

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey



Escuela de Gobierno y transformación Pública

Propuesta de un modelo de innovación para rediseñar la gestión en la investigación y desarrollo dentro de la cadena de valor de los hidrocarburos en México.

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el grado académico de:

Maestro en prospectiva estratégica

Por:

Darío Heriberto Reyes Hernández

Monterrey, N.L.

Diciembre 2019

Los miembros del comité de tesina recomendamos que el presente proyecto de tesis presentado por el Dario Heriberto Reyes Hernández sea aceptado como requisito parcial para obtener el grado académico de:

MAESTRO EN PROSPECTIVA ESTRATÉGICA

Comité de Tesina:

Dr. Fernando Gómez Zaldívar

Asesor

Dr. Luis Alberto Serra Barragán

Sinodal

Dr. Zeus Hiram Zamora Guevara

Sinodal

Índice	
Problemática	7
Horizonte de tiempo y preguntas de investigación	9
Capítulo 1. Innovación	10
1.1. Antecedentes	10
1.2. Conceptos	12
1.3 Tipos	14
1.3.1. Innovación de producto	14
1.3.2. Innovación de proceso	15
1.3.3. Innovación comercial	15
1.3.4. Innovación organizativa	16
1.4 Modelos de Innovación	16
1.4.1 Modelo “Technology Push”	17
1.4.2. Modelo “Market pull”	18
1.4.3. Modelo por etapas	18
1.4.4. Modelo interactivo o mixto	19
1.4.5 Modelo de innovación abierta	20
2.1 Historia de los hidrocarburos en México	22
2.2. Premisas para considerar dentro de la estructura de la cadena de valor de hidrocarburos en México	23
2.3. Cadena de valor del subsector hidrocarburos en México	24
2.3.2. “Midstream”	25
2.3.3. “Downstream”	26
Capítulo 3. Análisis de contexto	27
3.1. Innovación en la cadena de valor de hidrocarburos a nivel Mundial	27
3.1.1. Estudio de la innovación en la cadena de valor de hidrocarburos: Caso Brasil	28
3.1.2. Estudio de la innovación en la cadena de valor de hidrocarburos: Caso Arabia Saudita	29
3.2. Estudios previos de innovación en la cadena de valor de hidrocarburos en México	31
3.2.1 Estudio: Innovation as an imperative for the Mexican oil industry post energy reform	32
3.2.2 Estudio: La investigación y la innovación en la industria del petróleo: retos, oportunidades y prospectivas	33

3.3. Estado de situación de la innovación en la cadena de valor de hidrocarburos en México: IMP y Pemex	35
3.3.3. Modelo utilizado para generar innovación en el sector hidrocarburos	38
3.3.4. Indicadores clave de innovación para el sector hidrocarburos	39
3.3.4.1. Gasto en Investigación y Desarrollo Experimental (GIDE)	39
3.3.4.2. Gasto Federal en Ciencia, Tecnología e Innovación (GFCyT)	41
3.3.4.3. Gasto Nacional en Ciencia, Tecnología e Innovación (GNCTI)	42
3.4 Problemáticas en el sector hidrocarburos relacionadas a la aplicación de innovación	42
3.5 Principales hallazgos de la situación actual	45
Capítulo 4. Aplicación del método prospectivo lógico intuitivo	46
4.1. Análisis prospectivo: Megatendencias	46
4.1.1. Revisión bibliográfica	47
4.1.2. Selección de Megatendencias	49
4.1.3. Construcción de “drivers” y variables	50
4.3. Análisis FODA del sector hidrocarburos en México	62
4.4. Análisis PEST	64
4.5. Escenarios de Peter Schwartz	67
Conclusión	77
Bibliografía	79

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo analizar la situación actual de la innovación en la cadena de valor de hidrocarburos en México, con el propósito de proponer un escenario que conjugue elementos orientados hacia la construcción de un futuro más competitivo y productivo para el país, que genere desarrollo y bienestar a la sociedad.

Dentro de los principales actores identificados en la cadena de valor de hidrocarburos destacan el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) y Petróleos Mexicanos (Pemex), el primero reconocido como el “brazo tecnológico” de la paraestatal, responsable de proveer herramientas para mejorar la productividad y competitividad; el segundo, encargado de operar cada segmento de la cadena de valor de los hidrocarburos, apoyándose en tecnologías para facilitar los procesos.

Para el desarrollo de la investigación, se requiere proveer un marco teórico que permita unificar conceptos y tener un mismo entendimiento al momento de hacer referencia a ellos, tales como “innovación”, “modelos de innovación”, “cadena de valor de hidrocarburos”, entre otros.

El punto de partida es el diagnóstico de la situación actual del sector hidrocarburos, el cual tiene como objetivo identificar las principales problemáticas que enfrenta el país en términos de rezago en innovación.

Posteriormente, se desarrolla un análisis prospectivo utilizando las metodologías de Megatendencias; análisis Político, Económico, Social y Tecnológico (PEST); y de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA). La primera se utiliza con el objetivo de identificar hacia dónde se moverán las principales variables en materia de energía, a partir de las cuales se desprenderán un conjunto de “drivers” y variables que permitan identificar tendencias sobre el futuro de los hidrocarburos e innovación, de acuerdo con expertos en la materia.

Finalmente, se construyen escenarios mediante la metodología de Peter Schwartz con el propósito de visualizar futuros, detallando las variables y condiciones que componen a cada uno de ellos, y sugiriendo un escenario favorable para el desarrollo económico de México.

Es importante mencionar que el alcance del estudio es a 30 años, con base en variables que se trataron de estimar al año 2050, considerando que, en perspectiva estratégica, los estudios se estiman por arriba de los 20 años.

Problemática

Actualmente, hay diversos problemas que impactan al sector de hidrocarburos de México y representan un reto para sus instituciones especializadas en la materia considérese Petróleos Mexicanos (Pemex) o el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) para el presente estudio, en términos de competitividad, desarrollo tecnológico, productividad, competitividad y bienestar social.

Con base en una investigación en fuentes abiertas, se identificaron seis problemáticas del sector, a partir de las cuales fue posible identificar actores y elementos de valor a considerar dentro del estudio, así como tener un contexto los retos que enfrenta el país en la materia.

1. Baja competitividad dentro de la cadena de valor de hidrocarburos, producto de un rezago tecnológico que, de acuerdo con fuentes consultadas, “*puede ser de 25 a 30 años*” (Pemex, 2013).
2. Declinación energética, es decir, una reducción en la tasa de producción derivada del agotamiento de energía del yacimiento y la disminución de la permeabilidad del petróleo, impactando la balanza comercial de Pemex (Da Silva, 2010) .
3. Tecnología obsoleta para soporte de la cadena de valor de hidrocarburos. Pemex guarda una dependencia con empresas que poseen desarrollos tecnológicos en materia de hidrocarburos, dentro de las que destacan las transnacionales Halliburton, Schlumberger y Weatherford, entre otras (Pulso Energético, 2019).
4. Falta de herramientas y procesos en Pemex para cubrir las principales necesidades en la extracción de crudos pesados, extrapesados, yacimientos con altas presiones, altas temperaturas y aguas profundas, otorgando una alta participación a las empresas tecnológicas por medio de las rondas de licitación (López A., 2011).
5. Fuga de personal especializado con conocimiento sobre el uso de las herramientas tecnológicas y procesos aplicados dentro de la cadena de valor de hidrocarburos a

la iniciativa privada, condición que incrementa la brecha de conocimiento si lo comparamos con Petrobras o Saudi Aramco donde tienen un acervo de recursos humanos enfocado a la innovación (Muñoz, 2010).

6. Falta de coordinación entre organismos gubernamentales -sus objetivos, prioridades y decisiones en materia de política pública-, condición que impacta de manera negativa en la competitividad y productividad del sector (Foro Consultivo, 2012).

Horizonte de tiempo y preguntas de investigación

Primero, el estudio está enfocado en un horizonte de tiempo de 30 años, comprendido de 2020 a 2050, para cuya definición se consideraron dos elementos principales.

1. La información de las variables consideradas en el estudio en términos de proyecciones y estimaciones se enfocan en lo que va a pasar en 30 años;
2. Los estudios prospectivos se enfocan en el largo plazo, regularmente en un horizonte mayor a 20 años, funcionando como un instrumento que permita innovar y cambiar los hechos pasados y la situación presente (Baena, 2015).

Segundo, las preguntas de investigación que se busca responder en el presente estudio se enfocan en identificar cómo la innovación, aplicada a la cadena de valor de hidrocarburos del país, puede ayudar a revertir la situación actual del sector, incrementando su productividad y competitividad, así como el bienestar y desarrollo económico de la sociedad.

1. ¿Cuál es el modelo de innovación empleado actualmente por las instituciones mexicanas dentro de la cadena de valor de hidrocarburos?
2. ¿Cuál es el panorama actual dentro del sector hidrocarburos en México y cómo se ha visto impactado por la falta de innovación?
3. ¿Qué modelo de innovación puede ayudar al sistema actual para mejorar la situación de México para el año 2050?
4. ¿Cuáles son las Megatendencias relacionadas con el sector energético y cuáles son sus implicaciones respecto al subsector hidrocarburos?

Capítulo 1. Innovación

En este capítulo se busca proveer un marco teórico que ayude al entendimiento de la innovación. Así, se inicia con la descripción de sus antecedentes, ¿cuándo? y ¿cómo se origina?, pasando por los modelos de innovación que se han generado a lo largo del tiempo, hasta llegar a los tipos de innovación que permitan alinear los conceptos a utilizar.

1.1. Antecedentes

Como punto de partida, se considera importante tener claridad sobre en qué momento se identifican los primeros esfuerzos de innovación en la historia de la humanidad, con el propósito de tener una imagen clara de los antecedentes y la evolución del concepto.

De acuerdo con fuentes consultadas, uno de los principales hitos en la historia de la innovación, considerado por algunos autores como el origen de la misma, es la llamada Revolución Industrial que comienza en 1760; si bien es cierto que no se define ningún concepto de innovación en ese momento, es evidente que durante esta etapa se buscó transformar y mejorar los procesos industriales, a partir del uso de máquinas y herramientas para mejorar tiempos de operación (Ruiz J., 2003). Dichas características coinciden con el concepto de innovación que se conoce en la actualidad, *“transformación y mejora de productos, procesos o servicios”* (Valdés, 2004).

Desde entonces, se identifican tres etapas durante las cuales se empleó la aplicación del conocimiento para la mejora de las herramientas o tecnologías:

- **Industrialización (1760-1840).** Durante esta etapa se diseñaron, crearon y emplearon máquinas para reducir significativamente el desgaste de la mano de obra humana, produciendo bienes con un menor esfuerzo. Una de las principales características de esta etapa fue la experimentación y el descubrimiento científico durante el siglo XIX (Cortada & Hargraves, 2000).

En este periodo se incrementó la atención de los desarrollos de herramientas tecnológicas y como resultado de la investigación se generaron las primeras máquinas de producción en serie (Tubella & Vilaseca, 2005).

En relación con el tema de los hidrocarburos, durante esta etapa se comenzaron a mejorar los procesos de explotación y refinación masiva de combustibles fósiles como el petróleo y gas (Silva & Mata, 2005).

- **Revolución del conocimiento (1881-2003).** Como resultado de una constante investigación y desarrollo adoptados por ciertos países, se llegó a la llamada era del conocimiento, durante la cual se prioriza la creatividad y la generación de nuevos productos como un diferenciador que eleva la competitividad y productividad, junto con la creación y desarrollo de patentes, condición que permitía la explotación privada de un producto para mejorar las condiciones de trabajo del sector industrial, comercial o de servicios (Roel, 1998).

En lo que respecta al sector energético, durante esta etapa se realizó el descubrimiento de nuevas fuentes de energía, tales como la energía nuclear, solar y eólica, que, en conjunto con el desarrollo de tecnologías, dio lugar a su aprovechamiento con una perspectiva de sustentabilidad (García, 2010).

Así, la mejora de procesos y productos -la innovación- ha sido una constante vigente en la historia de la humanidad, sobre todo en décadas recientes durante las cuales se han empleado a la investigación y el desarrollo como elementos de un círculo virtuoso que permite generar innovación.

Sin embargo, no todos los países tienen el mismo nivel de desarrollo referente a la innovación, siendo el conocimiento científico y el conocimiento tecnológico factores determinantes para el éxito en este sentido (Ordoñez, 2010).

Actualmente, la innovación tiene un papel relevante al ser considerada un elemento clave en el desarrollo de cualquier país y, aunque muchas veces al escuchar el concepto se piensa en tecnología, su alcance es mucho más amplio, pues se aplica tanto en procesos de negocio, como en el desarrollo de nuevos productos y servicios, entre otros temas.

1.2. Conceptos

Previo a revisar algunas de las definiciones más relevantes sobre innovación, se considera oportuno destacar la importancia de romper ciertos paradigmas en torno al concepto.

Para ello, se propone considerar la innovación como un medio o mecanismo que puede ayudar a cualquier empresa, industria y/o país a mejorar su competitividad y productividad, así como el desarrollo económico y bienestar social. En este sentido, se enlistan las siguientes reflexiones:

- Se pensaba que el crecimiento económico de un país estaba ligado a sus procesos productivos o a su capital de trabajo; no obstante, a través del tiempo, el conocimiento, la educación y el capital intelectual se han convertido en nuevos elementos a considerar, siendo que países desarrollados como Corea del Sur, Finlandia, Noruega, Canadá y Japón apuestan por la generación de conocimiento para incrementar su competitividad y productividad (Foro Consultivo Científico y Tecnológico, 2018).
- Se estima que, en los países desarrollados, al menos el 50% del Producto Interno Bruto (PIB) es generado por la inversión en investigación y desarrollo, sobre todo en temas de tecnologías de la información y comunicación, por lo que se resalta la importancia de apostar por el conocimiento y la gestión de la información en su desarrollo económico (OCDE, 1996).

Una vez proporcionados los elementos para considerar a la innovación como un catalizador de largo plazo en el desarrollo de cualquier país, se procede a revisar cuatro

definiciones de este proceso, procedentes de organismos de investigación a nivel nacional e internacional:

1. La innovación se considera como sinónimo de *“producir, asimilar y explotar con éxito una novedad, en las esferas económicas y sociales, de forma que aporte soluciones inéditas a los problemas y permita así responder a las necesidades de las personas y de la sociedad”* (La Comisión Europea, 1995).
2. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), en el Manual de Oslo, define a la innovación como *“aquella que haya desarrollado productos o procesos que incorporen mejoras tecnológicas de carácter radical o incremental en un determinado período de referencia”* (OECD, 2005).
3. La misma OCDE, en el Manual de Frascati 2015, define a la innovación como *“la transformación de una idea en un producto o servicio comercializable; un procedimiento de fabricación o distribución operativo, nuevo o mejorado; o un nuevo método de proporcionar un servicio social”* (OECD, 2018).
4. La innovación se define como la *“introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores”* (Conacyt, 2019).

Con base en las definiciones anteriores, se identifica que la innovación tiene tres características fundamentales: 1) la creación de productos o servicios derivados de la creatividad del hombre; 2) la transformación o mejora a productos existentes dentro del mercado que permitan crear productos con nuevas funciones; y 3) la percepción de valor dentro del mercado. De manera que, si una de estas no se cumple, no se puede hablar de innovación.

1.3 Tipos

Una vez identificado y entendido el concepto de innovación, se considera oportuno abordar los tipos de innovación que existen, con el propósito de ampliar el espectro sobre el cual se puede incidir dentro del modelo de innovación de las instituciones de gobierno.

De acuerdo con Manual de Oslo de la OECD, se distinguen cuatro tipos de innovación (OECD, 2005):

1. De producto
2. De proceso
3. Comerciales
4. Organizativas

1.3.1. Innovación de producto

Consiste en la creación de nuevos productos o mejora de las funcionalidades de un producto existente (características, aplicaciones y usos). Como ejemplos prácticos en este sentido se enlistan: 1) la creación del celular, un producto nuevo que llegó al mercado y éste lo aceptó; y 2) la mejora de un automóvil con la instalación de nuevos elementos de valor para el mercado, tales como bolsas de aires y GPS (López, Montes, & Vázquez, 2007).

Asimismo, dentro esta categoría se puede considerar el uso de nuevos materiales para la creación de un producto, a partir de la investigación y desarrollo tecnológico. Un ejemplo en este sentido puede ser los popotes elaborados con base en aguacate (Munuera & Rodríguez, 2007).

1.3.2. Innovación de proceso

Por su parte, la innovación de proceso se enfoca en la mejora de procesos clave de una organización, con el propósito de mejorar su eficiencia, eficacia y efectividad, reduciendo los tiempos muertos, retrabajos, actividades repetitivas o que no agregan valor, dando como resultado procesos esbeltos y ágiles, soportados por tecnología (Sousa & Ferreira, 2012).

Este tipo de innovación se da principalmente a través de pequeñas mejoras que se hacen día a día, valiéndose de métodos, herramientas y técnicas que buscan impactar la efectividad de las organizaciones (EAE Business School, 2014). Su objetivo consiste en impactar de manera positiva la productividad y eficiencia de las actividades vigentes mediante la implementación de nuevas formas de llevarlas a cabo (Castro, 2011).

1.3.3. Innovación comercial

Este tipo de innovación consiste en generar nuevas formas de comercializar productos o servicios, mediante la ruptura de los canales tradicionales de venta y la activación de nuevos canales. Un ejemplo en este sentido es el empleo de medios electrónicos como páginas web, aplicaciones móviles y redes sociales, en la promoción y venta de productos, dejando de lado el tradicional punto de venta. Estas modalidades, no se sustituyen entre sí, sino que abren el abanico de opciones para posicionar un producto en el mercado (Moralejo, 2006).

Dentro de su alcance, además de los métodos de comercialización, también se considera el cambio en el empaque y/o embalaje o el uso de nuevas ideas para la presentación del producto (Scarone, 2005).

1.3.4. Innovación organizativa

Se refiere a la capacidad de una empresa para generar nuevas formas de trabajo acordes a su estructura y organización, así como de analizar si su estructura es pesada o lenta, y lograr hacer mejoras para reducir costos y ayudar a incrementar su productividad (Arraut, 2011).

Los resultados esperados de este tipo de innovación son: 1) desarrollar equipos de trabajo enfocados en el cumplimiento de tareas; 2) mejorar la comunicación organizacional con clientes internos y externos; 3) generar ideas creativas y contar con equipos multifuncionales para el desarrollo de nuevos productos; 4) tener directivos que reconozcan el esfuerzo de la fuerza laboral y el pensamiento innovador; entre otros (Herrscher, 2009).

1.4 Modelos de Innovación

A partir de la literatura consultada, se identifica una serie de modelos de innovación que pueden ser utilizados para el caso en estudio, cuyo uso depende del contexto en el que la organización encuentre a su mercado.

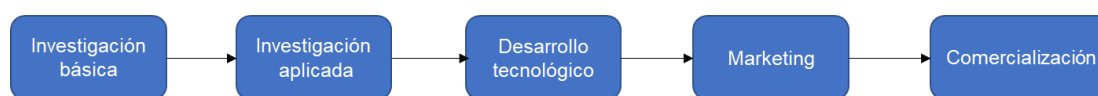
Estos modelos funcionan como marco de referencia para implementar una estrategia de innovación, debido a que proporcionan una guía sobre las fases que se deben cubrir para generar innovación.

Para fines de este estudio, se describen, de manera cronológica, cinco de los modelos de innovación más representativos. En este sentido, es importante destacar que ningún modelo es obsoleto, cada uno de ellos puede ser utilizados de acuerdo con la utilidad de su aplicación y características frente a la situación en estudio (Godin, 2017).

