormente en actividades de recolección, transporte, almacenamiento y mantenimiento de la infraestructura.

En cuanto al ámbito ambiental la biomasa ofrece un mínimo impacto ambiental únicamente el de sus instalaciones y cultivos energéticos, la popularización de cultivos energéticos se ha convertido en una

¹⁸⁷ *Renewable Energy: A concise Guide to Green Alternatives. [Versión traducida].* Jennifer Carless. Plain English Press. Estados Unidos de América. 1994. P. 179 - 181



preocupación social por las grandes extensiones de tierra que ocupan desplazando a otros cultivos con fines alimenticios. Por otro lado la biomasa puede ser la fuente de energía más benéfica para el planeta al encargarse de manejar muchos tipos de desechos beneficiando a la sociedad y a la industria al tornarse más eficiente.

Por último como mencioné anteriormente al inicio del tema, la biomasa no es un recurso totalmente renovable ya que su combustible son los desechos provocados por la actividad humana, por lo que esta fuente de energía es únicamente la forma más eficiente para lidiar con nuestros desechos que es uno de los principales problemas de la humanidad actualmente, para mitigarlo deberíamos modificar la duración de nuestros bienes de consumo.

“Se considera que, de cada árbol extraído para la producción maderera, sólo se aprovecha comercialmente un porcentaje cercano al 20%. Se estima que un 40% se deja en el campo, en las ramas y raíces y otro 40% en el proceso de las aserradoras, en forma de astillas, corteza y aserrín”¹⁸⁸

Es importante mencionar que el aumentar la implementación de la biomasa en México mediante cultivos energéticos podría generar una gran cantidad de empleos en áreas rurales a través del cultivo y procesamiento de la biomasa, mejorando las condiciones de vida de las comunidades más pobres.

5.9. Aplicación De Las Energías Limpias Al Contexto Mexicano

La dotación de energía eléctrica a comunidades aisladas y a sitios remotos, constituye uno de los problemas más difíciles de resolver y trae consigo otros problemas relacionados con el desarrollo económico y social para muchas comunidades.

Actualmente en México y el mundo, ninguna energía limpia ha probado ser suficientemente proveedora de energía eléctrica que permita un suministro confiable a grandes centros poblacionales o a centros industriales, por lo que se requiere de una cierta cooperación entre ellas para conseguir una autosuficiencia energética.

Geotermia

La energía geotérmica se perfila como una opción viable, eficiente y de crecimiento exponencial en México, debido a la orografía del país que cuenta con muchos sistemas montañosos, entre los más representativos se encuentran siete unidades:

- ❖ Sierra Madre Occidental
- ❖ Sierra Madre Oriental
- ❖ Cordillera Neovolcánica
- ❖ Sierra Madre Del Sur
- ❖ Sierra Madre De Oaxaca
- ❖ Sierra Madre De Chiapas
- ❖ Sistema Sudcaliforniano

¹⁸⁸ *Energías Renovables*. Antonio Creus Solé. Ediciones Ceysa. Barcelona, España. 2004. P. 37

La experiencia en el fenómeno geotérmico de los últimos cuarenta años indica que nuestro país posee abundante potencial para desarrollar este recurso, dentro de la factibilidad técnica y económica, señalado a la energía geotérmica como la fuente de energía alterna de mayor posibilidad en México. Hasta 1989, se conocían más de 1418 focos termales en 27 de los 31 estados de la república, dichas manifestaciones incluyen: manantiales, pozos de agua caliente, fumarolas y volcanes de lodo y suelos calientes. El número de zonas geotérmicas que conforman tales focos termales es de 545, de los cuales se tienen identificadas 21 con posibilidades de extracción de fluidos de alta entalpía. La principal zona de interés geotérmica radica en el centro del país debido a la presencia e intersección de varias unidades orogénicas, región donde abundan las rocas volcánicas jóvenes. [189]

Por otra parte, la porción submarina del Golfo de California o Mar de Cortez contiene recursos geotérmicos relacionados con las zonas de ruptura de la Dorsal del Pacífico Oriental (East Pacific Rise), dicha dorsal está formada por fallas distensivas escalonadas, dentro de las cuales se produce el crecimiento de la corteza oceánica. Este proceso magmático – tectónico es el responsable de la separación de la península de Baja California del Continente Americano. [190]

Así mismo México cuenta con un sustancial cuerpo de profesionales con amplia experiencia en la exploración y desarrollo de la energía geotérmica, entre ellos la mayoría de los ingenieros de ciencias de la tierra, además de contar con empresas productivas del Estado (CFE) hasta empresas privadas.

Actualmente se tiene una capacidad instalada de 965 MW, a través de la explotación comercial de cuatro campos geotérmicos:

- ❖ Cerro Prieto, Baja California con 720 MW
- ❖ Los Azufres, Michoacán con 195 MW
- ❖ Los Humeros, Puebla con 40 MW
- ❖ Las Tres Vírgenes, Baja California 10 MW

Por otra parte la CFE ha desarrollado también algunos proyectos piloto de otras aplicaciones directas de los campos geotérmicos ya desarrollados, entre las cuales destacan:

- ❖ La extracción secundaria de minerales en lagunas de evaporación
- ❖ La calefacción de oficinas e invernaderos
- ❖ El secado de frutas y verduras
- ❖ El germinado de bulbos
- ❖ La producción acelerada de flores y hongos comestibles
- ❖ Secado de madera [191]

¹⁸⁹ *Geotermia en México*. Vicente Torres Rodríguez. UNAM. 1993. México. P. 142 - 143

¹⁹⁰ *Geotermia en México*. Op. Cit. P. 145

¹⁹¹ *Energías Alternas: Propuesta de Investigación y Desarrollo Tecnológico para México*. Claudio A. Estrada Gasca y Jorge Islas Samperio. Academia Mexicana de Ciencias. 2010. México. P.68



Nuclear

Durante la década de los sesenta el impulso a la energía nuclear en México estaba en auge y comenzaba a considerarse el sitio adecuado para la instalación de una planta nuclear, se aconsejaba la instalación en el centro del país debido a la densidad de los asentamientos humanos de la zona.

Los estudios preliminares de la localización de sitios para la instalación de la planta se iniciaron en agosto de 1966, con un estudio preliminar circunscrito al sistema central, tomándose como criterios principales:

- ❖ La relativa cercanía a la ciudad de México
- ❖ La disponibilidad de agua de enfriamiento para el reactor
- ❖ Una distancia mínima relativa a centros de población importantes
- ❖ Un suelo rocosa para resistir la cimentación de la planta

Los sitios considerados en este estudio, que concluyo el 27 de junio de 1967, fueron:

- ❖ San Sebastián, cerca de Apasco, Estado de México
- ❖ Maboro, Estado de México
- ❖ San José del cerrillo, valle de bravo, Estado de México
- ❖ El lagarto, Jojutla, Morelos
- ❖ Mexcala, Guerero
- ❖ Tecolotal, Veracruz
- ❖ Valsequillo, Puebla

Finalmente la planta se estableció en Laguna Verde, Veracruz, debido a distintas ventajas como la enorme cantidad de agua disponible para el enfriamiento, gran accesibilidad y transporte por estar cerca de la costa. [¹⁹²]

México posee grandes ventajas para la proliferación de estas instalaciones, debido a su geografía que le permite tener acceso a dos grandes océanos que representan una enorme cantidad de agua para enfriamiento y ventajas de accesibilidad por ambos flancos, por lo que solo restaría considerar una localización adecuada con el tipo de suelo apropiado y una protección de los fenómenos naturales como los huracanes debido a su cercanía con la costa, por último considerar la demanda regional de electricidad en algunas zonas del país.

En cuanto al combustible nuclear para reactores de fisión nuclear convencional, en 1970 la Comisión Nacional De Energía Nuclear informó del descubrimiento y evaluación de 3157 toneladas de óxido de uranio, localizados en 34 lugares, principalmente en los estados de Chihuahua, Durango, Nuevo León, Sonora, San Luis Potosí y Oaxaca. [¹⁹³]

La extinta URAMEX indicaba que en octubre de 1981 el país contaba con 14 522 toneladas de óxido de uranio ‘in situ’ de reservas probadas y 35 000 toneladas de reservas posibles, en diversos

¹⁹² *Contracorriente: La historia de la energía nuclear en México (1945 – 1995)*. Luz Fernanda Azuela, José Luis Talancón. Instituto De Investigaciones Sociales e Instituto De Geografía. 1999. México. P.78

¹⁹³ *Desarrollo Nuclear De México*. José Antonio Rojas Nieto. UNAM Facultad de Economía. 1989. México. P109



yacimientos de diferentes estados de la república, además de disponer de un potencial del orden de unas 150 000 toneladas de óxido de uranio ‘in situ’ asociado a yacimientos minerales de roca fosfórica de Baja California. [194]

México puede tener autosuficiencia de combustibles nucleares, aplicando las medidas pertinentes para avanzar a esta instancia como el renacimiento de una más eficiente empresa productiva del estado, con el fin de explotar, enriquecer, suministrar y comercializar uranio.

Por otro lado, en los diferentes campos de investigación y desarrollo tecnológico de la energía nuclear por fisión, México está avanzando en modelación de física de reactores, verificación y validación de software y su aplicación en la optimización de combustible nuclear, en física del núcleo de reactores avanzados y en la producción nuclear de hidrógeno. En seguridad trabaja en modelos de simulación para: reactores avanzados, transitorios operacionales, análisis de estabilidad, errores humanos y la incorporación de criterios de riesgo en las actividades del regulador. [195]

En cuanto a la energía nuclear por fusión, el número de científicos nacionales abocados a este campo, las principales actividades se desarrollan en la UNAM, dentro del Instituto de Ciencias Nucleares, en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) y en el CICATA del Instituto Politécnico Nacional en Querétaro. Estos grupos han establecido una red con el propósito de realizar investigación teórica y experimental de problemas de equilibrio, estabilidad de plasmas confinados magnéticamente, estudiándose en particular los mecanismos que permitan mejorar el confinamiento de plasmas en aparatos de forma toroidal como los tokamaks y los stellerators. Los trabajos realizados en estas instituciones colocan a México como una nación con capacidad de hacer aportaciones científicas a este campo e inclusive poder llegar a la fase de propiedad industrial. [196]

Solar

El país cuenta con una elevada irradiación solar promedio, del orden de 18 MJ/m^2 , lo que ofrece un campo fértil para su aprovechamiento.

La principal aplicación de esta energía en México y como en muchos otros países radica en el aprovechamiento de las celdas solares (energía solar fotovoltaica), sobre todo en las comunidades rurales sin un acceso a las redes de distribución de energía eléctrica. Así mismo estos dispositivos también han sido aplicados en zonas urbanas, tanto en residencias privadas como en algunas instituciones gubernamentales con distintos fines, sin lugar a dudas estos dispositivos proliferaran debido a su potencial para el aprovechamiento de una fuente de energía abundante.

“Por otro lado en 2007 el CONACYT aprobó el Laboratorio Nacional de Sistemas de Concentración Solar y Química Solar, que involucra a varias instituciones bajo la dirección del Centro de

¹⁹⁴ *La producción de Uranio En México*. Miguel Castañeda Pérez. UNAM. 1986. México. P 1,2

¹⁹⁵ *Energías Alternas: Propuesta de Investigación y Desarrollo Tecnológico para México*. Claudio A. Estrada Gasca y Jorge Islas Samperio. Academia Mexicana de Ciencias. 2010. México. P.127

¹⁹⁶ *Energías Alternas: Propuesta de Investigación y Desarrollo Tecnológico para México*. Op. Cit. P.133-134



Investigación en Energía de la UNAM. El objetivo del proyecto es desarrollar tres importantes infraestructuras de investigación en concentración solar:

- ❖ Un horno solar de alto flujo radiactivo
- ❖ Un campo de pruebas de helióstatos
- ❖ Una planta solar para el tratamiento fotocatalítico de aguas residuales¹⁹⁷

Hidroeléctrica

El desarrollo económico y social de México tras la revolución, se sustentó en la construcción de todo tipo de infraestructura para el aprovechamiento de los recursos naturales del país y dentro de estas obras destacan aquellas destinadas a la infraestructura hidráulica. Durante el siglo XX se construyeron numerosas obras hidráulicas de todo tipo y con objetivos diversos, como túneles, acueductos, zonas de riego y grandes presas, principalmente para riego al abastecer de agua a diversas comunidades, generar energía eléctrica o controlar crecientes.

