



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Elementos Clave para una  
Estrategia de Crecimiento de  
la Industria Petroquímica  
Mexicana**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de

**Ingeniero Petrolero**

**P R E S E N T A**

Edgar Rodríguez González

**ASESORA DE INFORME**

Dra. Ana Paulina Gómora Figueroa



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2024

## AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por permitirme llegar hasta aquí a pesar de todos los tropiezos.

A mi madre Leticia González, gracias por todo tu amor, tu esfuerzo, dedicación y cariño que me diste durante todos estos años, en donde a pesar de todas las circunstancias siempre estuviste ahí, trabajando, escuchándome, apoyándome, alentándome y esforzándote. He de decirte que eres la mejor mamá del mundo, gracias a ti he cumplido una meta más en mi vida, te admiro, te quiero tanto que te dedico este gran logro.

A mi padre Oscar Rodríguez, gracias por estar en mi vida, gracias por regresar, durante estos últimos meses me di cuenta del gran impacto que tuviste en mi vida y el gran papá que eres, las pláticas contigo siempre fueron y son muy diferentes, y eso fue lo que marcó la diferencia, henos aquí. Te quiero mucho papá.

A mi hermano Rogelio, aunque no lo creas, tu fuiste mi inspiración, me esforcé en construir un camino que te sirva como ejemplo y guía, omitiendo varias cosas, pero de algo si puedes estar seguro, siempre estaré ahí para ti. Te quiero con todo mi ser.

A él, gracias por todo el apoyo que me diste estos últimos meses, es algo que no puedo describir con palabras, sin embargo, lo que puedo hacer es esforzarme lo suficiente para poder agradecerte y si Dios quiere, poderte ayudar como tú lo hiciste conmigo, muy en el fondo de mi corazón sé que el niño que conocí en la facultad sigue ahí.

Infinitas gracias a mi asesora la Dra. Ana Paulina Gómora Figueroa, por su tiempo y dedicación a mi informe que realice, por todo su compromiso, paciencia y apoyo brindado para que esto sea posible, sin ella esto no hubiese sido posible. Mas profesores como usted.

A mi amigo el Ing. Daniel Salvador López Valencia, muchas gracias por permitirme estar contigo en la SENER, pero sobre todo gracias por apoyarme cuando más lo necesitaba, más que un jefe encontré un amigo. Nam-myoho-renge-kyo.

A la MI Berenice Annel Martínez Cabañas gracias por todo su tiempo, apoyo y dedicación brindado durante todos los tramites de mi S.S. y Prácticas Profesionales, así como durante este proceso de titulación, gracias por sus recomendaciones y su tiempo.

A ti, que fuiste parte hermosa de mi vida, si se puede, si se pudo y tú puedes.

A la UNAM, por brindarme lo necesario para lograr todos mis sueños.... Por mi raza hablará el espíritu.

<< Cuando una persona realmente desea algo, el universo entero conspira para ayudarlo a conseguirlo. >>

<< Gracias, sí que te esforzaste y te quiero son las 3 expresiones que más demuestran amor. >>

## RESUMEN

El presente informe de actividades aborda una propuesta de elementos técnicos, logísticos y económicos para una estrategia de desarrollo de la industria petroquímica en México. Se propone la integración del sector del gas natural con la industria petroquímica, aprovechando los recursos nacionales de gas para fortalecer tanto la independencia energética como la competitividad en la producción de productos petroquímicos. Este enfoque busca impulsar el crecimiento económico y diversificar ambas industrias. El análisis considera los complejos petroquímicos de Cangrejera y Cosoleacaque, no solo por su proximidad, sino también por su relevancia histórica en la producción de productos petroquímicos clave que actualmente son mayormente importados. Asimismo, se toma en cuenta el complejo de San Martín Texmelucan por ser el único productor de metanol en el país.

Inicialmente se explora la trayectoria histórica que ha seguido la industria petrolera y petroquímica en el país, desde 1958 hasta el año 2023.

Posteriormente se presenta una revisión a la literatura de los modelos de desarrollo energético de China y Arabia Saudita, donde dichos modelos podrían adaptarse para aprovechar mejor los recursos naturales de México y contribuir a reducir la brecha en el desarrollo de la industria petroquímica nacional.

Después se analiza la infraestructura industrial mexicana en la rama del gas natural y petroquímica, centrándose en la producción y la importación de productos petroquímicos clave como el amoníaco, el etileno y el metanol, que son productos esenciales a nivel nacional y mundial.

Adicionalmente se abordan varios proyectos tecnológicos necesarios para el desarrollo de la industria petroquímica en México, así como varios proyectos que están siendo realizados y que se deben de considerar para el crecimiento en la industria petroquímica del país.

Finalmente, se presenta una serie de propuestas técnicas y logísticas orientadas a impulsar el crecimiento de la industria petroquímica en México, además de incluir otros elementos que generen sinergia con esta iniciativa.

## **INFORME DE ACTIVIDADES**

Durante mis prácticas profesionales en la Secretaría de Energía, en la Dirección General de Planeación e Información Energética, desarrollé este informe como resultado clave de mi estancia, que comenzó con mi servicio social en marzo de 2023 y concluyó en abril de 2024. Este trabajo es fruto del esfuerzo conjunto de mi asesor, el Ing. Daniel Salvador López Valencia, su jefe directo el Lic. Manuel Felipe Soto Téllez, mi compañero Oscar Zetina y mío, con la motivación de diseñar una propuesta de elementos técnicos, logísticos y económicos que permitan aprovechar los abundantes recursos de gas natural de México. El objetivo es disminuir la dependencia de las importaciones de gas natural, considerando que el país posee importantes reservas probadas de este recurso, y también reducir las importaciones de productos petroquímicos, debido a que México, en su momento, fue uno de los principales exportadores de petroquímicos a nivel mundial, siendo un referente en este sector.

El contexto que motivó esta propuesta fue la crisis energética ocurrida en febrero de 2021, cuando Estados Unidos interrumpió el suministro de gas hacia México, lo que provocó que la Comisión Federal de Electricidad (CFE) enfrentara un sobrecosto de 65 mil millones de pesos y que se implementaran cortes rotativos en el norte del país. Para este análisis se tomó en cuenta a los complejos petroquímicos Cangrejera, Cosoleacaque por la cercanía entre ellos, la gran relevancia que tuvieron en la historia de producción de determinados productos petroquímicos, y porque son los productores petroquímicos que más se importan. También se consideró el complejo petroquímico San Martín Texmelucan debido a ser el único productor de metanol en México.

Es esencial reflexionar sobre cómo México puede reducir su dependencia de las importaciones de gas provenientes de Estados Unidos. Si bien desarrollar proyectos nacionales podría implicar un costo inicial mayor que la importación de gas a un precio más bajo, el beneficio social que generaría a largo plazo sería mucho más significativo para el país. En este sentido, un proyecto nacional podría implicar costos más elevados, pero su impacto va más allá del ámbito económico: fomentaría la autosuficiencia energética, la generación de empleo, la reactivación de la industria nacional y mayor estabilidad en los precios internos. De esta manera, aunque pueda parecer más costoso en términos financieros

a corto plazo, los beneficios sociales y energéticos serían mucho más amplios y sostenibles para la población mexicana, contribuyendo al bienestar del país a largo plazo.

## INDICE

RESUMEN.....	4
INFORME DE ACTIVIDADES.....	5
INTRODUCCIÓN .....	9
OBJETIVO.....	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
1. EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA EN MÉXICO. ....	11
1.1 Camino al estado actual de la petroquímica en México.....	11
1.2 Principales acciones políticas y económicas que han dificultado el desarrollo de la petroquímica en México.....	12
2. MODELOS DE DESARROLLO ENERGÉTICO DE CHINA Y ARABIA SAUDITA .....	15
2.1 Desarrollo energético de China.....	15
2.2 Desarrollo energético de Arabia Saudita.....	17
3. ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA INDUSTRIAL MEXICANA EN LA RAMA DEL GAS NATURAL Y LA PETROQUÍMICA PARA EL DESARROLLO PETROQUÍMICO EN MÉXICO.....	20
3.1 Infraestructura del gas natural en México.....	20
3.2 Exploración de gas natural.....	21
3.3 Extracción / Producción de gas natural.....	21
3.4 Procesamiento del gas natural.....	23
3.5 Almacenamiento, transporte y distribución del gas natural .....	24
3.5.1 Transporte del gas natural en México.....	26
3.5.2 Almacenamiento de gas natural en México.....	27
3.5.3 Importación y exportación de gas natural.....	29
3.6 Petroquímica.....	33
3.6.1 Petroquímica básica.....	33
3.6.2 Complejos petroquímicos.....	35
3.6.3 Situación de la industria petroquímica en México.....	35
3.6.4 Áreas de oportunidad en la industria petroquímica de México.....	38
4. AMONIACO.....	42
4.1 Producción de amoníaco en México.....	42
5. ETILENO.....	45
5.1 Producción de etileno en México.....	45
5.2 Cangrejera como productor de etileno.....	46
5.3 Valor de la producción e importación del etileno en México.....	47

6. METANOL .....	52
7. PROYECTOS TECNOLÓGICOS PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA EN MÉXICO.....	56
7.1 Proyectos tecnológicos en la rama del gas natural .....	56
7.2 Proyectos tecnológicos en la rama de la petroquímica.....	58
7.3 Propuesta de infraestructura para encaminar la petroquímica en México.....	60
7.3.1 Complejo petroquímico Altamira, Tamaulipas .....	60
7.3.2 Complejo petroquímico Topolobampo, Sinaloa .....	61
8. PROYECTOS VISUALIZADOS EN LA REGIÓN DE ALTAMIRA, TAMAULIPAS.....	63
8.1 Instalación de dos plantas de fertilizantes, una en el norte y otra en el sur de Tamaulipas ....	63
8.2 Aprobación del proyecto de almacenamiento de gas del campo Brasil, en Tamaulipas .....	64
8.3 Nuevo parque industrial (Parque desarrollo industrial de la empresa North Point Industrial & Business Park).....	65
8.4 Desarrollo de un clúster petroquímico en el corredor industrial de Altamira. ....	66
9. CONSIDERACIONES PARA EL DESARROLLO DE LA PROPUESTA GAS – PETROQUÍMICA.....	69
9.1 Elementos estratégicos que hacen sinergia con el ■.....	74
CONCLUSIONES .....	76
BIBLIOGRAFÍA.....	78

## INTRODUCCIÓN

La industria petroquímica puede generar beneficios significativos en términos económicos, sociales y tecnológicos. Su desarrollo crea una amplia gama de empleos, tanto directos como indirectos, que abarcan desde ingenieros y técnicos hasta trabajadores de producción, logística y servicios relacionados. Esto contribuye a la reducción del desempleo y al crecimiento económico. La producción y exportación de productos petroquímicos pueden generar ingresos significativos para la nación a través de la venta de productos en los mercados internacionales. Esto puede impulsar el crecimiento económico y contribuir al Producto Interno Bruto (PIB) del país. La industria petroquímica suele requerir una infraestructura robusta, lo que puede llevar a la construcción y mejora de carreteras, puertos, terminales de carga y otros elementos de infraestructura que benefician a múltiples sectores. La presencia de una industria petroquímica sólida puede atraer inversiones extranjeras directas a la nación, lo que puede impulsar el desarrollo industrial y tecnológico en general.

El estímulo experimentado por el sector industrial surge como respuesta a la necesidad de satisfacer la demanda nacional de materias primas destinadas a las empresas encargadas de la obtención de productos finales. En México, se disponen de diversos complejos petroquímicos y centros de investigación dedicados al desarrollo de tecnologías innovadoras. Desde 1958, se ha provisto a la industria petroquímica de instalaciones de procesamiento capaces de generar una variedad de productos básicos. Cabe destacar que la industria petroquímica se abastece de los productos obtenidos de la refinación, lo cual resalta la importancia del desarrollo tecnológico promovido por el Instituto Mexicano del Petróleo, el órgano más importante de investigación petrolera en el país.

El desarrollo de proyectos petroquímicos diversifica las actividades económicas del país, las cuales son esenciales para reducir la dependencia de un solo sector (exportación de crudo). La industria petroquímica representa una fuente de diversificación económica al crear una cadena de valor que abarca desde la extracción de petróleo –México cuenta con una gran cantidad de esto recursos–, hasta la producción y distribución de productos finales, generando insumos esenciales para una amplia gama de industrias, como la automotriz, la electrónica, la construcción, la agricultura y la salud. El suministro confiable de productos como el amoníaco, etileno, metanol, entre otros, es crucial para el funcionamiento de estas industrias

para lo cual se requiere de trabajadores altamente capacitados. Lo anterior puede estimular la inversión en programas educativos y de capacitación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM). Si bien la industria petroquímica puede ofrecer varios beneficios, también plantea desafíos relacionados con la sostenibilidad ambiental y la dependencia de los recursos fósiles. En este sentido, es crucial desarrollar esta industria con un compromiso ético y de protección del medio ambiente mediante estrategias de sostenibilidad que permitan generar beneficios económicos.

## **OBJETIVO**

Proponer elementos técnicos, logísticos y económicos para el desarrollo de la industria petroquímica en México mediante el análisis de la relevancia de este sector en el contexto nacional, la comparación de modelos de desarrollo energético exitosos como China y Arabia Saudita, y la evaluación de la infraestructura nacional y las áreas de oportunidad en la comercialización de productos petroquímicos.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Conocer la relevancia de la industria petroquímica en México.
- Analizar los modelos de desarrollo energético de China y Arabia Saudita.
- Analizar la infraestructura industrial mexicana en la rama del gas natural y la petroquímica.
- Analizar las áreas de oportunidad en la comercialización nacional y mundial de productos petroquímicos para encaminar la industria nacional.
- Proponer algunos proyectos tecnológicos para el desarrollo de esta industria.

# **1. EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA EN MÉXICO.**

## **1.1 Camino al estado actual de la petroquímica en México**

En el periodo sexenal comprendido entre 1958 y 1964, PEMEX emprendió un ambicioso programa de expansión, inaugurando simultáneamente proyectos para los procesos de refinación y petroquímica. El aumento en los precios de los productos petroquímicos fue consecuencia de la aplicación de una legislación política propuesta por Adolfo López Mateos, orientada a fortalecer financieramente a PEMEX y facilitar la obtención de créditos internacionales para respaldar los proyectos de crecimiento (Odisio, 2018).

A pesar de la incertidumbre inicial sobre la viabilidad de completar todos los proyectos, la realidad se tornó adversa en 1963, cuando numerosas plantas petroquímicas en construcción fueron suspendidas. La situación se complicó aún más, pues al no suspenderse las cuentas a crédito, los insumos y materiales continuaron llegando, pero fueron abandonados en los sitios de construcción.

En una etapa posterior, se vislumbró la necesidad de un enfoque más sólido para continuar con el crecimiento, iniciando las primeras propuestas de involucrar a la industria privada a través de asociaciones para la producción de un componente crucial: el polietileno, el cual es de vital importancia para la petroquímica secundaria. Este movimiento generó fuertes tensiones con corrientes nacionalistas, particularmente con el sindicato petrolero, retrasando la construcción de la planta de polietileno. En respuesta, el presidente Gustavo Díaz Ordaz promulgó en 1964 una ley que protegía de manera integral la industria petrolera de intereses privados y extranjeros, limitando la participación del sector privado al 40% en productos secundarios (Secretaría de Gobernación, 1970).