1.4.1 Modelo “Technology Push”

De manera cronológica, el primer modelo reconocido para incentivar la innovación fue el “Modelo Technology Push”, el cual se comenzó a utilizar en el año 1950. Como se puede apreciar en la figura 1, es un modelo lineal, es decir, para poder continuar con la investigación aplicada se tiene que cumplir todo lo referente a la investigación básica, y así sucesivamente hasta llegar a la comercialización.

Figura 1. Modelo “Technology Push”



Fuente: Elaboración propia con información de (Velasco, Zamanillo, & Gurutze, 2007).

Así, la organización que busca innovar mediante este modelo, debe invertir en la creación de un área interna especializada en la investigación y desarrollo, responsable de buscar un mercado potencial para sus creaciones, sin asegurar que éstas sean percibidas como productos y/o servicios de valor. Bajo este enfoque, se da más valor al rendimiento técnico y, de forma secundaria, se busca crear una necesidad en el mercado (Velasco, Zamanillo, & Gurutze, 2007).

Este modelo tiene una naturaleza arriesgada y disruptiva, caracterizada por buscar la transformación del “business as usual”. Como ejemplos en este sentido se identifican la televisión, la radio, el automóvil, el internet o el walkman, dispositivos que modificaron la forma de hacer las cosas a través de la adopción de nuevas herramientas tecnológicas que generó la innovación (Ferràs, 2017).

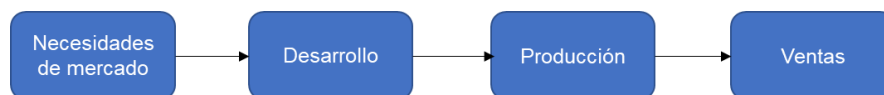
En materia de hidrocarburos, destaca el ejemplo de la empresa española Repsol, la cual está desarrollando una nueva tecnología llamada Excalibur, la cual emplea técnicas matemáticas para conocer las características de los yacimientos de petróleo antes de proceder a la perforación, simulando una tercera dimensión que facilita la toma de decisiones sobre cuándo perforar y cómo hacerlo (REPSOL, 2019)

1.4.2. Modelo “Market pull”

El segundo modelo es el “Market Pull”, el cual surge a partir del modelo “Technology Push” durante el año 1970. Este modelo propone enfocar los esfuerzos de innovación en la recepción y atención de las necesidades de los consumidores, de manera que éstas funcionen como entradas y, por ende, permitan generar una investigación enfocada hacia la resolución de la problemática y su probabilidad de comercialización sea mayor (Turriago , 2014).

Como ejemplo de este modelo se identifican los dispositivos móviles, mismos que, con el paso de los años, han incluido aplicaciones como cámara fotográfica, de video y capacidad de almacenamiento, entre otras, acorde a las necesidades y demandas de los consumidores (Bernardo, 2014).

Figura 2. Modelo “Market pull”

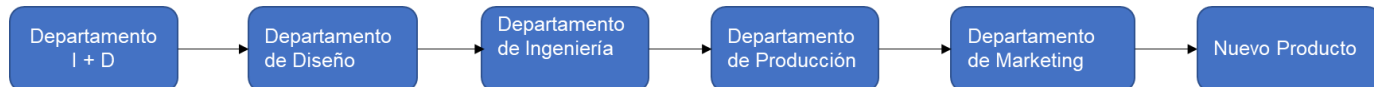


Fuente: Elaboración propia con información de (Velasco, Zamanillo, & Gurutze, 2007).

1.4.3. Modelo por etapas

Al igual que los modelos anteriores, es un modelo lineal. No obstante, su principal diferencia es que en este modelo se definen departamentos dentro de la organización responsables de las actividades en cada fase, condición que permite que cada área se enfoque en sus procedimientos particulares. No obstante, una de las desventajas de este modelo señaladas por especialistas se refiere a los silos que se crean debido a que cada departamento está enfocado en su trabajo, sin considerar el siguiente eslabón de la cadena (Barreto & Petit, 2017).

Figura 3. Modelo por etapas



Fuente: Elaboración propia con información de (Velasco, Zamanillo, & Gurutze, 2007).

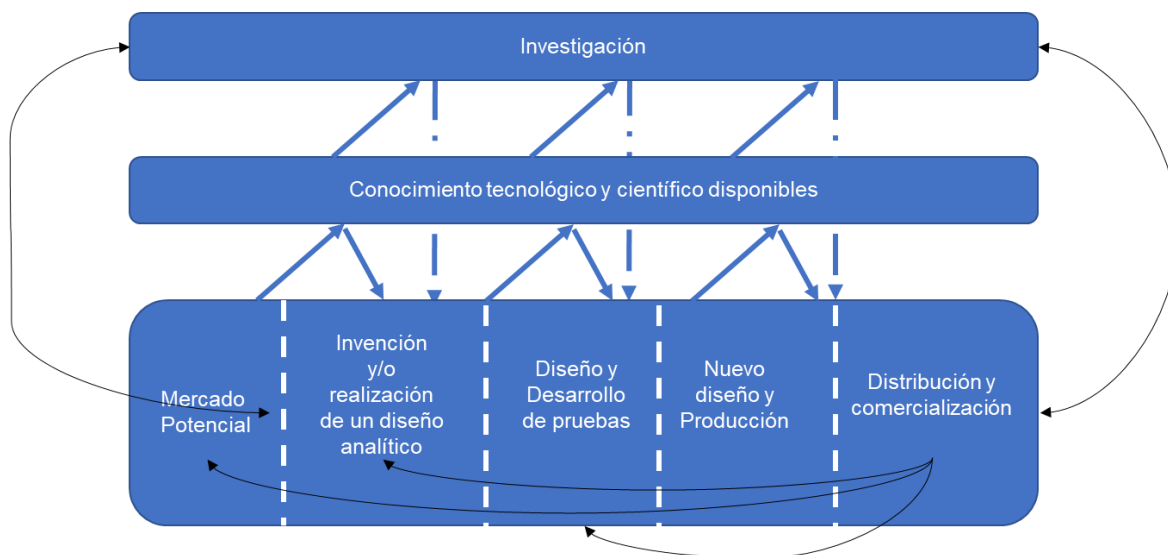
1.4.4. Modelo interactivo o mixto

Este modelo surge en la década de los años setenta como parte de la sensibilidad frente a las altas inversiones que requiere la innovación. Así, surge con el propósito de procurar la continuación de esfuerzos de investigación y desarrollo para generar nuevos productos o servicios, sin impactar los presupuestos establecidos por los gobiernos o empresas (Fernández, 2013).

Como ejemplo se toma el modelo de Kline (figura 4), cuya principal característica es que rompe con el esquema lineal; no obstante, conserva las necesidades del mercado.

Si bien, continúa con el orden de las etapas hasta llegar a la comercialización, este modelo permite la interacción bidireccional entre la investigación y el conocimiento, facilitando la comunicación y coordinación entre todos los actores (Del Rey & Laviña, 2008).

Figura 4. Modelo interactivo o mixto



Fuente: Elaboración propia con información de (Velasco, Zamanillo, & Gurutze, 2007)

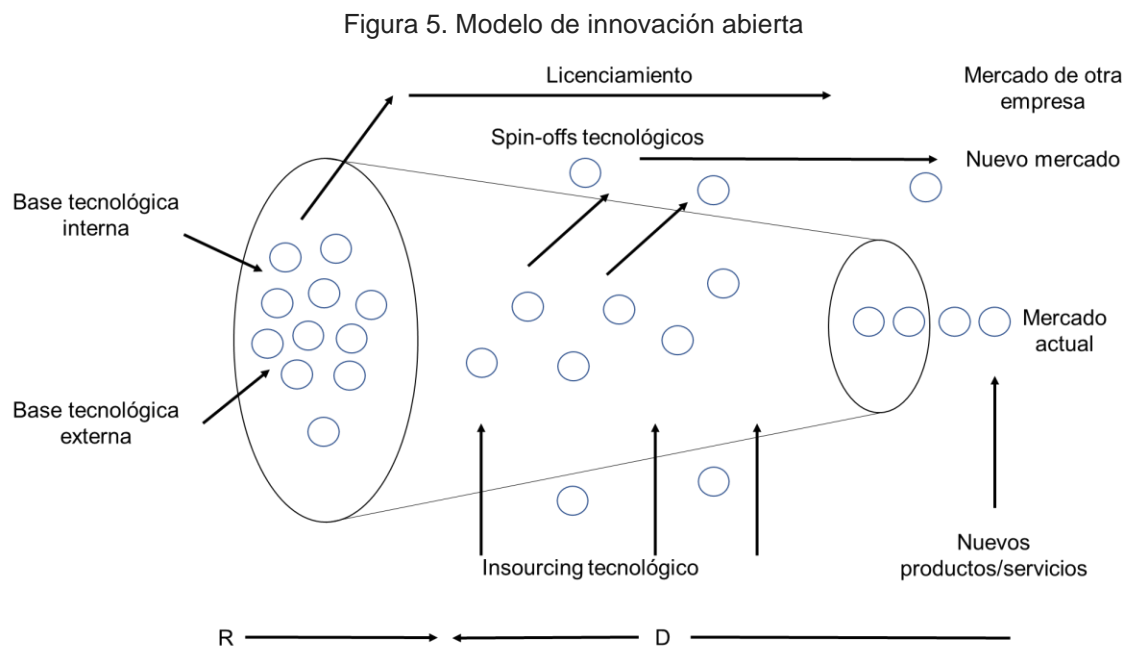
Un ejemplo de este modelo se presenta en la industria automotriz, empresas como Nissan y Toyota van desarrollando nuevos prototipos siguiendo cada etapa del modelo, pero en cualquier momento pueden solicitar el apoyo de otras áreas para hacer más investigación que permita eliminar barreras de conocimiento entre las diferentes áreas funcionales de la empresa, donde la responsabilidad es compartida por el equipo (Barreto & Petit, 2017).

1.4.5 Modelo de innovación abierta

Por último, el modelo de innovación abierta, publicado en 2006, es considerado por algunos autores como el modelo más vanguardista en materia de innovación. Parte fundamental de este modelo radica en el uso de fuentes externas a la empresa para coadyuvar en la investigación y desarrollo, con el propósito de reducir los costos propios de la innovación. Para ello, hace uso de profesionales de la industria que, con su experiencia, aportan soluciones o propuestas para mejorar un diseño, comercializar un producto y/o ejecutar pruebas de concepto. De tal manera que las ideas, productos o servicios que se generan dentro de la organización, se pueden complementar y madurar con aportes de profesionales, investigadores y expertos externos a la organización, creando un flujo de comunicación constante (Tubella & Gros, 2010).

Se tienen varios ejemplos dentro de este modelo. Uno de ellos puede ser la práctica de outsourcing en materia de innovación, que como su nombre lo indica, consiste en la contratación de consultoras de innovación para el desarrollo en este sentido. Asimismo, se puede invitar al público a participar en el desarrollo del conocimiento, y/o habilitar una red externa de información; en este sentido se puede mencionar a Wikipedia, una plataforma colaborativa abierta para trabajar en comunidad, con resultados disponibles para todo el público (Corma, 2019).

Dentro del sector energético, un ejemplo en este sentido es la preocupación entorno a la sustentabilidad de los recursos naturales. Para ello, en 2016 se lanzó el proyecto “Laboratorio Binacional para Gestión Inteligente de la Sustentabilidad Energética y la Formación Tecnológica”, con el propósito de promover la innovación abierta, interdisciplinaria y colaborativa en pro de la sustentabilidad energética (Rincón & Mena, 2018).



Fuente: Elaboración propia con información de (Velasco, Zamanillo, & Gurutze, 2007).

Con base en los conceptos descritos y su relevancia para el tema en estudio, es importante destacar que los países desarrollados pueden utilizar cualquier modelo de innovación, ya que la clave para ello es que cuentan con un departamento de investigación y desarrollo en este sentido. Caso contrario en países en vías de desarrollo, donde gran parte de la tecnología se compra y se trata de adecuar a las necesidades y contexto locales. Tal es el caso de México.

Por mencionar algunos ejemplos, destaca el caso de Corea del Sur, país que durante los años 80 orientó su enfoque de innovación en la copia de bajo costo; sin embargo, durante la década de los 90 comenzó a desarrollar su propia infraestructura científica:

investigación y desarrollo propios, implementando un modelo de “Technology Push” (Megia, 2009); y de Estados Unidos, que también ha implementado el modelo de “Technology Push”, con el propósito de generar soluciones sostenibles, que resuelvan un problema presente o futuro, o bien, que atiendan a nuevos grupos de población mediante la creación de nuevos productos o servicios (Manfredi, 2017).

Capítulo 2. Cadena de valor de hidrocarburos en México

En este capítulo se busca revisar los antecedentes del sector hidrocarburos en México, así como identificar a los principales actores involucrados dentro de la cadena de valor y los principales cambios en el sector energético que podrían funcionar como incentivos para mejorar la competitividad y productividad del país.

2.1 Historia de los hidrocarburos en México

Como punto de partida de la historia del sector hidrocarburos en la historia del México institucional, se considera el año 1901, ya que durante el gobierno de General Porfirio Díaz se expidió la primera Ley relacionada con el tema, específicamente con el petróleo. En esta ley, se concedió facultad al poder ejecutivo federal para otorgar permisos a empresas que se establecieran en México, permitiéndoles la expropiación de terrenos con posibilidades petrolíferas; además, se eximió del pago de impuestos de importación al equipo que se introdujera al país, así como cualquier gravamen por la explotación de productos (UNAM, 2019).

Posteriormente, en el año de 1914, durante el gobierno del General Venustiano Carranza, se integró un cuerpo de inspectores petroleros y se ordenó la suspensión de nuevas obras, exigiendo la obtención de un permiso para continuar con los trabajos. En consecuencia, en marzo, 1915, se creó la comisión técnica de petróleo, encargada de regular la política petrolera del país (Ángeles, 2001).

Un par de décadas más tarde, en 1938, se creó Pemex y se iniciaron las operaciones en el sector de hidrocarburos, con la perforación convencional en tierra. Alrededor 1950, la

paraestatal inauguró las primeras refinerías del país, y dos décadas después, en 1971, se descubrió el campo Chac, hoy parte de Cantarell, ubicado dentro de la sonda de Campeche, la mayor reserva en aguas poco profundas del Golfo de México (Pemex, 2014).

Así, el sector de hidrocarburos desarrolló madurez en la exploración y producción de hidrocarburos en aguas poco profundas. Con el tiempo, el sector experimentó un crecimiento significativo y México se convirtió en un actor clave en el mercado internacional del petróleo crudo, ampliando sus capacidades en el segmento “midstream” (Suárez, 2008).

Las operaciones continuaron; no obstante, algo se dejó de hacer, de manera que el sector comenzó a presentar síntomas de obsolescencia. En 2013, en un esfuerzo por modernizar al sector de hidrocarburos, se aprobó y se implementó la reforma energética, cuyo objetivo era la búsqueda y atracción de capital privado y experiencia técnica para reforzar la industria energética mexicana, maximizar los ingresos de petróleo y gas, e impulsar el crecimiento económico hacia 2025 (Gobierno de la República, 2019).

Esta reforma, derivó en el fortalecimiento de algunos organismos, tales como la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) y la Comisión Reguladora de Energía (CRE): además de la creación de nuevas entidades como el Fondo Mexicano del Petróleo (FMP), el Centro Nacional de Control del Gas Natural (CENAGAS) y la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA), las cuales abrieron el camino para un entorno regulatorio moderno y receptivo que podría maximizar los beneficios de la reforma si se llevan a cabo los ajustes necesarios (Padilla & Wood, 2018).

2.2. Premisas para considerar dentro de la estructura de la cadena de valor de hidrocarburos en México

Una premisa fundamental indica que 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 (Artículo 27, CPEUM).

Asimismo, se debe considerar los principios de la reforma energética (Comisión de Energía, 2016) y su impacto positivo dentro de la cadena de valor:

1. Los hidrocarburos son y seguirán siendo de la nación.
2. Con más competencia habrá más productividad, mayor competitividad y mejores precios.
3. Órganos reguladores fuertes para un mercado eficiente.
4. Absoluta transparencia para dar certidumbre a todos.
5. Energías limpias y protección al medio ambiente para garantizar un futuro sustentable.
6. Mayor capacidad productiva a Pemex y CFE para que puedan competir exitosamente.

2.3. Cadena de valor del subsector hidrocarburos en México

La cadena de valor de hidrocarburos en México se define como el conjunto de segmentos, procesos y subprocesos que describen las operaciones “upstream”, “midstream” y “downstream” a través del ciclo de vida del petróleo y gas (Secretaría de Energía, 2016).

A continuación, se describen los tres segmentos que componen la cadena de valor de hidrocarburos en México.

2.3.1. “Upstream”

Es el primer eslabón dentro de la cadena de valor. Se centra en la exploración y producción de gas y petróleo, tanto en tierra como en el mar. Generalmente se utilizan cuatro tipos de métodos de perforación: convencionales y no convencionales para tierra, aguas poco profundas y aguas profundas de la costa.

Este segmento también considera la búsqueda de potenciales yacimientos de petróleo crudo y de gas natural, así como la perforación de pozos hasta su explotación (Delgadillo & Suárez, 2015).

De acuerdo con la secretaría de Energía, 2016, el proceso comienza con la exploración y evaluación de clientes potenciales para los yacimientos de hidrocarburos antes de la perforación real; posteriormente, se planifican, preparan y ejecutan las operaciones de perforación; y por último se realiza la extracción del hidrocarburo.

Cabe señalar que este proceso es considerado el más complejo técnicamente y el que está más afectado por el tipo de método de recuperación utilizado.

Por último, se ejecuta la producción de pozo, es decir, la gestión eficaz del pozo durante las actividades del día a día y en casos particulares en la duración del proceso de producción.

2.3.2. “Midstream”

El segundo segmento dentro de la cadena de valor de hidrocarburos se enfoca al transporte y almacenamiento de hidrocarburos. De forma específica, el petróleo crudo y el gas natural producidos deben ser transportados largas distancias al mercado o refinerías por medio de ductos, carrotanques y/o autotanques (Deloitte, 2017).

Este segmento tiene como principal objetivo definir la estrategia de transporte y almacenaje de los hidrocarburos, llámense petróleo y gas. En otras palabras, se debe

identificar cuál es el mejor medio para transportarlo; el costo operativo; los riesgos ante posibles robos para asegurar su llegada al punto en donde comenzará el proceso de refinación -determinado en su capacidad instalada y tecnología para procesar el hidrocarburo, es decir, en donde se van a almacenar-; y el costo de almacenamiento, para determinar recursos y capital necesarios para la ejecución del plan (Secretaría de Energía, 2016).

2.3.3. “Downstream”

Este último segmento considera el cierre de los procesos para el ciclo de la cadena de valor. Comprende desde la refinación hasta los esfuerzos comerciales que se deben cerrar con los diversos puntos de venta, así como la distribución del hidrocarburo refinado a esos puntos, por lo que se requiere de una alta planeación logística (Secretaría de Energía, 2016).

Con el cierre de este capítulo, se busca tener claridad de los alcances de cada uno de los segmentos de la cadena de valor de hidrocarburos, de manera que puedan ser utilizados como referencia durante el análisis de la situación actual.

Capítulo 3. Análisis de contexto

El objetivo de este capítulo es entender el contexto de la innovación aplicada en la cadena de valor de hidrocarburos, para lo que se presentan un par de estudios de países que han acogido a la innovación como un mecanismo catalizador de oportunidades y la han aplicado en el sector. Los hallazgos permitirán identificar los problemas que enfrentaban estos países, previo al uso de la innovación en el sector, así como los beneficios y los resultados obtenidos, además de la estrategia de implementación.