La hidrografía del territorio mexicano se distribuye principalmente en tres vertientes: la occidental del pacífico, oriental o del atlántico (Golfo De México y Mar Caribe) e interior donde los ríos no tiene salida al mar. [198]

Debido a su ubicación geográfica La República Mexicana se ve afectada por fenómenos tropicales e invernales, que agregados a las características físicas y climáticas, provocan precipitaciones intensas en algunas zonas del país y escasez de lluvias en otras. Estas características dificultan el aprovechamiento del recurso hidráulico aunado a escenarios extremos que esporádicamente aparecen en el territorio, como secuelas de inundaciones o prolongadas sequías, respectivamente en distintas partes del territorio. [199]

El régimen de precipitaciones en México es muy variado, apreciándose valores anuales inferiores a los 200 mm en zonas áridas del norte del país y 6000 mm o más en las zonas más tropicales del sur del mismo. En general el periodo normal de lluvias corresponde a los meses de verano, mientras que en los meses de invierno estos eventos son muy irregulares.

Por otro lado la expansión de la infraestructura para el manejo y control del recurso hidráulico representa un aumento en la cantidad de áreas bajo riego, que aunado con favorables condiciones para impulsar el campo como subsidios para maquinaria, fertilizantes y plaguicidas por un determinado tiempo, elevarían considerablemente la calidad de vida de los campesinos, un sector fundamental para el desarrollo del país. Traduciéndose también en una fortaleza a la soberanía nacional al ser autosuficiente en su producción agrícola y reducir paulatinamente la dependencia del exterior.

¹⁹⁷ Ibid. P.39

¹⁹⁸ *La Fuerza Del Agua, Presas En América Latina*. Ingeniero Bernardo Quintana entre otros colaboradores. Fundación ICA. 2004. México. P.37

¹⁹⁹ *La Fuerza Del Agua, Presas En América Latina*. Op. Cit.

Actualmente la disponibilidad de agua en el país puede no ser mala más no es suficiente en algunas partes, con el continuo crecimiento poblacional la demanda por este recurso se incrementará, por lo que debemos implementar medidas ahora para racionalizar este recurso.

Eólica

En México desde hace varios años se ha realizado estudios de prospección del recurso eólico por: el instituto de investigaciones eléctricas (IIE), el instituto de ingeniería de la UNAM (IIUNAM) y la asociación mexicana de desarrolladores de energía eólica (AMDEE), determinando zonas de potencial eólico.

En 2005 el IIE reportó varios sitios potenciales para el desarrollo eoloelectrico en México, lugares como:

- ❖ La ventosa, con un potencial de generación de 2000 MW
- ❖ Guerrero Negro, con un potencial de generación de 10 MW
- ❖ La Rumorosa, con un potencial de generación de 110 MW
- ❖ Hidalgo, con un potencial de generación de 100 MW
- ❖ Veracruz, con un potencial de generación de 100 MW
- ❖ Cozumel y Cancún, con un potencial de generación de 100 MW
- ❖ Zacatecas, con un potencial de generación de 300 MW
- ❖ Mazatlán, con un potencial de generación de 100 MW

En 2012 la AMDEE presentó un resumen ejecutivo de un estudio donde se estima el potencial eólico explotable del país en casi 50 000 MW. En dicho estudio destacan la confirmación de los estados de Oaxaca, Tamaulipas, Baja California, Zacatecas como las regiones de mayor potencial, además de incorporar otras regiones de con potencial como los estados de San Luis Potosí y Jalisco. [200]

El recurso eólico en México aún no ha sido cuantificado con precisión, diversas fuentes citan cantidades diferentes respecto al potencial eoloelectrico de México. El potencial eléctrico de cualquier país es una combinación entre recurso eólico disponible y el aprovechable en términos técnicos, económicos, ambientales y sociales.

En el país ya han iniciado las aplicaciones comerciales para la generación de energía eoloelectrica, particularmente en la modalidad de centrales interconectadas a red. Actualmente se cuenta con 163.3 MW instalados en parques eólicos, de los cuales los principales son el de La venta II con 83.8 MW y Parques Eólicos de México con 80 MW, ambos en Oaxaca. [201]

Oceánica

México no tiene una política específica para la energía del océano, sino que ésta se ubica dentro de las existentes para fomentar las energías renovables, así mismo existen avances en esta materia gracias a la iniciativa de instituciones de investigación como la UNAM y de su interrelación con

²⁰⁰ *Granjas Eólicas*. César Ángeles Camacho, Oscar Alfredo Jaramillo Salgado. Terracota. 2012. México. P. 72

²⁰¹ *Energías Alternas: Propuesta de Investigación y Desarrollo Tecnológico para México*. Claudio A. Estrada Gasca y Jorge Islas Samperio. Academia Mexicana de Ciencias. 2010. México. P. 58



universidades y gobiernos internacionales. Por otro lado la CFE está trabajando en un proyecto de energía de oleaje, en Rosarito, Baja California, para fines múltiples: generación eléctrica, desalinización o una combinación de ambos. [202]

Biomasa

México posee una gran ventaja para impulsar a la biomasa como una gran fuente de energía alterna basada en la explotación de una planta (cactácea) icónica de nuestra región ‘el nopal’, esta planta está presente en gran parte de nuestro territorio y en el lábaro patrio.

México cuenta con 104 especies de nopal, de las cuales 53 son endémicas, en cuanto al lábaro patrio, el significado del nopal según algunas interpretaciones, representa los desafíos y dificultades que habría de enfrentar nuestra nación, el águila majestuosa de pie sobre el nopal demuestra que el pueblo mexicano saldría avante ante estos desafíos. [203]

El nopal posee una gran gama de cualidades como el hecho de ser capaz de florecer sin estar plantado en la tierra, o florecer en un con poca agua y nutrientes, esta cactácea es capaz de multiplicar lo poco que recibe y transformar sus componentes en propiedades alimenticias y curativas, además por sus bajos costos su cosecha resulta una buena fuente de ingresos para muchos agricultores de escasos recursos que viven en zonas áridas o semiáridas. [204]

Esta fuente de energía puede aplicarse para proveer de electricidad a aquellas comunidades más alejadas de los centros urbanos en distintos estados del país, beneficiando no solo con el servicio, sino también puede ser una gran fuente de empleos para la región, mediante una muy pequeña inversión por parte del Estado (comparada con el costo de una central termoeléctrica convencional) o mediante el impulso a empresas interesadas, bajo la modalidad de subsidios.

Actualmente ya existe un proyecto pionero en el aprovechamiento del nopal para la generación de energía, el proyecto inicio en el año 2009 y tiene como cede a Zitácuaro Michoacán, lugar donde se encuentran condiciones muy favorables para el cultivo de la cactácea. Esta innovadora utilización de una planta icónica de la región, requirió el diseño y construcción de equipos especiales para aprovechar el biogás generado por cactáceas, obtenido de un proceso anaeróbico. [205] Este proyecto representa una exitosa e innovadora mexicanización de una fuente de energía limpia. Impulsar proyectos como este llevaran al país a un desarrollo sin precedentes, ya que el talento e ingenio mexicano, es reconocido en todo el mundo.

²⁰² ²⁰² *Energías Alternas: Propuesta de Investigación y Desarrollo Tecnológico para México*. Op .Cit. P. 80

²⁰³ *Nopal, fuente excepcional de energía renovable limpia y sustentable, “El Oro Verde De México”, El Santo Grial De Las Energías Renovables*. Miguel Aké Madera. Editorial Del Magisterio. 2014. México. 2014. P. 18 y 19

²⁰⁴ *Nopal, fuente excepcional de energía renovable limpia y sustentable, “El Oro Verde De México”, El Santo Grial De Las Energías Renovables*. Op. Cit. P. 24

²⁰⁵ Ibid

5.10. Seguridad Energética

En México la seguridad energética no ha sido un tema relevante durante la vida del país, esto consecuencia de su actitud pacífica y posición neutral hacia conflictos bélicos presentes en otras partes del mundo, pero este concepto comienza a adquirir relevancia debido a la inestabilidad geopolítica presente en nuestra región, sobre todo con una política agresiva hacia nuestro país por parte de su principal socio comercial. Por lo que analizar este concepto bajo distintas perspectivas de afectaciones a la soberanía de la nación, es fundamental para asegurar un bienestar de la misma en el futuro.

El caso de México es un caso particular a diferencia de el de muchas otras naciones, ya que México se descubrió poseedor de una riqueza en combustibles fósiles lo que lo vuelve relevante para otros país como proveedor de materia prima, pero esto no significa la independencia de energética de México ya que él se encuentra dependiente de otra nación para transformar su materia prima ya que la capacidad instalada de refinación en el país no es la suficiente para manejar todos los crudos que son extraídos del subsuelo.

Por lo que México se encuentra en la misma situación de otros países que dependen de alianzas estratégicas con países vecinos para mantener una normalidad en sus actividades, pero en etapas distintas del proceso de seguridad energética. Es importante mencionar que nuestro país posee la ventaja de mantener abundantes reservas de hidrocarburos por lo que la solución a este problema radica en la infraestructura, a diferencia de los escenarios de otros países donde carecen de ambos elementos.

Para plantear una solución al tema de la seguridad energética, primero se debe entender que representa su inatención, la seguridad energética de cualquier país representa la capacidad del mismo para satisfacer y abastecer adecuadamente la demanda interna de energía tanto de electricidad como de combustibles, a precios competitivos durante los tiempos actuales y futuros, que son insumos necesarios para el normal funcionamiento de la economía y la sociedad. El riesgo radica cuando existe gran dependencia del exterior por suministrar los insumos necesarios a través de redes de distribución o afectaciones a la infraestructura instalada, ocasionando interrupciones graves en el suministro que genere alzas indetenibles en los precios.

Aparentemente dentro del contexto geopolítico en el cual está inmerso nuestro país, la única preocupación o represalia podría venir principalmente de los Estados Unidos, esto consecuencia del deterioro en las relaciones políticas entre naciones, por lo que debemos apresurar la formulación de múltiples soluciones al reto de la seguridad energética, a pesar de que se tengan buenas o malas relaciones internacionales, la soberanía del país es un prioridad.

Así mismo la seguridad energética no solo puede ser afectada por factores exteriores, sino también pueden existir afectaciones a la infraestructura interna que puedan comprometer el suministro de energía eléctrica y combustibles, como lo son accidentes, fallas, reparaciones, modernizaciones, ampliaciones o desastres naturales que inhabiliten las actividades de una planta de refinación o una central generadora de energía eléctrica. Por lo que para solucionar el problema de la seguridad energética no solo debemos atender a las cuestiones externas sino también a las cuestiones internas quienes han demostrado ser los principales inconvenientes actualmente.

Atender el problema de la seguridad energética oportunamente elaborando planes de contingencia ahora, representará una estabilidad en el futuro ya que de no hacerlo, el continuo crecimiento poblacional elevará progresivamente el consumo por energía eléctrica y combustibles, reduciendo la



capacidad del país para suministrarlo, ocasionando una crítica dependencia del exterior y cuando se presente un acontecimiento que inhabilite al país para suministrar estos insumos, ya sea de origen exterior o interior, este evento paralizaría totalmente la país, ocasionando un estado de crítico que podría afectar la soberanía nacional.

El problema de la seguridad energética podría solucionarse de dos formas, a largo plazo y a corto plazo, enfocándonos principalmente al abastecimiento de combustibles a lo largo de la república.

A corto plazo podríamos aumentar el número de instalaciones de almacenamiento de combustibles en puntos estratégicos del país, ya sean instalaciones superficiales visibles con enormes tanques de almacenamiento o instalaciones sub superficiales aprovechando formaciones naturales que nos permitan almacenar una gran cantidad de combustibles, ambos eventos representarían una derrama económica que se traduce en empleos. Considero que para la realización de ambos proyectos México cuenta con el recurso humano apto para el desafío, por otro lado considero que las instalaciones sub superficiales serían más eficientes y representaría menos riesgos en caso de una contingencia, además de representar una menor inversión para su realización.