Durante el sexenio 1964-1970, la política petrolera se orientó hacia la sustitución de importaciones mediante el incremento de la producción nacional. Se implementó una planificación más detallada que promovió la creación o expansión de 35 plantas, basándose en proyecciones de demanda, especialmente para fibras, solventes y fertilizantes (Martínez Laguna, 2001)

Hacia finales de la década de 1960, la industria petroquímica básica estaba firmemente establecida en el país, planteando desafíos significativos en términos de dirección e investigación. Esto culminó con la creación de una Gerencia Petroquímica independiente en PEMEX, separada de la refinación, y la fundación del Instituto Mexicano del Petróleo para abordar las áreas de desarrollo e investigación. (Secretaría de Gobernación, 1970)

## **1.2 Principales acciones políticas y económicas que han dificultado el desarrollo de la petroquímica en México**

A principios de la década de 1980, la industria del país experimentó un declive, marcado por el abandono progresivo de la perspectiva nacionalista. La constante devaluación del peso mexicano afectó el poder adquisitivo de PEMEX, resultando en un aumento de su deuda con instituciones bancarias internacionales. Estos factores impidieron satisfacer la demanda mexicana de productos petroquímicos.

Tras ajustes en la clasificación de productos petroquímicos básicos y secundarios, la industria privada finalmente ingresó al mercado nacional. A lo largo de las décadas de 1980 y 1990, las estadísticas reflejaron un mercado descuido en todos los sectores de la industria petrolera mexicana. PEMEX pasó de representar el 65% de la producción de petroquímicos a atender exclusivamente su propia demanda, situando al país entre las naciones con mayores importaciones de productos petroquímicos (Martínez Laguna, 2001).

Hacia finales de 1986, el expresidente Miguel de la Madrid redujo la carga productiva de PEMEX mediante la transición de la producción de productos básicos a secundarios, aliviando la situación financiera de la empresa. Sin embargo, este cambio preparó el terreno para la participación de la industria privada en el mercado nacional. Se llevó a cabo una reclasificación de aproximadamente 32 productos básicos exclusivamente producidos por PEMEX, buscando aliviar la carga económica y permitir a las empresas privadas participar en la producción nacional, equilibrando la balanza de importaciones (Martínez Laguna, 2001).

En los siguientes dos sexenios, la corriente privatizadora ganó fuerza, especialmente durante la presidencia de Carlos Salinas de Gortari. Esta orientación política atacó directamente a la industria nacional, desviando el respaldo al desarrollo industrial hacia el sector privado. Esto generó dos problemas interconectados en el ámbito económico: la disminución de la capacidad de exploración petrolera y producción de petroquímicos por parte de PEMEX y la necesidad del país de satisfacer su demanda, inclinando la balanza de productos importados a su favor (Sordo & López, 1988).

A finales de los años 90 y principios de los 2000, una fuerte devaluación y el control renovado sobre el peso mexicano captaron la atención del sector público. Con la decadencia de PEMEX y el retiro de apoyo al Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), los complejos de refinación y petroquímica comenzaron a producir menos en comparación con su capacidad instalada, dejando un amplio mercado para el sector privado.

No fue hasta 2001, durante el mandato del expresidente Vicente Fox, que se intentó rescatar la industria y corregir su trayectoria mediante un plan de modernización. A pesar de visitas, acuerdos, promesas de crecimiento, renovación de infraestructura y control sobre las importaciones, el periodo 2000-2006 no logró mejoras significativas. La falta de capacidad del gabinete presidencial para alcanzar acuerdos con otros países petroleros, así como las tensiones con la OPEP, se sumaron a los desafíos económicos (Gutiérrez R. , 2008).

En este contexto, los ingresos al país por la exportación de crudo alcanzaron cifras históricas debido al aumento del precio del barril de petróleo. Sin embargo, el ritmo acelerado de explotación de las reservas contrastaba con los descubrimientos de yacimientos, generando una sobreexplotación (Gutiérrez R, 2008).

Los años posteriores no presenciaron cambios sustanciales. La idea de la privatización se fortalecía, la producción disminuía rápidamente en comparación con la capacidad instalada, y las estadísticas mostraban un cambio significativo: de importar el 13.6% del consumo nacional de petroquímicos a principios de los 90, para 2012 ya se importaba el 70%. Este fenómeno afectaba a PEMEX, mientras que beneficiaba a un reducido sector privado.

En 2013, el expresidente Enrique Peña Nieto propuso la mayor reforma energética, modificando los artículos 25, 27 y 28 constitucionales para permitir la participación

equitativa de empresas estatales y privadas en el sector energético. Esta medida se presentó como la vía para reducir los costos energéticos del país, especialmente en gasolina y gas, ante la falta de control en la balanza de producción, procesamiento e importación (Reforma Energética, 2013).

Aunque se otorgó cierta autonomía a PEMEX durante este periodo, la corrupción y los años de abandono limitaron los avances en el desarrollo de la industria. Las reservas disminuyeron anualmente, los accidentes constantes aumentaron la deuda con el extranjero y las contribuciones al país fueron menores.

Durante el periodo de 2018-2024 se logró la estabilización y crecimiento de la reserva probada (1P) en 7 mil 500 millones de barriles de petróleo crudo equivalente (MMbpce). Además, se incorporaron 51 nuevos campos a la producción nacional en cinco años y medio. De igual forma, en este periodo se alcanzó la meta de producción de líquidos para satisfacer al Sistema Nacional de Refinación (SNR) al lograr 1, 855 miles de barriles diarios (Mbd). En el 2024, PEMEX contribuye con el 97% a la producción de petróleo y con el 98% de gas nacional (PEMEX, 2024).

Respecto de la producción de los nuevos desarrollos, PEMEX ha alcanzado una producción incremental de 562 Mbd en 5.5 años, mientras que los privados solo han alcanzado 59 Mbd. PEMEX ha logrado 9 veces más que toda la producción obtenida a través de 103 contratos con privados realizados en la Reforma Energética.

En cuanto a la producción de petrolíferos se pasó de una producción de 304 Mbd en 2018 a 1, 228 Mbd en 2024, incluyendo el SNR y Deer Park. Lo anterior se traduce en una baja en la importación pasando de 927 Mbd en 2018 a 85 Mbd al cierre de 2024 (PEMEX, 2024).

## **2. MODELOS DE DESARROLLO ENERGÉTICO DE CHINA Y ARABIA SAUDITA**

Las bases de un país para el desarrollo energético deben ser cimentadas en el conocimiento y el desarrollo alcanzado con los años; sin embargo, ante la existencia de naciones con modelos económicos que apresuraron su desarrollo, pueden tomarse de ejemplo para conocer lo que han hecho y alcanzado.

Analizar y entender los modelos de desarrollo energético de China y Arabia Saudita podría ser de utilidad para obtener mayor provecho de los recursos de México y cerrar la brecha en el desarrollo de la industria petroquímica mediante la adopción de sus modelos de ejecución.

### **2.1 Desarrollo energético de China**

China es considerada como una de las principales economías a nivel mundial, tuvo sus inicios en trabajos forzados y políticas que inicialmente no anticipaban el rápido progreso de la nación. No obstante, en la actualidad, presenta uno de los sistemas energéticos más diversificados a nivel mundial. El gas natural es un componente importante de su matriz energética, por lo que importa volúmenes considerables de gas natural para atender su demanda, la cual es empleada en plantas de ciclo combinado y complejos petroquímicos.

En 2023, el uso mundial de petróleo superó los niveles previos a la pandemia, impulsado principalmente por la demanda petroquímica y concentrado en gran medida en China. Sin este crecimiento acelerado, el consumo total de petróleo se mantendría por debajo de los niveles antes de la pandemia. A medida que se expande el sector petroquímico chino, la demanda de materias primas derivadas del petróleo se está trasladando al país desde otros centros petroquímicos tradicionales. Esto está afectando significativamente a los mercados globales de productos petroquímicos, como plásticos y fibras sintéticas. China, que ya era el mayor importador mundial de polímeros y fibras sintéticas, está ejerciendo presión sobre sus proveedores anteriores debido al aumento de su producción propia (Alvarado, 2024).

La demanda energética de China ha crecido exponencialmente como resultado de la expansión de su producción petroquímica, lo cual ha transformado significativamente los mercados energéticos globales. En primer lugar, China ha consolidado relaciones estratégicas

en regiones con Oriente Medio (Galindo, 2011), África y América Latina, lo cual ha alterado el orden geopolítico, las alianzas y las relaciones de interdependencia a nivel internacional. Por ejemplo, en Oriente Medio, la relación ha trascendido a lo meramente comercial, involucrando a empresas chinas y árabes en proyectos industriales conjuntos, como lo es la construcción del complejo petroquímico más grande del mundo en la producción de Etileno (CDT, 2023).

En segundo lugar, la exploración de nuevos yacimientos de gas y petróleo ha intensificado las tensiones y ha generado conflictos en áreas como el Mar de China Oriental y el Mar de China Meridional (Xiaohui, Zhicheng, & Xing, 2018). Este último conflicto está relacionado, además, con el control de las rutas marítimas por las que transitan las importaciones asiáticas de energía procedentes del Golfo Pérsico. En tercer lugar, en fechas más recientes, el poder energético chino se expandió al ámbito de las energías renovables, añadiendo un nuevo componente de fricción a la competencia estratégica, pues China compite exitosamente con las principales empresas a nivel mundial, siendo actualmente el país con mayor número de patentes en el sector de las energías renovables, con un 30% frente a Estados Unidos y la Unión Europea y Japón con 18% y 14%, respectivamente. Además, su mercado supera a la Unión Europea y duplica la capacidad renovable de Estados Unidos (Perkins, 2013).

Ejemplos concretos del creciente y notable poder energético chino incluyen la participación de empresas chinas en la construcción de instalaciones fotovoltaicas en regiones remotas de África y parques eólicos en América Latina. Además, se destaca la colaboración entre China y Rusia en el desarrollo de energía eólica en el Ártico, así como en la construcción de centrales nucleares en Taiwán y Xudabao (NS Energy, 2021), y de manera independiente en Pakistán. Asimismo, grupos empresariales chinos están consolidando su presencia en el mercado energético mundial mediante la adquisición de empresas de ingeniería del sector.

Es importante destacar que el Gobierno chino ha dirigido su atención al sector energético del país, no solo con el propósito de asegurar sus necesidades y respaldar la producción de la "gran fábrica mundial", sino también como parte de una estrategia nacional para el desarrollo de energías limpias. Es relevante resaltar que, hasta el año 2025, se ha planificado la reducción del consumo de energías fósiles, el aumento del porcentaje de energía proveniente de fuentes renovables hasta aproximadamente el 20%, y el incremento de la superficie

forestal en el país. Sin embargo, esta ambiciosa estrategia se enfrenta a desafíos significativos.

Uno de estos desafíos radica en la necesidad de importar gas natural, una fuente energética valiosa. Para lograr esto, es imperativo el diseño y la construcción de infraestructura de conexión. Dadas las complicadas relaciones con productores como Australia o Estados Unidos, competidores geopolíticos de Pekín, y las limitaciones técnicas y financieras para la importación marítima de este hidrocarburo, que además añade vulnerabilidad a la intercepción, se vuelve necesaria la construcción de gasoductos con contratos más estables en otras áreas geopolíticas.

En este contexto, Myanmar y los países de Asia Central, especialmente Turkmenistán y, en menor medida, Kazajstán y Uzbekistán, ya suministran gas a China a través de rutas terrestres, (Konovalov, 2022) brindando mayor seguridad para los intereses chinos. En este sentido, la región centroasiática podría servir como zona de tránsito desde Irán y el Golfo Pérsico, que son considerables productores. Las inversiones sustanciales por parte de China confieren al gigante asiático una fuerte influencia política en estos países; no obstante, la inestabilidad política en Myanmar, la situación volátil en Afganistán y la debilidad institucional y socioeconómica de algunas de estas naciones podrían representar una amenaza para el suministro. Además, algunas de estas infraestructuras, incluyendo parte de la Nueva Ruta de la Seda, atraviesan la conflictiva región china de Xinjiang (Reuters, 2023).

Ante esta coyuntura, la Federación Rusa emerge como un actor crucial para China, no solo como proveedor actual de gas natural a través del gasoducto siberiano, sino también por los considerables yacimientos aún por explotar en el Ártico. Otro aspecto que considerar para Pekín es la colaboración con Rusia, indispensable para la estabilización de Asia Central, donde Moscú mantiene una fuerte influencia, especialmente en asuntos de seguridad (Reuters, 2023).

## **2.2 Desarrollo energético de Arabia Saudita**

Arabia Saudita es un importante productor y exportador de petróleo y gas natural. Su economía se centra históricamente en la industria de los hidrocarburos y las inversiones significativas realizadas en la exploración y producción de gas natural para satisfacer su

demanda interna y diversificar su economía –aprovechando sus grandes cantidades de reservas para desarrollar una industria petroquímica–, lo colocan como líder petroquímico en sus alrededores (Administración de Información Energética de EE. UU, 2023).

La disponibilidad de gas natural ha permitido la producción eficiente de materias primas petroquímicas, como etileno y propileno, utilizadas en la fabricación de plásticos y productos químicos.

Arabia Saudita ha establecido extensos acuerdos comerciales para la importación y exportación de productos energéticos con diversas naciones. Principalmente, ha consolidado vínculos con potencias como Rusia y China, las cuales actualmente experimentan un progreso significativo en los sectores petroquímico y de extracción de gas (CDT, 2023).

En la actualidad, Arabia Saudita está construyendo el complejo petroquímico más grande del mundo, diseñado para tener una capacidad de 1.65 millones de toneladas anuales de etileno. Este ambicioso proyecto busca posicionar al país como líder en el desarrollo de la industria petroquímica. A pesar de que la asociación se ha establecido con el sector privado, esta elección impulsa a que diversos países consideren a Arabia Saudita como una nación con un potencial de crecimiento energético considerable (CDT, 2023). De acuerdo con las políticas adoptadas en cada país, se pueden desarrollar proyectos en colaboración con el sector privado para fomentar el crecimiento.

De acuerdo con datos de la Energy Information Administration (EIA) la tendencia global del uso de combustibles fósiles en el corto y mediano plazo continuará al alza para satisfacer la demanda energía y para obtener las materias primas necesarias para refinación y petroquímica, a pesar de que la matriz energética se ha diversificado significativamente. Esto debería generar una preocupación en la política mexicana para el desarrollo de proyectos que garanticen la seguridad energética del país.