Posteriormente, se presentan un par de estudios enfocados en México, con el propósito de conocer investigaciones previas sobre el tema de la innovación aplicada al sector hidrocarburos a nivel nacional, partiendo del diagnóstico que hayan arrojado y del enfoque que se le dio a la innovación como herramienta para mejorar los procesos en los segmentos de la cadena de valor de hidrocarburos.

Por último, se presenta un análisis de la cadena de valor con el propósito de identificar ¿cuál ha sido el modelo de innovación empleado?, ¿cuáles han sido sus principales logros y/o beneficios?, ¿cuáles son sus principales problemáticas?, ¿quiénes son los principales actores en el desarrollo de innovación en el sector? y ¿cuál es su situación actual?

3.1. Innovación en la cadena de valor de hidrocarburos a nivel Mundial

De acuerdo con fuentes consultadas, son pocos los países que han apostado por reducir la brecha tecnológica en la cadena de valor de hidrocarburos a través de la innovación. En este sentido, destacan China, Brasil, Arabia Saudita y los Emiratos Árabes Unidos (Maleki & Rosiello, 2014).

La estrategia de innovación que han implementado consiste en la investigación y el desarrollo de nuevos productos en conjunto con compañías de servicio, tales como Halliburton y Weatherford, condición que ha permitido generar capacidades tecnológicas

en pro de la competitividad y productividad en la cadena de valor de hidrocarburos (Acha, 2000).

A continuación, se presentan dos casos de estudio de países que han integrado la innovación en su cadena de valor de hidrocarburos, con la finalidad de comprender los retos que enfrentaron, la estrategia implementada y el cómo la investigación y el desarrollo proveyeron cambios diferenciales en el sector energético.

3.1.1. Estudio de la innovación en la cadena de valor de hidrocarburos: Caso Brasil

El primer caso de estudio se dio en Brasil, un país en vías de desarrollo con un aparato petrolero similar al de México.

En 1960, Brasil contaba con depósitos de hidrocarburos en aguas profundas para cuya explotación no tenía la tecnología y procesos adecuados, condición que desencadenó la necesidad de generar innovación para extraer esos recursos (Florencio, 2016).

Así, se incentivó el desarrollo de firmas locales y su participación en temas de innovación para el segmento “upstream”, creando programas para entrenamiento de personal en temas de innovación, así como programas con universidades para acelerar la creación de sistemas en este sentido. Como resultado al día de hoy, Petrobras tiene una sólida cultura de innovación y cuenta con un centro enfocado en la investigación y desarrollo, denominado Centro de Investigaciones de Petrobras (CENPES) (Guajardo & Pech, 2015).

En materia de innovación, se da una evolución en cuatro fases dentro de la petrolera brasileña (Dantas & Bell, 2011):

1. 1960. Petrobras se enfoca en desarrollar su habilidad para asimilar tecnología extranjera

2. Periodo 1985–1991. Petrobras pasó de ser un actor pasivo que recibía tecnología a ser un actor activo que invirtió en su “absorción”.
3. Periodo 1992–1996. Petrobras se enfocó en generar nuevas capacidades tecnológicas, incluyendo la investigación y desarrollo por su propia cuenta
4. Periodo 1997 – 2000. Petrobras alcanzó un nivel tecnológico relevante siendo capaz, incluso, de transferir tecnología a otros países.

Destacan tres elementos claves en este proceso de innovación del sector:

1. La capacidad –y voluntad– del gobierno para desarrollar un sistema de innovación que consideró la participación intersectorial: Gobierno, iniciativa privada y academia.
2. La articulación de políticas públicas y promoción de regulaciones que permitieron modelar la participación de los diferentes sectores y crear un ecosistema de innovación a largo plazo.
3. La colaboración entre Petrobras y empresas extranjeras con el propósito de desarrollar su capacidad de innovación.

3.1.2. Estudio de la innovación en la cadena de valor de hidrocarburos: Caso Arabia Saudita

El segundo caso de estudio es Arabia Saudita, país que, bajo una perspectiva nacional y al ser una economía en vías de desarrollo, definió dos objetivos fundamentales en su estrategia gubernamental: 1) desarrollar a su capital humano en todas sus industrias y regiones con el fin de incrementar su productividad; 2) diversificar los ingresos del país para no depender totalmente de los hidrocarburos (Ministerio de energía de Arabia Saudita, 1970).

En 1966 se creó el segundo plan de desarrollo nacional, en el que destacó la creación de un centro de investigación y desarrollo para proveer asesoría en los procesos

productivos de gas y petróleo. Asimismo, se comenzó a comprar tecnología a países desarrollados y se firmaron acuerdos de cooperación con Estados Unidos, Reino Unido, Suecia, Turquía y Finlandia, con el propósito de obtener conocimiento sobre el uso de las herramientas tecnológicas asociadas al sector (Ministerio de energía de Arabia Saudita, 1976).

No obstante, y a pesar de los esfuerzos iniciales, hubo un punto de inflexión que causó turbulencias en el desarrollo de la innovación, ya que derivado del exitoso desarrollo de otras industrias se generó una falta de coordinación y comunicación entre sus centros de investigación, los cuales preferían comprar la tecnología que desarrollarla (Ministerio de energía de Arabia Saudita, 2000).

De esta manera, en el año 2005, el gobierno de Arabia Saudita buscó revertir esa dependencia tecnológica y se sumó al esfuerzo por reducir la brecha de innovación. Su primer objetivo fue buscar que todos sus ciudadanos tuvieran acceso a educación de alta calidad y que el país estuviera al día con herramientas de innovación tecnológica; asimismo, se movió hacia una economía basada en el conocimiento, con la capacidad de desarrollar la investigación tecnológica de manera doméstica (Ministerio de energía de Arabia Saudita, 2005).

En 2010, en el noveno plan de desarrollo se definió una serie de políticas públicas orientadas a la reducción de la brecha de desarrollo en todas las industrias del país, así como a incrementar la participación de las mujeres en la investigación y desarrollo, crear clústeres para aumentar la productividad de las industrias e incrementar las inversiones en innovación para el desarrollo económico (Ministerio de energía de Arabia Saudita, 2010).

Para cumplir tales objetivos, su empresa petrolera Saudi Aramco, alineó sus estrategias al plan de desarrollo nacional e instauró un esquema de gobernanza entre la empresa y el gobierno, donde este último revisó su plan estratégico y aprobó un presupuesto de inversión cada 5 años (Ministry of foreign affairs, 2017) .

Actualmente, la petrolera está muy enfocada en la obtención del “know how” tecnológico, dando prioridad a la investigación y desarrollo que se pueda generar “in house”, condición que le ha permitido generar experiencia en la materia y, en consecuencia, incrementar la productividad operativa (The Arabian Sun, 2011).

Saudi Aramco enfoca sus esfuerzos para cubrir cuatro objetivos principales (The Arabian Sun, 2014):

1. Investigación aplicada para identificar tecnologías acordes a las necesidades operativas.
2. Cooperación con universidades para el desarrollo conjunto de conocimiento y tecnología.
3. Introducción de “tecnología de punta” para soportar las actividades de producción de gas y petróleo.
4. Participación de la compañía en programas internacionales para el desarrollo tecnológico.

Con base en estos hallazgos se concluye que la innovación se ha convertido en una herramienta fundamental en la cadena de valor de los hidrocarburos en países como Brasil y Arabia Saudita, demostrando que se puede incrementar la productividad y competitividad cuando se desarrolla un modelo adecuado junto con una estrategia de largo plazo, acompañada de políticas públicas adecuadas al contexto y necesidades del país.

3.2. Estudios previos de innovación en la cadena de valor de hidrocarburos en México

En esta sección se presentan dos estudios sobre el empleo de la innovación en la cadena de valor de hidrocarburos en México, con el propósito de identificar información que permita validar las problemáticas identificadas en el sector, así como datos que permitan soportar las referencias identificadas en el análisis de situación del país.

3.2.1 Estudio: Innovation as an imperative for the Mexican oil industry post energy reform

Toda la información que se presenta a continuación fue extraída del estudio “innovation as an imperative for the mexican oil industry post energy reform” (Martínez-Romero, 2017). Se respetan todas las ideas, hallazgos y diagnóstico del autor.

Primero, se indica que Pemex no ha ocupado un rol central para incentivar el desarrollo tecnológico, sino que los esfuerzos en este sentido y la responsabilidad han sido delegados al IMP, el cual se ha visto en la necesidad de generar tecnologías modernas para mejorar sus indicadores de desempeño. No obstante, se identifica una falta de capacidad para generar investigación y desarrollo, además de la carencia de incentivos para retener a personal clave dentro de la institución y un presupuesto de inversión en innovación limitado.

Uno de los indicadores clave para medir el desempeño del IMP es su conjunto de activos en propiedad intelectual, es decir, el número de patentes registradas. De acuerdo con fuentes consultadas, se identifica un declive del 37% en 20 años, pasando de 425 patentes en el periodo 1973-1993, a 266 de 1994 a 2014.

Como parte de las causas principales de este declive, se identifica la falta de capacidad de aprendizaje y el cambio de enfoque del IMP, al pasar de la investigación y el desarrollo –así como tecnología intensiva– a servicios con bajo contenido tecnológico.

Otro de las causas identificadas es la demora en los esfuerzos de innovación por parte de México, quien se convirtió en un jugador tardío con enfoque en el corto plazo, sin una agenda que permitiera establecer una política de innovación en el largo. Aunado a ello, se advierte un cambio en la relación de Pemex y el IMP, cuando este último cambió sus procesos “core”, al enfocarse en la investigación básica y aplicada, así como en la comercialización de servicios y educación, condición que generó un detrimento en la investigación y desarrollo avanzados.

Por último, se resalta la falta de políticas públicas para incentivar la innovación, ya que actualmente se carece de un plan tecnológico que indique cuáles son las tecnologías que se requieren para atender las necesidades de la cadena de valor de hidrocarburos. Así, de acuerdo con los autores citados, se prevé que la estrategia de Pemex continúe siendo la compra tecnología.

3.2.2 Estudio: La investigación y la innovación en la industria del petróleo: retos, oportunidades y prospectivas

Este reporte fue generado en el año 2017 (Martínez, 2017). De igual forma, la información que se presenta a continuación respeta la perspectiva del autor.

Se sostiene que la innovación es fundamental para el crecimiento de la cadena de valor de hidrocarburos, pues impulsa el crecimiento económico a través de una mejora en la productividad.

Para continuar con las operaciones en el sector hidrocarburos, se debe asumir el impacto que se le ocasiona al medio ambiente, pero es a través de la innovación que se pueden generar nuevos productos o servicios que garanticen la sustentabilidad, la seguridad y el medio ambiente.

El autor resalta la importancia de crear un ambiente de investigación, acceso al conocimiento y a la transferencia tecnológica. Para que esto suceda, es importante contar con adecuadas políticas públicas e instituciones enfocadas en investigación y desarrollo.

En el año 2017, Pemex exploración y producción, expuso que el 57% de las necesidades tecnológicas que se tiene identificadas en Pemex exploración y producción, se relacionan con el entendimiento de los yacimientos, 25% con la producción y el 18% con la operación, dándole una significativa relevancia a tecnologías adaptadoras, es decir,

aquellas que solo se tienen que comprar e instalar, condición que refuerza la estrategia de “comprar tecnología”.

El enfoque sigue siendo a corto plazo, como el uso de tecnologías de “big data” y campos inteligentes, reconociendo que en el largo plazo las herramientas tecnológicas que se necesitan aún no existen y deben ser creadas.

Se tiene la necesidad de contar con un modelo consistente para generar innovación, que ayude a los investigadores a tener un marco de referencia que vaya desde la generación de ideas y su transformación en productos o servicios, hasta su colocación en el mercado.

Por último, se requiere redefinir el modelo de cooperación, ya que actualmente en México los organismos que realizan la investigación y desarrollo son los que asumen en riesgo financiero, cuando en otros países, la práctica es que quien solicita la investigación, la financia en su totalidad.

3.3. Estado de situación de la innovación en la cadena de valor de hidrocarburos en México: IMP y Pemex

Para iniciar con el análisis, se parte de la descripción del ecosistema de innovación mexicano y de la identificación de los actores relevantes en México, se enlistan algunas de las principales problemáticas del sector energético en México, se identifica al organismo encargado de proveer innovación a Pemex y se identifica el modelo de innovación que se utiliza actualmente.

3.3.1. Ecosistema de innovación

En México, el ecosistema de innovación es un sistema de cuádruple hélice que incluye al gobierno, la academia, las empresas y la sociedad. Actualmente, en el país se advierte la falta de una estrategia de innovación a largo plazo, condición que, de manera directa o indirecta, impacta en el desarrollo económico, la competitividad, la productividad y el bienestar social, entre otros.

En este sentido, desde hace tres décadas, el crecimiento promedio anual de México no supera el 2%, resultando uno de los países que ha crecido menos en Latinoamérica. A ello y en materia de hidrocarburos, se agregan reportes recientes que indican que Pemex Exploración y Producción –el segmento “upstream”–, la producción de crudo se ubicó en un promedio diario de 1 millón 900 mil barriles a octubre de 2019, nivel similar al que tenía Pemex hace 35 años. A ello debe agregarse que el recorte presupuestal más reciente, equivalente a un 41% por parte de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, no deja un escenario alentador para continuar con los esfuerzos operativos (Caballero, 2019).

El entorno de negocios en el sector energía ha cambiado de forma muy lenta, debido a una estructura pesada con una limitada capacidad de adaptación a nuevas reglas de operación, condición que impacta en todos los segmentos de la cadena de valor cuando se busca la generación de eficiencias productivas y operativas. Ello se advierte como

indicativo que algo se dejó de hacer y se continúa con el “bussiness as usual” (Wilson Center, 2018).

3.3.2 Organismo encargado de proveer innovación en el sector hidrocarburos

En el Diario Oficial de la Federación se define que el objetivo principal de la creación del IMP es que éste funcione como un “brazo tecnológico” de Pemex, responsable de la investigación y el desarrollo de productos útiles para su aplicación a lo largo de la cadena de valor de la industria petrolera (Romo & Ortíz, 2018).

Este es un hallazgo clave, ya que parece ser que a pesar de tener un organismo responsable de proveer soluciones y desarrollos a Pemex, actualmente se tienen problemas y rezagos en el sector, surgiendo la siguiente pregunta: ¿qué fue lo que se dejó de hacer en materia de innovación en el sector hidrocarburos en México?

A continuación, se presentan dos tablas que incluyen las principales problemáticas y logros del IMP, con cuya información se pretende contestar a la pregunta planteada. La información se obtuvo del Romo & Ortíz, 2018.

Año	Problemáticas que enfrentó el IMP
1975-1981	<ul style="list-style-type: none"> • Se registró una baja actividad en la industria petrolera. • El IMP no pudo disponer de recursos que aportaba la petrolera estatal para elevar el volumen de trabajos técnicos y de investigación.
1985	<ul style="list-style-type: none"> • Se profundizaron las políticas de contención de gasto público al IMP • Fuga de personal calificado hacia Pemex.
1990	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de mercado al competir con compañías internacionales de servicios que contaban con mejor capacidad técnica.
1992	<ul style="list-style-type: none"> • El IMP no contaba con presupuesto autónomo para la investigación.
2001	<ul style="list-style-type: none"> • Se modificó el estatuto del IMP pasando a organismo descentralizado de interés público y de carácter técnico, educativo y cultural. • Se migró de una estructura organizacional basada en funciones a una basada en proyectos, condición que desintegró los equipos de trabajo. • Pemex decidió que el instituto compitiera con otras empresas de servicios, los elevados costos indirectos encarecieron los precios, perdiendo competitividad frente a otras instituciones.

- El nivel de ingresos y la productividad eran afectados por la posibilidad de cancelar proyectos de manera unilateral por parte de Pemex.
 - Gasto de horas hombre no remuneradas.
 - Cambios en los puestos directivos de Pemex. Que modificaban las condiciones o términos del proyecto.
 - Medidas de ajuste en su gasto, que se tradujeron en la cancelación de algunos programas institucionales.
- 2005-2016
- No se creó una nueva generación de investigadores y especialistas, lo que originó un aumento en la edad promedio del personal
 - Cambios directivos, siete directores generales rotaron su puesto.
 - Caída de ingresos en un 40% en comparación con el 2013.
 - Sus indicadores de ventas a activo total, después de alcanzar niveles máximos de 1.4 veces en 2006, pasaron a 0.34 veces en 2015.
 - No se contó con una visión empresarial que permitiera la comercialización internacional de servicios ofrecidos y tecnologías desarrolladas.

Año	Principales resultados del IMP
1976-1998	<ul style="list-style-type: none"> • Clave para apoyar a Pemex en el desarrollo de sus operaciones en toda la cadena de valor. • Origen al proyecto DEMEX, el desarrollo de catalizadores. • El IMP contribuyó a que la mayor parte de ingeniería de detalle se desarrollara en el país. • Contribuyó para que Pemex se convirtiera en uno de los principales productores en el mundo, llegando a apoyar técnicamente a otras naciones. • El IMP cubrió casi todos los aspectos de la industria y desarrolló más de 40 procesos de transformación industrial, de los cuales, algunos fueron exportados. • Poseía el índice de patentamiento por institución más alto del país.

Como se puede apreciar, se identifican aciertos en materia de innovación que en su momento posicionaron a Pemex como competidor internacional en el sector de los hidrocarburos, sin embargo, también se identifican decisiones y actos que revierten esta tendencia.

Cabe resaltar que, de acuerdo con las fuentes consultadas, cuando se implementaron esfuerzos en innovación, los resultados fueron positivos, condición que deja una estela de esperanza en apostar por un modelo de innovación que genere investigación y desarrollo acorde al contexto actual.

En 2014, con el propósito de reactivar el campo de acción del IMP, se aplicó una reforma que establecía que las facultades del organismo consistían en realizar investigaciones; desarrollar tecnología; innovar; escalar procesos y productos; y prestar servicios tecnológicos orientados a optimizar los procesos de producción y transformación; en el “upstream”, “midstream” y “downstream” (Gobierno de México, 2019).

Finalmente, en 2019 se firmó un contrato entre el IMP y Pemex, con el cual se busca fortalecer la relación estratégica mediante proyectos que permitan alcanzar la autosuficiencia en combustibles y la meta de producción de hidrocarburos –“upstream”–, alineados a la nueva política energética, con el fin último de coordinar las agendas de ambos organismos para que vuelvan a trabajar como hace 50 años (Instituto Mexicano del Petróleo, 2019).

3.3.3. Modelo utilizado para generar innovación en el sector hidrocarburos

Desde hace más de quince años, el IMP utiliza como modelo de innovación un modelo de administración por procesos, que se compone por: 1) un macroproceso de actividades primarias que generan productos, servicios, procesos y tecnologías ofrecidos a la industria petrolera; y 2) un macroproceso de actividades de soporte para la administración de laboratorios, gestión del conocimiento, planeación y administración de recursos por citar algunos (Ortiz, 2018).

El IMP tiene influencia e incide en los tres segmentos de la cadena de valor de los hidrocarburos, buscando desarrollar capacidades nacionales para la exploración, explotación, transporte de hidrocarburos y la comercialización, producto de los resultados de sus actividades de investigación y desarrollo tecnológico en la industria (Parada, 2012).