A largo plazo podríamos aumentar la capacidad de refinación instalada mediante la construcción paulatina de nuevas instalaciones, que representan una gran inversión inicialmente pero a futuro representarían una ventaja en distintos ámbitos (económico, operacional, social y seguridad), esto aunado a la construcción de instalaciones de almacenamiento de combustibles antes mencionadas, representando una derrama económica que se traduce en empleos.

Es importante mencionar que la realización de cualquiera de este tipo de proyectos debe hacerse de manera discreta y mesurada ya que representa una cuestión de seguridad nacional, por lo que al actuar de esta manera se evita el alertar a terceros o levantar sospechas que puedan traducirse en algún tipo de represalia o movimiento inesperado que afecta la realización de los proyectos.

Una manera para determinar qué tan grave es o podría ser la situación del país en cuanto a la dependencia energética de terceros, sería cuantificar el porcentaje de importaciones netas de combustibles sobre el total de combustibles producidos en el país con la capacidad instalada.

Por último es importante considerar que si México diversifica e incentiva un cambio energético a corto plazo hacia las energías limpias, podría reducir su consumo interno de hidrocarburos para fines de generación de energía traduciéndose en una mayor cantidad de hidrocarburos para destinar hacia las actividades de exportación y petroquímica, aumentando la recaudación que el Estado percibe por estas actividades.



Capítulo Sexto

6. El Futuro De Los Hidrocarburos

Para hablar de lo que podría ser el futuro de una de las industrias más importantes para México, primero se debe entender y recordar el pasado de nuestro país, principalmente las últimas tres décadas del siglo XX, ya que los cambios experimentados durante esos años han dirigido y determinado la situación actual del país, no solo en cuanto al ámbito petrolero con un panorama sombrío debido a la declinación continua de la producción nacional tanto de aceite crudo como de gas, sino también en cuanto al ámbito económico con un término tajante de la favorable racha de altos porcentajes de crecimiento económico anual.

6.1. Visión Al Pasado

La política ha jugado un papel fundamental en el desarrollo de las naciones y en la gestación de un enfrentamiento armado o el soslayarlo para después desmantelarlo, en el caso de México la política ha sido un instrumento clave para determinar la situación actual del país debido a sus distintas posiciones que llevaron a la conformación del mismo, tales hechos son analizados detalladamente en el capítulo tres de este trabajo, del cual podemos extraer la idea de que impulsar una política energética apresurada y poco analizada puede repercutir enormemente en desarrollo del país, es por esto que para determinar el rumbo de esta industria u otra de importancia similar, siempre deben considerarse las implicaciones a futuro en distintos escenarios sobre las peticiones que expresa la directriz, optando por el escenario de mejores resultados con bajos rangos de incertidumbre y afectación a otros sectores de la economía.

Por otro lado las decisiones tomadas en la política no son las únicas que han afectado a la economía del país sino también las decisiones tomadas en las esferas directivas de la petrolera nacional, es por esto que analizaré algunas decisiones erróneas de PEMEX dentro de dos problemas que ha enfrentado la industria: autosuficiencia energética y súbita abundancia, con el fin de establecer claramente los errores cometidos en el pasado para despojarnos del velo que nubla nuestra visión para poder orientar nuestras ideas hacia un porvenir prometedor conociendo nuestros errores.

El problema de la autosuficiencia energética en cuanto al gas natural ha estado presente durante gran parte de la historia de la petrolera nacional, agudizándose a mediados de la década de los setenta para después agravarse desde la década de los noventa hasta nuestros días, esto es consecuencia principalmente de la constante declinación en la producción de gas hidrocarburo. El problema radica en una falta de interés por parte de Petróleos Mexicanos por explotar este hidrocarburo a lo largo de la segunda mitad del siglo XX, debido principalmente a la gran disparidad en su valor con respecto al aceite crudo, es por esa razón que las escasas actividades de exploración eran iniciadas cuando se obtenían excedentes de la venta del aceite crudo, es decir no existía un equilibrio en la explotación de recursos en el país.

Así mismo durante mediados del siglo XX debido a la falta de hallazgos de grandes yacimientos con importancia significativa, la petrolera nacional no prestó atención suficiente para desarrollar este recurso, esto aunado a que el país aún no se encontraba completamente industrializado para hacer uso de ese gas, propiciando una escases de infraestructura para transportar y almacenar el gas producido.



Esta acción provocó que en muchas instalaciones el gas producido fuera quemado sin preocupación alguna debido a su bajo precio en el mercado interno y un poco mayor en el mercado externo, esta era la principal razón de la petrolera para justificar la escasa inversión hacia el aprovechamiento de ese recurso, sin considerar las pérdidas que esta simple acción generaba a la empresa a nivel regional.

Esta era un elección errónea ya que es preferible no explotar el recurso manteniéndolo reservado para eventos próximos previniendo así necesidades futuras en lugar de desperdiciarlo en el presente complicando su situación posterior con un desbalance entre la producción de gas y el aumento en el consumo interno en el país por este energético, traduciéndose en una escases que obligó a la petrolera a importar gas hidrocarburo de nuestro principal vecino, acción que aun esta presenta en la actualidad.

Es importante mencionar que los altos volúmenes de gas natural quemado son resultado de la intensa búsqueda de Petróleos Mexicanos por elevar su producción de aceite crudo menospreciando al gas, debido a la coyuntura mundial del embargo petrolero árabe que incremento en gran medida el precio del barril de petróleo.

“La prioridad que tenía el crudo en las actividades productivas y de exportación y su efecto sobre el desaprovechamiento del gas natural producido, se veía acentuado por la actitud, casi generalizada, de altos cuadros de la empresa, en el sentido de evitar distraer no sólo recursos humanos, técnicos, materiales y financieros, sino también desviar la preocupación y atención de la empresa de todo aquello que no fuese crudo, en la medida en que éste era el que permitía la obtención de ingresos en forma inmediata. Evitar distracciones dio pie para que se desecharan propuestas para adquirir equipos modulares de tratamiento de gas natural de rápida instalación, que habrían permitido un aprovechamiento inmediato del gas producido”²⁰⁶.

Con el aumento de la producción de aceite crudo también aumentó su participación en la producción total de la empresa complicando los problemas de su aprovechamiento, esta existencia de materias primas desaprovechadas estimuló la creación de complejos petroquímicos en áreas estratégicas del país así como la infraestructura para su transporte y almacenamiento, pero esta acción se ejecutó de manera tardía e ineficiente ya que aún durante mediados de la década de los setenta el gas continuaba quemándose en vastos volúmenes debido al retraso en la construcción de esta infraestructura, consecuencia de una mala comunicación y coordinación entre áreas dentro de la petrolera nacional prologando la duración de los proyectos, indirectamente aplazando su fecha de finalización.

La irresponsable dirección de PEMEX hacia el gas natural tuvo grandes consecuencias en la empresa y en la vida de sus yacimientos, ya que al explotarlos desmesuradamente en la búsqueda por aumentar su producción únicamente acortaba el tiempo de vida de los mismo, el gas natural producido pudo ser reinyectado a los yacimientos favoreciendo el factor de recuperación, evitando su quema mediante la implementación de un pozo inyector, cuyos costos son bastante menos elevados que la construcción de grandes líneas y estaciones de recompresión que la petrolera buscaba evitar.

El problema de la súbita abundancia fue como un cubetazo de agua fría que despertó al país de un estado turbado debido a la crisis económica por la que atravesaba, dicha sorpresa representaba oxígeno puro para salvarlo de este brete al ahora conocerse opulento en el recurso más importante

²⁰⁶ *La Industria Del Gas Natural En México, 1970 – 1985.* Miguel H. Márquez D. El Colegio De México. México D. F. 1989. P. 73



para la humanidad durante ese tiempo. Tal riqueza podría compararse con aquella que poseen los países del Medio Oriente esperando para México un porvenir lleno de fortuna y bienestar, asemejando a los países del Golfo Pérsico. La repentina opulencia petrolera atrajo a las principales naciones industrializadas hacia México con ofertas de crédito para desarrollar nuestra industria, podría decirse que esta tentación de abundante crédito fue el factor decisivo que privó a nuestro país de salir airoso de la crisis y lo llevó en picada a una peor.

La abundancia de efectivo prestado provocó en el representante del poder ejecutivo un euforia enfocada al despilfarro de estos recursos monetarios que fueron direccionados hacia el desarrollo del país y modernización del mismo lo cual no es malo, pero lo que sí es cuestionable es la falta de mesura en cuanto al aprovechamiento de estos recursos, ya que esta modernización y desarrollo puede venir después, en un plazo más holgado. Esta actitud también influyó a la compañía petrolera nacional a expandir sus actividades muy rápidamente ocasionando con esta premura exigida al actuar una mala estimación en cuanto a los materiales necesarios para desarrollar sus recursos y a la magnitud de sus yacimientos que influye en los flujos volumétricos de hidrocarburos esperados en la extracción, terminando por emplear más recursos de los necesarios desaprovechando la capacidad de la infraestructura instalada (ductos y plantas de proceso).

A finales de 1985 la capacidad de transporte de gas desde las zonas productoras del sur, hasta el altiplano y norte de la República estaban sobradas, trabajando por debajo de alrededor de un tercio de su capacidad de transmisión, esto permite cuestionar la inversión realizada para instalar estas líneas (alrededor de 2 000 millones de dólares), que fueron seleccionadas mediante una expectativas muy optimistas, esperando desplazar grandes flujos de hidrocarburos que jamás existieron. Es importante mencionar que expandir las capacidades del sistema de transporte de la empresa es el camino correcto para el progreso pero debe hacerse mediante estimaciones adecuadas para no emplear más recursos de los necesarios. [207]

- Con el boom petrolero aumentaron las actividades de perforación a la par del incremento en la extensión y diámetro de los ductos, como resultado de los nuevos requerimientos para transportar grandes volúmenes de hidrocarburos. Este hecho estimuló la fabricación local de tuberías para la industria petrolera, esta iniciativa favoreció en gran medida a la petrolera nacional ya que desde el inicio de la industria la mayor parte de las tuberías utilizadas eran importadas.

Por otro lado la oportunidad que ofrecía la súbita opulencia petrolera de haber sido meditada y planificada con mesura a través de un nuevo plan sexenal, considerando una ambición moderada teniendo muy presente el trasfondo histórico inmediato del cual provenía el país, aunada a buenas actividades de negociación aprovechándonos del momento para obtener aún más beneficio de nuestra posición, pudo haber cambiado radicalmente de forma favorablemente la situación y posición actual de México en la escena mundial, con esto busco hacer énfasis en que actuar impulsivamente aplicando

²⁰⁷ *La Industria Del Gas Natural En México, 1970 – 1985. Op. Cit.*



remedios rápidos no funciona para solucionar los problemas del país o algún problema en general, ya que este enfoque únicamente se centra en los deseos del ahora y no en las consecuencias del mañana.

6.2. Visión Al Presente

Después de realizar un análisis previo entorno a la política mexicana sobre hidrocarburos contrastando con la historia mundial de estos mismos es fácil entender la gran importancia que representa para una nación ser poseedora de esta riqueza, en el caso de México esta fortuna es la culpable del lento progreso y atraso de nuestra nación en comparación con otras a pesar de su gran riqueza natural, podría decirse que para nuestro país la industria petrolera ha sido un arma de doble filo actuando tanto en beneficio como en su contra cuando es impulsada por una política energética errónea, esta mala dirección es la que ha afectada al país desde la década de los ochentas hasta nuestros días.

La política energética actual enfocada a los hidrocarburos es radicalmente contrastante con la que se había implementaba a largo de gran parte de la historia contemporánea de la industria homónima ya que durante este tiempo, desde la expropiación hasta principios de los setenta el gobierno manejó una política conservacionista enfocada en mantener la riqueza petrolera del país para sí mismo, exportando únicamente excedentes temporales de la producción buscando principalmente la autosuficiencia y a partir de 1979 surge el cambio de ciento ochenta grados en la política para tomar un enfoque de gran exportador de materia prima, este manejo consistió en intensificar actividades de exploración, perforación e industrialización para maximizar el potencial petrolero del país sobrepasando la autosuficiencia para posicionarse como un gran exportador de hidrocarburos.