Es crucial actuar a corto plazo para aprovechar las oportunidades que ofrece el contexto global actual. Eventos ocurridos en regiones lejanas, como el conflicto entre Rusia y Ucrania, generan condiciones favorables para el aprovechamiento potencial. Este conflicto ha impactado la seguridad alimentaria a nivel mundial, ya que Rusia es un exportador clave de fertilizantes, en 2020, fue el primer exportador de fertilizantes nitrogenados, el segundo

proveedor de potasio y el tercer mayor exportador de fertilizantes fosfatados, (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022); así como también lo es la producción de shale gas en Estados Unidos, la cual debido a sus precios bajos, comparado con los precios del mercado europeo ha generado una “revolución energética a nivel mundial” (CEPAL, 2013). El avance de nuevas aplicaciones tecnológicas, políticas energéticas y, sobre todo, el conocimiento con el que cuenta México puede ser reconocido nuevamente como un referente en el sector petrolero-petroquímico del mundo.

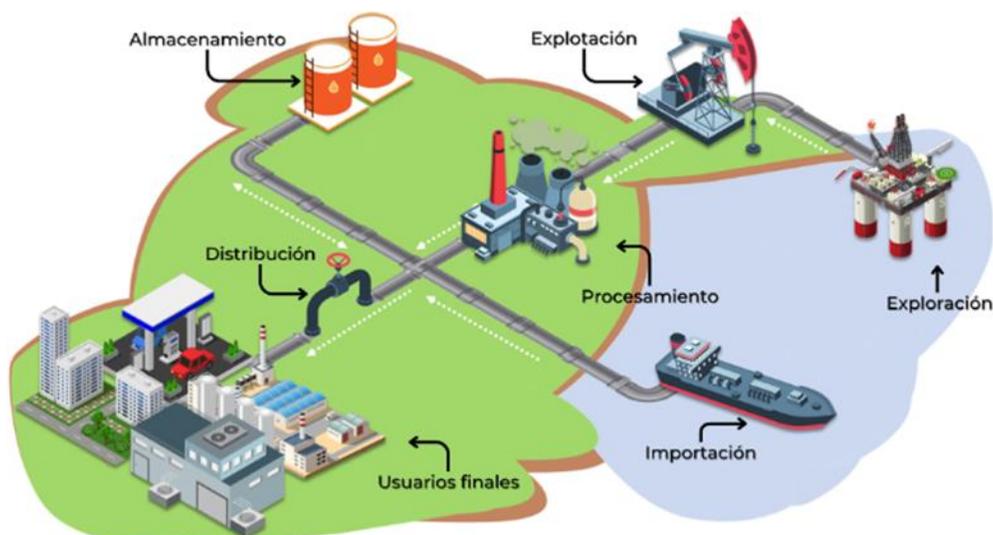
### **3. ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA INDUSTRIAL MEXICANA EN LA RAMA DEL GAS NATURAL Y LA PETROQUÍMICA PARA EL DESARROLLO PETROQUÍMICO EN MÉXICO**

En México, se ha destacado la importancia del gas natural como una fuente de energía económica a partir de la Reforma Energética. Además, desde el 2018 se han llevado a cabo nuevos proyectos de infraestructura para la distribución de gasoductos en todo el país, esto significa que, se ha expandido la red de gasoductos para mejorar la distribución eficiente de gas natural en todo el país, estas acciones son cruciales para llevar el gas natural desde los centros de producción hasta las regiones de consumo (Reforma Energética, 2013). Existen terminales de importación de gas natural, como la de Altamira, que contribuyen a la diversificación de fuentes de suministro y a la seguridad energética.

El alcance del desarrollo petroquímico en México depende de la capacidad para aprovechar sus recursos de gas natural, así como para modernizar y mantener la infraestructura existente en condiciones óptimas de operación, promoviendo la sostenibilidad, lo cual es una oportunidad clave para el desarrollo de esta industria petroquímica en México.

#### **3.1 Infraestructura del gas natural en México**

La cadena de valor del gas natural en México involucra un conjunto de actividades económicas como se observa en la **Ilustración 1**, estas son: la exploración, extracción y producción del hidrocarburo, pasando por su procesamiento, transporte, almacenamiento y distribución para su comercialización al usuario final (Comisión Nacional de Hidrocarburos, 2018).



*Ilustración 1.- Cadena de Valor del gas natural en México. Tomada de CENAGAS, 2023.*

### **3.2 Exploración de gas natural**

La fase inicial de exploración comienza mediante la obtención de datos sísmicos, que son esenciales para llevar a cabo análisis de evaluación de cuencas, sistemas petroleros, reservas y el potencial de producción de hidrocarburos. Estos datos se utilizan para analizar y estimar de los recursos prospectivos. Es fundamental destacar que el proceso de exploración no concluye con el hallazgo de un yacimiento a través de la perforación de un pozo exploratorio, sino que se prolonga con la etapa de evaluación, la cual implica la perforación de pozos delimitadores para definir los límites del yacimiento descubierto. Finalmente, la fase exploratoria concluye una vez que se ha determinado el tamaño del yacimiento y se emite la declaratoria de comercialidad (Comisión Nacional de Hidrocarburos, 2019).

### **3.3 Extracción / Producción de gas natural**

La producción de gas natural involucra la extracción del hidrocarburo del yacimiento. Dado que el gas natural extraído comúnmente se encuentra acompañado de sedimentos, agua y, en función del tipo de yacimiento, de aceite o condensados, se lleva a cabo su separación en las instalaciones de producción. Posteriormente, el gas natural se transporta a través de una red

de ductos, desde las instalaciones hasta las baterías de separación y compresión, donde éste es separado de los condensados (como naftas y gasolinas naturales). Luego, el gas se dirige a los CPG (Centros de Procesamiento de Gas), donde se realiza la separación del metano de otros gases. En el caso de la producción de gas seco, y si la calidad lo permite, éste puede ser conducido directamente desde las instalaciones de separación en los pozos productores hasta la red de transporte (SENER, 2018).

El gas natural extraído de los yacimientos de hidrocarburos puede presentarse en dos modalidades:

### **1. Gas natural asociado al petróleo:**

En los yacimientos de gas natural asociado, la presencia del gas puede manifestarse de dos maneras distintas. Dependiendo de las condiciones de presión y temperatura, el gas puede encontrarse de forma libre, conocido comúnmente como gas de casquete. Alternativamente, puede hallarse en solución, disuelto en el aceite, el cual se separa de la fase líquida, generando una fase libre al experimentar una reducción en la presión dentro del yacimiento.

### **2. Gas natural no asociado:**

El gas natural no asociado es aquel que se encuentra en un yacimiento y tiene una composición en la que predominan los componentes ligeros, principalmente metano. Este tipo de gas no forma una fase líquida bajo las condiciones de presión y temperatura presentes en el yacimiento.

Durante 2023, la producción de gas natural en promedio fue de 4,560.55 MMpcd, de los cuales el 95% aproximadamente provenían de PEMEX Exploración y Producción, y el resto de otros operadores<sup>1</sup>.

---

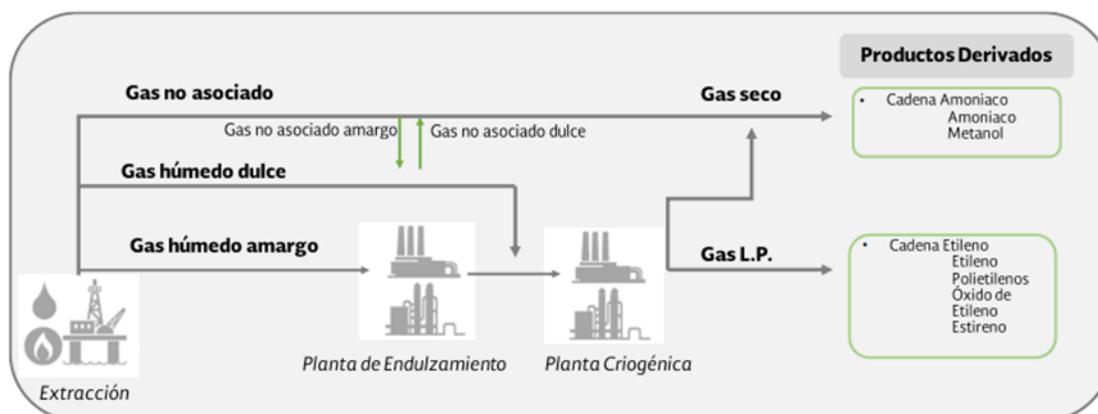
<sup>1</sup> La producción de gas natural de los contratos promedio 228.02 MMpcd, equivalente al 5% de la producción total nacional, de los cuales destacan por su volumen de producción los siguientes contratos:

- CNH-M3-MISION/2018 (34.7%), con 79.12 MMpcd.
- CNH-R01-L02-A1/2015 (10.8%), con 24.62 MMpcd. Operado por Eni.
- CNH-R01-L02-A1/2015 (8.3%), con 18.92 MMpcd. Operado por Eni.
- CNH-M1-EK-BALAM/2017 (7.0%) con 15.96 MMpcd.

Fuente: (Comisión Nacional de Hidrocarburos., 2022)

### 3.4 Procesamiento del gas natural

Después de extraer el gas, es necesario procesarlo como se observa en la **Ilustración 2**, de manera que cumpla con los requerimientos necesarios para su uso final y los estándares regulatorios. Para cada yacimiento la composición del gas natural es única, por lo que su tratamiento puede ser diferente.



*Ilustración 2.- Diagrama de flujo del procesamiento de gas natural. Tomada de SENER, 2018.*

El procesamiento de gas natural consiste en remover las partículas de agua, hidrocarburos pesados, compuestos de azufre y nitrógeno, dióxido de nitrógeno, así como partículas sólidas (Dirección General de Gas Natural y Petroquímicos, 2019). Para realizar el dicho procesamiento se requiere de un permiso otorgado por la Secretaría de Energía; actualmente están vigentes 9 permisos asignados a Complejos Procesadores de gas (CPG), todos ellos otorgados a Pemex Transformación Industrial, entre todos suman una Capacidad de endulzamiento<sup>2</sup> de gas de 4,523 MMpcd, y una capacidad de Proceso criogénico<sup>3</sup> de 5,912 MMpcd. La capacidad instalada de los Centros de Procesamiento de Gas se muestra a continuación, en la **Tabla 1**, así como su ubicación en la **Ilustración 3**.

<sup>2</sup> **Capacidad de Endulzamiento:** Proceso utilizado para eliminar o reducir la presencia de compuestos ácidos encontrados en la producción de gas natural; algunos de estos compuestos son: ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), sulfuro de carbono (CS<sub>2</sub>).

<sup>3</sup> **Proceso Criogénico:** Técnica utilizada para la separar y purificar el gas natural mediante la refrigeración a temperaturas extremadamente bajas (-161 °C). El objetivo es producir gas natural más puro y, en algunos casos, recuperar productos valiosos como el etano, propano y butano.

Tabla 1.- Centros procesadores de gas en México. Elaboración propia con información de SENER, 2023.

Complejo procesador de gas de PEMEX	Endulzamiento de gas (mmpcd)	Proceso criogénico (mmpcd)
<b>Burgos</b>	N/A	1,200
<b>Arenque</b>	34	33
<b>Poza Rica</b>	250	490
<b>Matapionche</b>	109	125
<b>CPGP Coatzacoalcos</b>	N/A	192
<b>La Venta</b>	N/A	182
<b>Nuevo Pemex</b>	880	1,500
<b>Cactus</b>	1,960	1,275
<b>Cd. Pemex</b>	1,290	915
<b>TOTAL</b>	<b>4,523</b>	<b>5,912</b>

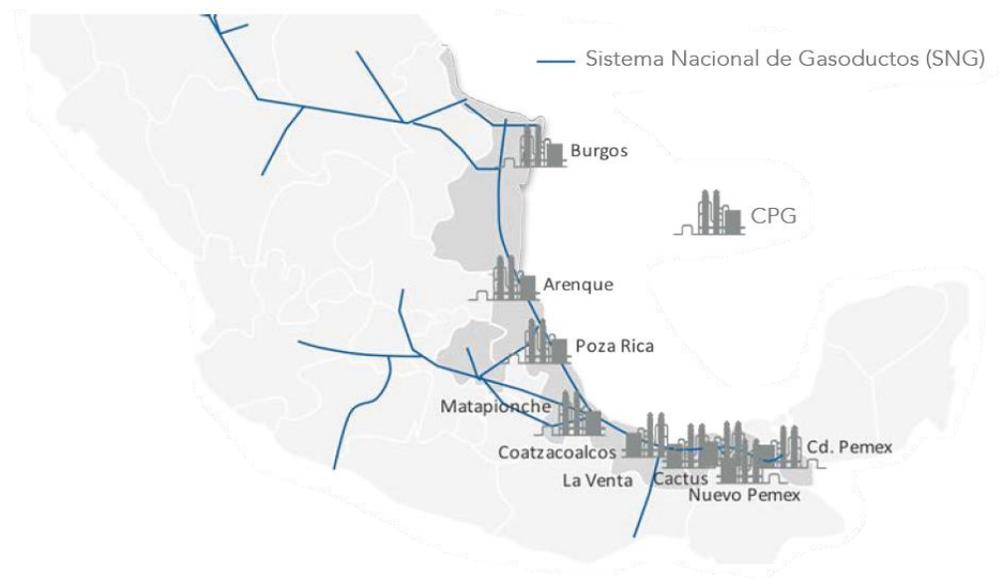


Ilustración 3.- Ubicación de los CPG de PEMEX. Tomado de CNH, 2018.

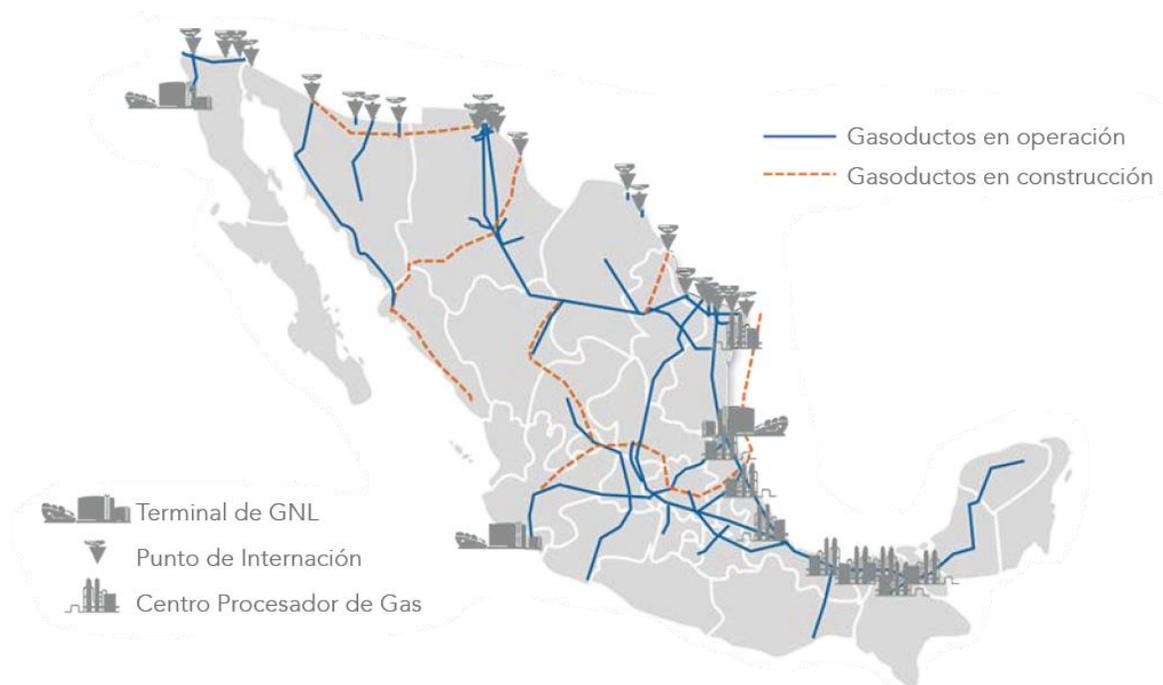
### 3.5 Almacenamiento, transporte y distribución del gas natural

El transporte, almacenamiento y distribución del gas natural se llevan a cabo en distintas fases de la cadena de valor. No obstante, la etapa de mayor relevancia es cuando se transporta el gas seco, ya sea producido o importado desde su origen hasta los puntos de consumo

(Dirección General de Gas Natural y Petroquímicos, 2019). Estos puntos pueden encontrarse directamente en el sistema de transporte de gas natural, como en la interconexión de grandes usuarios, o bien, en los sistemas de distribución que se interconectan en áreas urbanas o parques industriales. El origen del gas puede ser:

1. En los CPG, todos operados por PEMEX, los cuales se encuentran interconectados al SISTRANGAS.
2. Interconexiones con los ductos que provienen directamente de los campos de gas.
3. En los puntos de internación.
4. En las plantas de regasificación de gas natural licuado (GNL).
5. En los sistemas de almacenamiento.