La metodología que actualmente se utiliza para el desarrollo de innovación en el sector hidrocarburos en México se llama iCorp (Cuerpos de Innovación, iCorp por sus siglas en inglés), misma que es un referente en Estados Unidos y se creó en 2012 por la National Science Foundation (NSF). Su objetivo principal es proveer de herramientas

metodológicas a los investigadores y estudiantes, que les permitan identificar problemas en la industria de interés y resolverlos por medio de inventos y tecnologías desarrolladas en sus laboratorios (Ortiz, 2018).

El programa iCorp consiste en dotar a equipos académicos con conocimientos y herramientas para analizar y evaluar el potencial comercial de los desarrollos tecnológicos, ayudando así a los investigadores a diseñar un esquema de comercialización tecnológica (UNAM, 2019).

3.3.4. Indicadores clave de innovación para el sector hidrocarburos

Como parte del análisis de la situación actual, también se identificaron a los principales indicadores que miden el comportamiento de la innovación en México, con el propósito de validar si las métricas se han mantenido, si han incrementado o si han disminuido, para tener un soporte desde una perspectiva cuantitativa.

De acuerdo con la información consultada, los indicadores internacionales más importantes que pueden ayudar a tener un panorama referente a la innovación son tres (Foro Consultivo, 2018):

1. El Gasto en Investigación y Desarrollo Experimental (GIDE).
2. El Gasto Federal en Ciencia, Tecnología e Innovación (GFCyT).
3. El Gasto Nacional en Ciencia, Tecnología e Innovación (GNCTI).

3.3.4.1. Gasto en Investigación y Desarrollo Experimental (GIDE)

Este es indicador que se enfoca en medir los recursos monetarios que se asignan por parte del gobierno y/o el sector privado para generar nuevo conocimiento. En este sentido se encontró que entre el 2000 y el 2015 este indicador tuvo un crecimiento acumulado de 72.7 por ciento en México (Maravert & Molina, 2016).

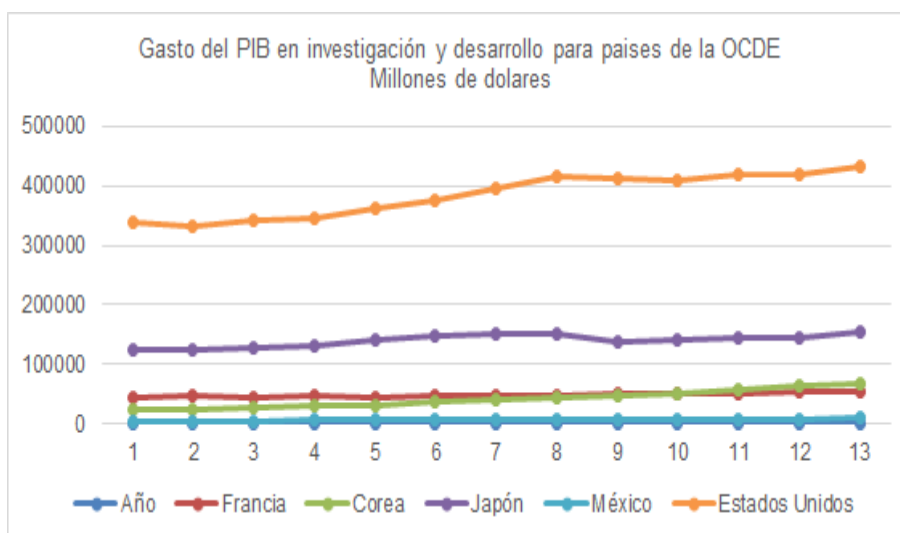
De 2012 a 2015, se registró el mayor crecimiento del GIDE, con un crecimiento acumulado de 32.5%. Por otro lado, el GIDE como proporción del PIB ha presentado dos caídas en décadas recientes: la primera entre 2005 y 2007, con una reducción del 7.5 por ciento, y la segunda entre 2010 y 2012, con una disminución del 4.4 por ciento. Lo anterior muestra que en los últimos 15 años la disminución del GIDE como proporción del PIB coincide con los finales de sexenio (International Business Intelligence, 2019).

Figura 6. Comportamiento del GIDE en México



Fuente: Elaboración propia con información de (The Global Economy, 2019).

Figura 7. Gasto en investigación y desarrollo en países miembros de la OCDE



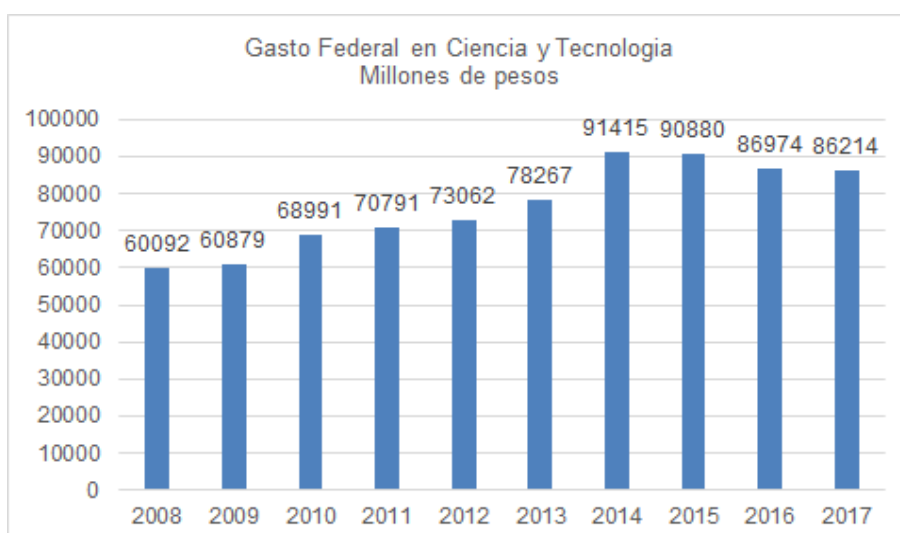
Fuente: Elaboración propia con información de (OECD, 2016).

3.3.4.2. Gasto Federal en Ciencia, Tecnología e Innovación (GFCyT)

Este indicador mide el total de erogaciones por concepto de ciencia y tecnología que realizan algunas dependencias del gobierno federal para llevar a cabo sus funciones: Secretarías de Estado, el Gobierno de la Ciudad de México, la Procuraduría General de la República, organismos descentralizados, empresas de participación estatal y los fideicomisos concertados por el gobierno federal (Velázquez & Salgado, 2016).

Se considera importante señalar que uno de los objetivos del gobierno federal encabezado por Enrique Peña Nieto (2012-2018) era invertir al menos el 1% del PIB de México en ciencia y tecnología, sin embargo, los datos muestran que el promedio anual del gasto en ciencia, tecnología e innovación fue de 0.43% como proporción del PIB. No obstante, ello representa una mejoría del 32% más en términos reales que en la administración de Felipe Calderón y 70% más que con Vicente Fox (Solís, 2018).

Figura 8. Evolución del GFCyT por ramo administrativo

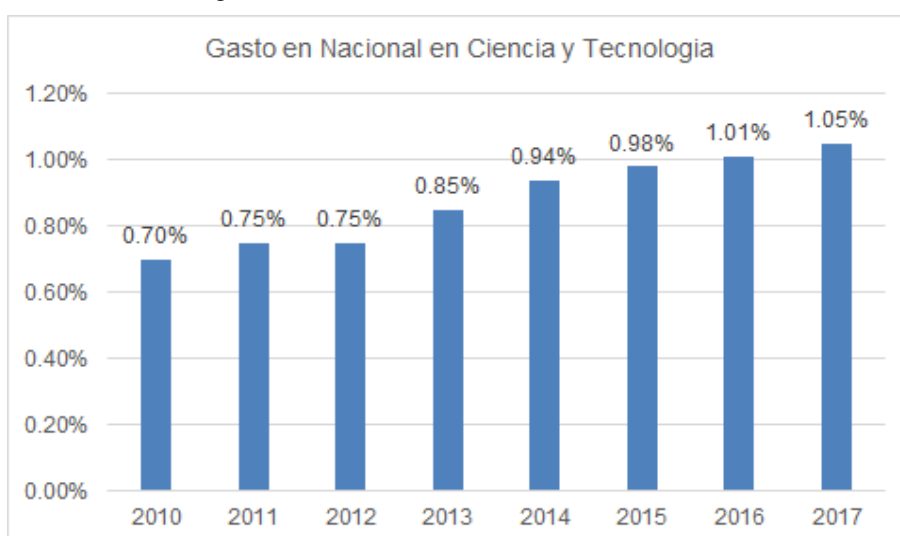


Fuente: Elaboración propia con información (Conacyt, 2017).

3.3.4.3. Gasto Nacional en Ciencia, Tecnología e Innovación (GNCTI)

Este indicador mide el gasto efectuado por los sectores público y privado, así como por las instituciones de educación superior, en ciencia y tecnología con relación al PIB. Contempla partidas como investigación y desarrollo experimental; servicios científicos y tecnológicos; educación y enseñanza científica y tecnológica. En este indicador se ve reflejado un actor del ecosistema de innovación, la academia, la cual tiene un papel relevante en la promoción de la innovación (Conacyt, 2017).

Figura 9. Fuente de financiamiento de GNCTI



Fuente: Elaboración propia con información (Conacyt, 2017).

3.4 Problemáticas en el sector hidrocarburos relacionadas a la aplicación de innovación

En este apartado se presentan las principales problemáticas identificadas dentro de cada segmento de la cadena de valor de hidrocarburos, relacionadas a la falta de un modelo y estrategia de innovación.

Así, se enlista una serie de problemáticas que enfrenta Pemex, en donde se evidencian las brechas que se han generado y que podrían ser mitigadas con un aporte desde la perspectiva innovadora (Romo, 2015).

Problemática	Descripción	Tipo de innovación	Segmento de la cadena de valor
Estructura geológica	Se requieren estudios adicionales y tecnología para el desarrollo en el denominado Aceite Terciario del Golfo, que cuenta con importantes reservas probables y posibles de hidrocarburos.	Producto	“Upstream”
Costos de producción	En las actividades de exploración y desarrollo, los costos totales por barril producido se han incrementado, mientras en el año 2000 el costo total por barril de crudo equivalente era de 8 dólares, en 2013 llegaron a ubicarse por encima de los 22 dólares por barril.	Proceso	“Upstream”
Producción de gas	Pemex presenta caídas entre 2009 y 2013, en virtud del diferimiento de algunas inversiones en materia de gas no asociado por efecto de la menor rentabilidad en su producción, que a su vez se explica por el auge del mercado de gas shale en Norteamérica que originó una disminución en el precio del gas natural en la región.	Comercial	“Upstream”
Capacidad de refinación	Pemex no registró cambios desde inicios de los noventa hasta 2013, por lo que el volumen de elaboración de derivados se mantuvo prácticamente en el mismo nivel.	Organizativa	“Midstream”
Insuficiencia de inversiones	Se tienen limitados progresos en la obtención de productos procesados con más valor agregado, avances en su eficiencia y calidad de los productos, capacidad para procesar crudos pesados y bajos márgenes de refinación.	Producto	“Midstream”
Desarrollo de tecnología	Limitaciones para mantener la plataforma de producción de crudo hacia los años siguientes, especialmente en las operaciones que realiza en los campos maduros, en los ubicados en aguas profundas.	Producto	“Upstream”
Utilidades	Pemex no cuenta con un sistema de precios de transferencia a lo largo de las cadenas de valor agregado que maximice las utilidades, y con ello, haya alentado la producción de las industrias conexas.	Comercial	“Downstream”
Creciente demanda de derivados	Se tuvo que importar casi la mitad de la gasolina comercializada en el mercado interno nacional hasta 2013, situación que le implicó concentrarse más en actividades de transporte y almacenamiento para evitar desabasto, que en la de ser un jugador relevante en refinación.	Proceso	“Midstream”
Negocio de la petroquímica	Desde los ochentas, se dejó el negocio por lo que no se realizaron inversiones y se buscó su privatización, con resultados negativos, lo que llevó a un severo deterioro tecnológico de sus plantas, el cierre de algunas y el paro de otras, y a su vez a la caída en su producción.	Comercial	“Upstream”

Políticas públicas	Ineficientes políticas en la materia, la desarticulación entre la política industrial y la IDT, así como la desvinculación de la política educativa con la propia IDT han dado como resultado avances poco significativos en ciencia y tecnología.	Organizativa	Todas
Definición en la estrategia de innovación	Se han efectuado distintos esfuerzos para diagnosticar las necesidades de la petrolera, destacándose el de fines de los noventa en donde se decidió "ser un seguidor tecnológico", el más reciente se capitalizó en el Plan Estratégico Tecnológico que buscaba identificar las principales estrategias e implementarlas en sus líneas de negocio.	Proceso	Todas
Personal enfocado en innovación	La insuficiencia de investigadores disponibles para desarrollar IDT, en parte porque el nivel salarial en la industria está muy por encima del que existe en las universidades y en los centros de investigación, lo que invita a trabajar en la industria más que en la generación de innovación.	Organizativa	Todas
Baja competitividad	Pemex enfrenta distintas brechas con referencia a las denominadas Oil Majors (Exxon, Total, Chevron, BP y Shell), que se presentan como una oportunidad en su desarrollo futuro. Entre las estrategias instrumentadas por las grandes trasnacionales están su diversificación hacia el desarrollo de otras formas de generación de energía, explorar su participación en mercados internacionales.	Comercial	"Upstream"
Estructura organizacional	Reducida productividad laboral en comparación con Oil majors, pues la petrolera paraestatal cuenta con casi el doble de empleados de los que tiene Exxon, sin considerar los ubicados en su red comercial de distribución.	Organizativa	Todas

3.5 Principales hallazgos de la situación actual

A partir de la investigación realizada en esta sección, se identifican los siguientes hallazgos:

1. La sinergia entre Pemex y el IMP generó buenos resultados entre 1976 y 1998; no obstante, decisiones gubernamentales relacionadas con la asignación de presupuesto y la desalineación de agenda y objetivos repercutieron en su continuidad.
2. El modelo de innovación que sigue el IMP es una gestión por procesos, no un modelo de innovación propio para la investigación y desarrollo en el sector hidrocarburos de México.
3. La metodología empleada es iCorps, originaria de Estados Unidos y en proceso de adaptación para México; sin embargo, los contextos para aplicar la metodología no son equivalentes, ya que en el primer caso se trata de un país desarrollado, mientras que en el segundo de un país en vías de desarrollo.
4. Los principales indicadores de innovación advierten que no se han destinado los recursos apropiados para promover de forma consistente la investigación y el desarrollo en México.
5. Las problemáticas a las que se enfrenta Pemex pueden ser, en parte, mitigadas con alguno de los tipos y modelos de innovación revisados, aportando mejoras en los segmentos de la cadena de valor de hidrocarburos.

Capítulo 4. Aplicación del método prospectivo lógico intuitivo

En este capítulo se realiza un análisis prospectivo, el cual incluye un análisis de las “megatendencias” globales en los próximos 30 años que tendrán un fuerte impacto en la sociedad. Dentro de éstas, destaca la seguridad energética, la cual se define como el *“abastecimiento de energía al país con precios competitivos, calidad y eficiencia a lo largo de la cadena productiva”*, por su relación con la investigación en curso.

Una vez identificadas las Megatendencias, se procede a identificar las “drivers” y variables identificadas en fuentes abiertas, soportando estas últimas con proyecciones al 2050 y vislumbrando el comportamiento del sector energético relacionado con el sector de hidrocarburos.

Para complementar el análisis de Megatendencias, se incluye un análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) que permita convertir las principales amenazas y debilidades en fortalezas y oportunidades. Asimismo, se aplica un análisis Político, Económico, Social y Tecnológico (PEST), para identificar las principales características relacionadas con el sector energético.

Finalmente, se construyen escenarios a partir de la metodología de Peter Schwartz con el propósito de evaluar los panoramas posibles para el sector hidrocarburos, identificando qué escenario debería México incentivar, y cual debería evitar.

4.1. Análisis prospectivo: Megatendencias

Primero, de acuerdo con la Real Academia Española, el término “tendencia” se define como una propensión o inclinación en las personas y en las cosas hacia determinados fines (RAE, 2019). A partir de esta definición, se desarrolla la definición de Megatendencia, con una perspectiva global.

En este sentido, especialistas consideran que una Megatendencia es una gran dirección dominante que modela la vida en sociedad durante una década o más, la cual contempla

cambios que guían el presente hacia nuevas formas de comportamiento social. Para su identificación, se observan los patrones emergentes del comportamiento económico, social, tecnológico, de medios, salud y negocios (Grupo de desarrollo regional del Tecnológico de Monterrey, 2009).

Así, se tiene que las “Megatendencias” son un conjunto de cambios en diferentes ámbitos de la vida en sociedad (v.gr. ambiental, económico, político, tecnológico), los cuales tienen un impacto global y en el largo plazo.

Para su análisis, se empleó una metodología basada en una investigación profunda en fuentes abiertas de bibliografía confiable, proveniente de organismos de reconocimiento mundial, así como de instituciones públicas y privadas. Asimismo, durante la investigación, se identificaron “drivers” e indicadores (Núñez, Molina, Tejeda , & Güemes, 2009).

A continuación de detalla cada una de las fases dentro de la metodología.

4.1.1. Revisión bibliográfica

En esta fase se realizó una búsqueda e identificación de información disponible en torno a las Megatendencias, a partir de la revisión de reportes, estudios y estadísticas, y de la extracción de datos útiles para el presente estudio. Cabe mencionar que se encontró un considerable número de artículos de investigación académica y periodística, informes oficiales y entrevistas a expertos, entre otros documentos, generados por organismos internacionales.

A continuación, se enlistan los reportes de Megatendencias consultados, con elementos relevantes para el estudio en curso:

1. Reporte de Megatendencias Latinoamericanas presentado por Ernest & Young, el cual permite tener un panorama de la perspectiva de México y la región

Latinoamericana, y considera a la tecnología como un transformador clave para el futuro y bienestar social (Ernest & Young, 2018).

2. Reporte de Megatendencias “Un análisis del estado global”, el cual presenta un panorama de las principales tendencias a nivel mundial, resultando como factores clave la tecnología, la disponibilidad de recursos y el cambio climático (CEPLAN, 2019).
3. BP Energy Outlook, el cual presenta elementos que con influencia en el futuro de la transición energética para 2040, mostrando escenarios potenciales y facilitando la toma de decisiones (BP Energy Economics, 2018).
4. Reporte de tendencias mundiales y el futuro de América Latina, el cual advierte sobre los escenarios en el mediano y largo plazo, y prioriza elementos relacionados con tecnologías disruptivas, recursos naturales y cambio climático (CEPAL, 2014).
5. Proyecciones de la administración de energía de los Estados Unidos, en su reporte Annual Energy Outlook, en el que se proyectan estimaciones para el consumo y producción de energía hacia el año 2050 (Energy Information Administration, 2019).
6. Reporte de perspectivas económicas de América Latina, en el que se compara el desempeño de la región con el de otras regiones, se identifican sus principales retos y se plantean recomendaciones con base en experiencias y mejores prácticas (OCDE, 2019).
7. Reporte de Megatendencias y sus aplicaciones, de Price Water House Coopers, proporciona un amplio panorama en términos de urbanización, crecimiento poblacional, tecnología y cambio climático. Además, advierte sobre la entrada de nuevos jugadores, tendencias y consideraciones para planear el futuro (PWC, 2015).
8. Megatendencias, de Deloitte, proporciona sensibilidad sobre las decisiones de largo plazo que se deben tomar actualmente para incidir en el futuro, buscando una mejora sostenida con el menor daño colateral hacia otros sistemas (Deloitte, 2017).

En adición, se consideró la información identificada durante la investigación del tema de hidrocarburos, delimitando las principales variables a emplear en el estudio (Shaping tomorrow, 2019).