Durante la primera mitad de la primera década del siglo XXI esta política de gran exportador de materia prima se tornó radical para cumplir con la directriz establecida, exigiéndole a la industria mayores ritmos de producción que dañan los yacimientos, complicando su explotación a futuro además de disminuir rápidamente las reservas de este valioso recurso debido al nulo impulso hacia las actividades de exploración, preocupando se únicamente por las actividades de extracción sin considerar el trasfondo que esas requieren (mantenimiento a la infraestructura, modernización e investigación), pero esta acción se traduce en más recursos monetarios que ingresan a la nación donde parte de estos es perdida dentro de los múltiples niveles de corrupción.

Por último en la segunda mitad de la primera década del siglo XXI la política mexicana se manejó bajo la directriz de gran exportador de materia prima, a pesar de que la industria en nuestro país no ha vuelto a conocer la autosuficiencia energética desde los años ochenta. Aun bajo esta directriz la política se tornó extremista al buscar con vehemencia gran cantidad de problemas en la petrolera nacional, para posteriormente diagnosticarlos de manera errónea sin considerar las opiniones de los expertos en la materia, para ulteriormente aplicar una solución desacertada al problema (Reforma Energética), este enfoque únicamente se dirigía a maximizar las ganancias obtenidas por la industria petrolera dentro de un coyuntura mundial de muy altos precios del barril de petróleo.



La medida aplicada por el gobierno para solucionar los problemas de la industria petrolera puede ser comparable al precepto impuesto por el representante del poder ejecutivo hacia el sector bancario tras la crisis financiera de 1982, ambos mandatos fueron soluciones desacertadas a los problemas que se afrontaban pero únicamente pueden ser entendidas al analizar el contexto dentro del cual fueron concebidas.

El principal rector de la reforma energética, maximizar los ingresos del Estado y el desarrollo a largo plazo del país pueden efectuarse exitosamente sin la necesidad de esta modificación, únicamente prestándole atención a las deficiencias de la empresa petrolera nacional quien posee el potencial para desarrollar gran parte de los recursos petroleros de la nación mediante una dirección adecuada, incentivos y control sobre sus actividades financieras para volverla más eficiente.

Por otro lado la modificación al marco jurídico en cuanto a las asociaciones de PEMEX es una acción correcta, ya que anteriormente Petróleos Mexicanos no podía asociarse con otra empresa para desarrollar proyectos en nuestro país por lo que lo hacia fuera de él (este es el caso de la refinería Deer Park donde PEMEX está asociado con una empresa privada en Houston, Texas), esto afectó a los proyectos que la petrolera nacional posee en el Golfo de México profundo, postergando los debido a la falta de tecnología y experiencia en cuanto a la perforación y extracción de hidrocarburos con altos tirantes de agua, pero con esta modificación PEMEX puede colaborar con otra empresa para desarrollarlos, esta acción si es necesaria para explotar los recursos de difícil acceso que posee la nación.

Así mismo dentro de los planes que busca la reforma es aumentar las actividades de investigación sobre nuestros campos, promover la creación de productos nacionales para la industria y aumentar la participación de otros sectores de la economía en la industria (contenido nacional), de manera similar todas estas metas pueden llevarse a cabo sin la necesidad de implementar una reforma, únicamente impulsando e incentivando monetariamente cada área de una manera adecuada, en los primeros dos puntos puede adoptarse una actitud de comprador inteligente para traer al país únicamente la tecnología necesaria para aprender de ella y adaptar a nuestras necesidad manufacturándola en nuestro territorio.

Por último es importante mencionar que existían muchas otras opciones aplicables a los problemas de la industria petrolera nacional, para corregir el rumbo y las actividades de esta sin la necesidad de aplicar una modificación tan radical como una reforma, pero al ser esta la opción implementada debemos obtener el máximo provecho de ella para impulsar a este país que posee tanto potencial para progresar y posicionarse en un lugar importante en la escena mundial.

“Los hombres y pueblos en decadencia viven acordándose de dónde vienen; los hombres geniales y pueblos fuertes sólo necesitan saber a dónde van”²⁰⁸.

²⁰⁸ José Ingenieros (Giuseppe Ingegneri) (1877-1925) médico y filósofo argentino.



6.3. Visión Al Futuro

“Predecir el futuro es algo imposible, nadie posee la habilidad de conocerlo, por lo que las ideas que plasmo en este trabajo son el escenario más factible en mi mente, apreciado a través de una visión lógica de las eventos por venir”.

La reforma energética introducida por el representante del poder ejecutivo del sexenio anterior y el impulso tras su modificación por el mandataria actual, representan un gran cambio en la tendencia pasiva de la industria petrolera nacional al romper tajantemente con este comportamiento, este disturbio en la industria nacional será de tardía asimilación para el pueblo mexicano al observar las operación de otras empresas petroleras en el territorio nacional sobre todo aquellas con sede en otro país, pero por otro lado esta medida favorecerá la creación de nuevas empresas petroleras mexicanas o empresas dedicadas a realizar algún servicio para la industria, fortaleciendo por otra parte a las actuales empresas petroleras mexicanas al otorgarles la oportunidad de desarrollar sus propios campos.

El efecto inmediato de la reforma en la industria nacional se reflejará en dos puntos en el orden siguiente, el primero de ellos será un ligero repunte en la producción de hidrocarburos del país debido al inicio de las operaciones de producción de aquellas pequeñas y medianas empresas petroleras que ganaron las licitaciones sobre algunos bloques que contienen pequeños campos petroleros con infraestructura ya existente, pero debido a su bajo aporte a la producción nacional y encarecimiento del costo de extracción PEMEX decidió cesar sus actividades. Con la llegada de los nuevos administradores estos campos podrán ser atendidos puntalmente en explotaciones racionales implementando los métodos de recuperación adecuados a la situación tanto financiera como técnica.

El segundo punto en el que se reflejaran las actividades impulsadas por la reforma es en el aumento en la incorporación de reservas, evento que tendrá un gran impacto en el país y en las empresas quienes las incorporen ya que esto incrementa su valor accionario. El territorio mexicano aun alberga grandes recursos petroleros que no han sido descubiertos aunque es importante mencionar que el volver a hallar un yacimiento de enormes proporciones similar a la joya de Cantarell es muy improbable, por otro lado también es importante mencionar que México posee un gran potencial en cuanto a los recursos no convencionales como el shale oil y el shale gas, esto gracias a la presencia en nuestro territorio de una de las formaciones más importantes de este tipo de recursos en el mundo la ‘Eagle Ford’.

El orden de aparición de estos puntos se debe al tiempo que toma llevar a cabo las actividades en cada uno, la etapa de exploración requiere de más tiempo en función a la extensión del área bajo estudio, la infraestructura con la que se cuenta para realizar los estudios y los distintos tipos de estudios que se harán para después discutir la existencia de hidrocarburos con los datos registrados. Es debido a esto que las actividades de exploración son mucho más laboriosas y demoradas que las de desarrollo.

México posee un excelente potencial para desarrollar los recursos de shale gas y shale oil, en diversas formaciones que cubren gran parte de los estados próximos al Golfo de México como: Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Veracruz, Oaxaca, Chiapas y Tabasco, este potencial es el encontrado en tierra, pero existe la posibilidad de que la formación tenga continuidad hacia el Golfo de México. Técnicamente los recursos recuperables de formaciones



de esquisto se estiman en 545 Tcf de gas natural y 13.1 billones de barriles de aceite, esta estimación es incluso más grande que las reservas probadas de México. [209] Es importante mencionar que la explotación de este tipo de recursos es la más cara debido al método de su extracción, por lo que necesita de una situación mundial de precios relativamente elevados para ser rentable (por encima de los 60 dólares).

Para que nuestro país irrumpa en la escena mundial como una fuerte economía emergente sobrepasando el actual crecimiento anual que exteriorizamos y aproximarnos a alcanzar las altas tasas de crecimiento de mediados del siglo pasado, debemos recordar los errores cometidos en el pasado y aplicar remedios nuevos para obtener nuevos resultados, centrando nuestra atención en aquellos casos de éxito de otras naciones como Japón o Alemania analizando el sistema que los llevó a prosperar tras enfrentar escenarios de devastación, para con esto desarrollar un sistema propio que nos conduzca de manera trepidante al éxito y para conseguir esto la reforma energética podría contribuir.

El caso de éxito de naciones como Japón o Alemania se debe principalmente al gran apoyo que el gobierno canalizó para fortalecer las pequeñas industria en su territorio, es en este punto donde la reforma energética podrá contribuir con el desarrollo nacional al impulsar el fortalecimiento de las pequeñas y medianas industrias, mediante las inversiones del Fondo Mexicano Del Petróleo y la competencia interna entre empresas petroleras propiciando un ambiente de mejora continua, contribuyendo a aumentar el flujo de dinero en circulación por la realización de actividades dentro de este ámbito o fines a él, impulsando a su vez la derrama económica que beneficia a muchas industrias traduciéndose en la generación de más empleos de forma indirecta.

El apoyo a la economía por parte de la reforma se dará paralelamente al desarrollo de los proyectos petroleros debido al progresivo aumento en las inversiones de capital extranjero y nacional en nuestro país, es importante reiterar que este precepto fue pensado únicamente con el fin de obtener más ganancias por parte de las actividades de la industria, la exteriorización de una posición de apertura hacia cualquier compañía nacional o extranjera interesada en desarrollar nuestros campos petroleros se justificó con el aumento que se presenciara al consumo de los productos nacionales.

Por otro lado es importante mencionar que esta acción representa una disminución de presencia de la petrolera nacional en las actividades realizadas en el país, que se traduce en una pérdida económica para la nación ya que las únicas entidades que manejaban los ingresos petroleros eran PEMEX y el Estado mexicano, ahora bajo este esquema se incorpora un nuevo jugador que divide las ganancias de los proyectos.

El aumento al consumo interno de los productos nacionales presentes directa o indirectamente en las actividades de la industria se logrará con el ingreso de capital extranjero al país bajo la modalidad de

²⁰⁹ *Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: México*. U. S. Energy Information Administration. [En línea 2017]. Traducción hecha por mí. Washington. DC. de Septiembre 2015. P. 9 y 10. Dirección URL: <http://www.eia.gov>



contenido nacional, mediante esta modalidad se le constriñe a la empresa interesada en el desarrollo de un campo petrolero a emplear bienes de consumo o equipos de fabricación mexicana.

Esta medida impulsará la actividad de muchas ramas de la industria manufacturera al apreciar las facilidades y oportunidades de negocio contenidas en la modalidad de contenido nacional, con este apoyo se crearán nuevas empresas y las actuales diversificarán sus productos para adaptarse a los requisitos, este incentivo podrá lograr una proliferación de materiales de alta calidad gracias a la gran capacidad de la industria manufacturera ya instalada en el país para la industria petrolera, teniendo en mente la posibilidad de exportar estos productos tal como sucedió con la fabricación local de tuberías para la industria, esta expansión de la industria manufacturera generará una gran cantidad de empleos directa e indirectamente.

Por otro lado la petrolera nacional posee una amplia experiencia en la explotación de yacimientos convencionales en tierra y en aguas someras del Golfo de México, pero se queda corta en cuanto a la perforación y desarrollo de yacimientos localizados en aguas profundas y ultra profundas del golfo que es hacia donde el futuro de la explotación se dirige (consecuencia de la falta de exploración, ambición y sobre todo estabilidad financiera debido a las consecutivas crisis). La asociación de PEMEX con BHP Billiton representa la oportunidad de generar experiencia y conocimientos sobre las actividades en aguas profundas así como también el compartir tecnología para llevar a cabo esta tarea representa para la petrolera nacional una asimilación de habilidades de gran importancia para desarrollar estos recursos.