En la **Ilustración 4** se muestra la ubicación de los principales puntos de inyección al sistema y su interconexión con la red de gasoductos existentes.



*Ilustración 4.- CPG, puntos de internación y plantas de GNL en México. Tomado de CNH con información de SENER, CRE y CENAGAS, 2022.*

### 3.5.1 Transporte del gas natural en México

En agosto de 2014 se creó el Centro Nacional de Gas Natural (CENAGAS), el cual tiene como objetivo garantizar el abasto confiable y seguro del gas natural, alcanzar una mayor competencia, mejorar la planeación para que el sistema funcione con mayor eficiencia y disminuir las tarifas de transporte de gas, que como consecuencia sea posible la reducción de las tarifas eléctricas; también actúa como gestor del Sistema de Transporte y Almacenamiento Nacional Integrado de Gas Natural (SISTRANGAS) (Gobierno de México, 2024). El SISTRANGAS se compone por 7 sistemas de transporte de gas natural, que se encuentran interconectados entre sí, los cuales se mencionan en la **Tabla 2**.

De los 10,336 kilómetros que conforman el SISTRANGAS, 8,990 kilómetros son del SNG, esto quiere decir que el Estado Mexicano es dueño del 87% de los ductos de este Sistema como se muestra en la **Tabla 2**. De los 7 sistemas, el SNG, propiedad del CENAGAS, funge como el sistema central y está constituido por ductos que van desde 4” hasta 48” de diámetro, por 9 estaciones de compresión con una potencia instalada total de 256,400 hp, y 359 válvulas de seccionamiento, 121 Estaciones de Regulación y Medición (ERM) que distribuyen el gas natural a distintos usuarios, y cuenta con una capacidad operativa diaria de 6,127,254 GJ, (SENER,2023).

*Tabla 2.- Sistemas que conforman el SISTRANGAS. Elaboración propia con datos de CRE, CENAGAS, 2023.*

Nº	SISTEMA	OPERADOR	LONGITUD (KM)
1	Sistema Nacional de Gasoductos	CENAGAS	8,990
2	Gasoductos de Tamaulipas	IEnova	114
3	Gasoductos del Bajío	Engie	204
4	Gasoductos de Zacatecas	SIMSA	173
5	Los Ramones, Fase I	IEnova	116
6	Los Ramones, Fase II – Norte	IEnova	447
7	Los Ramones Fase III – Sur	Engie	292
<b>TOTAL</b>			<b>10,336</b>

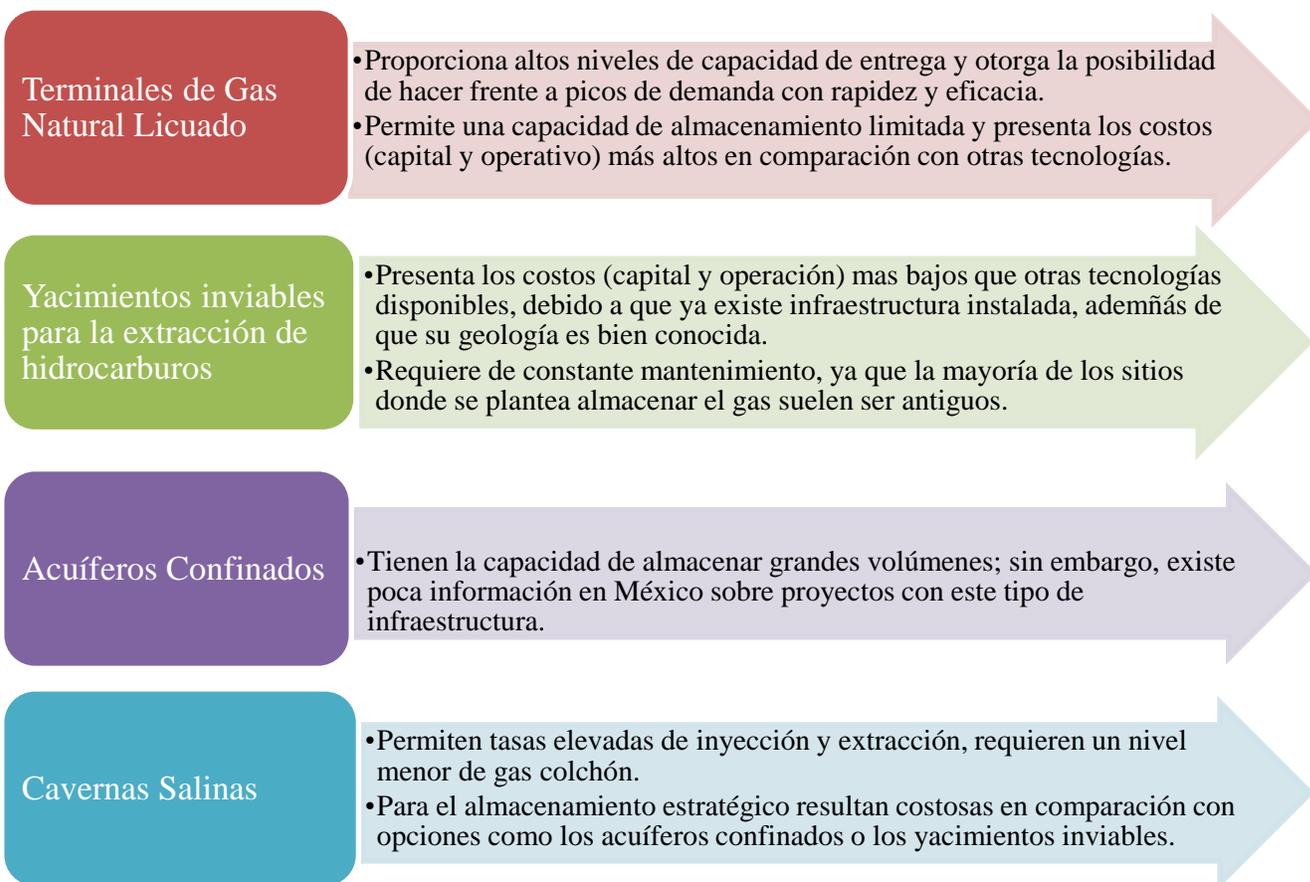


*Ilustración 5.- Sistema de Transporte Nacional Integrado de Gas Natural 2023. Tomado de CENAGAS, 2023.*

### 3.5.2 Almacenamiento de gas natural en México

El almacenamiento del gas natural en México hace referencia a aquellas instalaciones clave donde se almacena gas para distribuirlo y garantizar un suministro confiable del mismo a las áreas de consumo, incrementando la seguridad energética de un mercado o de una nación. Se encuentran ubicados en áreas específicas que actúan como puntos de referencia o concentración de las redes de distribución y transporte de gas. El almacenamiento de gas puede desarrollarse bajo distintas tecnologías. En México le corresponde a la CENAGAS gestionar su almacenamiento estratégico, y será el responsable en licitar los proyectos para generar al menos 5 días de inventario de gas natural a partir de 2026 (SENER, 2018).

Algunas tecnologías para el almacenamiento de gas natural en México se mencionan en la **Ilustración 6**, Al igual que otras materias primas, el gas natural puede ser almacenado para asegurar un suministro constante, lo que ayuda a mitigar las fluctuaciones en la demanda, las cuales pueden variar considerablemente debido a factores ambientales, tensiones geopolíticas, o problemas de infraestructura, los cuales influyen de manera directa en el precio de este combustible.



*Ilustración 6.- Tecnologías para el almacenamiento de gas natural en México. Tomado de SENER, 2018.*

En cuanto a la infraestructura de almacenamiento de gas natural, es importante mencionar que, si bien existen 3 terminales de GNL como se muestra en la **Tabla 3**, estas terminales operan como suministro de gas natural a ciertos usuarios en particular.

*Tabla 3.- Terminales de almacenamiento y regasificación en México. Elaboración propia con datos de la CRE y SENER, 2022*

<b>Terminal</b>	<b>Capacidad instalada de regasificación (mmpcd)</b>	<b>Capacidad de almacenamiento (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Operador</b>	<b>Usuario</b>
<b>Terminal de LNG de Altamira (TLA)</b>	1,120	300,000	Enágas	Gas de Litoral (para CFE)
<b>Terminal KMS</b>	500	300,000	KOGAS	CFE
<b>Terminal Energía Costa Azul (ECA)</b>	1,300	320,000	IEnova	IEnova (para CFE)
<b>TOTAL</b>	<b>2,290</b>	<b>920,000</b>	--	--

Como se puede observar, ante una contingencia en el suministro de gas natural se pondría en riesgo la capacidad operativa de los sistemas, por tal motivo, es indispensable contar con opciones que permitan mantener la continuidad en el suministro de gas natural a través de la red de gasoductos, y particularmente contar con inventarios operativos que permitan balancear y prevenir eventualidades, garantizando la continuidad del servicio.

### **3.5.3 Importación y exportación de gas natural**

En México el desarrollo de proyectos que permitan el aprovechamiento de los recursos gasíferos generaría un incremento en la producción de gas, lo que permitiría disminuir la dependencia de las importaciones; sin embargo, en la actualidad es necesario recurrir a las importaciones para cubrir la demanda del país, ya que éstas juegan un papel importante. Derivado de esto, se ha impulsado el desarrollo de infraestructura que permita la importación de gas de Estados Unidos para aprovechar los precios competitivos de este recurso. Las importaciones de gas natural se dan principalmente de Estados Unidos a través de los Ductos de Internación<sup>4</sup>. Estos puntos de internación son fundamentales en la estrategia de gestión de la energía y en la economía del país, ya que a través de estos se garantiza el suministro confiable, la diversificación de las fuentes de suministro y el aprovechamiento de las

<sup>4</sup> **Ductos de Internación:** Toda la infraestructura de transporte de gas natural destinada para importar gas desde otro país a través de tuberías.

oportunidades económicas que ofrece el comercio internacional de gas natural (SENER, 2023).

En México existen 24 puntos de internación como se observa en la **Tabla 4**, distribuidos entre 6 estados de la República Mexicana, que son Baja California (3), Sonora (5), Chihuahua (5), Coahuila (2), Nuevo León (1), Tamaulipas (8) (SENER, 2023).

*Tabla 4.- Puntos de internación en México. Elaboración propia con datos de SENER, 2023*

<b>Estado</b>	<b>No.</b>	<b>Internación, México</b>
<b>Baja California</b>	1	Tijuana
	2	Mexicali
	3	Los Algodones
<b>Sonora</b>	4	Sásabe
	5	Nogales
	6	Naco
	7	Agua Prieta
	8	Agua Prieta
<b>Chihuahua</b>	9	San Jerónimo
	10	El Hueco
	11	San Isidro
	12	San Isidro
	13	Ojinaga
<b>Coahuila</b>	14	Cd. Acuña
	15	Piedras Negras
<b>Nuevo León</b>	16	Colombia
<b>Tamaulipas</b>	17	Ciudad Mier
	18	Arguelles
	19	Arguelles
	20	Reynosa
	21	Reynosa
	22	Rio Bravo
	23	Camargo
	24	Matamoros

Los objetivos de los puntos de Internación de Gas Natural son:

- **Diversificación de suministro:** Al importar gas de diferentes regiones, se reduce la dependencia de una sola fuente o suministrador, lo que aumenta la seguridad energética del país.

- **Aseguramiento del suministro:** Estos puntos pueden ayudar a garantizar el suministro continuo de gas natural, especialmente en momentos de alta demanda, proporcionan flexibilidad en el suministro y pueden suplir cualquier deficiencia en la producción nacional.
- **Reducción de costos:** La importación de gas natural a través de ductos puede resultar en costos más competitivos en comparación con otras fuentes de suministro, lo que puede beneficiar a la industria y a los consumidores.

Hoy en día no se realiza exportación de gas natural, ni por ductos ni por buque-tanque como GNL (SENER, 2023).

Si en determinado momento se llegara a exportar gas los objetivos de dicha actividad sería:

- **Diversificación de mercados:** La exportación permite a México acceder a mercados internacionales. Cuando México llegué a producir más gas natural del que consume, las terminales de exportación permiten aprovechar estos excedentes y venderlos en mercados extranjeros. Esto puede generar ingresos adicionales y fortalecer las relaciones comerciales.
- **Integración regional:** México puede utilizar las terminales de exportación para integrarse en la red de gasoductos y redes de distribución de gas natural en América del Norte, lo que facilita el comercio y la cooperación energética regional.
- **Generar ingresos económicos:** La exportación de gas natural puede ser una fuente importante de ingresos económicos para México, ayudando a financiar proyectos de infraestructura y desarrollo en el país.

En la **Ilustración 7**, se muestra el mapa de distribución de la infraestructura del gas natural en México.