4.1.2. Selección de Megatendencias

En esta fase, se definieron las Megatendencias que funcionarán como base del análisis.

Para ello se tomó como referencia el reporte de Megatendencias: Un Análisis del Estado Global (Del Carpio, Luna, Bobak, & Castrellón, 2016), a partir del cual –y del resto de la información consultada– se creó una lista de ocho Megatendencias, con las que los especialistas pretenden crear escenarios sobre el contexto global a mediados del siglo XXI.

Estas Megatendencias son: cambios demográficos, expansión de las clases medias y el consumo, escasez de los recursos, cambio climático, poder y gobernanza global, globalización económica, empoderamiento ciudadano, masificación del conocimiento y convergencia tecnológica. Asimismo, y a partir de la consulta de todos los estudios señalados en la sección anterior, se elaboró un diagnóstico y se construyó la siguiente matriz.

Megatendencia	E&Y	CEPLAN	CEPAL	BP	EIA	OCDE	PWC	Deloitte	Coincidencias
Cambios demográficos	x			x			x		3
Expansión de las clases medias		x						x	2
Seguridad energética	x	x	x	x		x			5
Cambio climático	x		x		x	x			4
Poder y gobernanza global		x						x	2
Globalización económica	x		x					x	3
Empoderamiento ciudadano	x		x			x			3

Masificación del conocimiento y convergencia tecnológica

x	x			x	x				4
---	---	--	--	---	---	--	--	--	---

Como se advierte, las Megatendencias que tienen mayor número de coincidencias se relacionan con el tema de recursos energéticos, debido, en parte, a la importancia que estos tienen para la dinámica social actual y a su condición de finitos.

Por otra parte, el conocimiento tecnológico también es un diferenciador en el largo plazo, ya que juega como catalizador para la mejora productiva y competitiva de las economías.

Por último, la Megatendencia de cambio climático merece especial atención e invita al equilibrio de las actividades industriales y su impacto en materia ambiental.

4.1.3. Construcción de “drivers” y variables

Una vez identificada la Megatendencia más recurrente, seguridad energética, ésta se toma como base para continuar con el desarrollo de la metodología e identificar “drivers” y variables que puedan tener una relación con la misma, buscando un soporte cuantitativo que incluya tendencias y proyecciones al año 2050.

Lo anterior se relaciona con el binomio innovación-cadena de valor de hidrocarburos, ya que los recursos de gas y petróleo, no renovables, se están perfilando como recursos de difícil obtención. No obstante, a pesar de que existen evidencias del agotamiento de algunas zonas de petróleo y gas natural, la introducción a yacimientos no convencionales podría contribuir a revertir su posible escasez, lo que representa una oportunidad para aquellos países que han desarrollado la tecnología adecuada y el conocimiento necesario para llevar a cabo la exploración y extracción en estas condiciones (Energy Information Administration, 2013).

A continuación, se presenta una matriz donde se define la información en la relación Megatendencia, “drivers”, variables y fuentes, junto con las principales proyecciones.

Cabe destacar que la mayoría de los indicadores se enfocan al caso mexicano, sin embargo, algunos reflejan proyecciones a nivel mundial.

Megatendencia	“Driver”	Variable	Fuente 1	Fuente 2	Fuente 3	Fuente 4
Seguridad Energética	Urbanización	Crecimiento poblacional	Conapo	E&Y	BP	PWC
		Nivel de urbanización	PWC	Deloitte	INEGI	
		Tasa de migración	INEGI	SEGOB	Conapo	
	Disponibilidad de recursos	Producción de hidrocarburos	EIA	CEPAL	CEPLAN	Deloitte
		Demanda de hidrocarburos	Deloitte	BP	E&Y	EIA
	Eficiencia energética	Emisiones de CO ₂	EIA	OCDE	E&Y	
	Innovación tecnológica	Gasto en I+D	Conacyt	SEGOB		
		Acervo de recursos humanos en ciencia y tecnología	UNAM	Conacyt		

A continuación, se describen las variables e indicadores seleccionados, y se presentan información cuantitativa de soporte a las estimaciones.

“Driver”: Urbanización

La urbanización se refiere a la concentración de un determinado grupo de individuos en una región específica dentro de una ciudad, caracterizada por un movimiento que pasa de una zona urbana a una zona desarrollada. Este indicador ha tenido un crecimiento sostenido y está ligado a la capacidad de inversión y crecimiento poblacional de cada país (ONU Habitat, 2016).

En paralelo, se define a la población urbana de un país como el número personas que habitan en una zona metropolitana. Para ser considerados dentro de la numeraria, estos deben cumplir ciertas características, por ejemplo, deben ser parte de una ciudad central, con asentamientos humanos unidos e interrelación con la ciudad central (Sobrinó, 2011).

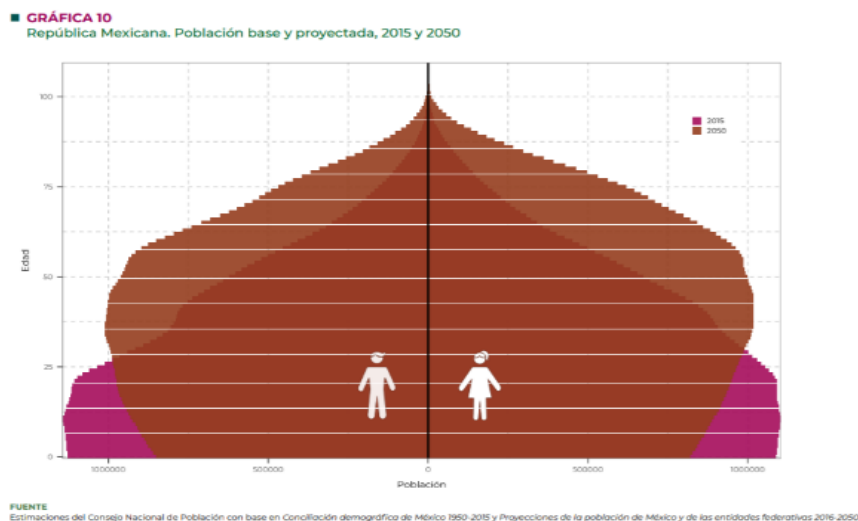
Continuando con la metodología, se describen las variables asociadas con el “driver” de urbanización, mismas que se soportan con las estimaciones identificadas en fuentes consultadas.

N. SL	Variable	Descripción de la variable
1	Crecimiento poblacional	Se refiere a la relación en que varía el número de habitantes en un periodo determinado.
2	Nivel de urbanización	Es el porcentaje de población que reside en áreas urbanas respecto a la población total.
3	Tasa de migración	Se define como la diferencia entre el número de inmigrantes y emigrantes en un área determinada durante un periodo concreto.

Variable: Crecimiento poblacional

En México se estima que la población mantenga una tendencia ascendente, producto del crecimiento de edad y de la incorporación de nuevas generaciones en los siguientes años. Así, se proyecta que para 2030 se alcance un total de 138 070 271 personas, mientras que para el año 2050 se estima que llegue 148 209 594 habitantes. (Consejo Nacional de Población, 2019).

Figura 10. Población base y proyectada en México para el año 2050

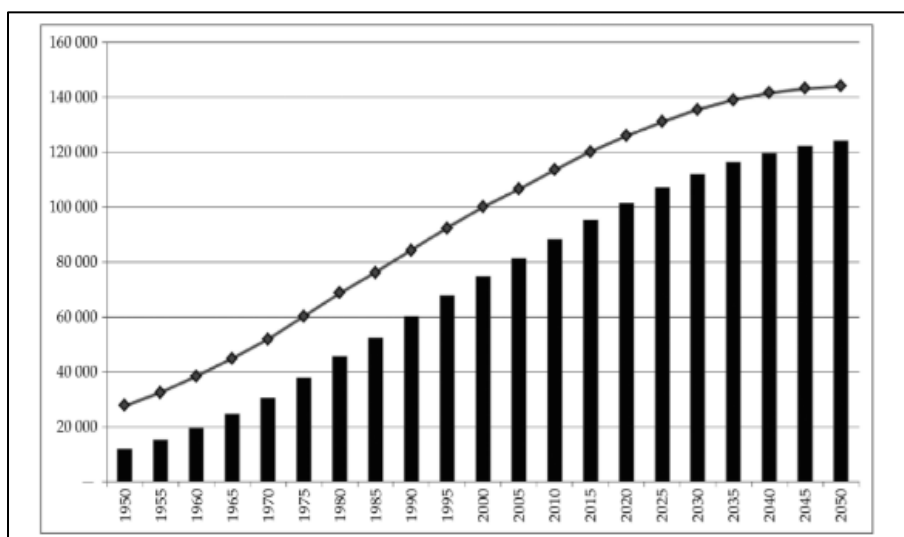


Fuente: (Consejo Nacional de Población, 2019).

Variable: Nivel de urbanización

Se estima que el nivel de urbanización continúe creciendo en países en vías de desarrollo, con base en las estimaciones de la División de Población de las Naciones Unidas. En el caso de México, se proyecta que para el año 2050 se alcanzará una población urbana de casi 124 millones (Martínez-Austria, 2013).

Figura 11. Población urbana en México para el año 2050

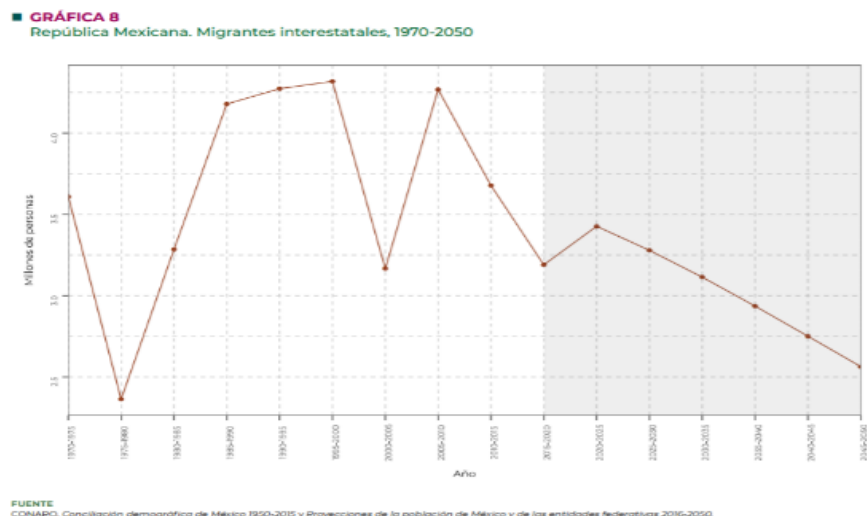


Fuente: (Consejo Nacional de Población, 2019).

Variable: Tasa de migración

Se refiere al movimiento de las personas que llegan a vivir a una zona urbana dentro de un mismo país. Los expertos advierten que el cálculo de esta variable es complejo, derivado de los diferentes elementos que se deben considerarse. En México, se estima una migración de 3.4 millones para el 2025 y de 2.6 millones para el año 2050 (Consejo Nacional de Población, 2019).

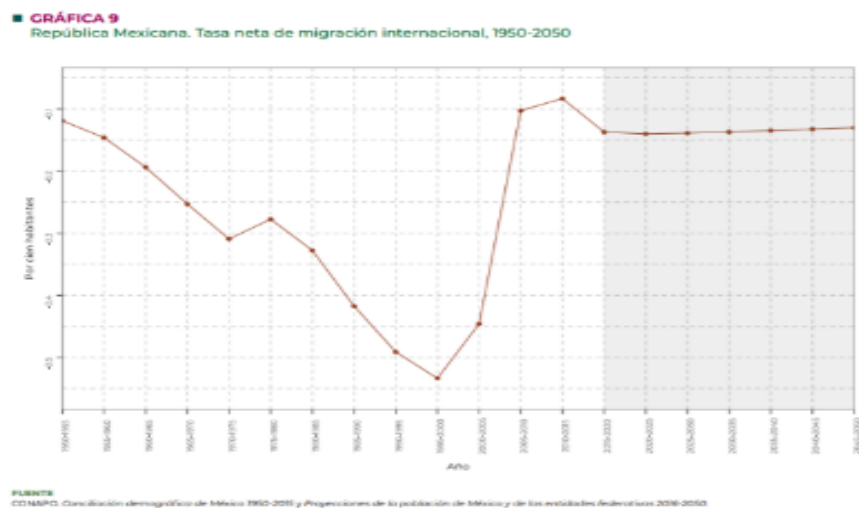
Figura 12. Tasa de migración interestatal en México al año 2050



Fuente: (Consejo Nacional de Población, 2019).

En adición, y en relación con la tasa de migración, se identificó la estimación de la repatriación de mexicanos y/o ciudadanos extranjeros que podrían migrar al país por situaciones laborales. Se estima que la migración internacional para el 2050 en México presente un saldo neto de 177 638 habitantes (Consejo Nacional de Población, 2019).

Figura 13. Tasa de migración internacional hacia México al año 2050



Fuente: (Consejo Nacional de Población, 2019).

“Driver”: Oferta y demanda de hidrocarburos

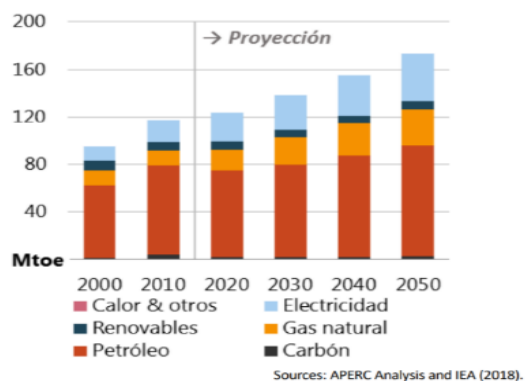
Este “driver” es fundamental dentro del estudio, ya que permite identificar las estimaciones de los expertos en relación con la demanda de energía estimada en 30 años, así como la capacidad que se proyecta tener para satisfacerlas, las cuales se identifican como dos variables con relación directa con la urbanización, ya que a mayor número de personas en zonas metropolitanas se estima una mayor demanda de energía (Comisión Nacional de Hidrocarburos, 2019).

N. SL	Variable	Descripción de la variable
1	Demanda por tipo combustible	Se refiere a las proyecciones de demanda de energía de acuerdo con el tipo de combustible
2	Producción por tipo de combustible	Se refiere a las proyecciones de producción de energía de acuerdo con el tipo de combustible

Variable: Demanda por tipo de combustible

Dentro del estudio presentado por el Centro de Investigación de Energía Asia-Pacífico, “Perspectivas energéticas de la región APEC”, se presentaron proyecciones sobre la producción y el consumo de energía al 2050 a nivel mundial, estimándose que se presente un crecimiento en la demanda y el consumo de energía, relacionado con el crecimiento poblacional (Juárez, 2019).

Figura 14. Demanda internacional por tipo de combustible para el año 2050.

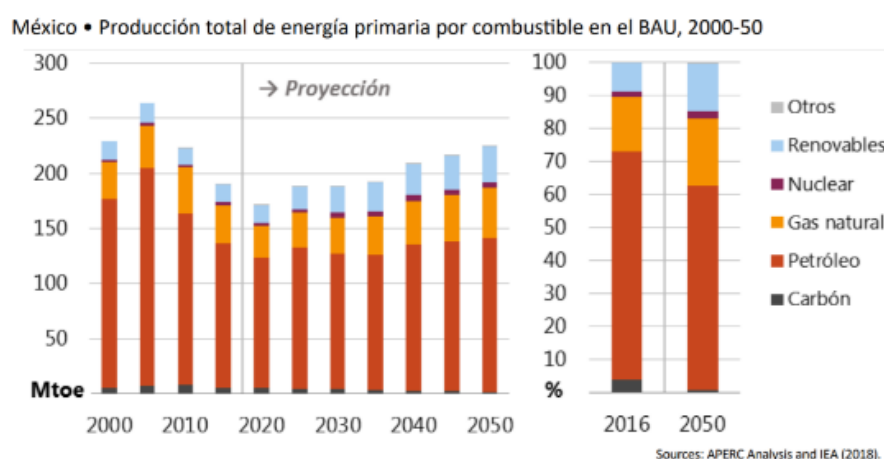


Fuente: (Energy Information Administration, 2013)

Variable: Producción por tipo de combustible

Se estima que la producción de petróleo y gas presente una caída en el corto plazo. No obstante, ésta comienza a recuperarse incidiendo en la recuperación de los hidrocarburos (Rivera, 2019).

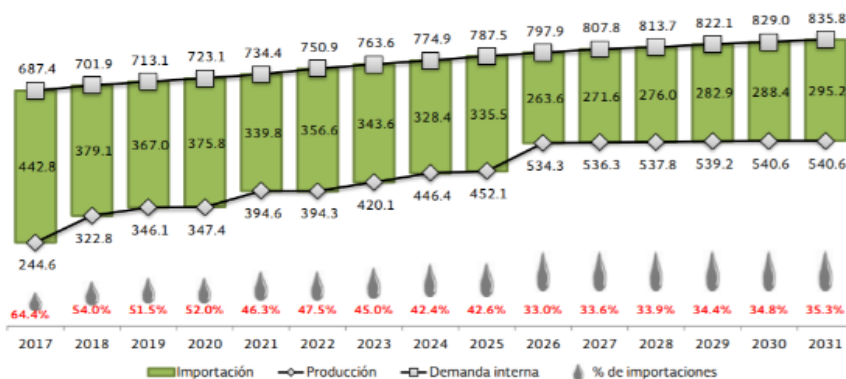
Figura 15. Producción total de energía primaria por tipo de combustible



Fuente: Tomado de (Energy Information Administration, 2013)

En México, se presenta una situación de interés en una prospectiva al año 2031, en donde se observa un comportamiento similar a las estimaciones de la Ebergy Information Administration. Así, se advierte que la gasolina –un producto derivado del petróleo– tiene una demanda creciente, superando a la producción y cubriendo esta brecha con una estrategia de importación. Ello se estima está relacionado con el crecimiento en el nivel de urbanización.

Figura 16. Producción, demanda e importación de gasolinas 2016 a 2031



Fuente: (Secretaría de Energía, 2016)

“Driver”: Eficiencia energética

Se refiere a la relación entre los resultados obtenidos y los recursos, en este caso energéticos, utilizados para su consecución. Se analiza a través del concepto de intensidad energética, que se calcula como el cociente entre el consumo energético de una economía y su PIB, es decir, muestra la cantidad de energía necesaria para producir una unidad de PIB en la economía (Martinez, 2012).

La eficiencia energética puede contribuir de forma decisiva a la mejora de la seguridad energética, la lucha contra el cambio climático y la mejora de la competitividad. Incluso, se considera por de algunos gobiernos como un importante dinamizador del desarrollo económico y el empleo (Energía y Sociedad, 2019).

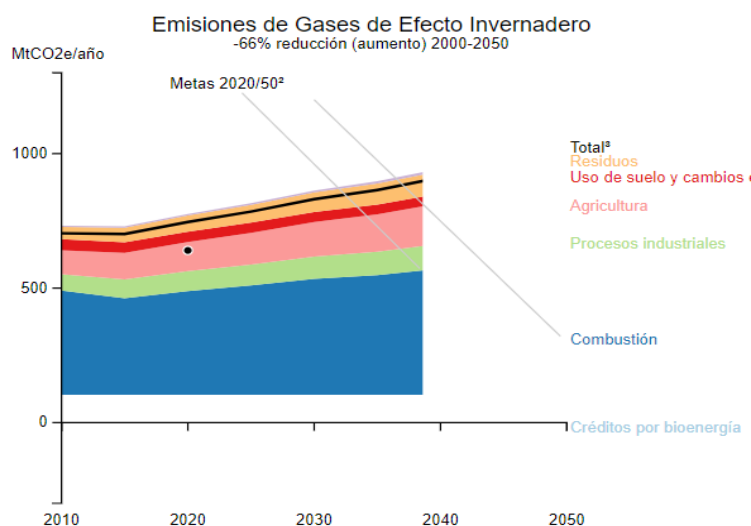
N. SL	Variable	Descripción de la variable
1	Emisiones de GEI	Se refiere a las emisiones de dióxido de carbono y otros gases que impactan al ambiente

Variable: Emisiones de Gas de Efecto Invernadero

Parte de los compromisos de México para combatir el cambio climático y preservar el ambiente es la reducción del 25% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para el año 2030. Dentro de las herramientas en apoyo a este fin se encuentra la

ley general de cambio climático, la estrategia nacional de cambio climático y un proceso continuo de desarrollo de normas y regulaciones (Secretaría de Energía, 2015).