Tras realizar actividades conjuntas con su socio la petrolera nacional podrá emplear la tecnología y conocimientos obtenidos de la colaboración para capacitar a su personal y con lo aprendido comenzar individualmente la explotación en aguas profundas del Golfo de México que es su propio territorio, esto a su vez impulsará la generación de tecnología y equipos según su necesidad para desarrollar los nuevos y más desafiantes proyectos, apoyándose en la capacidad manufacturera ya desarrollada debido a la modalidad de contenido nacional que para entonces (alrededor de 2030 - 2040) ya estarán consolidadas y reconocidas diversas empresas mexicanas del ramo, logrando con esto reducir la importación de materiales y por otra parte se apoyará en el Instituto Mexicano Del Petróleo (IMP) para realizar investigación indispensable para la continua mejora de la industria petrolera nacional.

El Instituto Mexicano Del Petróleo desempeñará un papel muy importante para el futuro de la industria petrolera nacional, operando bajo los mismos principios que llevaron a su creación el 23 de Agosto de 1965 (imperiosa necesidad de preparar recursos humanos calificados e independencia tecnológica).

Con la reciente transformación del sector energético el IMP deberá incrementar su presencia en el ámbito tecnológico con el objetivo de acelerar la independencia tecnológica del país, mediante la asimilación o mexicanización de la tecnología universal aplicada a todos los campos de la industria petrolera, así como también elevar su nivel técnico para posicionarse como una institución vanguardista en el desarrollo científico y tecnológico de la región, inspirándose en el análisis de nuestros peculiares crudos promoviendo su tecnología para la resolución de problemas de la industria petrolera nacional e internacional, llegando a una instancia donde conviertan a México en un



exportador de tecnología para crudos pesados, respondiendo las necesidades de los más desafiantes proyectos petroleros al generar mayor rentabilidad en los mismo. [²¹⁰]

EL progresivo desarrollo que llegaría a manifestar el IMP podría atribuirse al impulso para promover soluciones tecnológicas a las distintas ramas de la industria petrolera, al ahora encontrar dentro de su territorio nuevos clientes quienes trabajaran con nuestros crudos, logrando con esto crear otras fuentes de ingreso a la institución además de colaborar con las empresas nacionales, beneficiando a ambas partes en su desarrollo.

Esta actividad representa un desafío para el instituto al deber progresar tecnológicamente a un ritmo mayor al que avanzan las demandas tecnologías de la industria con el comienzo de las operaciones de los nuevos operadores, ya que de no seguir el ritmo de estas actividades la institución podría rezagarse (evento de bajas probabilidades de ocurrencia debido a la gran capacidad que poseen los investigadores mexicanos y la gran adaptabilidad e inventiva de los ingenieros mexicanos).

Es importante empecinar la magnitud del esfuerzo de investigación para el desarrollo, ya que existen dos posibilidades, la primera es optar por la realización de un gran esfuerzo de investigación que acortará el tiempo en el que se obtendrán los resultados, pero esto implicará un mayor costo monetario, la segunda es aplicar un esfuerzo pequeño que alargue el tiempo de los resultados pero implique un menor costo por ello.

Así mismo el IMP poseerá un papel fundamental dentro de la cadena productiva del país para la industria petrolera, al representar el primer eslabón de la misma ‘la investigación’ tras identificar un requerimiento tecnológico, para continuar en la cadena con la identificación de la solución y sus pruebas de factibilidad ‘experimentación’, para después seguir con el siguiente eslabón de la cadena ‘la implementación de la solución’ y por ultimo ‘la masificación y seguimiento’.

Este desarrollo paulatino puede tener lugar dentro del futuro de la industria petrolera nacional, lo que a su vez podría incentivar al gobierno a invertir en otras instituciones dedicadas a la investigación al percibir el progreso de este sector, propiciando el desarrollo de otras áreas fuera de la escena petrolera, dirigiendo al país hacia una era de modernidad autónoma que se traduce en el fortalecimiento de la economía y bienestar para la nación.

Para continuar hablando sobre lo que podría ser el futuro de la industria petrolera, es obligatorio mencionar el posible futuro de la empresa petrolera nacional emblemática de nuestra industria, los principales problemas de PEMEX radican en el ámbito financiero debido a una mala administración que la llevó a contraer grandes deudas, lo benéfico de la reforma para PEMEX es la libertad para asociarse con otras empresas, permitiéndole desarrollar sus proyectos con menor riesgo y con una inversión de capital menor a la original que puede emplear para invertir en otros proyectos, esto a costa de reducir sus ganancias sobre los mismo.

²¹⁰ IMP: 50 años de innovaciones, aplicaciones, desarrollos y servicios tecnológicos (EL camino para nuestro futuro). Instituto Mexicano Del Petróleo (IMP). D. F. México. 2015. P. 15, 16, 20, 23, 33 (entre otras).



Este modelo le permite hacerse de tecnología avanzada por parte de sus socios en un muy corto periodo de tiempo, algo imperativo para el progreso de la empresa, estas acciones aunadas a un estricto manejo de sus finanzas le auguran una prospera situación financiera en poco tiempo. EL futuro de Petróleos Mexicanos únicamente es prometedor si es manejado con austeridad, apeándose a un modelo presupuestal bien definido evitando así las pérdidas de capital de la empresa que tras la ronda cero de la reforma conservo gran parte de sus activos, acción fundamental para asegurar la permanencia de la petrolera nacional en el escenario mundial que ahora posee una mejor organización tras la crisis de la caída de los precios.

Tras estabilizar sus finanzas PEMEX podrá volver a recuperar terreno en el país al diversificar sus fuentes (aguas profundas, someras, tierra y el esquisto) dentro de un mercado abierto con libre competencia, obligando a la empresa nacional a ser más eficiente, acción que puede lograr debido a su gran conocimiento y experiencia sobre sus campos actuales, lo que le permite conseguir estas metas en un corto plazo para posteriormente expandir su presencia en el territorio y jactarse de poseer el sexto lugar en el ranking de empresas petroleras mundiales, pero debe mantener siempre en mente la posibilidad de expandirse fuera de México para crecer, como es la meta de cualquier empresa, ampliar su negocio e incrementar sus ganancias.

En cuanto al futuro de los hidrocarburos, durante las últimas décadas del siglo pasado las teorías del pico de producción de hidrocarburos preocupaban al mundo, ya que se pensaba que al alcanzar dicho punto comenzaría una franca declinación en la producción de este recurso propiciando una escases de materia prima que afectaría nuestra calidad de vida, pero con la llega del nuevo siglo también llegaron nuevas tecnologías que nos permitieron conocer un nuevo potencial de los hidrocarburos en dos diferentes ramas: recursos no convencionales (shale oil, shale gas, tight oil y tight gas) y explotaciones petroleras no convencionales (fracking, aguas profundas y ultra profundas).

Con la inclusión de nuevos recursos y métodos de explotación al panorama petrolero mundial, se postergó la aparición del pico de producción otorgándonos más tiempo para resolver el problema energético, pero por otro lado la incorporación de estos recursos abrió un nuevo capítulo en la búsqueda por petróleo, en el cual los costos de exploración y producción son considerablemente más elevados de lo que eran décadas antes con el petróleo barato, traduciéndose en la necesidad de mantener un precio por el barril de petróleo por encima de los cincuenta dólares, por lo que para mitigar el costo de producción las empresas enfocarán sus esfuerzos en la investigación de nuevas herramientas y procesos que reduzcan el costo en la explotación de estos nuevos hidrocarburos y prolonguen la vida útil de los yacimientos maduros. (Área del IMP)

Tras la nueva incorporación de recursos petroleros al panorama nacional consecuencia de la apertura decretada en la reforma, las reservas de hidrocarburos en México se incrementarán notablemente, por lo que en este punto es pertinente hablar del impacto a largo plazo de la reforma energética en cuanto a la producción de hidrocarburos en el país. Las nuevas reservas (recursos convenciones y no convencionales) propiciarán una explosión de actividades petroleras en gran parte del territorio nacional, traduciéndose en un sostenido aumento en la producción del país que fácilmente podría llegar a duplicar la producción actual debido al gran potencial de México (ampliando las actividades de extracción a todos los recursos con potencial petrolero del país de manera racional bajo un entorno económico favorable).



Este incremento en la producción nacional de hidrocarburos podría afectar al país tanto en el entorno interno como en el entorno externo. En cuanto al entorno interno el aumento en la producción significará un ritmo de extracción mucho más acelerado que el experimentado anteriormente por las actividades de una sola empresa (PEMEX) lo que acortará el tiempo de vida de la industria.

En este punto es importante mencionar el interés mundial por impulsar fuentes de energía limpia aunado a una reducción en el consumo de combustibles fósiles, principalmente guiada por los autos eléctricos o híbridos que a muy largo plazo reducirán la importancia de los hidrocarburos como fuente de energía lo que podría mitigar el auge en su extracción, pero esta no es razón para alarmarnos ya que los hidrocarburos están presentes de distintas formas en nuestra vida diaria y sin ellos nuestra calidad de vida sería radicalmente diferente, por lo que seguiremos empleándolos durante muchas décadas más de formas más eficientes, así que esta acción es buena para beneficiar al país a largo plazo mediante el aprovechamiento de estos recursos que actualmente y por muchos tiempos más seguirán siendo un recursos muy valiosos y relevante en la escena mundial.

Continuando con la afectación al entorno interno del país, el incremento en la producción nacional representará una abundancia de gas natural y de aceite crudo en superficie, pero gran parte de este aceite será dirigido hacia las actividades de exportación para asegurarle a la nación un mayor ingreso de divisas por la comercialización del mismo y el resto al consumo interno de combustibles, por lo que esta abundancia de gas natural puede servir para generar una segunda ola industrializadora en el país reimpulsado la petroquímica, como se hizo en las décadas de los sesenta y setenta, trayendo de nuevo al país los grandes beneficios de estas actividades, que fueron olvidadas por los gobiernos neoliberales mediante la reclasificación de productos petroquímicos básicos.

Por último aun continuando con la afectación al entorno interno del país debido al incremento en la producción de hidrocarburos del mismo, la abundancia de gas natural podría representar un apoyo para solucionar uno de los problemas que genera el crecimiento poblacional, el incremento en el consumo energético y durante el proceso podrían generarse nuevos empleos directos e indirectos contribuyendo de alguna manera a satisfacer esta cuestión.

En cuanto al entorno externo el aumento en la producción nacional de hidrocarburos tendrá dos afectaciones principales, ambas aparecerán cuando México se posicione nuevamente en la escena mundial como un gran país exportador de hidrocarburos.

La primera afectación se manifestará en el mercado internacional ya que al elevarse la producción nacional también se incrementa la cantidad de barriles ingresando al mercado mundial propiciando la disminución en los precio de referencia, que se traduce en un problema para cualquier empresa petrolera y esta acción no podrá ser controlada como en los países miembros de la OPEP, ya que en México debido a la apertura de la reforma operarán diversas compañías nacionales e internaciones, cada una con diversos intereses volviendo aún más caótico el mercado petrolero de este continente, repitiéndose un escenario similar al norteamericano con los productores de esquisto que pueden inundar rápidamente el mercado sin un control.

La segunda afectación tendrá lugar en un contexto político entre países vecinos, específicamente en las relaciones entre México y Estados Unidos donde puede aplicarse el calificativo de sensibles y por momentos conflictivas, ya que este vínculo está cargado de nacionalismo y mutua desconfianza que



no es fruto del azar, si no de siglos de historia llena de acontecimientos entre ambas naciones, tales como enfrentamientos, invasiones, restricciones y exigencias. Es debido a estos eventos que el nexo entre ambas culturas se ha ido deteriorando con el paso de los años terminando por dificultar los esfuerzos desplegados por ambas partes para lograr acuerdos, cuales quiera que sea la naturaleza del objeto de estos. [211]

El aumento en la producción de hidrocarburos que México experimentará como consecuencia de la reforma energética podrá despertar interés y disgusto por parte de los norteamericanos, interés debido a que uno de sus principales socios comerciales pueda proveerles grandes cantidades de hidrocarburos a su insaciable consumo energético a un precio y tiempo de envío menor que el de otras naciones dejando de depender de ellas, esto aunado al empleo de una mayor capacidad de sus refinerías para procesar la creciente producción de crudo mexicano destinada al consumo interno del país que les provee grandes ganancias.