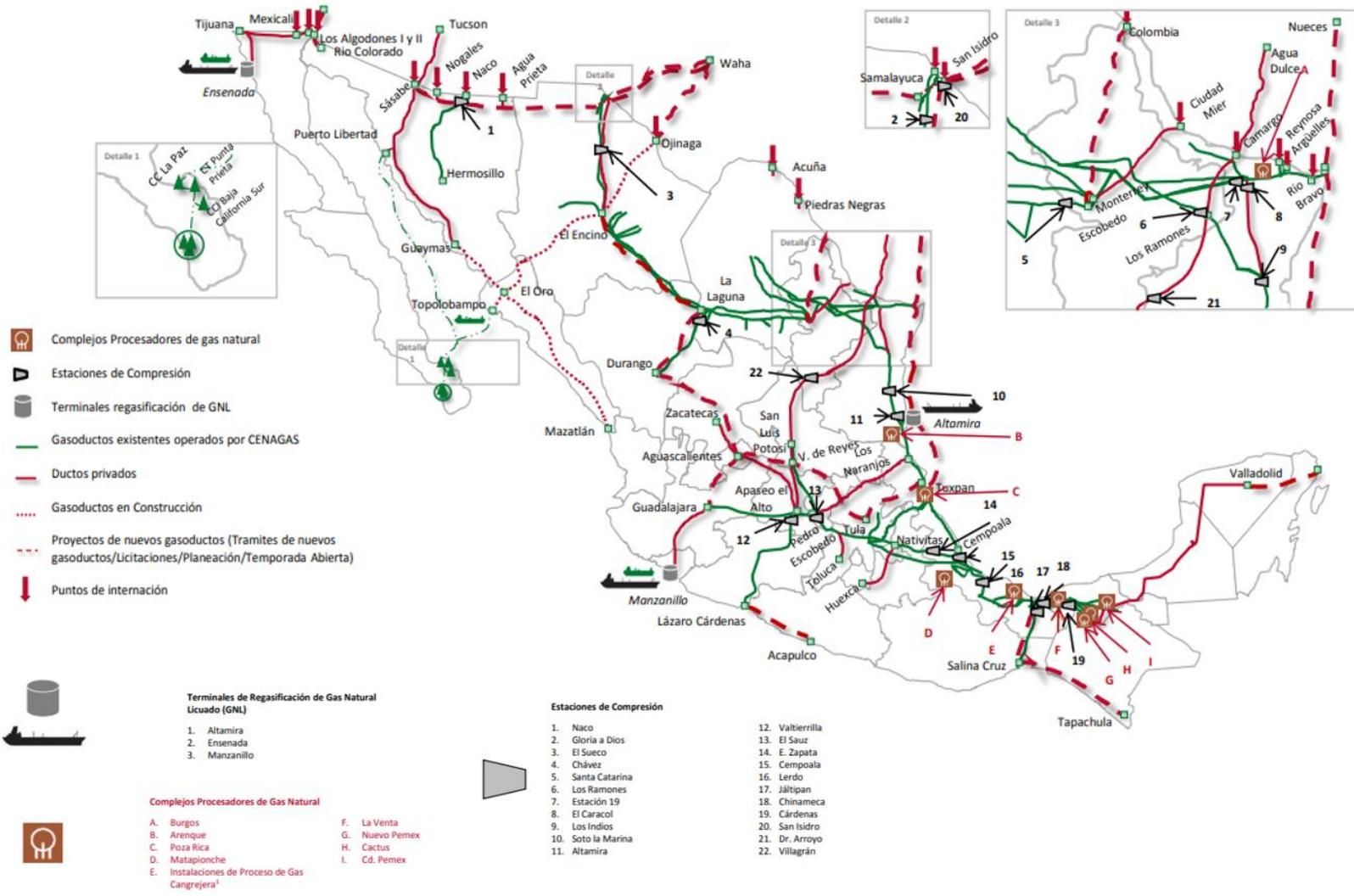


Ilustración 7.- Infraestructura del gas natural en México. Tomado de SENER, 2023.

## 3.6 Petroquímica

La petroquímica es una rama de la química que estudia la transformación del gas natural y algunos derivados del petróleo en productos terminados. La principal función es alimentar de materias primas a cadenas secundarias encargadas de elaborar productos, industrias como la textil, automotriz, la construcción, los fertilizantes, la farmacéutica, entre otras (García, 1996).

La petroquímica se encuentra en todas partes, es por eso que todos los países se encuentran involucrados en alguna parte del proceso, puede ser desde la obtención del petróleo hasta la compra de productos terminados como fibras textiles o lubricantes para automóviles.

Estos productos se obtienen por medio de la aplicación de procesos industriales al petróleo, los cuales para tener productos básicos y secundarios de primera calidad es importante conocer. La industria petroquímica moderna data de finales del siglo XIX. La mayor parte de los productos petroquímicos se fabrican a partir de un número relativamente pequeño de hidrocarburos, entre ellos el metano, el etano, propano, butano y los aromáticos como el benceno, tolueno y xileno (García, 1996).

### 3.6.1 Petroquímica básica

La petroquímica básica se refiere a la producción y procesamiento de productos químicos y compuestos básicos derivados de materias primas obtenidas del petróleo y el gas natural (SENER, 2015). Algunos ejemplos de productos producidos en la petroquímica básica incluyen:

- **Etileno:** Se utiliza para la producción de plásticos como el polietileno y el polietileno de baja densidad.
- **Propeno (propileno):** Se usa para fabricar plásticos como el polipropileno, así como otros productos químicos.

- **Benceno:** Un componente clave para la fabricación de productos químicos aromáticos, como el estireno utilizado en la producción de plásticos y caucho sintético.
- **Metano:** Puede ser convertido en hidrógeno y se usa en la síntesis de otros productos químicos.
- **Metanol:** El alcohol más simple, utilizado en la producción de formaldehído y otros productos químicos.
- **Amoniaco:** Se utiliza en la producción de fertilizantes y otros compuestos nitrogenados.

Estos productos químicos básicos son procesados y transformados en complejos petroquímicos para luego ser utilizados como materias primas en otras industrias, como la fabricación de plásticos, productos farmacéuticos, productos químicos agrícolas, textiles y más. La petroquímica básica desencadena una cadena de valor que involucra una serie de procesos químicos, transformaciones y combinaciones para crear productos finales más complejos y valiosos (SENER, 2015).

Los petroquímicos no básicos, pueden ser secundarios o desregulados, y su elaboración requiere de permiso por parte de la secretaria de Energía, los productos se muestran a continuación en la **Tabla 5**.

*Tabla 5.- Productos petroquímicos no básicos. Elaboración propia con información de PEMEX TRI, 2018.*

Acetileno	<b>ETILENO</b>	Paraxileno
<b>AMONIACO</b>	<b>METANOL</b>	Propileno
Benceno	N-Parafinas	Tolueno
Butileno	Ortoxileno	Xileno

### **3.6.2 Complejos petroquímicos**

Un complejo petroquímico son aquellas instalaciones grandes y complejas que requieren una infraestructura especializada, la cual convierte materia prima derivada del petróleo y del gas natural, en una amplia variedad de productos químicos y materiales, que son fundamentales para diversas industrias y aplicaciones.

El impulso que se le ha dado a la industria petroquímica deriva de la necesidad de cubrir la demanda de un país de materias primas para las empresas que se encargan de obtener productos finales. En México contamos con diferentes complejos petroquímicos y centros de investigación para el desarrollo de nuevas tecnologías. Desde 1958 se le ha otorgado a la industria petroquímica plantas de proceso que puedan producir una serie de productos básicos, es importante mencionar que la petroquímica es abastecida por los procesos de refinación, es por esto que es muy importante el desarrollo tecnológico que nos puedan dar las instituciones de investigación como lo es el Instituto Mexicano del Petróleo. México llegó a contar con ocho complejos petroquímicos a lo largo del territorio nacional, actualmente solo seis de ellos sigue en funcionamiento, aunque uno de esos seis se encuentra en fase de reconfiguración (SENER, 2015).

### **3.6.3 Situación de la industria petroquímica en México**

La industria petroquímica en México desempeña un papel significativo en la economía del país, contribuyendo de manera importante al crecimiento industrial y la generación de empleo. Se basa en la transformación de productos derivados del petróleo y del gas natural en una amplia gama de productos químicos y materiales que son esenciales para numerosas aplicaciones industriales y de consumo. La industria petroquímica en México es un componente clave de la industria energética y química en el país, y su evolución está estrechamente ligada a las dinámicas del mercado global, la demanda interna y las políticas gubernamentales (PEMEX, 2022).

Pemex Petroquímica (PPQ) es un organismo descentralizado de carácter técnico, industrial y comercial, con personalidad jurídica y patrimonio propio, responsable de los procesos industriales petroquímicos, así como del almacenamiento, distribución y comercialización de sus productos, los cuales forman parte de la industria petroquímica secundaria (PEMEX, 2022).

PPQ cuenta con siete complejos petroquímicos (CPQ) y una unidad petroquímica (UPQ), como se presenta a continuación en la **Tabla 6**.

*Tabla 6.- Complejos petroquímicos de PEMEX y sus principales productos. Elaboración propia con información de PEMEX PETROQUIMICA, 2018.*

<b>Complejo petroquímico</b>	<b>Productos principales</b>
<b>Cosoleacaque</b>	- Amoniaco
<b>Cangrejera</b>	- Etileno - Polietileno de Baja Densidad (PEBD) - Óxido de etileno - Estireno - Aromáticos
<b>Morelos</b>	- Etileno - Polietileno de Alta Densidad. (PEAD) - Polietileno de Baja Densidad (PEBD) - Óxido de Etileno - Monoetilenglicol - Acrilonitrilo
<b>Pajaritos</b>	- Etileno - Cloruro de Vinilo - Ácido Muriático
<b>Independencia</b>	- Metanol - Especialidades petroquímicas
<b>Escolin</b>	- Etileno - PEAD - PEBD
<b>Tula</b>	- Acrilonitrilo
<b>Camargo</b>	- Amoniaco

Para 2010 la Unidad Petroquímica (UPQ) Camargo se encontraba en proceso de baja definitiva por falta de materia prima y los altos costos de producción, y los complejos petroquímicos Escolin y Tula se encontraban en paro, por lo que en ese año no operaron.

A continuación, se describe de forma general la situación actual de dichos complejos, los cuales son los productores de los productos petroquímicos secundarios mencionados.

#### ***3.6.4.1 Complejo petroquímico Cangrejera***

Este es el complejo más grande del país y de América Latina en su tipo, integra diferentes plantas productoras de etileno, óxido de etileno y polietileno de baja densidad, se localiza al sureste de la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz; cerca del Centro Embarcador y de la Terminal Marítima Pajaritos, los cuales son los centros de distribución nacional y de exportación de los productos que elabora. Es un importante complejo para el abastecimiento de las industrias textiles, de pinturas, lubricantes. Este complejo contribuye en gran medida a la producción total de 36 millones de toneladas anuales de etileno que actualmente se producen en el país (SENER, 2023).

#### ***3.6.4.2 Complejo petroquímico Cosoleacaque***

El complejo Petroquímico Cosoleacaque elabora, comercializa y distribuye productos petroquímicos no básicos, principalmente para el sector agrícola. Los productos que se obtienen de sus plantas son el amoníaco y el anhídrido carbónico, es el principal productor de amoníaco del país y en algún momento lo fue del mundo, cuenta con una capacidad de producción al 2015 de 440 mil toneladas al año, aunque se encuentra en constante rehabilitación debido a la longevidad de sus equipos. Se espera que gradualmente alcance una capacidad de producción de un millón 920 mil toneladas al año. Cuenta con centros de distribución de Guaymas (Sonora), Topolobampo (Sinaloa) San Martín Texmelucan (Puebla) y Lázaro Cárdenas (Michoacán) (SENER, 2015).

#### ***3.6.4.3 Complejo petroquímico San Martín Texmelucan***

El Complejo Petroquímico Independencia se encuentra ubicado a la altura del kilómetro 76.5 de la Carretera Federal México - Puebla, en el poblado de Santa María Moyotzingo, perteneciente al municipio de San Martín Texmelucan, Estado de Puebla.

Este complejo petroquímico es un centro productor de petroquímicos no básicos principalmente Metanol. La Planta de Metanol II cuenta con un cuarto de control de aproximadamente 160 m<sup>2</sup>, en donde se encuentran los tableros de control de los diferentes instrumentos de la planta y el sistema de control. Entre los equipos instalados para la operación de la planta se encuentran las torres de destilación, turbo compresor, reformador y torres de purificación de producto (SENER, 2015).

### 3.6.4 Áreas de oportunidad en la industria petroquímica de México

Para comenzar con la propuesta de un proyecto se deben encontrar criterios y beneficios que ayuden a justificar el desarrollo de la estrategia, por lo que un análisis completo de la situación del consumo de productos petroquímicos del país debe ser clave para una estrategia que disminuya las importaciones para la industria petroquímica nacional.

Para este análisis se tomó en cuenta a los complejos petroquímicos Cangrejera, Cosoleacaque por la cercanía entre ellos, la gran relevancia que tuvieron en la historia de producción de determinados productos petroquímicos, y porque son los productores petroquímicos que más se importan. También se consideró el complejo petroquímico San Martín Texmelucan debido a ser el único productor de metanol en México.

En la **Tabla 7** se presenta las materias primas utilizadas para el desarrollo de los productos petroquímicos esenciales.

*Tabla 7.- Petroquímicos básicos y secundarios de acuerdo con la materia prima. Elaboración propia con información de PEMEX TRI, 2018.*

<b>Materia prima</b>	<b>Petroquímico básico</b>	<b>Petroquímico secundario</b>
<b>Gas Natural</b>	Metano	Amoniaco
	Etano	Etileno
	Gas Reformado	Metanol

A continuación, en las **Ilustraciones 8, 9 y 10** se describen de manera general las características de los principales productos petroquímicos secundarios: amoniaco, etileno y metanol.

---

## Amoniaco

### Definición

Es un gas incoloro, tiene un olor intenso y es sumamente irritante, es muy soluble en agua, alcohol y éter, se licua fácilmente por presión. Es combustible

---

### ¿Cómo se produce?

Mediante el proceso Haber – Bosch, a partir de gas natural

---

### Usos y Aplicaciones

Fertilizante solo o en forma de compuestos como sulfato de amonio, nitrato de amonio y urea, sulfato de hidroxilamina, acrilonitrilo, fibras sintéticas y plásticos (nylon, resinas urea-formaldehído, uretano y melamina), refrigerantes, ácido nítrico, explosivos, aminas, amidas y otros compuestos orgánicos nitrogenados que sirven como intermediarios en la industria farmacéutica.

---

### ¿Cómo se transporta?

- Ducto
  - Autotanque
  - Carrotanque
  - Buquetanque
- 

### Centro de distribución

Cosoleacaque

---

*Ilustración 8.- Características generales del amoniaco, Elaboración propia con información de PEMEX TRI, 2018.*

---

## Etileno

### Definición.

Es un gas incoloro con aroma dulce, su punto de congelación es de  $-169^{\circ}\text{C}$ , es ligeramente soluble en agua, alcohol y etil éter. Es altamente flamable y explosivo.

---

### ¿Cómo se produce?

Mediante la pirolisis del Etano, mediante el proceso Lummus.

---

### Usos y Aplicaciones.

En Acetato de Vinilo, cloruro de etileno, dicloroetano, estireno, oxido de etileno y polietileno.

---

### ¿Cómo se transporta?

- Ducto.
  - Autotanque.
  - Buquetanque
- 

### Centro de distribución.

Pajaritos

---

*Ilustración 9.- Características generales del etileno. Elaboración propia con información de PEMEX TRI, 2018.*

---

## Metanol

### Definición.

Es un compuesto químico líquido que juega un papel vital en muchas industrias y aplicaciones. Su fórmula química es  $\text{CH}_3\text{OH}$ , y es el alcohol más sencillo en términos de estructura molecular.

---

### ¿Cómo se produce?

Se obtiene de la síntesis del hidrogeno y el monóxido de carbono.

---

### Usos y Aplicaciones.

- Producción de formaldehído, que a su vez se utiliza en resinas y plásticos.
- Fabricación de anticongelantes y líquidos para frenos.
- En la síntesis de una variedad de productos químicos, incluyendo plásticos y fibras sintéticas.