Figura 17. Emisiones de gas invernadero en México al año 2050



Fuente: Secretaría de Energía (Secretaría de Energía, 2015)

“Driver”: Desarrollo tecnológico

La tecnología se ha posicionado en la mayor parte de la vida en sociedad, y dentro de instituciones públicas y privadas. En el caso de estas últimas, a través del soporte a sus procesos –administrativos, por ejemplo–. En este sentido, Pemex emplea la plataforma SAP, un software comercializado por una firma alemana, mismo que se ha implementado para soportar los procesos de exploración y producción, refinación, gas y petroquímica básica, e incluso, se ha empleado en el Instituto Mexicano del Petróleo (Gerencia de Soporte y Operación Financiera, 2006).

Por su parte, las Tecnologías de la Información se han convertido en un medio y/o mecanismo clave para el desarrollo económico de cualquier país, haciendo tangibles sus beneficios en términos de competitividad, productividad, crecimiento y, por ende, bienestar social.

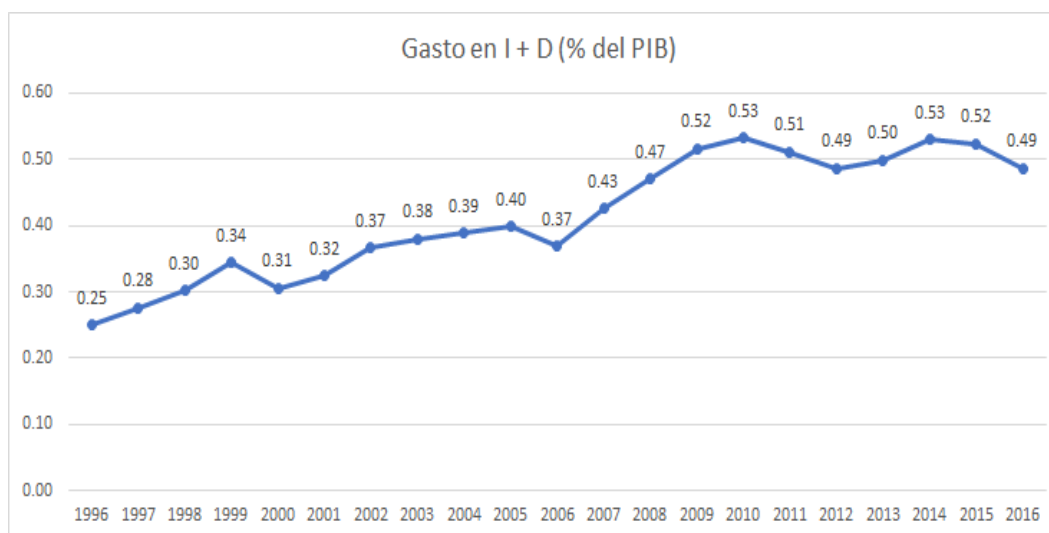
N. SL	Variable	Descripción de la variable
1	Gasto en I + D	Son gastos corrientes y de capital en trabajo creativo para incrementar el uso de los conocimientos para nuevas aplicaciones, abarca la investigación básica, la investigación aplicada y el desarrollo experimental.
2	Acervo de recursos humanos en ciencia y tecnología	Número de personas real o potencialmente dedicadas a la generación, avance, difusión y aplicación del conocimiento científico y técnico.

Variable: Gasto en I + D

Se refiere porcentaje del PIB que se destina a la investigación y desarrollo tecnológico. Actualmente, en México se dedica el 0.5% del PIB a I + D; no obstante, de acuerdo con la ley de ciencia y tecnología, en su artículo 9 BIS, se establece que el monto a dedicar a este rubro debe corresponder al 1% del PIB. Lo anterior deriva en una dependencia tecnológica que incide, positiva o negativamente, en el desarrollo económico y social del país (Ibero, 2017).

Ante las diversas problemáticas estructurales que enfrenta el país en materia de salud, pobreza e inseguridad, las cuales son prioridades presupuestales, se considera complicado que para el año 2050 el país pueda aportar el 1% del PIB para a I + D. Dado lo anterior, se estima que el porcentaje seguirá fluctuando dentro del 0.5% (Garduño, 2010).

Figura 18. Gasto en Investigación y Desarrollo en México



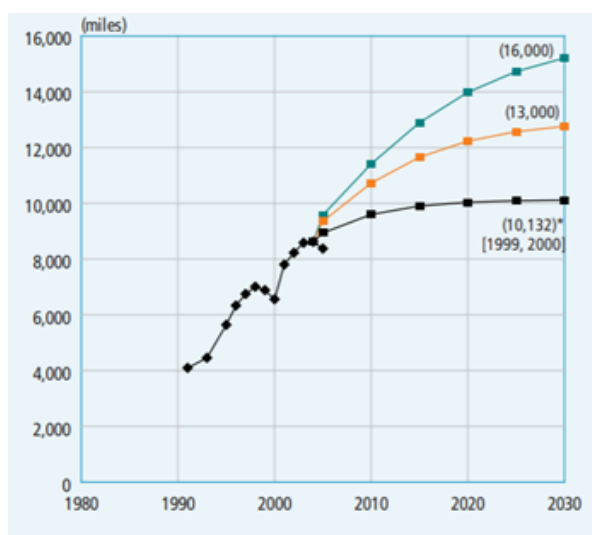
Fuente: Elaboración propia con información del Banco Mundial

Variable: Acervo de recursos humanos en ciencia y tecnología

En México, adicional a la consideración de los recursos económicos o financieros disponibles para el desarrollo de la ciencia y la tecnología, se identifica otro factor fundamental que condiciona fuertemente las capacidades en este sentido, el cual se refiere a la disponibilidad de recursos humanos suficientemente preparados para adaptar y adoptar los avances de la ciencia y la tecnología (OCDE, 1992).

En este sentido, el acervo nacional en ciencia y tecnología creció de manera significativa durante los últimos 15 años, lapso en que se duplicó, pasando de 4 millones de personas en 1991 a más de 8.6 millones en 2004, reduciéndose en 2005 a casi 8.4 millones. De continuar las tendencias históricas, este acervo podría llegar a una estimación entre 10 y 15 millones de personas en el año 2030

Figura 19. Acervo de recursos humanos en ciencia y tecnología al año 2030



Fuente: Tomado de (Concheiro, 2009).

A partir de los hallazgos derivados del empleo de esta metodología, surgen una serie de preguntas: ¿Qué advierten estas Megatendencias, “drivers” y variables?, ¿cómo se

deben interpretar esas proyecciones?, ¿qué relación tienen con el estudio sobre la innovación en la cadena de valor de hidrocarburo en México?

La respuesta a la primera pregunta es que se estima que todas las variables enlistadas influirán, en mayor o menor medida, en la seguridad energética de México. Es decir, en el abasto de los diferentes tipos de energía para satisfacer las demandas de los ciudadanos mexicanos.

En segundo lugar, se considera que son cuatro las variables que tendrán mayor influencia y sobre las cuales se deben focalizar los esfuerzos en términos de procesos, organización, coordinación e innovación, con el objetivo de incidir en el presente para moldear el futuro deseable. Éstas son:

1. Nivel de urbanización
2. Demanda de hidrocarburos
3. Producción de hidrocarburos
4. Gasto en I+D

En relación con cómo estas variables pueden influir en las acciones de la cadena de valor de hidrocarburos y cómo la innovación puede comenzar a influir en la generación de planes específicos, se tiene:

Un mayor nivel de urbanización representa que más personas migrarán del campo a la ciudad y esta nueva población requerirá servicios en su vida en sociedad; por citar algunos ejemplos cotidianos: energía eléctrica en su unidad habitacional; combustible para sus vehículos; transportación urbana para su movilidad; y servicios aéreos para desplazarse a lugares más distantes. Estos ejemplos se traducen en un incremento en la demanda de energía en sus diferentes tipos, y en un requerimiento particular para el sector hidrocarburos, ya que productos como la gasolina, el diesel y la turbosina serán demandados por el sector transporte para habilitar a sus unidades motoras o aéreas y proveer oferta a la ciudadanía.

Por lo tanto, se tendrá que extraer la cantidad de hidrocarburos suficientes para satisfacer la demanda, y transformarlos dentro de la cadena de valor para la entrega de los productos finales. No obstante, estas operaciones se traducen en el uso de máquinas, químicos y/o materiales diversos que contaminan el medio ambiente, por lo que es probable que los gases de efecto invernadero también se vean impactados.

Es aquí donde el gasto en investigación y desarrollo debe jugar un papel importante, pues debe asignarse de manera estratégica para generar innovación y, por ende, herramientas que, al aplicarse en la cadena de valor de hidrocarburos, permitan que los procesos se realicen con un menor costo, un menor esfuerzo y, sobre todo, un menor impacto al ambiente, mejorando la competitividad y productividad.

Por sí solas, las Megatendencias proporcionan un panorama general de lo que puede ocurrir y lo que debe considerarse con miras al futuro, por lo que, con el objetivo de soportar de forma consistente estos hallazgos, se desarrolla un análisis FODA que permita identificar las oportunidades y amenazas del IMP relacionadas con la falta de innovación en la cadena de valor de hidrocarburos.

4.3. Análisis FODA del sector hidrocarburos en México

Por definición, el análisis FODA consiste en realizar una evaluación de los factores fuertes y débiles que, en su conjunto, diagnostican la situación interna de una organización, así como su evaluación externa, es decir, las oportunidades y amenazas (Ponce, 2007).

En este estudio se identifican las principales áreas de oportunidad del IMP en su relación con Pemex, y se resaltan aquellas que tienen relación con el tema de innovación, investigación y/o desarrollo tecnológico, mismas que al compararlas con las variables de Megatendencias confirman la necesidad latente de diseñar e implementar políticas públicas y estrategias de desarrollo tecnológico para el largo plazo. Cabe señalar que ello no significa que se desechen las estrategias, capacidades técnicas y tecnológicas actuales disponibles (Pemex, 2010).

Figura 20. Análisis FODA del sector hidrocarburos en México

Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento de temas clave en exploración y producción de hidrocarburos • Infraestructura instalada que permite el incremento de capacidad productiva de manera rápida • Exclusividad para Exploración y Producción en todo el territorio nacional 	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso a nuevas fuentes de financiamiento para la investigación y escalamiento de tecnología • Mejores mecanismos de contratación en el marco de la reforma energética • Fondos públicos impulsando el desarrollo de tecnologías para la industria
Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Falta de estrategias para la colocación de productos y tecnología en el mercado • No hay suficiente penetración de tecnologías desarrolladas "in house" en el sector hidrocarburos • Las reservas petroleras y las capacidades de producción están decreciendo 	<ul style="list-style-type: none"> • Persistencia de recortes presupuestales • Mayor competencia en el mercado, derivada de nuevos prestadores de servicios tecnológicos en México • Volatilidad de precios de hidrocarburos que reduzcan los márgenes

Fuente: Elaboración propia con información de (Instituto Mexicano del Petróleo, 2016)

A continuación, se presenta una relación de la oportunidad-amenaza y las variables de la Megatendencias para reforzar la importancia de promover la innovación en la cadena de valor de hidrocarburos.

Oportunidad/Amenaza	Variable (Megatendencias)	Relación
Acceso a nuevas fuentes de financiamiento para la investigación y escalamiento de tecnología	Gasto en I+D	Conseguir nuevas fuentes de financiamiento permitirá incrementar el recurso destinado a investigación y desarrollo que hoy es menor al 1% del PIB, limitando la investigación y desarrollo en las necesidades críticas de Pemex.
Fondos públicos impulsando el desarrollo de tecnologías para la industria	Gasto en I+D	Al contar con más recursos, las oportunidades para generar innovación se incrementan, por lo que se pueden generar herramientas que ayuden en los segmentos de la cadena de valor, haciéndola más productiva y considerando el impacto ambiental.

Falta de estrategias para la colocación de productos y tecnología en el mercado	Acervo de recursos humanos en ciencia y tecnología Demanda de hidrocarburos	El contar con profesionales capacitados en investigación y desarrollo permite identificar las necesidades de producción de hidrocarburos, generar la tecnología que se traducen en productos y buscar un lugar de aplicación dentro del sector acorde a la demanda.
No hay suficiente penetración de tecnologías desarrolladas “in house” en el sector hidrocarburos	Acervo de recursos humanos en ciencia y tecnología Producción de hidrocarburos	Carencia de personal calificado para identificar las necesidades tecnológicas, y las que se proporcionan para la producción de hidrocarburos son más caras o no cubren todos los requerimientos, por lo que en lugar de utilizar la tecnología desarrollada “in house” se sigue comprando con las empresas de servicios.
Las reservas petroleras y las capacidades de producción están decreciendo	Demanda de hidrocarburos Producción de hidrocarburos Gasto en I+D	La sociedad va a continuar demandando hidrocarburos e inclusive esa demanda va a incrementar en los próximos 30 años derivado del alza en urbanización, al no tener a la innovación como un medio fundamental para ayudar a revertir la situación no se pueden generar herramientas que ayuden al segmento “upstream” para identificar nuevas reservas y con ellos garantizar la seguridad energética.

Así, se concluye que las variables y las oportunidades identificadas guardan una relación y se deben utilizar para iniciar con los esfuerzos para revertir la situación actual que enfrenta México en el sector hidrocarburos.

4.4. Análisis PEST

Como parte de las técnicas empleadas para el análisis prospectivo, también se aplicó un análisis PEST, el cual consiste en el análisis de algunos factores del entorno macro en donde se enfoque el caso de estudio de la innovación en el sector energético. Este análisis ha demostrado ser una herramienta útil para estudiar los factores de los que dependen el crecimiento o el declive de los mercados (Jaramillo, 2009).

En esta sección se exponen temas emergentes que pueden tener un impacto en el sector energético en México durante los siguientes años. De igual forma, se enlistan algunas innovaciones consideradas dentro del sector tecnológico para cubrir necesidades

durante los próximos 30 años, condición que permitirá enfocar los esfuerzos sobre los temas de mayor relevancia.

Entorno Político

- La reforma energética impulsada durante el llamado Pacto por México produjo un progreso notable en las diferentes áreas económicas, una de ellas fue el sector hidrocarburos, lo que posicionó a México a la vanguardia de los reformadores entre los países de la OCDE (OECD, 2018).
- La productividad tuvo un repunte en México gracias a la reforma estructural dentro del sector energético, promulgada en el año 2013, beneficiando al sector de los hidrocarburos, el sector financiero y de telecomunicaciones (Ruiz A., 2003).
- La apertura que se otorgó a participantes de la iniciativa privada, así como a actores extranjeros en el sector petrolero, permitió reducir la dependencia del presupuesto asignado a Pemex por parte del gobierno (OECD, 2017).
- En un esfuerzo por tratar de mejorar la competitividad de Pemex, se ha continuado apoyando por parte del gobierno, inyectando capital y absorbiendo algunos pasivos de pensiones (IMCO, 2013).

Entorno económico

- Factores como la baja en el precio del petróleo, el deficiente crecimiento del comercio mundial y el endurecimiento de la política monetaria en Estados Unidos, han impactado el desarrollo económico a nivel mundial (Gil & Chacón, 2008).
- En México, la inversión privada en el sector petrolero generará flujos que permitirán compensar parcialmente los recortes en las inversiones públicas relacionadas con el petróleo (OECD, 2017).
- En México, los ingresos y exportaciones relacionadas con el petróleo jugaron un papel fundamental en la balanza comercial, sin embargo, derivado del desplome de los precios del petróleo, los ingresos se vieron impactados (Ruiz A. , 2003).

- México obtuvo mayores ingresos por concepto de regalías de los 111 contratos petroleros asignados, lo que le significó un crecimiento del 69% en su estado de resultados (Luna, 2019).

Entorno social

- Hasta mediados de la década del 2000, las actividades relacionadas con el petróleo, incluidos los productos petroquímicos y los derivados del petróleo, representaban alrededor de 13% del PIB (IMCO, 2013).
- En México se estima que la demanda de combustibles mantenga una tendencia creciente en los próximos años, principalmente para abastecer al sector transporte (Pemex, 2013).
- Para que México logre salir del estancamiento económico en el que ha vivido los últimos 25 años y retome el camino del crecimiento económico con estabilidad y equidad social, se necesita planear un proyecto de largo plazo (Ruiz A., 2003).

Entorno Tecnológico

- En México, el efecto multiplicador del conocimiento para el sector de hidrocarburos está condicionado a la inversión que se le permite realizar a Pemex, debido a que es parte del presupuesto federal. Esta limitación resulta en el bajo nivel de innovación que tienen Pemex y el IMP (Secretaría de Energía, 2016).
- En 2011, el IMP contaba con apenas 22 patentes internacionales vigentes, 16 de ellas registradas en EUA, mientras que en ese mismo periodo Schlumberger generó 540 patentes (Pemex, 2013).
- El efecto multiplicador que podría tener el desarrollo de las cadenas productivas de hidrocarburos sobre el resto de la economía sería considerable, pero depende de la tecnología, la inversión en investigación y desarrollo para poder competir en un entorno globalizado (Comisión Nacional de Hidrocarburos, 2019).

Con los elementos de las variables de Megatendencias, las oportunidades y amenazas dentro del FODA y el análisis PEST se puede visualizar que se reconoce el área de oportunidad que se tiene en la cadena de valor de hidrocarburos por la falta de una estrategia de largo plazo en innovación. Asimismo, se identifican esfuerzos del gobierno federal para incentivar la innovación, no obstante, no han sido suficientes.

En suma, se percibe un rezago en la investigación y desarrollo en el país, ya que es más rápido y económico comprar tecnología a las empresas transnacionales que desarrollarla “in house”. Es imperativo tomar en cuenta la opinión de expertos respecto a lo que sucederá en 30 años en materia de urbanización, demanda y producción de hidrocarburos, sin dejar de lado el impacto ambiental, resultando de vital importancia la toma de decisiones en el corto plazo que permita desarrollar capacidades para los retos en materia de energía que se vislumbran en el largo plazo.

4.5. Escenarios de Peter Schwartz

Para el desarrollo de los escenarios, el primer paso fue el uso de las variables claves identificadas para analizar al sistema en su conjunto.

La siguiente tabla muestra el comportamiento de cada una de las variables en el diseño de los escenarios. Como se observa, las variables de crecimiento poblacional, nivel de urbanización y tasa de migración son constantes, pues como ya se vio en los análisis anteriores, la población continuará incrementando y, junto con ella, el nivel de urbanización, no obstante, la tasa de migración se reduce.

Así, el diseño de los escenarios está en función de las variables de “demanda y producción de hidrocarburos”, por lo que las variables que permitirán mover los posibles resultados será el “gasto en I+D” y el “acervo en ciencia y tecnología”, que permitan catapultar a la innovación como mecanismo transformacional del país.