En el otro lado los norteamericanos pueden experimentar un disgusto al mirar como México comienza a cobrar una autosuficiencia energética cesando las importaciones de gas provenientes de Estados Unidos, acto que les genera un gran ingreso de capital a sus arcas, por lo que el incremento en la producción que nuestro país experimentará contribuirá significativamente a reducir el déficit en las cuentas del gobierno, traduciéndose en un más cómoda situación económica para el país y su gente.

Tras haber mencionado distintos acontecimientos que pueden tener lugar en un futuro relativamente cercano, es el momento adecuado para introducir la relevancia que poseen los precios de referencias de los distintos crudos en las actividades petroleras, ya que este factor es determinante en los planes de negocios de las empresas homónimas. La crisis actual de precios a alcanzado cifras no vistas desde hace décadas y es extremadamente difícil predecir por cuánto tiempo más se mantendrán estos bajos precios, por otro lado existen dos grandes eventos que pueden cambiar totalmente el curso de esta crisis, un acuerdo entre la OPEP y otros países petroleros o el comienzo de una guerra, ambas circunstancias alterara inmediatamente la tendencia actual que manifiestan los precios de referencia.

El concretar un acuerdo entre la OPEP y otros países exportadores de petróleo sería la solución más simple y menos trágica, pero para lograrse deberán dejarse de lado tanto el orgullo y el interés personal para ser remplazados por el bien común de los integrantes del acuerdo, es decir cada nación deberá abandonar su estrategia de producir al nivel más alto posible y superar a los demás, que únicamente contribuye a perjudicar a todos los países petroleros, pero en cambio si todos colaboran conjuntamente llegando a acuerdos dignos para cada nación, podría alcanzarse una situación de mayor beneficios para todos los países petroleros. Mientras que no entiendan que la colaboración entre ellos con un recorte de la producción les augura una mejor situación, esta escena de precios bajos continuará indefinidamente.

Es importante mencionar que este tipo de acuerdos llevó al mundo a una crisis energética que impulsó el desarrollo de fuentes de energía alterna, por lo que este tipo de convenios no deben rebasar la delgada línea entre un intercambio justo y la dominación del mercado, es decir los precios de referencia deben fluctuar alrededor de un precio justo por este valioso recurso sin llegar a un sobre

²¹¹ *La Industria Del Gas Natural En México, 1970 – 1985.* Miguel H. Márquez D. El Colegio De México. México D. F. 1989. P. 127



encarecimiento del mismo, que únicamente conducirá a un desapego más acelerado de los consumidores por este recursos, llevando a una crisis aún más seria que la actual.

El segundo evento que puede cambiar radicalmente la tendencia actual de los precios de referencia internacional es la súbita aparición de un gran conflicto armado, pero la probabilidad de ocurrencia de un evento de esta naturaleza es muy baja a pesar de que actualmente o en los años anteriores se han experimentado numerosos conflictos bélicos alrededor del mundo como: la guerra en Siria, los conflictos palestinos – israelí, la batalla contra ISIS (en sus distintos frentes), las guerras en África, la invasión rusa a Crimea o la prolongada batalla en Colombia, de todos estos conflictos ninguno es un guerra activa entre países sino son conflictos locales o guerras civiles, lo que no representa un impacto tan grande como el conflicto a gran escala entre naciones que implican un gran movimiento de tropas, pero sin importar la magnitud de su impacto en el mundo cualquier conflicto bélico es un acto terrible causante de gran sufrimiento.

La razón debido a la cual la probabilidad de ocurrencia de un guerra entre naciones es muy baja se debe a cuatro principales razones, el incremento en la democracia a nivel mundial que ayuda a resolver problemas, la globalización que hace más fácil obtener bienes y servicios de forma más simple y económica a diferencia de tomarlos por la fuerza con una acción militar, los tratados internaciones que prohíben este tipo de conflictos aunados a una corte internacional para sancionar los crímenes de guerra y por último buenas relaciones entre países que han aceptado sus fronteras y el respeto de su soberanía. Debido a estas razones nuestra época es la más pacífica que ha conocido la humanidad a pesar de los diversos conflictos bélicos que se están desarrollando actualmente.

Por otro lado es adecuado mencionar que el mundo está cambiando a emplear fuentes de energía limpias debido a la preocupación por el calentamiento global, acción que directamente afectará el futuro de los hidrocarburos a largo plazo, mediante un aumento en el nivel de eficiencia de aquellas instalaciones y equipos que trabajan con este recurso aunado a una estricta aplicación de programas de conservación y uso eficiente de la energía, que terminarán por atenuar en forma significativa la demanda por este recurso para fines de combustible.

La reducción en la demanda por los hidrocarburos en un futuro lejano no es razón para alarmarnos debido a dos motivos, el primero es la indispensable dependencia de hidrocarburos en nuestra vida diaria debido a la basta cantidad de derivados que se obtienen de estos y que han determinado la calidad de vida que poseemos actualmente, pero no debe descartarse la idea de que en un futuro se encuentre otra forma de obtener estos bienes mediante otro recurso, otro proceso u otra tecnología. El segundo motivo se debe a que la transición energética tomará basta tiempo en lograrse tanto en el ámbito del transporte como en el ámbito de las fuentes de energía limpia, debido a la falta de desarrollo y competencia actual en cuanto al costo de generación de energía mediante combustibles fósiles como el gas natural.

En cuanto a México y el caso de la transición energética, nuestro país posee un gran potencial para generar energía eléctrica pero debido a la escasez de inversiones, abundantes reservas de hidrocarburos y falta de investigación, es probable que para el año 2030 de acuerdo con organismos internacionales la contribución de las fuentes de energía limpia se ubicará entre un 20 por ciento y un 30 por ciento, el resto lo dominaran los hidrocarburos debido al incremento en la producción petrolera



que traerá la reforma energética, este caso es muy probable que suceda en otros países petroleros alrededor del mundo debido a la gran disponibilidad de este recurso.

Así mismo es muy importante recordar que el bienestar de nuestro planeta es más importante que el lucrar con sus recursos, ya que si nos despreocupamos del daño al medio ambiente y continuamos con un actitud destructiva hacia nuestro mundo en virtud de enriquecernos, estaremos perjudicándonos a nosotros mismos al deteriorar el planeta que nos permite poseer una vida tan placentera, por lo que debemos hacer consciencia en el impacto ambiental que mantiene nuestras industrias y siempre orientar nuestro progreso hacia un desarrollo sustentable.

Por último a acorde a la cronología de los distintos eventos que pueden tener lugar en el futuro, es importante hablar de una idea que tal vez no ha sido pensada o expresada en la industria petrolera, principalmente debido a que aún no se ha alcanzado esta etapa, la cual es la rehabilitación o reorientación de zonas petroleras que ya han alcanzado su etapa de abandono debido a la pérdida de su potencial, es decir cambiar las actividades económicas de la zona que antes giraban en torno a las actividades de la industria petrolera por otras que contribuyan a generar ingresos de una fuente distinta, disminuyendo paulatinamente su dependencia a las actividades de la industria de los hidrocarburos.

Considero que este es uno de los grandes problemas que se afrontarán en el futuro y que podemos ver actualmente con la caída en los precios de referencia y el directo cese de actividades petroleras que afectan económicamente a las zonas homónimas, al considerar esta idea se podría mitigar el efecto negativo que representa una disminución en los precios. El considerar esta cuestión es muy importante ya que debemos recordar el principal pilar en el que está sustentada la industria petrolera, que es la explotación de un recurso no renovable por lo que se debe pensar en cambiar la actividad económica de la zona para no perjudicarla tras la partida de la industria quien constantemente está en busca de nuevos hallazgos a donde migrar.

En nuestro país existen zonas petroleras que han estado activas durante un muy largo periodo de tiempo y en un futuro podrían llegar a su etapa final por lo que considerar esta idea a tiempo será de gran ayuda para la zona. La idea principal mediante la cual se podría reorientar la actividad económica de una zona es devolver la actividad que antes de la llegada de la industria era la predominante como la pesca, la agricultura entre otras, para después acoplarla con alguna otra actividad o actividades que puedan llevarse a cabo en la región debido a sus cualidades, manteniendo tras este plan un impulso financiero adecuado que estimule la transición.

Pensar a futuro es una de las mejores actividades que podemos hacer para progresar y beneficiar a las nuevas generaciones. “El futuro tiene muchos nombres. Para los débiles es lo inalcanzable. Para los temerosos, lo desconocido. Para los valientes es la oportunidad”²¹².

²¹² Víctor Hugo. (1802-1885) *Novelista francés*.



Análisis de la fase Neoliberal en México

En México el contraste entre los cambios en la política a finales del siglo XX fueron realmente contrarios, pasando de un enfoque proteccionista de las industrias nacionales que crecían únicamente para satisfacer el consumo interno del país, a ser remplazado por una directriz de apertura global hacia el mercado internacional, manejando la idea de que el mercado solucionaría todas los contratiempos económicos de la nación.

Antes de la adopción del neoliberalismo en el país, este mismo mantenía un impresionante crecimiento económico similar al del gigante asiático en años anteriores (alrededor del 7% anual, actualmente fluctúa entre 2.2 %), esto se atribuía la orientación de la producción hacia la satisfacción de la demanda interna, diversificándose en diversas industrias que sustituían una gran cantidad de productos de importación.

Debido a la coyuntura de aquel tiempo el Estado impulso una inversión hacia la constitución y ampliación de empresas paraestatales en virtud de elevar la productividad de las mismas, orientadas a la producción de una amplia gama de bienes y servicios, pero este plan excedió los límites y el endeudamiento externo comenzó a adquirir relevancia.

Por otro lado la producción de productos de las diversas industrias nacionales eran vendidos a precios subsidiados por el gobierno con el fin de acelerar el crecimiento, cuando en el mercado internacional la disparidad del valor de estos productos con el mercado interno no estaba muy distante, la industria nacional gozaba de alta rentabilidad en sus operaciones favoreciendo así la rápida expansión de las mismas hacia otra gama de productos, de aquí proviene el abrumador crecimiento que sufrió la industria en la década de los setentas y ochentas.

Pero cuando los precios en el mercado internacional comenzaban a alejarse de los precios en el mercado interno, debido a alguna contingencia o escases de insumos para la elaboración de dichos productos, la industria nacional afrontaba dificultades económicas debido a la baja rentabilidad de sus actividades, esta es la raíz que provocó los elevados costos de producción en México, en comparación con los costos de producción de otros países que mantenían sus precios fluctuando a la par de la referencia internacional, esto aunado a que algunos complejos operaban bajo de los mínimos económicos, que obligo a cesar actividades en los mismo, de aquí proviene la paulatina pérdida de complejos industriales en el país. ^[213]

Tras este ingenioso plan de expansión comenzaba a gestarse un atraso tecnológico, debido a la dependencia nacional tanto del capital extranjero como de su tecnología, esta sería la primera pista para identificar la afectación al futuro de la nación, es en este momento cuando el capital foráneo comienza a desplazar sus inversiones de las actividades a las que comúnmente las destinaba para migrar hacia industrias de crecimiento acelerado y mayor utilidad como la manufacturera.

²¹³ *La industria petroquímica en México 1970 – 1982.* Michele Snoeck. El Colegio de México. 1986. México



Es por esto que México posee una gran capacidad manufacturera instalada en el país, que no lo beneficia significativamente debido a que estas industrias son extranjeras y no nacionales, aportando al país solo una pequeña parte de las ganancias.

Es importante mencionar que durante las últimas décadas del siglo XX las clases sociales en el país ya se encontraban abismalmente separadas y comenzaban a formarse grandes grupos financieros o consorcios titánicos debido a coaliciones entre empresarios, que buscaban conciliar con el Estado una política económica flexible, buscando un beneficio mutuo enmascarado de un beneficio social o bien común.

Así mismo durante este tiempo comenzaba a gestarse otro problema durante el hipnotizador crecimiento de las industrias mexicanas, el atraso en otros sectores de la economía como el campo principal fuente de ingresos de las naciones avanzadas, objeto fundamental en la soberanía de las mismas, es debido a este gran atraso que México experimento a lo largo de las últimas cuatro décadas del siglo XX un éxodo masivo de gente del campo hacia las ciudades en busca de mejores oportunidades, lo cual aun en nuestro días esta presenta consecuencia del atraso de este sector de la economía que aún no ha sido atendido eficientemente.