---

### ¿Cómo se transporta?

- Autotanque.

---

### Centro de distribución.

San Martín Texmelucan, Puebla.

---

*Ilustración 10.- Características generales del metanol. Elaboración propia con información de PEMEX TRI, 2018.*

En la **Tabla 8** se expone de manera resumida la aportación hacia la industria, de los productos más importantes desarrollados por la petroquímica de México.

*Tabla 8.- Productos más importantes de la petroquímica nacional. Elaboración propia con información de PEMEX TRI, 2018.*

Producto	Aportación a la industria
Hidrógeno	<ul style="list-style-type: none"><li>- Elemento sustancial para continuar con la cadena de proceso de la petroquímica</li><li>- Considerado como combustible para transporte y generador de energía limpia</li></ul>
Amoniaco	<ul style="list-style-type: none"><li>- Fertilizante de suelos</li><li>- Refrigerante industrial</li><li>- Productos de limpieza</li></ul>

<b>Continuación</b>	
<b>Producto</b>	<b>Aportación a la industria</b>
<b>Metanol</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anticongelantes</li> <li>- Disolventes</li> <li>- Combustibles</li> </ul>
<b>Urea</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Producción de resinas</li> <li>- Producción de adhesivos</li> <li>- Industria cosmética</li> <li>- Producción de fertilizantes</li> </ul>
<b>Polietileno de baja densidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Producción de bolsas plásticas</li> <li>- Fabricación de desechables</li> <li>- Recubrimiento y aislantes</li> </ul>
<b>Polietileno de alta densidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Industria automotriz</li> <li>- Transporte de fluidos</li> <li>- Industria alimenticia</li> </ul>

Mediante esto se justifica la importancia de impulsar la producción de estos productos ya que son de gran importancia para que otras industrias funcionen.

A continuación, se describen los productos más importantes que producen los complejos petroquímicos antes mencionados, que son el amoníaco, el etileno y el metanol, los cuales son referentes ya que son los productos de mayor importación en México, pues PEMEX no puede satisfacer las necesidades de mercado. Lo anterior se debe a la baja confiabilidad de suministro de gas, deterioro de la infraestructura de producción de petroquímicos y la falta de mantenimiento a los complejos.

## 4. AMONIACO

Los principales nutrientes para la agricultura son el nitrógeno, fósforo y potasio. De acuerdo con la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) por sus siglas en inglés, los fertilizantes nitrogenados concentran aproximadamente el 60% de la demanda mundial, seguidos por los fosfatados y potásicos. El consumo de fertilizantes tiene una relación directa con la demanda de alimento, siendo China, India, Estados Unidos, Brasil, Indonesia y Canadá los consumidores que concentran más del 60% de la demanda mundial en fertilizantes. El crecimiento de la población no tiene el mismo comportamiento al crecimiento de las áreas de cultivo, esto es, las superficies de cultivo permanecen casi constantes, lo que incentiva la necesidad de incrementar la productividad agrícola, y con esto, el uso de fertilizantes a nivel global<sup>5</sup>.

### 4.1 Producción de amoniaco en México

Como se mencionó antes, el amoniaco es un producto con una amplia demanda en México, principalmente como fertilizante de aplicación directa o como materia prima en la manufactura de fertilizantes nitrogenados y fosfatados. PEMEX es el único productor de amoniaco en México y en 2022 aportó al mercado nacional 277,773 toneladas de este producto, no obstante, esta cifra no cubre la demanda nacional de este producto, cuyo consumo aparente estimado por la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ), alcanzó en 2022 la cantidad de 970,826 toneladas, aumentando el consumo aparente de amoniaco en 14% respecto al año anterior que fue de 847,000 Ton. La **Tabla 9** muestra un resumen comparativo entre la producción nacional y el consumo nacional aparente de amoniaco de 2018 al 2022.

---

<sup>5</sup> Ante la incertidumbre del mercado internacional y los elevados precios, el presente gobierno ha implementado medidas que incluyen la reducción de aranceles a la importación y la expansión de los programas de estímulos a agricultores mediante el “Programa Fertilizantes para el Bienestar 2022”, el cual asegura a los pequeños productores agrícolas de fertilizantes a precios accesibles, disminuyendo la dependencia de fertilizantes importados, apoyando con ello su capacidad de producción. El presupuesto asignado para este programa durante el año 2022 es de \$5,200.0 millones de pesos, y para el 2023 es de \$16,684.1 millones de pesos, dando un total de \$21,884.1 millones de pesos para los dos años.

*Tabla 9.- Producción e importación de amoníaco en México. Elaboración propia con datos del SIE (SENER), 2023.*

Fecha	Producción de PEMEX (Ton. / año)	Precio de venta nacional de amoníaco (dls. / Ton.)	Importación PEMEX (Ton. / año)	Valor de importación de amoníaco. (dls. / Ton.)	Consumo nacional aparente (Ton. / año)
2018	151,121	████████	597,450	████████	997,597
2019	0	████████	576,740	████████	819,431
2020	136,351	████████	155,507	████████	1,258,109
2021	243,913	████████	193,732	████████	846,616
2022	277,773	████████	144,529	████████	970,826

El único productor de amoníaco en México es PEMEX, en el complejo petroquímico Cosoleacaque. La capacidad total de diseño de las plantas de amoníaco de Cosoleacaque es de 1.92 millones de toneladas anuales. Cuenta con 4 plantas productoras de amoníaco (Planta IV – Planta V – Planta VI – Planta VII), cada planta tiene capacidad de 480 mil toneladas de amoníaco al año; sin embargo, la planta IV, se encuentra en mantenimiento desde 2014, y las plantas V, VI y VII son las únicas que se encargan de la producción de amoníaco, de las cuales la planta VI produce mayor porcentaje que el resto.

PEMEX tenía planeado terminar el 2023 con una producción acumulada de 385,000 toneladas de amoníaco; sin embargo, para agosto de 2023 se registró una producción acumulada de 121,562 toneladas de amoníaco, lo que corresponde a un 8.4% de cumplimiento con respecto a la capacidad instalada, y a un 31.6% de acuerdo con el cumplimiento de la producción programada para 2023.

En la **Tabla 10** se muestra el porcentaje de cumplimiento de acuerdo con la capacidad instalada y a la producción programada.

**Tabla 10.- Capacidad programada y real de producción de amoniaco en México. Elaboración propia con datos del SIE (SENER) y ANIQ, 2023.**

<b>Capacidad plantas, V-VI-VII (Ton. / año)</b>	<b>Producción programada PEMEX para 2023 (Ton. / año)</b>	<b>Producción real acumulada sep-2023 (Ton.)</b>	<b>Factor de planta (%)</b>	<b>Cumplimiento de producción programada (%)</b>
1,440,000	██████████	121,562	████	████

A continuación, en la **Tabla 11** se mencionan las ventajas, desventajas y áreas de oportunidad, para realizar inversiones económicas para el mantenimiento y rehabilitación en el complejo petroquímico de Cosoleacaque, de acuerdo con ██████████  
 ██████████ específicamente, en el área de producción de amoniaco.

**Tabla 11.- Ventajas, desventajas y áreas de oportunidad para el mantenimiento y rehabilitación de Cosoleacaque en el área de producción de amoniaco. Elaboración propia con información del ██████████  
 ██████████ 2024.**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>	<b>Áreas de oportunidad</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se tendría una cadena de valor integrada a la producción de materias primas.</li> <li>• Es el único productor de esta materia prima en el país.</li> <li>• Se tiene una capacidad de almacenamiento de amoniaco y fertilizantes (6 esferas con capacidad global de 11,000 toneladas).</li> <li>• Se tiene una distribución de ductos para transportar este producto hacia la Terminal de Pajaritos con 27 km, y hacia la terminal de Salinas Cruz, Oaxaca, con una distancia de 256 km. (También se realizaba distribución en autotanke a otras partes de la república mexicana).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se requiere una fuerte inversión económica en el mantenimiento de todas las plantas de producción de amoniaco de Cosoleacaque.</li> <li>• La disponibilidad del etano no es constante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se tiene un mercado nacional real, con aumento en fertilizantes y que depende de las importaciones.</li> <li>• Existen factores geopolíticos que ponen en riesgo la oferta internacional de este producto.</li> </ul>

## 5. ETILENO

El etileno es uno de los petroquímicos más importantes en la industria usado para la producción de plásticos, solventes y fibras textiles. Se estima que el grupo de derivados del etileno representa una tercera parte del mercado mundial de petroquímicos; los plásticos son los derivados del etileno más conocidos, y en 2018 la Agencia Internacional de Energía o International Energy Agency (IAE) informó que la producción a nivel mundial de este petroquímico superaba la del acero, el aluminio, y el cemento. Si bien existen esfuerzos para reducir el consumo de plástico de un solo uso, la dificultad para encontrar alternativas a los productos petroquímicos y el incremento en su uso para las economías en desarrollo son factores que sustentan el crecimiento general de la demanda de estos productos (IAE, 2018).

El conflicto armado entre Rusia y Ucrania ha tenido repercusiones significativas en el comercio global de petroquímicos, ante la limitación y suspensión de importaciones por parte de varios a los productos rusos. Los petroquímicos exportados por Rusia son principalmente polímeros de etileno y ante esta situación se espera que se detengan las inversiones del sector petroquímico ruso favoreciendo proyectos en otras partes del mundo. (PEMEX, 2022).

### 5.1 Producción de etileno en México

Desde el 2014, la producción de etileno en México proviene de dos complejos petroquímicos; Cangrejera y Morelos. A partir del 2018, la producción nacional de etileno ha disminuido, pasando de 583,403 toneladas en 2018 a 47,200 toneladas en 2022. Esto representa un 38.5% y un 16.4% de la producción total nacional de etileno, respectivamente.

En la **Tabla 12** se muestra la producción de etileno de los dos complejos, así como el consumo nacional aparente y la participación del estado en cuanto a la elaboración de este producto.

*Tabla 12.- Producción de etileno de PEMEX y consumo nacional de etileno en México. Elaboración propia con información de SIE (SENER), 2023.*

<b>Año</b>	<b>Cangrejera (Ton.)</b>	<b>Producción (%)</b>	<b>Morelos (Ton.)</b>	<b>Producción (%)</b>	<b>Producción PEMEX (Ton.)</b>	<b>Consumo nacional Aparente (Ton.)</b>	<b>Aportación para consumo nacional (%)</b>
<b>2018</b>	239,657	41.1	343,746	58.9	583,403	1,516,079	38.5
<b>2019</b>	226,563	45.4	272,960	54.6	499,523	1,299,152	38.5
<b>2020</b>	150,677	40.6	220,379	59.4	371,056	1,157,875	32.0
<b>2021</b>	149,222	53.5	129,955	46.5	279,177	983,046	28.4
<b>2022</b>	47,200	31.1	104,468	68.9	151,668	926,404	16.4

## **5.2 Cangrejera como productor de etileno**

El Complejo Petroquímico Cangrejera tiene una capacidad de producción anual de etileno de 600,000 toneladas, eso quiere decir que, en condiciones ideales puede producir alrededor de 1,643 toneladas por día de etileno; sin embargo, la realidad es otra, durante el año 2005, este complejo petroquímico tuvo su mejor año de producción, alcanzando la cantidad de 541,554 toneladas anuales, teniendo un factor de producción de 90.25%.

En contraste con el 2022, se alcanzó una producción de 47,200 toneladas para dicho año, lo que indica un factor de producción de 7.86%, el factor más bajo que se ha registrado. La **Tabla 13** presenta la comparación de los factores de producción en 2005, 2022 y los datos proyectados para 2023 con la reanudación de la producción a partir del 11 octubre de 2023. En esta fecha, se logró producir 400 toneladas diarias, equivalente al 24.35% de su factor de producción.

*Tabla 13.- Producción anual y por día de etileno en Cangrejera. Elaboración propia con datos del SIE (SENER) y ANIQ, 2023.*

<b>Fecha</b>	<b>Capacidad de Diseño (Ton.)</b>	<b>Producción anual (Ton. / año)</b>	<b>Factor de Planta (%)</b>	<b>Capacidad de Producción (Ton. / día)</b>
<b>2005</b>	600,000 por Año; ó 1,644 por Día	541,554	90.25	1,483
<b>2022</b>		47,200	7.86	129
<b>Oct-23</b>		n/d	24.35	400

De acuerdo con el Plan de Negocios de PEMEX 2023-2027, se espera que concluya el 2023 con un factor de planta de 33%, es decir, con una producción acumulada de 198,000 toneladas de etileno. Con datos del Sistema de Información Energética (SIE) de la Secretaría de Energía (SENER), para octubre de 2023 se contaba con una producción acumulada de 141,699 ton, lo cual quiere decir que se llevaba el 71% del cumplimiento de los objetivos. Con dicha producción de etileno se requería aumentar la producción a 940 toneladas diarias a inicios de noviembre y conservarla así hasta finales de diciembre.

### **5.3 Valor de la producción e importación del etileno en México**

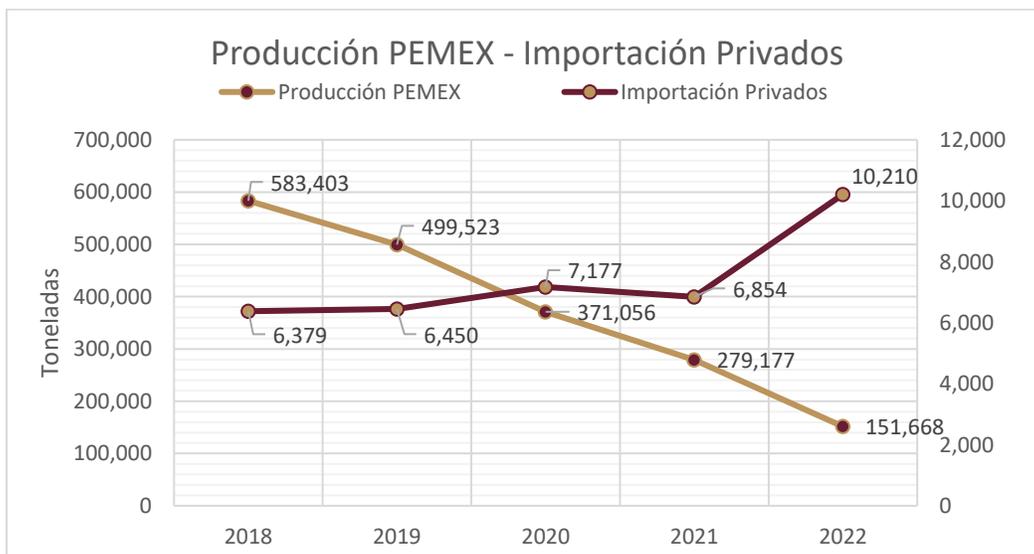
La producción de etileno por parte de PEMEX ha disminuido en gran medida debido a 2 grandes factores:

- 1) **Falta de abastecimiento de materia prima (etano)** por parte de los CPG (Centros Procesadores de Gas) Ciudad Pemex, Nuevo Pemex y Cactus; lo cual se debe a diversos factores:
  - a) La disminución de la producción de petróleo, con la consecuente reducción de la producción de gas húmedo asociado.
  - b) El aumento de la contaminación de nitrógeno de las corrientes de gas natural proveniente de la Zona Marina Noroeste y de la Zona Sur, que obliga a incrementar la quema de gas.