Variable	Escenario	La noche triste	La pelea por el oro negro	Hacer por hacer	Al infinito y más allá
Crecimiento poblacional		+	+	+	+
Nivel de urbanización		+	+	+	+
Tasa de migración		-	-	-	-
Producción de hidrocarburos		-	+	-	+
Demanda de hidrocarburos		+	+	+	-
Emissiones de GEI		-	+	+	-
Gasto en I + D		-	-	+	+
Acervo de recursos humanos en ciencia y tecnología		-	-	+	+

Lógica de los escenarios

Los elementos para diseñar los escenarios son innovación tecnología y disponibilidad de recursos, a partir de los cuales los escenarios planteados son los siguientes:

1. “La noche triste”, donde se cuenta con disponibilidad de recursos energéticos, es decir, se tiene identificados yacimientos para la exploración y explotación, tanto de gas como petróleo, suficiente para cumplir con la demanda de la población urbana. No obstante, no se destinaron recursos o esfuerzos hacia la innovación, por lo que no existe tecnología que genere nuevas herramientas y/o procesos, y se continúa dependiendo tecnológicamente de las empresas de servicio. Además, se sigue importando petróleo y gasolina.
2. “Hacer por hacer”, en este escenario se presenta desarrollo tecnológico, pero sin una estrategia planeada o un modelo de innovación adecuado. Se consideró que con el solo hecho de asignar más recursos a la investigación y al desarrollo, los indicadores mejorarían, sin embargo, la tecnología desarrollada no es funcional para los procesos de la cadena de valor, debido en parte a la falta de comunicación entre el IMP y Pemex, por lo que se tiene que acudir a los tecnólogos para cubrir las necesidades, condición que provoca un déficit en la balanza comercial ante los altos costos de capital y operativos requeridos, e impacta la competitividad y productividad de los hidrocarburos en México.

3. “La guerra por el oro negro”, no se ha invertido en desarrollos tecnológicos, ni se identificaron nuevos yacimientos derivado de la falta de estrategia para encaminar la exploración. Se intentó continuar importando hidrocarburos, sin embargo, el presupuesto resultó insuficiente para comprar lo que la población demanda. Lo anterior se traduce en un entorno social donde los productos derivados de petróleo comienzan a faltar en los anaqueles de las empresas retailers y hay desabasto de gasolina, resultando en una crisis social.
4. “Al infinito y más allá”, al haber establecido un modelo de innovación adecuado, apalancado por políticas públicas para incentivar el desarrollo tecnológico en la cadena de valor de hidrocarburos, se llega a un escenario donde México tiene garantizado la disponibilidad de energía en el largo plazo, considerando la innovación como herramienta para soportar las estrategias de sustentabilidad.

Narrativa de los escenarios

Escenario 1: La noche triste

Este escenario se refiere a la continuación de las actuales prácticas, modelos y metodologías implementadas por parte del IMP y Pemex en torno a la innovación dentro de la cadena de valor de los hidrocarburos.

La población urbana continúa creciendo y, por ende, se estima que la demanda de energía incrementa proporcionalmente; además, hay carencia en la definición de un modelo de innovación adecuado para incentivar la investigación y el desarrollo; continúa una desalineación en los temas prioritarios en los que se requiere enfocar esfuerzos para el desarrollo de tecnología, es decir, no se están identificando las necesidades tecnológicas de Pemex para mejorar la cadena de valor de hidrocarburos; y se continúa con una estrategia de compra de tecnología con las empresas de servicio extranjeras, dejando de lado la oferta que pueden tener las empresas nacionales debido a la incógnita sobre el éxito probado de sus herramientas y al tiempo necesarios para desarrollarlas.

No se tienen los mecanismos definidos para aprovechar la transferencia tecnológica, limitando la generación de conocimiento sobre el funcionamiento de las herramientas tecnológicas adquiridas de las empresas de servicio; se carece de una visión a largo plazo sobre la estrategia de innovación a seguir y el tipo de combustible sobre los cuales enfocar los recursos; aunado a ello, se presenta una falta de inversión en el desarrollo tecnológico por parte de la iniciativa pública y privada, y la academia, por lo que se pone en riesgo la competitividad de México en el sector hidrocarburos.

En suma, se continúa con una desalineación por parte de los principales actores del sector hidrocarburos. En el caso específico, no hay una agenda común entre Pemex y el IMP, lo que resulta una falta de coordinación para la operación.

Al llegar al año 2050, se percibe un número significativo de debilidades en la cadena de valor: la falta de asignación de recursos para investigación y desarrollo tienen a toda la infraestructura de Pemex en una condición limitada, con equipos obsoletos que no permiten incrementar la productividad, reducir costos operativos o aumentar la capacidad productiva.

El ambiente social es negativo, la población realiza constantes protestas hacia el gobierno, exigiendo estabilizar la situación actual y mejorarla mediante la aplicación de políticas públicas y la asignación de recursos hacia el mantenimiento y rescate de la institución petrolera.

Escenario 2: Hacer por hacer

En este escenario el gobierno apuesta por la innovación y el desarrollo. Se hace una inversión por parte del gobierno federal, destinando un presupuesto considerable hacia el IMP para el desarrollo de nuevas tecnologías, mismo que se emplea para contratar investigadores expertos en el tema, quienes comienzan a generar conocimiento interno para desarrollar tecnología y mejorar procesos que ayuden a la optimización de la situación actual de la cadena de valor de hidrocarburos.

Sin embargo, se advierte una carencia de planeación, coordinación y organización para la puesta en marcha de la estrategia. Además, no se pensó en ajustar el modelo que se utiliza para el desarrollo de la innovación, ni se definieron objetivos claros en el largo plazo, por ejemplo, no se definieron las necesidades de Pemex para priorizar la focalización de recursos e investigaciones.

No se identificaron las necesidades tecnológicas de la paraestatal para la extracción y producción de hidrocarburos, para su transporte, refinación y distribución, por lo que los investigadores no tuvieron temas claros sobre los cuales desarrollar su estudios.

Como consecuencia, la inversión destinada a este esfuerzo no generó los beneficios esperados y, en consecuencia, no se cerró la brecha de innovación, ni se generó conocimiento especializado. Durante el año 2050, la capacidad para continuar extrayendo hidrocarburos se ve comprometida; hay confusión entre la iniciativa privada y el gobierno sobre el tipo de energía en la que se deben enfocar los esfuerzos; no se tiene claridad sobre el modelo de innovación a seguir; y se tiene una dependencia de las empresas tecnológicas extranjeras.

Ante esta situación, la iniciativa privada, el gobierno y las universidades e instituciones de investigación, intentan unirse. Como resultado de este esfuerzo, se comienzan a establecer las primeras bases, resultando tarde ya que el rezago tecnológico en comparación con otros países se incrementó considerablemente.

Dentro de las actividades industriales, el gobierno regula y controla la cantidad de hidrocarburos a extraer para cuidar las reservas de gas y petróleo; se continúa con la importación de hidrocarburos para cubrir la demanda; y los costos de adquisición de productos generados se han incrementado considerablemente, condición que ha provocado protestas en la población.

Se tiene a un gobierno sobre endeudado, lo que provocó el cierre de programas públicos del sector salud y del campo principalmente. Además, no se tiene la intención de enfocar

el presupuesto en desarrollar la tecnología y la situación es cada vez más desalentadora, ya que no hay un mecanismo que pueda garantizar la disponibilidad y sustentabilidad de hidrocarburos en México.

Escenario 3: La guerra por el oro negro

El IMP y Pemex enfrentan el escenario más pesimista, al cual se llega como producto de una serie de decisiones mal enfocadas y no planeadas de forma estratégica. Se exhibe una falta de políticas pública orientadas hacia la sostenibilidad de recursos energéticos, donde se dejó de lado la búsqueda de mejoras específicas para los procesos “upstream”, “midstream” y “downstream”, así como la definición de un posicionamiento del país hacia la generación de nuevas fuentes de energía.

El crecimiento poblacional continúa demandando productos que son generados con base en petróleo; no obstante, las reservas limitadas, la falta de inversión en innovación y la ausencia de nuevas energías, provocan una inestabilidad macroeconómica dentro del país, disminuyendo la oferta per cápita (actualmente se tiene que racionalizar el abasto por tipo de combustible para cada estado de la república mexicana).

Por otra parte, hubo una falta de interés del gobierno, así como de los organismos especializados, para establecer un modelo de innovación y sentar las bases para el desarrollo de capacidades en la cadena de valor de los hidrocarburos.

La constante racionalización de los hidrocarburos genera caos entre la sociedad, hay protestas masivas y marchas para quejarse por el desabasto de gasolina, pues la oferta de servicios de transporte se ha visto afectada por la falta de combustible, de manera tal que las personas tienen que esperar varias horas y hacer largas filas para usar el transporte público.

No dejan de presentarse constantes amotinamientos en contra del gobierno, a quien se le acusa de negligente por no haber previsto y planeado las acciones necesarias ante esta situación que es considerada una tragedia para el país.

Por otra parte, la escasez de gas, petróleo y energías limpias han traído como consecuencia que ciertas industrias se vean afectadas. A nivel macroeconómico, la imagen del país ha resultado afectada ante la caída drástica en temas de competitividad; las reservas están en sus límites y no hay una estrategia para comenzar a revertir esta situación.

Este escenario requiere el involucramiento de los actores principales del sector para que asuman políticas urgentes para mitigar la crisis presente. Se requiere tomar acciones inmediatas para garantizar el suministro de hidrocarburos.

Escenario 4: Al infinito y más allá

En el 2020 se estableció una mesa de trabajo para analizar el crecimiento poblacional, por lo que se estimó la tasa de urbanización y, con base en ella, se construyeron modelos econométricos para estimar la demanda de hidrocarburos a largo plazo.

En suma, organismos públicos, privados, académicos y sociales con actividad en la cadena de valor de hidrocarburos se dieron a la tarea de comparar a México con países y empresas que se encuentran en los primeros lugares a nivel mundial en materia de hidrocarburos, concluyendo la necesidad de adecuar ciertos factores en relación con el modelo de innovación, metodología, políticas públicas y estrategias de largo plazo.

Estos esfuerzos permitieron generar un plan general de desarrollo con políticas públicas de innovación enfocadas al sector hidrocarburos. Es decir, se comprendió la necesidad de coordinación y comunicación entre el IMP y Pemex.

Se identificaron las necesidades de Pemex en términos de tecnología para definir prioridades, ejercicio que se realizó para cada segmento de la cadena de valor de hidrocarburos. En paralelo, se identificaron las energías renovables que serían demandadas en el largo plazo, condición que permitió desarrollar a personal calificado en las áreas específicas requeridas.

Se aplica innovación de producto y de proceso, lo que deriva en el aumento de la cantidad de patentes, aunado a la generación de conocimiento por medio de la atracción y desarrollo de talento mexicano, y a la creación de una agenda integral entre los organismos enfocados en el sector hidrocarburos.

Estas decisiones permitieron situar a México en una condición favorable en términos de competitividad y productividad, logrando reducir los costos de operación y comenzando a generar ingresos derivados de las tecnologías desarrolladas, siendo relevante el asesoramiento a otros países en el rediseño del modelo de innovación para lograr revertir una situación similar a la que en su momento vivió el país.

La implementación de nuevas tecnologías a través del IMP demuestra la madurez que el organismo ha alcanzado, así como la buena comunicación con la petrolera mexicana para identificar las principales necesidades que apoyen a mejorar los procesos mediante la generación de herramientas “in house”.

Se percibe un ambiente social de calma. El gobierno, la iniciativa privada y los organismos especializados en hidrocarburos continúan apostando a las nuevas tecnologías para procurar la seguridad energético y sustentabilidad de recursos en el largo plazo.

Implicaciones y estrategias

A partir de la visualización de escenarios posibles y la identificación del futuro deseado, se presenta la siguiente recomendación estratégica.

Futuro deseado: Al infinito y más allá

Los hallazgos sobre la situación actual advierten sobre la existencia de áreas de oportunidad en la innovación aplicada al sector de hidrocarburos, las cuales podrían derivar en impactos en la competitividad, la productividad, la oferta energética requerida y el rezago en innovación en comparación con otros países. Lo anterior podría generar riesgos potenciales para el desarrollo económico, tecnológico y social del país. Para revertir esta situación y promover el futuro deseado, se proponen las siguientes líneas de acción:

- Implementación de un modelo de innovación: se propone el cambio de la gestión de procesos actualmente empleada, por un modelo de innovación. En este sentido, se propone el modelo “market pull”, el cual se estima permitirá considerar las necesidades del mercado como input para el enfoque de los esfuerzos de investigación y desarrollo.
- Coordinación interinstitucional: se debe promover un esquema de coordinación entre el IMP y Pemex, donde el primero sea proveedor de soluciones de innovación acordes con las necesidades del segundo, y se comparta una agenda conjunta que permita mejorar la comunicación y la sensibilidad a los requerimientos de desarrollo, manteniendo una alineación de los objetivos en el corto, mediano y largo plazo.
- Subcontratación de tecnólogos para las necesidades del día a día. No obstante, frente a los retos de mediano y largo plazo se propone el desarrollo de una base profesional especializada responsable de generar soluciones tecnológicas.
- Desarrollo de tecnología: para hacer frente al futuro, se necesitan desarrollar y adoptar nuevas tecnologías que permitan ayudar a hacer más eficientes los procesos en la cadena de hidrocarburos frente a los retos actuales. En este sentido, se proponen dos líneas de acción: 1) enfocar esfuerzos para mejorar los contratos con las empresas tecnológicas; y 2) asegurar la transferencia de conocimiento, condición que permitirá adquirir conocimiento y, mediante ingeniería inversa, identificar cómo se realizó.

- Generación de innovación en requerimientos tecnológicos donde las empresas competidoras de Pemex estén en la misma situación que la paraestatal; es decir, que no tengan avances tecnológicos, condición que permitirá iniciar a la par que los potenciales competidores.
- Inversión en innovación y desarrollo: se estima oportuna la asignación de recursos por parte del gobierno federal al IMP, con el propósito de que éste comience a invertir en el desarrollo de personal dedicado a la investigación. Se estima que con ello será posible el desarrollo de tecnología acorde a las necesidades identificadas en el sector. En adición, se estima oportuna la participación del sector privado, a quien el gobierno deberá generar incentivos para que aporte conocimiento y capacidades técnicas. Asimismo, se estima que el sector académico juega un papel fundamental en relación con la generación de conocimiento y de perfiles ad hoc a las necesidades de la industria.
- Articulación de esfuerzos: Es necesario involucrar a todos los actores relacionados en la oferta y demanda de hidrocarburos. Esto implica crear mecanismos que permitan al gobierno, a la iniciativa privada y a las universidades, trabajar en conjunto para generar herramientas tecnológicas. Esta sinergia permitirá alcanzar niveles óptimos de productividad y competitividad, sin poner en riesgo la calidad de los productos o servicios.
- Promoción de una cultura de innovación: Romper paradigmas y modelos mentales será fundamental para que los colaboradores que interactúan de manera sistemática en la cadena de valor de hidrocarburos desarrollen habilidades en las tecnologías y procesos vinculados al sector energético. Incluso, se estima oportuno hacer partícipe a la ciudadanía de esta iniciativa. En materia de difusión se estima conveniente la concientización del momento en el que las necesidades deben cumplirse y la forma en la que la implementación se pondrá en marcha, con el objetivo que sean asimiladas por la parte operativa de manera exitosa, sin retrasos y sin costos adicionales.

Conclusión

De acuerdo con la investigación y el análisis realizados en el presente estudio, la innovación ha sido un medio para el desarrollo económico de los países, así como un mecanismo para resolver problemas en los diferentes ramos de la industria. Un ejemplo claro en este sentido son países como Corea del Sur y Estados Unidos, pioneros en el desarrollo de tecnología y en la innovación.

Ante el rezago de innovación dentro del sector de hidrocarburos en México, producto de la reducción del presupuesto asignado a la investigación y el desarrollo, así como de la falta de coordinación entre el IMP y Pemex y la estrategia de compra de tecnología a empresas internacionales, se observa una brecha tecnológica que impacta la competitividad del país en el sector de hidrocarburos.

Ante ello, se considera necesario el rediseño del modelo de innovación; el enfoque de esfuerzos en la administración eficiente de los recursos humanos para convertirlos en especialistas en la materia; la creación de una agenda compartida entre los organismos responsables de gestionar el sector hidrocarburos; así como la participación incluyente del sector público, privado y académico.

Para alcanzar el futuro deseado, se requiere una buena planeación, así como el consenso entre los actores para la construcción conjunta de estrategias; además de definir de manera estratégica prioridades en la inversión, acordes a las necesidades del sector hidrocarburos.

El gobierno, las empresas, los organismos e instituciones especializadas en el sector, así como la propia sociedad, requieren romper paradigmas y generar nuevos esquemas mentales que permitan el desarrollo tecnológico en materia de hidrocarburos, alcanzando un nivel de madurez adecuado en el 2050.

Para la construcción del escenario deseado es vital la participación intersectorial de los actores señalados, principalmente de aquellos que tienen en sus manos la capacidad de tomar decisiones respecto a la definición de políticas públicas y/o estrategias de largo plazo, a fin de que no se llegue a un escenario pesimista.

Si bien es cierto que varios autores resaltan que no hay un método definido, sino que depende del contexto y del objetivo buscado, se considera esencial realizar ciertos pasos básicos orientados a la definición del punto de partida para la construcción del escenario deseado.

Lo único constante es el cambio, y las organizaciones que quieran sobrevivir a él, deben estar preparadas para afrontar los retos que esta condición implica.

Bibliografía

- Acha, V. (2000). *The Role of Technological Capabilities in Determining Performance: The Case of the Upstream Petroleum Industry*. Denmark: DRUID.
- Ángeles, S. (2001). *Intervención del estado en la industria petrolera*. Ciudad de México: Porrúa.
- Arraut, L. (2011). *Innovación Organizacional*. Madrid: Editorial Académica Española.
- Baena, G. (2015). *Planeación Prospectiva Estratégica. Teorías, metodologías y buenas prácticas en América Latina*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Barreto, J., & Petit, E. (2017). *Modelos explicativos del proceso de innovación tecnológica en las organizaciones*. Venezuela: Revista Venezolana de Gerencia.
- Bonilla, A. (4 de mayo de 2016). <http://cienciamx.com>. Obtenido de <http://cienciamx.com/index.php/sociedad/politica-cientifica/7079-conacyt-y-nsf-impulsaran-comercializacion-de-innovacion-tecnologica-publica>
- BP Energy Economics. (2018). *BP Energy Outlook*. BP Energy.
- Cámara de Diputados. (15 de noviembre de 2016). www.diputados.gob.mx. Obtenido de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LHidro_151116.pdf
- Castro, V. (2011). <https://www.eoi.es/>. Obtenido de http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:75422/componente75420.pdf
- CEPAL. (2014). *Las tendencias mundiales y el futuro de América Latina*. Santiago de Chile: Cepal.
- CEPLAN. (2019). *Megatendencias: un análisis del estado global*. Lima: Centro Nacional de Planeamiento Estratégico.
- CienciaMx. (16 de Julio de 2014). <http://www.cienciamx.com>. Obtenido de <http://www.cienciamx.com/index.php/ciencia/ambiente/168-mexico-tendra-mayores-temperaturas-en-2050-por-el-cambio-climatico>

- Comisión de Energía. (2016). *Presentación de las iniciativas de las Leyes Secundarias de la Reforma Constitucional en Materia Energética enviadas al Senado de la República por el Poder Ejecutivo Federal*. Ciudad de México: Senado de la República.
- Comisión Nacional de Hidrocarburos. (febrero de 2019). <https://www.gob.mx>. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/435679/20190207._CNH-_Reservas-2018._vf._V7.pdf
- Comisión Nacional de Hidrocarburos. (2019). *Reservas de hidrocarburos en México: Conceptos fundamentales*. Ciudad de México: Comisión Nacional de Hidrocarburos.
- Conacyt. (octubre de 2017). <http://www.siicyt.gob.mx>. Obtenido de <http://www.siicyt.gob.mx/index.php/normatividad/nacional/631-3-programa-especial-de-cienciatecnologia-e-innovacion-2014-2018/file>.
- Conacyt. (7 de octubre de 2019). <https://www.conacyt.gob.mx>. Obtenido de <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/desarrollo-tecnologico-e-innovacion>
- Conacyt. (2017). *Informe general del estado de la ciencia, tecnología e innovación*. Ciudad de México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Concheiro, A. (2009). *Futuros del sistema nacional de ciencia y Tecnología*. Ciudad de México: Foro Consultivo Científico y Tecnológico.
- Conde, C. (2011). *México y el cambio climático global*. Ciudad de México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Consejo Nacional de Población. (2019). *Proyecciones de la Población de México y de las Entidades 2016 - 2050*. Ciudad de México: Secretaría de Gobernación.
- Cortada, J., & Hargraves, T. (2000). *La era del trabajo en redes*. España: Oxford University Press.