Es importante mencionar que la crisis económica de 1982 es un parteaguas para el cambio político y económico en México, cambio político debido a la llegada de una generación de jóvenes profesionistas (tecnócratas) que incitaban la adopción del neoliberalismo, aunado a un disgusto social que buscaba un cambio en la dirección del país. Cambio económico debido al rescate financiero promovido por Estados Unidos para salvar a su principal socio comercial, medida que ocultaba restricciones económicas, que se agudizarían a través de una serie de modificaciones a los sectores económicos del mismo (privatizaciones), acto que sería ampliamente visible a finales de la década de los ochenta y principios de los noventa.

Durante la adopción del modelo neoliberal, el país no se encontraba listo para enfrentarse al entorno internacional de libre competencia lo que devastó a pequeñas y medianas empresas, pero esto quedó eclipsado por el aumento en el crecimiento económico que bien no igualaba los experimentados en la década anterior o años anteriores pero si era prometedor, este espejismo de bienestar era consecuencia de la apertura que devastaba las pequeñas y medianas industrias generando una oportunidad para el capital extranjero de tomar su lugar en el mercado, es decir la entrada de este capital extranjero sostenía el crecimiento económico y se apoderaba del mercado interno, acción que perjudicaría al país en el futuro debido a la reducción de su capacidad industrial.

Es adecuado mencionar que adoptar un modelo neoliberalista tiene sus ventajas, ya que se basa en condiciones nacionales e internacionales favorables sujetas a un estrecha alianza entre los distintos sectores económicos. Esta alianza está vinculada a la construcción de un mercado interno y regional basado en la comercialización de múltiples bienes. Pero cuando un modelo tan libre como este es aplicado de forma mecánica sin analizar las consecuencias del acto y estudiar la fortaleza del sistema económico nacional, es una gran apuesta que como apreciamos actualmente no ha proporcionado los beneficios esperados, debido a una mala y forzada ejecución.

Por lo que bajo este modelo económico, el resurgimiento favorable del país podrá darse a través de un raciocinio de la situación actual que conjugue principalmente una colaboración eficaz entre



capacidades políticas y gestión empresarial, logrando con esto una sinergia entre la exportación de recursos primarios y un proceso de reindustrialización que provocará una mejora indiscutible del país. [214]

En cuanto al sector energético, principalmente de hidrocarburos el modelo neoliberalista abre un panorama de libre mercado en la nación ocasionando una competencia que provoque un mejoramiento de la competitividad de la empresa petrolera nacional, acción viable para la empresa ya que posee casi todos los campos productivos en México que bajo un estricto modelo económico generará altos niveles de rentabilidad para invertir en innovación, ya que de esta acción depende conservar sus ventajas competitivas.

A diferencia de la actitud que poseía anteriormente, dentro de un mercado de escasa competencia y regulación que no la obligaba a mantenerse a la vanguardia en el estudio de sus campos, esto ocasionó un estado pasivo que redujo los esfuerzos hacia la innovación e investigación que la llevo a un atraso y estanco tecnológico aunado a un mal manejo de las finanzas.

²¹⁴ América Latina, *¿Del Neoliberalismo al Noedesarrollo?*, programa de las naciones unidas para el desarrollo. Antonio Aranibar Arze y Benjamín Rodríguez. 2013. Argentina. P.377



Conclusiones

Tras analizar a fondo la historia de la industria petrolera mundial es apropiado decir que ha tenido grandes cambios y se ha enfrenta a grandes desafíos, durante su crónica han existido cuatro grandes ‘booms petroleros’ refiriéndome a la euforia generada por los altos precios de referencia de los hidrocarburos. Cada uno de estos eventos ocurre dentro de un ciclo que se repite constantemente en distintos intervalos de duración y ocurrencia. Tales eventos fueron:

- ❖ El embargo petrolero árabe (1973-1974)
- ❖ La revolución Irán (1978-1979)
- ❖ Los súper precios de referencia (2007-2008)
- ❖ La segunda aparición de los súper precios (2011-2014)

Estos acontecimientos modificaron la tendencia del panorama futuro para su tiempo tanto para la industria misma como para el mercado mundial y son reconocidos como un parteaguas en la industria, debido a los grandes cambios que trajeron consigo.

El ciclo en el cual está inmersa la industria comienza cuando en el mercado mundial aparece grandes cantidades de petróleo barato, materia prima que todas las industrias emplean y al empezar su apogeo de comercialización su precio comienza a encarecerse paulatinamente debido a su indetenible y necesaria adquisición, acción que lo lleva a alcanzar los tan anhelados súper precios y cuando el mercado no puede sostener por más tiempo este nivel de cotización colapsa volviendo al inicio del ciclo.

Actualmente la industria petrolera posee una esperanza de vida más longeva a la que aspiraba en el siglo pasado debido a dos razones, la primera es el progreso tecnológico que permite incrementar el factor de recuperación de los yacimientos aunado a nuevas capacidades para explotar yacimientos localizados en aguas profundas y ultra profundas, acciones que era imposible de realizar en el siglo pasado. La segunda razón es la incorporación de los recursos no convencionales a las actividades de explotación.

Esta nueva esperanza de vida le augura una larga presencia en la escena mundial en cuanto al ámbito energético que ahora está competido por las energías limpias, por otra parte este periodo de precios bajos es útil para mantener su gran competitividad frente a estas energías y ocasionar una morosidad en su desarrollo beneficiando a la industria, pero eventualmente la industria petrolera será desplazada del ámbito energético en las últimas décadas de este siglo debido a una tardía transición energética.

Así mismo lo más sano es encontrar un equilibrio de precios en el mercado mundial para evitar aproximarnos a algunos de los picos del ciclo, ya sean precios bajos o precios altos ya que cada opción contempla consecuencias para ambos lados (comprador y vendedor), favoreciendo una libre desarrollo para todos contemplando siempre el bienestar de este planeta que nos permite poseer una calidad de vida tan placentera que debemos prolongar por mucho tiempo más.

En cuanto a México tras analizar a fondo la historia de la política mexicana sobre hidrocarburos tema que estuvo acoplado por mucho tiempo a la economía de la nación, es claro detectar los principales problemas que debe enfrentar y solucionar nuestro país para entrar en una etapa de amplio desarrollo, tales contrariedades son: la corrupción en todos sus niveles y el sistema político mexicano.



La corrupción es un lastre que ha detenido ampliamente el progreso del país, aunque nuestro país no es el peor caso de esta contrariedad si es reconocido por ella, para detener esta actividad deben imponerse penas mucho muy graves para aquellos que osen robar recursos de la nación sin importar su estatus, así como también debe de erradicarse la práctica del favoritismo a las conexiones personales, donde contrariamente a la opción más adecuada se opta por favorecer a algún familiar, esta acción es incluso más dañina que la primera ya que aumenta la profundidad de la corrupción y priva a aquellas personas realmente capaces y talentosas de desempeñar tal cargo eficientemente que beneficiaría a la nación.

Es importante hacer énfasis en que es más benéfico para la nación que la riqueza sea distribuida de manera adecuada atendiendo todos los sectores de la economía, ya que esta acción generará a largo plazo más riqueza para repartirse, a diferencia de que esta riqueza se quede en pocas manos que únicamente vuelve más insegura la situación para aquellos individuos que la poseen.

“En la tierra hay suficiente para satisfacer las necesidades de todos, pero no tanto para satisfacer la avaricia de algunos”²¹⁵

Por último el segundo lastre que ha detenido el progreso del país es el sistema político mexicano ya que todos los planes de desarrollo se programan únicamente para un sexenio, lo cual es totalmente inadecuado, un plan de desarrollo eficaz está programado para llevarse a cabo en un período de alrededor de 25 años, es decir se debe eliminar la idea de nueva administración nuevo comienzo y remplazarse por una idea de cooperación entre administraciones que beneficiará enormemente al país.

Las herramientas principales que México necesita son buena política aunada a un impulso adecuado a la ingeniería mexicana, esta mancuerna llevará al país por buen camino hacia la grandeza.

²¹⁵ Mahatma Gandhi. 1869-1948. Político y pensador indio.



Recomendaciones

A lo largo de la vida de la industria petrolera se han experimentado diversas modificaciones tanto en el ámbito normativo como en el operacional, estos cambios obedecen al desarrollo industrial aunado al descubrimiento de nuevos procesos y productos derivados del petróleo, lo que ha llevado a diversas naciones como la nuestra a adecuar o actualizar su legislación.

Es por esto que debemos analizar casos exitosos en otras naciones y aplicar una ‘mexicanización’ de la solución a nuestros problemas, en función de las distintas circunstancias y opciones con las que contemos, siempre considerando las afectaciones que nuestras acciones o decisiones pueden repercutir en un posible futuro.

Así mismo en cuanto al ámbito de la administración pública, todos aquellos individuos quienes de alguna manera han alcanzado puestos de poder gracias a su esfuerzo y dedicación (en la mayoría de los casos), deben tener muy claro que han adquirido una gran responsabilidad con la nación, quien ha sido devastada por malas decisiones dentro de erróneos planes de desarrollo planeados para la misma y ejecutados por individuos en estos cargos, que no consideraron las modificaciones al entorno externo e interno actuando con poca medida y cautela.

Es debido a esto que las decisiones que se manejan dentro de estas esferas deben ser analizadas a fondo, haciendo uso de un tiempo adecuado durante el cual contemplar diversas perspectivas e indicios sobre la situación nacional y mundial que puede afectar la resolución propuesta. Si consideramos estos aspectos dentro de la administración pública para todas las instituciones del Estado, podremos hacer un uso muy eficiente de los recursos generando más riqueza y beneficio tanto para las generaciones actuales como para las futuras.

Continuando con la corriente de la administración pública, el desvío de recurso o el enriquecimiento ilícito deberían ser consideradas como un acto de traición a la patria, ya que están dañando enormemente el bienestar de los ciudadanos y saboteando el progreso de la nación, por lo que deben de aplicarse las sanciones correspondientes al código penal bajo esta ofensa, únicamente con castigos radicales se pondrá fin a esta práctica que daña tanto al país. México no se merece ni permite más fallos.

En cuanto al marco normativo del sector energético acotado hacia los hidrocarburos, considero que dentro de la “Ley Del Fondo Mexicano Del Petróleo Para La Estabilización Y El Desarrollo” debería incluirse un apartado para incentivar la educación nacional en todos sus niveles, ya que el enfoque que maneja está dirigido hacia un posgrado fuera de México pero también se debe elevar el nivel educativo en el país. Esto puede lograrse mediante el aumento de becas, infraestructura para las instituciones educativas (laboratorios modernos), mejores salarios y capacitación para los maestros.

Continuando con la idea del párrafo anterior, la medida antes mencionada no tendría el efecto de beneficio planeado para México si no se fortalece la cadena productiva del mismo, concepto que he mencionado reiteradamente a lo largo del trabajo, con el fin de que este nuevo talento emergente sea aprovechado en su país de origen, evitando así la fuga de talento que únicamente lo perjudica.

Así mismo considero que la ley antes mencionada tendrá gran relevancia en un futuro cercano cuando aparezca el boom petrolero en el país, consecuencia del inicio de operaciones de múltiples contratistas



con la apertura del sector, esto aumentará rápidamente la recaudación de la institución, por lo que debería de incluir también un fondo para el progreso mediante subsidios y/o préstamos para alentar y desarrollara a las pequeñas y medianas empresas únicamente, fomentando su crecimiento consiguiendo con esto volver más productivo al país y aumentar los ingresos de otras industrias, no petrolizar la economía, sino apalancarnos de esta industria para jactarnos de la ventaja que nos da.

Por otro lado considero que debería existir un par secciones nuevas dentro de la “Ley De Ingresos Sobre Hidrocarburos”, la primera enfocada al impulso de alguna otra actividad económica en la zona para cuando se presenten escenarios como el actual con una caída en los precios de referencia, este echo mitigue su afectación hacia una región en específico y otra enfocada al desapego de las actividades petroleras en una región, es decir fomentar un retorno paulatino de la actividad económica predominante en la región antes de la llegada de la industria de los hidrocarburos, en función a la pérdida del potencial petrolero de la zona.