- c) Bajo factor de planta con el que trabajan las plantas criogénicas de los CPG, que, junto con el alto contenido de nitrógeno, abate aún más la eficiencia de recuperación de etano de las plantas criogénicas.
- d) Alto nivel de deterioro en las plantas de los CPG y de los CPQ de PEMEX, por falta de mantenimiento adecuado.

Estos cuatro factores se han combinado provocando una reducción en la cantidad de gas natural enviado a los CPG y la reducción de la cantidad de etano disponible para enviarse a las plantas productoras de etileno de los Complejos Petroquímicos de Cangrejera y Morelos (Barnés, 2023).

- 1) Aumento en la demanda de etano por parte de la empresa Braskem-Idesa, para Etileno XXI. Lo que ha llevado a PEMEX a incumplir con el contrato y tener que operar los complejos petroquímicos Cangrejera y Morelos muy por debajo de su capacidad de diseño (Barnés, 2023). A continuación, en la **Ilustración 11** se presenta el gráfico de producción de etileno por parte de PEMEX y la importación de privados hacia este producto de 2018 – 2022.



**Ilustración 11.- Producción de PEMEX e importación de privados en etileno. Elaboración propia con datos del SIE (SENER) y ANIQ, 2023.**

*Tabla 14.- Producción, importación y precios del mercado de etileno. Elaboración propia con datos de oil and gas magazine; S&P Global Commodity Insights, 2023.*

Fecha	Producción de PEMEX (Ton.)	Importación de privados (Ton.)	Importación (dólares)	Valor de etileno de importación (dls. / Ton.)	Valor de etileno STATISTA (dls. / Ton.)	Costo por tonelada (dls. / Ton.)
2018	583,403	6,379	7,049,000	████████	██████	████████
2019	499,523	6,450	6,671,000	████████	██████	██████
2020	371,056	7,177	7,796,000	████████	██████	██████
2021	279,177	6,854	10,487,000	████████	██████	████████
2022	151,668	10,210	14,882,000	████████	██████	████████

De acuerdo con la base de datos institucional de PEMEX, no se tienen ventas nacionales ni extranjeras de etileno, debido a que toda la producción de este petroquímico se ocupa para la fabricación de polietilenos. Sin embargo, se tienen datos de las importaciones que realizan las empresas privadas de este producto. Como se muestra en la **Tabla 14**, durante el 2022 las importaciones de etileno aumentaron más del 60% con respecto a la importación del 2018, de acuerdo con la información de la ANIQ. El valor promedio anual por tonelada de etileno de acuerdo con la S&P Global Commodity Insights durante 2022 fue de ██████████, lo cual da como resultado un valor de compra más alto que el que se ofrece en el mercado internacional.

Por último, el costo de producción de etileno para octubre de 2023 fue de ██████████, y el precio del mercado para esa misma fecha fue de ██████, de acuerdo con S&P Global Commodity Insights. Teniendo la planta productora de etileno en Cangrejera operando a diferentes eficiencias se obtendrían las ganancias brutas por ventas de este petroquímico siguientes, ver **Tabla 15 y 16**.

*Tabla 15.- Costo de producción de etileno en México por PEMEX. Elaboración propia con datos de oil and gas magazine; S&P Global Commodity Insights, 2023.*

<b>Fecha</b>	<b>Costo de producción de etileno PEMEX (dólares / Ton.)</b>	<b>Valor de etileno (dólares / Ton.)</b>	<b>Ganancia bruta (dólares / Ton.)</b>
Oct-2023	■	■	■

*Tabla 16.- Ganancia Bruta de acuerdo con diferentes factores de planta. Elaboración propia con datos de oil and gas magazine; S&P Global Commodity Insights, 2023.*

<b>Capacidad de Diseño (Ton.)</b>	<b>Producción anual (Ton. / año)</b>	<b>Factor de Planta (%)</b>	<b>Ganancia bruta (dólares / año)</b>
<b>600,000 por año ó 1,644 por día</b>	540,000	90	■
	360,000	60	■
	300,000	50	■

A continuación, en la **Tabla 17** se mencionan las ventajas, desventajas y áreas de oportunidad, de acuerdo con el ■ para realizar inversiones económicas para el mantenimiento y rehabilitación en el complejo petroquímico de Cangrejera, específicamente, en el área de producción de etileno.

*Tabla 17.- Ventajas, desventajas y áreas de oportunidad para el mantenimiento y rehabilitación de Cangrejera en el área de producción de etileno. Elaboración propia con información del [REDACTED] 2024.*

Ventajas	Desventajas	Áreas de oportunidad
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es la segunda infraestructura más grande del país para producir etileno.</li> <li>• Se tiene una ubicación estratégica en la Terminal Refrigerada Pajaritos, antes Terminal Refrigerada Etileno y Embarque; donde se realiza el mantenimiento para enviar etano al CPQ Cangrejera y Morelos, para la obtención de etileno.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajos índices de confiabilidad en la infraestructura de producción de etileno del CPQ Cangrejera.</li> <li>• Disponibilidad de etano/gas natural depende de la producción de nuevos desarrollos, (Nacionales y Privados).</li> <li>• Se requiere una inversión importante para restablecer las capacidades de producción de diseño original, debido al deterioro de la infraestructura de producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PEMEX es el único productor de polietileno de baja densidad y óxido de etileno en el país, petroquímicos que se obtienen a partir del etileno.</li> <li>• Ganancias por la venta de fabricación de estos productos petroquímicos<sup>6</sup>.</li> <li>• Se está construyendo la Terminal Química Puerto México por parte de la empresa Braskem Idesa<sup>7</sup>.</li> </ul>

<sup>6</sup> El etileno tiene un valor de venta a nivel mundial [REDACTED] por tonelada. Y el polietileno de baja densidad a nivel mundial [REDACTED] por tonelada. El complejo petroquímico Cangrejera tiene una capacidad de producción de polietileno de baja densidad de [REDACTED] anuales. Tomando un factor de planta del 90%, se tendría una producción anual de [REDACTED] anuales, por el precio antes mencionado, se tendría ventas de [REDACTED] de dólares. Tomando el precio del dólar en [REDACTED] sería un total de [REDACTED] de pesos anuales brutos por ventas de polietileno de baja densidad.

<sup>7</sup> Se está construyendo la “Terminal Química Puerto México” por parte de la empresa Braskem Idesa, la cual tiene por objetivo importar 80,000 bpd de etano, de los cuales 34,000 serán para satisfacer su demanda de Etileno XXI, (el cual para operar a condiciones óptimas requiere 64,000 bpd para poder producir 1 Millón de Toneladas de Etileno al año), y 46,000 bpd de etano serían para poder satisfacer las demandas de los CPQ en México, siempre y cuando se encuentren en condiciones óptimas para poder llevar a cabo sus operaciones de manera segura y eficiente.

## 6. METANOL

El metanol es el alcohol más simple que existe en el mundo y también es uno de los productos de la petroquímica más usados. En México se cuenta con un complejo petroquímico enfocado principalmente a la elaboración de este producto para la industria de la pintura y los anticongelantes.

El metanol se utiliza en varias industrias debido a su versatilidad. Algunas de las principales industrias que consumen metanol incluyen:

- **Industria química:** Se emplea para la producción de acéticos, MTBE (éter metil terciario), y otros productos químicos.
- **Combustibles:** En ocasiones se usa como aditivo en la gasolina y como componente en biocombustibles.
- **Producción de plásticos:** El metanol es una materia prima clave para la producción de polímeros y plásticos como el PET (tereftalato de polietileno).
- **Industria textil:** Se utiliza en la fabricación de fibras sintéticas como el poliéster.

En Pemex Transformación Industrial se utiliza la tecnología desarrollada por Lurgi Corporation e Imperial Chemical Industries Ltd. (ICI), para obtener metanol a partir del gas natural; el proceso consta de tres etapas, que son: reformación, síntesis y destilación. Con este proceso, el Complejo Petroquímico Independencia (CPI) obtiene aproximadamente 500 toneladas diarias de metanol con el 99.9% de pureza, el cual se almacena en nueve tanques con capacidad de 15,000 toneladas (PEMEX PETROQUIMICA, 2023).

A continuación, se muestra la **Tabla 18**, la cual hace referencia a la producción e importación de este producto de 2018 hasta 2022.

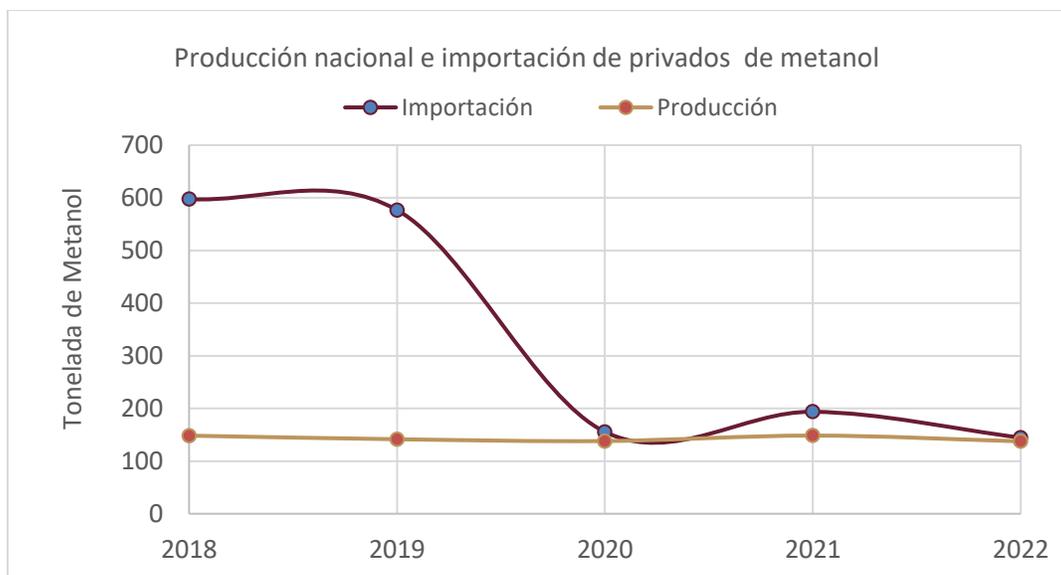
*Tabla 18.- Importación y producción de metanol en México. Elaboración propia con datos del SIE (SENER), 2023.*

<b>Fecha</b>	<b>Producción de PEMEX (Ton. / año)</b>	<b>Exportación PEMEX (Ton. / año)</b>	<b>Importación privados (Ton. / año)</b>
<b>2018</b>	148,359	0	597,450
<b>2019</b>	141,484	0	576,740
<b>2020</b>	138,088	0	155,507
<b>2021</b>	148,469	78,984	193,732
<b>2022</b>	137,533	0	144,529

Ahora bien, es necesario conocer los precios de venta mundiales y compararlos con los precios de producción nacionales como se muestra en la **Tabla 19**, de esta forma se conoce la inclinación de la balanza en los últimos años para confirmar si elaborar los productos es conveniente. Otra manera de justificar la producción de metanol es a través del análisis e inventario de las industrias con mayor volumen de consumo. A continuación, en la **Ilustración 12** se presenta el gráfico de producción de metanol por parte de PEMEX y la importación de privados hacia este producto de 2018 – 2022.

*Tabla 19.- Balance económico del metanol. Elaboración propia con datos del SIE (SENER), 2023.*

<b>Fecha</b>	<b>Producción de PEMEX (\$/Ton.)</b>	<b>Costo anual por producción (dólares)</b>	<b>Importación privados (\$/Ton.)</b>	<b>Costo anual por importación (dólares)</b>	<b>Balance</b>
<b>2018</b>	583,403	39,312,485	■	567,577,500	■
<b>2019</b>	499,523	30,419,060	■	452,740,900	■
<b>2020</b>	371,056	30,379,360	■	81,641,175	■
<b>2021</b>	279,177	40,828,975	■	153,048,280	■
<b>2022</b>	151,668	34,383,250	■	125,740,230	■



*Ilustración 12.- Producción de PEMEX e importación de privados en metanol. Elaboración propia con datos del SIE (SENER) y ANIQ, 2023.*

La producción de metanol es significativa, pero insuficiente para cubrir la demanda, lo que se compensa con importaciones, estas condiciones evidencian oportunidades para expandir la infraestructura nacional y fortalecer la capacidad de producción; a continuación se mencionan en la **Tabla 20**, algunas ventajas, desventajas y áreas de oportunidad desde el punto de vista personal de acuerdo con los datos presentados en las gráficas y tablas anteriores del metanol, para realizar inversiones económicas en el mantenimiento, rehabilitación y expansión del complejo petroquímico San Martín Texmelucan, específicamente en el área de producción del metanol.

*Tabla 20.- Ventajas, desventajas y áreas de oportunidad para el mantenimiento y rehabilitación de San Martín Texmelucan, en el área de producción de metanol. Elaboración propia. 2024.*

<b>Ventaja</b>	<b>Desventaja</b>	<b>Áreas de oportunidad</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El metanol es el producto con más aplicaciones en la industria, lo que amplía exponencialmente su mercado.</li> <li>• El proceso aplicado es el más económico de cualquier centro petroquímico, lo que lo coloca como un producto de alta ganancia debido a su amplia utilidad.</li> <li>• El centro petroquímico San Martín Texmelucan es un centro con una oportunidad única para aumentar su capacidad de producción pues es el único centro con un taller de producción y mantenimiento de equipos de proceso lo que facilita el mantenimiento constante a sus equipos y la construcción de otros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas para asegurar el abastecimiento de la materia prima, gas natural, para la producción de metanol.</li> <li>• Aunque el proceso es económico de realizar, se requiere una gran inversión para la construcción de plantas de proceso gemelas para la reducción de las importaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe una gran cantidad de industrias nacionales e internacionales que son consumidoras de metanol.</li> <li>• Pemex es el único productor de metanol del país.</li> <li>• La mayoría de la demanda de metanol en el país es cubierta por importaciones</li> </ul>

## **7. PROYECTOS TECNOLÓGICOS PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA EN MÉXICO**

En los capítulos anteriores se habló de la infraestructura con la que se cuenta y también sobre las áreas de oportunidad que existen para el rescate de la petroquímica en México. A partir del aseguramiento de la producción del gas natural como materia prima, es momento de desarrollar los proyectos en petroquímica y justificar su viabilidad de acuerdo con las proyecciones de las necesidades sobre los productos que el país necesita.

Para plantear un proyecto de infraestructura deben considerarse todos los posibles escenarios para la creación conjunta de beneficios económicos y sociales que impulsen el desarrollo industrial no solo del ramo involucrado, sino también de otras industrias relacionadas que puedan beneficiarse.

Los complejos petroquímicos no suelen ser construcciones apartadas, normalmente se ubican rodeadas de industrias que se abastecen de productos petroquímicos para continuar la transformación y entregar productos listos para usar. Por esto es por lo que las ubicaciones pueden justificarse para asegurar la alimentación al complejo y a su vez la alimentación a las industrias.