- Da Silva, A. (12 de Abril de 2010). *lacomunidadpetrolera*. Obtenido de <https://www.lacomunidadpetrolera.com/2010/04/declinacion-energetica.html>
- Dantas, E., & Bell, M. (2011). *The Co-Evolution of Firm-Centered Knowledge Networks and Capabilities in Late Industrializing Countries: The Case of Petrobras in the Offshore Oil Innovation System in Brazil*. Brighton: World Development.
- Del Carpio, O., Luna, J., Bobak, A., & Castrellón, I. (2016). *Megatendencias: Un Análisis del Estado Global*. Lima: Centro Nacional de Planeamiento Estratégico del Perú - CEPLAN.
- Del Rey, J., & Laviña, J. (2008). *Criterios e indicadores de la excelencia en la innovación empresarial*. Madrid: EOI.
- Delgadillo, M., & Suárez, Á. (septiembre de 2015). <http://www.udape.gob.bo>. Obtenido de http://www.udape.gob.bo/portales_html/diagnosticos/diagnostico2015/TOMO%20I%20%20SECTOR%20HIDROCARBUROS.pdf
- Deloitte. (2017). <https://www2.deloitte.com>. Obtenido de <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/mx/Documents/energy-resources/Estudio-sector-hidrocarburos-2016.pdf>
- Deloitte. (2017). *The Megatrends of Tomorrow's World*. München: Deloitte Consulting.
- EAE Business School. (4 de octubre de 2014). *Las claves de la innovación de procesos*. Obtenido de retos-directivos.eae.es: <https://retos-directivos.eae.es/las-claves-de-la-innovacion-de-procesos/>
- Energía y Sociedad. (30 de Noviembre de 2019). <http://www.energiaysociedad.es/>. Obtenido de http://www.energiaysociedad.es/manenergia/1-1-que-es-la-eficiencia-energetica/#_ftn1
- Energy Information Administration. (2013). *Annual Energy Outlook 2013 with projections to 2040*. Washington: Energy Information Administration.

- Energy Information Administration. (2019). *Annual Energy Outlook 2019 with projections to 2050*. Washington: Office of Energy Analysis.
- Ernest & Young. (2018). *Megatendencias. Latinoamericanas: ¿Qué nos traerá el futuro? Más allá de la disrupción*. EY.
- Excelsior. (29 de diciembre de 2017). <https://www.excelsior.com.mx>. Obtenido de <https://www.excelsior.com.mx/nacional/2017/12/29/1210563>
- Fernández, A. (2013). *Innovación y gestión de nuevos productos*. Pirámide: Madrid.
- Fernández-Quijada, D. (2013). *La innovación tecnológica. Creación, difusión y adopción de las TIC*. Barcelona: UOC.
- Florencio, P. (2016). *Technology and Innovation in the Brazilian Oil Sector: Ticket to the Future or Passage to the Past?* Oxford: The Journal of World Energy Law & Business.
- Foro Consultivo. (26 de septiembre de 2012). <http://www.foroconsultivo.org.mx>. Obtenido de http://www.foroconsultivo.org.mx/documentos/agenda_nal_cti_extenso_260912.pdf
- Foro Consultivo. (febrero de 2018). [foroconsultivo.org.mx](http://www.foroconsultivo.org.mx). Obtenido de <http://www.foroconsultivo.org.mx/FCCyT/incytu/11.pdf>
- Foro Consultivo Científico y Tecnológico. (3 de agosto de 2018). <https://www.foroconsultivo.org.mx/>. Obtenido de <https://www.foroconsultivo.org.mx/FCCyT/publicaciones>: <https://www.foroconsultivo.org.mx> › Innovacion_social_Tomo_3_2018
- García, J. (2010). *Innovar en la era del Conocimiento*. La Coruña: Netbiblo.
- Garduño, R. (31 de Octubre de 2010). <https://www.jornada.com.mx/>. Obtenido de <https://www.jornada.com.mx/2010/10/31/sociedad/033n2soc>
- Gerencia de Soporte y Operación Financiera. (2006). *Visión General SAP*. Ciudad de México: Pemex.

- Gil, G., & Chacón, S. (2008). *LA CRISIS DEL PETRÓLEO EN MÉXICO*. Ciudad de México: Foro Consultivo Científico y Tecnológico.
- Gobierno de México. (16 de noviembre de 2016). <https://www.conacyt.gob.mx/>.
Obtenido de <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/sistema-nacional-de-investigadores>
- Gobierno de México. (14 de octubre de 2019). <https://www.gob.mx>. Obtenido de <https://www.gob.mx/imp/que-hacemos>
- Gobierno de la República. (12 de octubre de 2019). <https://www.gob.mx>. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/164370/Resumen_de_la_explicacion_de_la_Reforma_Energetica11_1_.pdf
- Godin, B. (2017). *Models of Innovation: The History of an Idea*. Massachusetts: The MIT Press.
- González-Aréchiga, B. (2007). *Hacia un desarrollo basado en el conocimiento*. Monterrey: Fondo Editorial de Nuevo León, EGAP Tecnológico de Monterrey.
- Grupo de desarrollo regional del Tecnológico de Monterrey. (2009). *Las megatendencias sociales actuales y su impacto en la identificación de oportunidades estratégicas de negocio*. Monterrey: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Guajardo , G., & Pech, C. (2015). *La empresa pública en México y en América Latina: entre el mercado y el Estado*. Ciudad de México: Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades.
- Herrscher, E. (2009). *Administración: Aprender y actuar*. Buenos Aires: Granica.
- Ibero. (28 de Noviembre de 2017). <https://ibero.mx/>. Obtenido de <https://ibero.mx/prensa/mexico-estancado-en-porcentaje-del-pib-que-destina-investigacion-y-desarrollo>
- IMCO. (2013). *Índice de Competitividad Internacional 2013*. Ciudad de México: Instituto Mexicano para la Competitividad.

Instituto Mexicano del Petróleo. (18 de enero de 2016). <https://www.gob.mx/imp>.

Obtenido de [akbal.imp.mx](https://www.gob.mx/imp) > gaceta > digital > utils > download

Instituto Mexicano del Petróleo. (10 de octubre de 2019). <https://www.gob.mx>. Obtenido

de <https://www.gob.mx/imp/articulos/fortalecen-imp-y-pemex-su-relacion-estrategica-mediante-contrato-abierto-de-productos-y-servicios?idiom=es>

International Business Intelligence. (2019). *Análisis comparado del gasto público en ciencia y tecnología: Lecciones para México*. Ciudad de México: Centro de Estudios de las Finanzas Pública de la Cámara de Diputados.

Jaramillo, E. (2009). *Análisis PEST*. Barcelona: Escuela de Alta Dirección y Administración.

Juárez, U. (19 de Julio de 2019). <https://www.energiaadebate.com>. Obtenido de

<https://www.energiaadebate.com/petroleo/presentan-perspectivas-energeticas-en-apec-al-2050/>

La Comisión Europea. (diciembre de 1995). <https://sid.usal.es/>. Obtenido de

<https://sid.usal.es/idocs/F8/FDO11925/libroverde.pdf>

López, A. (29 de diciembre de 2011). <https://www.reforma.com>. Obtenido de

<https://www.reforma.com/aplicacioneslibre/articulo/default.aspx?id=40783&md5=71173458c8aa4dcbcd0ed0dba8a3cead&ta=0dfdbac11765226904c16cb9ad1b2efe>

López, N., Montes, J., & Vázquez, C. (2007). *Cómo gestionar la innovación en las pymes*. La Coruña: Netbiblo.

Luna, B. (14 de agosto de 2019). <https://www.razon.com.mx>. Obtenido de

<https://www.razon.com.mx/negocios/mexico-recibe-69-mas-regalias-petroleras-en-el-primer-semester/>

Maleki, A., & Rosiello, A. (2014). *The dynamic effects of knowledge base complexity on Schumpeterian patterns of innovation: A case study of the upstream petroleum industry*. Copenhagen: CBS.

- Maravert, M., & Molina, J. (19 de agosto de 2016). <https://www.uv.mx>. Obtenido de <https://www.uv.mx/iiesca/files/2016/11/11CA201601.pdf>
- Martínez, L. (2006). *Gestión Del Cambio Y la Innovación en la Empresa*. Vigo: Ideaspropias.
- Martínez-Austria, P. (2013). Los retos de la seguridad hídrica. *TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DEL AGUA*, 17.
- Martínez, E. (2017). *La Investigación y la Innovación en la Industria del Petróleo: Retos, Oportunidades y Prospectivas*. Ciudad de México: PetroQuiMex.
- Martinez, L. (2012). *Manual de eficiencia energética*. AES: El Salvador.
- Martínez-Romero, J. (2017). *INNOVATION AS AN IMPERATIVE FOR THE MEXICAN OIL INDUSTRY POST ENERGY REFORM*. Kansas : Baker Institute for Public Policy .
- McGrath, M. (25 de septiembre de 2019). <https://www.bbc.com>. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-49827266>
- Merchand, M. (2015). Estado y reforma energética en México. *Revista Problemas del Desarrollo*, 22.
- Ministerio de energia de Arabia Saudita. (2000). *Plan de desarrollo de Arabia Saudita*. Arabia Saudita: Ministerio de energia de Arabia Saudita.
- Ministerio de energia de Arabia Saudita. (1970). *Plan de Desarrollo de Arabia Saudita*. Arabia Saudita: Ministerio de energia de Arabia Saudita.
- Ministerio de energia de Arabia Saudita. (1976). *Plan de desarrollo de Arabia Saudita*. Arabia Saudita: Ministerio de energia de Arabia Saudita.
- Ministerio de energia de Arabia Saudita. (2005). *Plan de desarrollo de Arabia Saudita*. Arabia Saudita: Ministerio de energia de Arabia Saudita.
- Ministerio de energia de Arabia Saudita. (2010). *Plan de desarrollo 2010*. Arabia Saudita: Ministerio de energia de Arabia Saudita.

- Ministry of foreign affairs. (2017). *SAUDI ARABIA: POLITICAL, ECONOMIC & SOCIAL DEVELOPMENT*. Saudi Arabia: Ministry of foreign affairs.
- Moralejo, S. (8 de septiembre de 2006). <http://adingor.es>. Obtenido de http://adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2006/innovacion_emprender/000021_final.pdf
- Muñoz, J. (2010). <http://ri.iberomex.mx>. Ciudad de México: Universidad Iberoamericana.
- Munuera, J., & Rodríguez, A. (2007). *Estrategias de marketing. Un enfoque basado en el proceso de dirección*. Madrid: ESIC.
- Núñez, A., Molina, A., Tejeda, E., & Güemes, D. (2009). *Metodología del análisis de megatendencias para la identificación de oportunidades estratégicas de negocio*. Monterrey: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Obtenido de https://portaldoc.itesm.mx/pls/portaldoc/docs/PORA3_1_20012012101341.pdf
- Observatorio Mexicano de Innovación. (2017). *Informe técnico del OMI: Estado de la innovación en México*. Ciudad de México: Comité Intersectorial de Innovación.
- OCDE. (1996). <http://www.oecd.org>. Obtenido de [oecd.org/officialdocuments: http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=OCDE/GD%2896%29102&docLanguage=En](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=OCDE/GD%2896%29102&docLanguage=En)
- OCDE. (2019). *Perspectivas económicas de América Latina 2019: Desarrollo en transición*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2005). *Manual de Oslo*. Madrid: Consejería de Educación Comunidad de Madrid.
- OECD. (2005). www.madrid.org. Obtenido de www.madrid.org > bvirtual > BVCM001708
- OECD. (2017). *Estudios Económicos de la OCDE México*. Ciudad de México: OECD Economic Surveys.
- OECD. (8 de diciembre de 2018). <http://www.oecd.org>. París, Francia. Obtenido de [oecd.org/publications](http://www.oecd.org/publications).

- OECD. (2016). *OECD Factbook 2015-2016: Economic, Environmental and Social Statistics*. Paris: OECD Publishing.
- OCDE. (1992). *Manual de Canberra*. Australia: OCDE.
- ONU Habitat. (2016). *Reporte de ciudades del mundo*. Nairobi: ONU.
- Ordoñez, R. (2010). *Cambio, creatividad e innovación: Desafíos y respuestas*. Buenos Aires: Granica.
- Organización de las Naciones Unidas. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Nueva York: Organización de las Naciones Unidas.
- Ortiz, V. (17 de Julio de 2018). <https://www.amedirh.com.mx>. Obtenido de <https://www.amedirh.com.mx/blogrh/sector-energetico-en-rh/gestion-de-la-innovacion-en-el-instituto-mexicano-del-petroleo/>
- Padilla, J., & Wood, D. (2018). *El nuevo modelo mexicano de hidrocarburos*. Washington: Wilson Center.
- Parada, E. (2012). La innovación como eslabón perdido en el desarrollo industrial. *Academia Mexicana de ingeniería*, 27.
- Pemex. (1 de junio de 2010). <http://www.gmec-ee.com>. Obtenido de <http://www.gmec-ee.com/wp-content/uploads/2013/08/Pemex-plan-de-negocios-2010-2024.pdf>
- Pemex. (12 de noviembre de 2013). <https://www.pemex.com>. Obtenido de https://www.pemex.com/acerca/gobierno-corporativo/Documents/pet_2013-2027_121113.pdf
- Pemex. (mayo de 2014). <https://www.pemex.com>. Obtenido de https://www.pemex.com/ri/herramientas/Presentaciones%20Archivos/201405_p_inv_e_140515_sa.pdf
- Perrons, R. (2014). How Innovation and R&D happen in the upstream Oil & Gas Industry: Insights from a Global Survey. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 49.

- Ponce, H. (enero de 2007). <https://www.redalyc.org>. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/292/29212108.pdf>
- PWC. (2015). *Cinco Megatendencias y sus posibles implicaciones*. Colombia: PricewaterhouseCoopers International Limited.
- Pulso Energético. (25 de junio de 2019). <https://pulsoenergetico.org>. Obtenido de <https://pulsoenergetico.org/los-retos-tecnologicos-de-la-industria-petrolera-zoloxochitl-aquino/>
- RAE. (18 de octubre de 2019). <https://dle.rae.es>. Obtenido de <https://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=tendencia>
- Rivera, D. (18 de Julio de 2019). <https://centrogilbertobosques.senado.gob.mx>. Obtenido de https://centrogilbertobosques.senado.gob.mx/docs/Diego_Rivera_Rivota.pdf
- Roel, V. (1998). *La tercera revolución industrial y la era del conocimiento*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Romo, D. (2015). *La situación de Pemex ante el contexto de la apertura de la industria petrolera en México*. Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Romo, D., & Ortíz, A. (24 de abril de 2018). Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/3635/363557971008/html/index.html>
- Ruiz, A. (2003). *Tendencias recientes del mercado internacional del petróleo*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Ruiz, J. (13 de noviembre de 2003). *Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias*. Obtenido de <https://www.gob.mx/ineel>: <https://www.ineel.mx/boletin032003/aplica.pdf>
- Sánchez, M. (2008). *El proceso innovador y tecnológico: estrategias y apoyo público*. La coruña: Netbiblo.
- Scarone, C. (abril de 2005). <https://www.uoc.edu>. Obtenido de <https://www.uoc.edu/in3/dt/esp/scarone0405.pdf>

- Secretaría de Energía. (23 de septiembre de 2015).
<http://www.calculadoramexico2050.org/>. Obtenido de
<http://www.calculadoramexico2050.org>
- Secretaría de Energía. (27 de enero de 2016). <https://www.gob.mx>. Obtenido de
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/54340/Prospectiva_de_Talento_Volumen_1_27_01_16.compressed.pdf
- Shaping tomorrow. (27 de octubre de 2019). <https://www.shapingtomorrow.com>.
Obtenido de
<https://www.shapingtomorrow.com/drivingforces?mitsu=technology+in+the+oil+and+gas+industry&itemtypeid=9>
- Silva, A., & Mata, M. (2005). *La llamada Revolución Industrial*. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello.
- Sobrino, J. (2011). *La urbanización en el México contemporáneo*. Santiago: CEPAL.
- Solís, A. (28 de noviembre de 2018). <https://www.forbes.com.mx>. Obtenido de
<https://www.forbes.com.mx/pena-nieto-incumple-promesa-de-inversion-en-ciencia-tecnologia-e-innovacion/>
- Sousa, B., & Ferreira, D. (2012). La innovación de los procesos: Diferenciación en los servicios turísticos. *Estudios y perspectivas en Turismo*, 15.
- Suárez, J. (agosto de 2008). <http://diputadosprd.org.mx>. Obtenido de
http://diputadosprd.org.mx/libros/lx/petroleo_cultura_2008.pdf
- The Arabian Sun. (2011). *Energy to the world: The story of Saudi Aramco Volume 2*. Saudi Arabia: Saudi Aramco.
- The Arabian Sun. (2014). *2014 Annual Review*. Saudi Arabia: Saudi Aramco.
- The Global Economy. (26 de noviembre de 2019). theglobaleconomy.com. Obtenido de
https://es.theglobaleconomy.com/rankings/Research_and_development/
- Tubella, I., & Gros, B. (2010). *Volver del revés la universidad: Acciones para el futuro próximo*. Barcelona: UOC.

- Tubella, I., & Vilaseca, J. (2005). *Sociedad del conocimiento*. Barcelona: UOC.
- Turriago, Á. (2014). *Innovación y cambio tecnológico en la sociedad del conocimiento*. Bogotá: Ecoe.
- UNAM. (14 de octubre de 2019). <http://www.nobiu.unam.mx>. Obtenido de http://www.nobiu.unam.mx/?page_id=691
- UNAM. (13 de octubre de 2019). <https://archivos.juridicas.unam.mx>. Obtenido de <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/6/2729/5.pdf>
- Vargas, R. (2015). *Reforma energética. De servicio público a modelo de negocios*. Ciudad de México: Centro de Investigaciones de América del Norte.
- Velasco, E., Zamanillo, I., & Gurutze, M. (2007). *Evolución De Los Modelos Sobre El Proceso De Innovación*. Barcelona: DialNet.
- Velázquez, G., & Salgado, J. (2016). *Innovación tecnológica: un análisis del crecimiento económico en México (2002-2012: proyección a 2018)*. Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Wilson Center. (2018). *La nueva reforma energética de México*. Washington: Duncan Wood.