En cuanto a la petroquímica nuestro país ha perdido mucho interés en esta industria debido a la escasez de materia prima, en el capítulo cinco bajo el sub tema de ‘gas natural y la petroquímica’ menciono detalladamente la importante relación que esta rama de la química representa con la economía del país al ser la base para la cadena productiva del mismo, con la apertura del sector consecuencia de la reforma, la producción de gas natural del subsuelo mexicano aumentará drásticamente, lo que podrá satisfacer enormemente a esta industria.

De manera similar dentro del subtema ‘gas natural y la petroquímica’ menciono cuales serían los beneficios del país al impulsar nuevamente la petroquímica aunada a la mención de una sería de complicaciones que atan su desarrollo y expansión. De manera general esta industria le generaría a México una inmensa riqueza, apalancando nuestro desarrollo hacia la producción de una materia prima existente en cantidades abundantes dentro del territorio nacional sin depender de terceros.

Debido a la posición geográfica de nuestro país, México podría volverse facialmente en un exportador de petroquímicos, ya que actualmente el país ya cuenta con una capacidad de manufactura instalada que podría elevar su producción rápidamente y potenciarla mediante una serie de modernizaciones aunada a la construcción de algunos nuevos complejos petroquímicos y la reclasificación de productos para impulsar la manufactura nacional y reducir las importaciones de estos, maximizando así el beneficio para la nación de la realización de estas actividades.

Para llevar a cabo esta acción podría emplearse tanto capital extranjero como capital nacional, debido a los elevados costos que implican la construcción de un complejo petroquímico, pero preferentemente enfocarnos a captar capital nacional principalmente, mediante una serie de ventajas que vuelvan atractiva la idea.



Bibliografía y Referencia

Capítulo 2: Legislación Mexicana sobre hidrocarburos

1. *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. Última Reforma DOF 29-01-2016.
2. *Ley de Hidrocarburos*. Nueva Ley DOF 11-08-2014.
3. *Reglamento de las Actividades a que se Refiere el Título Tercero de la Ley de Hidrocarburos*. Nuevo Reglamento DOF 31-10-2014.
4. *Reglamento de la Ley de Hidrocarburos*. Nuevo Reglamento DOF 31-10-2014.
5. *Ley de Ingresos Sobre Hidrocarburos*. Nueva Ley DOF 11-08-2014.
6. *Ley del Fondo Mexicano del Petróleo Para la Estabilización y el Desarrollo*. Nueva Ley DOF 11-08-2014.
7. *Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética*. Nueva Ley DOF 11-08-2014.
8. *Ley de Petróleos Mexicanos*. Nueva Ley DOF 11-08-2014.
9. *Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos*. Nueva Ley DOF 11-08-2014.
10. *Reglamento de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos*. DOF: 31/10/2014.
11. *Ley General Para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. Última Reforma DOF 22-05-2015.
12. *Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente*. Última Reforma DOF 13-05-2016.

Capítulo 3: Historia de la Política Mexicana Sobre Hidrocarburos

1. *Pbro. Manuel Gil y Sáenz: Descubridor del petróleo en Macuspana*. Asesoría de Investigaciones y Asuntos Culturales. H. Ayuntamiento Constitucional Macuspana, Tabasco. [En línea]. 2016. Dirección URL:
https://archive.org/stream/ManuelGilYSaenzDescubridorDelPetroleoEnMacuspana/ALVA/REZ_1#page/n15/mode/2up



2. *La Regulación del Sector Energético*. Biblioteca Jurídica Virtual UNAM [en línea]. 2016. Dirección URL: <http://bibliohistorico.juridicas.unam.mx/libros/1/153/6.pdf>
3. *En Defensa del Petróleo*. Jaime Cárdenas Gracia. Biblioteca Jurídica Virtual UNAM [en línea]. 2016. Dirección URL: <http://bibliohistorico.juridicas.unam.mx/libros/6/2729/5.pdf>
4. *Crónica del petróleo en México: De 1863 a nuestros días. Un panorama de la industria petrolera*. [En línea] 2016. Dirección URL: <http://petroleo.colmex.mx/index.php/linea/85>
5. *Ezequiel Ordoñez*, Biografía. [en línea] 2016 Dirección URL: http://www.biografiasyvidas.com/biografia/o/ordonez_ezequiel.htm
6. *Codificación Petrolera 1887 a 1920*. Biblioteca de la Universidad Autónoma de Nuevo León. [en línea]. 2016. Dirección URL: http://cdigital.dgb.uanl.mx/la/1190000851/1190000851_MA.PDF
7. *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos 1917*. DOF 05-02-1917.
8. *Fuentes para la historia del petróleo en México*. Línea del tiempo 1900 a 1921. [en línea]. 2016 Dirección URL: <http://petroleo.colmex.mx/index.php/linea/55>
9. *El Campo Petrolero Cantarell y La Economía Mexicana*. Instituto Politécnico Nacional. Revista Problemas del Desarrollo. México. Daniel Romo 2015. [en línea] Dirección URL: http://www.probdes.iiec.unam.mx/numeroenpdf/183_v46/06art_Romo.pdf
10. *Historia de Petróleos Mexicano*. [En línea]. 2016 Dirección URL: <http://www.pemex.com/acerca/historia/Paginas/historia-pemex.aspx>
11. *Puntos Relevantes de la Reforma Energética*. Centro de Estudios de Finanzas Públicas. Cámara de Diputados. Octubre de 2008. [En línea]. 2016 Dirección URL: <http://www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/2008/cefp0732008.pdf>

Capítulo 4: Historia Mundial Sobre Hidrocarburos

1. *Extreme Oil: The journey (Vast Reserves, Small- Scale Use)*. [En línea 2017]. Traducción Hecha por mí. Dirección URL: <http://www.pbs.org/wnet/extremeoil/history/prehistory.html>
2. *Oil in the Deep South: A History of the Oil Business in Mississippi, Alabama, and Florida, 1859-1945*. Hughes Dudley J. University Press of Mississippi. 1993.
3. *THE AGE OF OIL: The Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource*. Leonardo Maugeri. Praeger. Westport CT. 2006.



4. *History of the World Petroleum Industry (Key Dates)*. [En línea 2017]. Dirección URL: <http://www.geohelp.net/world.html>
5. *Extreme Oil: Excavation (Led by the U. S.)*. [En línea 2017]. Dirección URL: <http://www.pbs.org/wnet/extremeoil/history/1850.html>
6. *El petróleo como elemento de negociación de los países subdesarrollados*. Gonzalo Agustín Bravo y Vera. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales UNAM. México 1977.
7. *History: Ground-breaking inventions that revolutionized the petroleum industry*. [En línea 2017]. Dirección URL: <https://www.bakerhughes.com/company/about/history>
8. *OFFSHORE PIONEERS: Brown & Root and The History of Offshore Oil and Gas*. Joseph A. Pratt. Tyler Priest. Christopher J. Castañeda. Gulf Publishing Company. Houston Texas. 1997.
9. *El Petróleo y La Crisis Mundial (Génesis, evolución y consecuencias del nuevo orden petrolero internacional)*. Roberto Centeno. Alianza. Madrid 1982.
10. *Extreme Oil: Geopolitics & the Future*. [En línea 2017]. Dirección URL: <http://www.pbs.org/wnet/extremeoil/history/1975.html>
11. <https://www.ektinteractive.com/history-of-oil/>

Capítulo 5: Energías Limpias

1. *El Petróleo y La Crisis Mundial (Génesis, evolución y consecuencias del nuevo orden petrolero internacional)*. Roberto Centeno. Alianza. Madrid 1982.
2. *Fundamentals of Natural Gas Processing*. [En línea 2017]. Arthur J. Kidnay & William R. Parrish. Taylor & Francis. Boca Ratón, Florida. 2006.
3. *Contaminación Atmosférica, Gas Natural y Gas LP*. Pedro López Alegría. Instituto Politécnico Nacional. 1986. México.
4. *Integración De La Petroquímica En México*. Eduardo Montaña Aubert. UNAM. D.F., México 2001.
5. *Petroquímica 1984*. Comisión petroquímica mexicana (CPM). México 1984.
6. *Acerca de Pemex Petroquímica. PEMEX petroquímica*. [en línea 2017]. Dirección de URL: <http://www.ptq.pemex.com.mx/AcercaPPO/Paginas/default.asp>



7. *La Competitividad De La Industria Petroquímica Mexicana*. Eugenia Marisol Mejía Lugo y Carlos Gómez Chiñas. Universidad Autónoma Metropolitana. 2014. México.
8. *Guía de la Energía Geotérmica*. Guillermo Llopis Trillo y Vicente Rodrigo Angulo. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.
9. *Energías Renovables*. Antonio Creus Solé. Ediciones Ceysa. Barcelona, España. 2004.
10. *Renewable Energy: A concise Guide to Green Alternatives. [Versión traducida]*. Jennifer Carless. Plain English Press. Estados Unidos de América. 1994.
11. *2016: año de la energía geotérmica en México (artículo)*. Martha Mejía. Vértigo Político. [En línea 2017]. Dirección URL: <http://www.vertigopolitico.com/articulo/37081/2016-ano-de-la-energia-geotermica-en-Mexico>
12. *Reactor TRIGA MARK III 40 años*. Revista: Contacto Nuclear No. 51. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ). [En línea 2017]. Dirección URL: <http://inin.gob.mx/plantillas/contactonuclear.cfm?ano=2008&consec=51&volumen=27>
13. *Apuntes de Fundamentos de Ingeniería Nuclear: Guía de estudio para examen de admisión al Posgrado en Ingeniería*. Facultad de Ingeniería, UNAM. 2014. P. 35
14. *Energía Nuclear: instalaciones nucleares*. Secretaria De Estado De Energía (Gobierno de España). [En línea 2017]. Dirección URL: <http://www.minetad.gob.es/energia/nuclear/InstalacionesNucleares/Paginas/InstalacionesNuclearesyRadiactivas.aspx>
15. *El mapa nuclear en el mundo*. El País. 14.03.2011. [En línea 2017]. Dirección URL: http://internacional.elpais.com/internacional/2011/03/14/actualidad/1300057215_850215.html
16. *The ITER History*. [En línea 2017]. Dirección URL: <https://www.iter.org/proj/iterhistory>
17. *Energías Alternas: Propuesta de Investigación y Desarrollo Tecnológico para México*. Claudio A. Estrada Gasca y Jorge Islas Samperio. Academia Mexicana de Ciencias. 2010. México.
18. *Geotermia en México*. Vicente Torres Rodríguez. UNAM. 1993. México.



19. *Contracorriente: La historia de la energía nuclear en México (1945 – 1995)*. Luz Fernanda Azuela, José Luis Talancón. Instituto De Investigaciones Sociales e Instituto De Geografía. 1999. México.
20. *Desarrollo Nuclear De México*. José Antonio Rojas Nieto. UNAM Facultad de Economía. 1989. México.
21. *La producción de Uranio En México*. Miguel Castañeda Pérez. UNAM. 1986. México.
22. *La Fuerza Del Agua, Presas En América Latina*. Ingeniero Bernardo Quintana entre otros colaboradores. Fundación ICA. 2004. México.
23. *Granjas Eólicas*. César Ángeles Camacho, Oscar Alfredo Jaramillo Salgado. Terracota. 2012. México.
24. *Nopal, fuente excepcional de energía renovable limpia y sustentable, “El Oro Verde De México”, El Santo Grial De Las Energías Renovables*. Miguel Aké Madera. Editorial Del Magisterio. 2014. México. 2014.

Capítulo 6: El Futuro De Los Hidrocarburos

1. *La Industria Del Gas Natural En México, 1970 – 1985*. Miguel H. Márquez D. El Colegio De México. México D. F. 1989.
2. *Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: México*. U. S. Energy Information Administration. [En línea 2017]. Washington. DC. de Septiembre 2015. Dirección URL: <http://www.eia.gov>
3. *IMP: 50 años de innovaciones, aplicaciones, desarrollos y servicios tecnológicos (EL camino para nuestro futuro)*. Instituto Mexicano Del Petróleo (IMP). D. F. México. 2015.