### **7.1 Proyectos tecnológicos en la rama del gas natural**

El gas natural es una de las principales fuentes de energía. Debido al agotamiento de los recursos convencionales y el incremento en la demanda de energía, el mundo está avanzando rápidamente hacia la explotación de recursos no convencionales. Estos recursos presentan ciertos desafíos, en temas políticos, ambientales y económicos, lo cual ha impulsado el desarrollo de métodos de recuperación mejorada de gas (EGR) y diversas técnicas de optimización de la producción que hacen posible su extracción de manera eficiente y rentable.

El México no hay una prohibición jurídica, pero si una discursiva política pública, esto quiere decir que, aunque no existe una ley formal que impida el fracking, las declaraciones y la

postura oficial del gobierno lo desincentivan activamente. Esto crea un escenario donde las empresas pueden enfrentar dificultades para implementar proyectos de fracking, ya que, aunque no sea ilegal, la falta de apoyo y promoción por parte del gobierno puede influir en el acceso a permisos, recursos o incentivos necesarios para desarrollar esta actividad.

Sin embargo, el lunes 5 de febrero de 2024 el presidente Andrés Manuel López Obrador, mandó su “paquete de iniciativas” al congreso, la cual en materia de Energía buscaba “prohibir la práctica de fracking desde la constitución”. Esta propuesta tiene como objetivo reforzar y actualizar el marco jurídico para “impedir prácticas que dañan el medio ambiente y la salud de la población mediante la prohibición de las actividades de minería a cielo abierto y del **fracturamiento hidráulico (fracking) con agua como fluido base**, para la extracción de hidrocarburos”, dicta literalmente en su exposición de motivos.

Tomando en cuenta esta exposición de motivos, a continuación, se presentan algunos proyectos que han sido investigados y que podrían considerarse para generar un crecimiento en la industria petroquímica y crear una sinergia con esta iniciativa.

- **Tecnologías de Recuperación Mejorada de gas (EGR):** Los desafíos que presentan la obtención de recursos no convencionales, ha conducido a desarrollo de diversas técnicas de mejoramiento de la producción, entre las que destacan “inyección de CO<sub>2</sub> supercrítico como proceso de recuperación mejorada de gas”. El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es utilizado para algunos procesos de fracturamiento hidráulico en zonas áridas o donde existe estrés hídrico, pero como proceso de EGR, no solo ayuda a aumentar el factor de recuperación, sino que el CO<sub>2</sub> inyectado se almacena dentro de la formación disminuyendo los gases de efecto invernadero (Maravilla, 2021).

Existen 2 procesos para inyectar CO<sub>2</sub> dentro de un yacimiento de shale gas

- Inyección continua: Consiste en inyectar CO<sub>2</sub> por medio de múltiples pozos con el fin de incrementar la presión del yacimiento, el dióxido de carbono comenzara un proceso de difusión en los poros entrando a sitios de adsorción más estrechos, lo que se obtiene es que el metano empieza a ser remplazado y el dióxido de carbono se empieza a almacenar en la formación, para este proceso se debe de considerar espaciamiento entre pozos, propiedades de la

matriz, conductividad de la fractura, presión de yacimiento y tiempo de inyección.

- Huff and Puff: Este proceso consiste en tres etapas mediante solo un pozo, convertir un pozo horizontal a uno de inyección de CO<sub>2</sub>, cerrarlo por un periodo de tiempo para permitir el remojo del gas con el CO<sub>2</sub> y; finalmente abrir nuevamente el pozo para producir el gas recuperado. Para este proceso se debe de considerar la presión, gasto y tiempo de inyección, tiempo de remojo, numero de ciclos y propiedades de la fractura como la longitud, conductividad y espaciamiento.

A pesar de que existen retos tecnológicos para la captura, presurización y transporte de CO<sub>2</sub>, la inyección de este fluido en campos de shale gas es una alternativa para la recuperación mejorada de gas natural donde se ocupan fluidos de fractura con agua como fluido base.

- **Tecnologías de Fracturamiento Hidráulico Mejorado:** Se han realizado investigaciones y se ha desarrollado tecnologías que buscan optimizar este proceso para hacerlo más sostenible, eficiente y económico, algunos aspectos serían: “Diseño de fluidos de fractura base aceite y/o espumas, monitoreo avanzado, reducción de impactos ambientales y la investigación geológica avanzada”. Estas tecnologías buscan abordar preocupaciones ambientales, aumentar la eficiencia de la producción y mejorar la sostenibilidad del proceso de fracturamiento hidráulico para la extracción de gas de lutitas (shale gas) de manera más eficiente y sostenible (Ballinas, 2020) .

## 7.2 Proyectos tecnológicos en la rama de la petroquímica

Con base en los productos petroquímicos seleccionados en esta investigación es importante que, si llegan desarrollarse estos proyectos, se conozcan las aplicaciones tecnológicas más recientes y que se estén usando en la industria, así como las que están próximas a desarrollarse. En la industria petroquímica, y en muchas industrias establecidas, es difícil que los procesos sean modificados cuando la infraestructura fue diseñada con una alta eficiencia acompañados de estudios sobre síntesis, caracterización y evaluación de nuevos compuestos químicos con aplicaciones en producción, acondicionamiento y transporte de hidrocarburos,

así como desarrollo de compuestos químicos estratégicos y con valor agregado para las industrias petroquímica y química, obtención en laboratorio de parámetros de reacción para su posterior escalamiento en conjunto, lo anterior, se traduce en años de investigación desarrollada en México principalmente por el Instituto Mexicano del Petróleo (Instituto Mexicano del Petróleo, 2013).

Actualmente los procesos aplicados siguen siendo los mismos, en el caso del etileno con el craqueo térmico, el proceso Lurgi para la obtención del metanol y el amoniaco con el proceso Haber – Bosch, todos estos procesos tienen una característica que se comparte en el algún punto de la transformación, ya sea para el proceso básico o para el producto terminado, los catalizadores (Silva & Quesada, 2010).

Los catalizadores son fundamentales en los procesos para la industria, ellos no intervienen en la transformación química del proceso, su misión primordial es acelerar la reacción para adelantar los procesos en los equipos reduciendo tiempo, costos de operación y otorgando fiabilidad en los resultados esperados para cada producto.

Existen numerosas investigaciones y desarrollos tecnológicos que se han realizado sobre la optimización de los catalizadores. Por ejemplo, uno de los más recientes es el desarrollo de un catalizador que reduce las emisiones a la atmósfera de óxido de azufre ( $SO_x$ ) durante el proceso de refinación de petróleo y algunos procesos petroquímicos, con el que se podría disminuir significativamente las partes por millón de estas emisiones. Este catalizador ha mostrado un comportamiento superior a otros productos disponibles actualmente en el mercado, en pruebas de desempeño industrial (Instituto Mexicano del Petróleo, 2013).

También destaca la tecnología desarrollada para obtener diésel con contenidos ultra-bajos de azufre (UBA), la cual consiste en un catalizador altamente activo a base de níquel-molibdeno. En pruebas piloto, este catalizador mostró; la reducción de los niveles de azufre a por debajo de las 15 partes por millón, la eliminación de compuestos nitrogenados y la reducción en de la concentración de compuestos aromáticos contenidos, mejorando con ello el índice de

cetano del diésel<sup>8</sup>. Este catalizador presenta estabilidad elevada, proyectándose una vida útil por ciclo de operación, mayor a tres años (Instituto Mexicano del Petróleo, 2013).

Este desarrollo contribuye al aumento de vida de los catalizadores y un mejor control en el manejo de los parámetros lo que se traduce en alargar la vida de los equipos de transformación en la industria nacional.

Por otro lado, en el área de tecnología de procesos para la industria petrolera se cuenta con una patente en Rusia y otros cuatro países más sobre el hidrotreatmento catalítico de hidrocarburos pesados del petróleo. Esta tecnología permite mejorar los crudos pesados y extrapesados aumentando su valor en el mercado y ser comercializados, el cual consiste en la hidrogenación catalítica del aceite provocando un aumento de los componentes ligeros, la reducción de la viscosidad y el aumento de la densidad API del petróleo, mediante una reacción con gas natural. Finalmente, aumenta la eficiencia en productos obtenidos como naftas la cual es usada como materia prima secundaria en la petroquímica (Ciudad de México Patente n° WO 2005/005581 A1, 2005).

Estos proyectos tecnológicos pueden contribuir al desarrollo sostenible, mejorar la competitividad de la industria y fomentar la innovación en el sector del gas natural y la petroquímica en México. Su implementación puede depender de la colaboración entre el gobierno, la industria y la comunidad científica y tecnológica.

## **7.3 Propuesta de infraestructura para encaminar la petroquímica en México**

### **7.3.1 Complejo petroquímico Altamira, Tamaulipas**

Altamira forma parte de un área conocida como cuenca de Burgos, la cual es una de las principales áreas productoras de gas natural para el país y produce la principal materia prima para la petroquímica, es la segunda cuenca con mayor producción de gas durante 2023, de

---

<sup>8</sup> Índice de cetano del diésel: Es una medida de referencia del grado de inflamabilidad del diésel, permitiendo conocer la eficiencia de la reacción de combustión del motor, Una combustión de calidad ocurre cuando se produce una ignición rápida seguida de un quemado total y uniforme del carburante. Cuanto más elevado es el número de cetano, menor es el retraso de la ignición y mejor es la calidad de combustión. (Ortíz, 2014)

acuerdo con datos de la CNH. En este sentido, Altamira podría ser una ciudad con gran potencial para la construcción de un complejo, debido a su cercanía con pozos que ya fueron explotados en algún momento y podrían funcionar para crear almacenamiento operativo, estratégico y contingente. La ubicación de Altamira beneficia a la zona norte del país la cual es la zona más industrializada y con la construcción de ductos y la cercanía a los puertos facilita exponencialmente la distribución.

### **7.3.2 Complejo petroquímico Topolobampo, Sinaloa**

Para esta ubicación se consideró la cercanía a dos de los puertos principales en México lo cual incluye el abastecimiento de la materia prima. Una propuesta clara es estudiar la posibilidad de importar gas desde Estados Unidos por medio de ductos, una vez hecha la transformación, se pueden llevar todos los productos básicos por medio de transporte marítimo hacia el centro y sur del país.

Es importante aclarar que las capacidades de los complejos irán de acuerdo con el mercado principal al que debemos atacar pues la misión principal de los proyectos es reducir las importaciones de los productos básicos y secundarios. La consideración importante aquí va de la mano con la materia prima necesitada para operar tomando en cuenta el consumo de gas natural del país.

Entendiendo el cumplimiento de contratos de compra-venta de gas, se sugiere que la cantidad de importaciones sea constante, pues si se aprovecha esto como una oportunidad logística, la ubicación de los [REDACTED] cerca de los puertos principales del país beneficiaría la recepción de la materia prima para llevarla directamente al proceso sin la necesidad de construir grandes tramos de gasoductos. Toda la infraestructura viene respaldada por proyectos de estrategia conjunta, es decir, son avalados por sustento científico y tecnológico, a su vez se suma a la planeación y aplicación para la industria.

Existen procesos y plantas gemelas en la industria de la refinación de las cuales se puede adoptar el esquema. Para la petroquímica no es así, en su momento se adoptaron procesos específicos que ya se ocupaban en las plantas petroquímicas del mundo. Anteriormente, priorizaba el beneficio económico; sin embargo, existe un beneficio adicional en términos de

eficiencia operativa para escoger al proceso que más convenga de acuerdo con las necesidades, esto es, de los productos con mayor demanda.

Actualmente, las tecnologías desarrolladas en el mundo crean procesos más limpios y con mayor rendimiento. Aunque el costo de inversión es alto y no todos los países pueden construirlos, la misión principal es asegurar la materia prima y contar con el abasto suficiente para que los complejos puedan operar. En este sentido, el desarrollo involucra una planificación tecnológica muy importante para México.

## **8. PROYECTOS VISUALIZADOS EN LA REGIÓN DE ALTAMIRA, TAMAULIPAS**

### **8.1 Instalación de dos plantas de fertilizantes, una en el norte y otra en el sur de Tamaulipas**

- **¿Qué?**

La administración federal confirmó la construcción de dos plantas de fertilizantes, una ubicada en el norte del estado (Reynosa) y otra en el sur (aún está por definirse la zona, se está realizando el estudio ingenieril para poder ubicar la planta). PEMEX se hará responsable de la administración y operación de la planta, y privados de la construcción.

#### **El objetivo de este proyecto.**

Lograr una producción anual de 15 mil toneladas de nitrógeno y fosfatos para garantizar el suministro constante de abono a nivel local como nacional. En donde PEMEX, comprará los fertilizantes y los suministrará con base a la estrategia federal. Además, aumentará la producción de gas natural nacional y disminuirá las importaciones. Respondiendo al lema de soberanía energética.

- **¿Cómo?**

Con recursos federales, la inversión inicial alcanza los 400 millones de dólares; así como también el aprovechamiento del gas en la zona norte y sur del estado. Por lo que se necesita gestionar el aumento de la capacidad en el manejo de gas natural.

- **¿Cuándo?**

Iniciaría operaciones de construcción en septiembre de 2024,

- **¿Dónde?**

La instalación de una planta de fertilizantes tendrá lugar en Reynosa y otra en la zona sur.

## **8.2 Aprobación del proyecto de almacenamiento de gas del campo Brasil, en Tamaulipas**

- **¿Qué?**

El estado de Tamaulipas obtuvo la aprobación para realizar el proyecto de almacenamiento de gas del campo BRASIL, en coordinación con CFE.

El campo Brasil podrá almacenar 31 mil millones de pies cúbicos de gas por día, que es lo equivalente a un inventario de 8 días de demanda, y el proyecto requerirá una inversión aproximada de 600 millones de dólares.

### **El objetivo de este proyecto.**

Es construir infraestructura superficial para garantizar el almacenamiento de gas hasta por 31 mil millones de pies cúbicos, la inversión ronda en 600 millones de dólares.

- **¿Cómo?**

Los proyectos ya están aprobados y se requiere una inversión tipo APP (Asociación Pública y Privada), donde los privados inviertan y al finalizar la infraestructura pase a la CFE. El gobierno de Tamaulipas participa como socio en el consorcio para la parte técnica, como para la parte comercial del proyecto y cuenta con una participación accionaria dentro del mismo. La nominación será un proceso que permitirá a las empresas interesadas proponer, de manera no vinculante, el desarrollo de un campo para fines de almacenamiento estratégico, brindando argumentos técnicos, económicos, jurídicos y sociales.

CENAGAS analizará las nominaciones recibidas y seleccionará el campo que le otorgue un mayor beneficio respecto a la seguridad energética del país.

- **¿Cuándo?**

Las licitaciones del campo Brasil se tenían contempladas hasta diciembre de 2023.

- **¿Dónde?**

La nominación será un proceso que permitirá a las empresas interesadas proponer, de manera no vinculante, el desarrollo de un campo para fines de almacenamiento estratégico, brindando

argumentos técnicos, económicos, jurídicos y sociales. Una vez que el campo sea seleccionado, CENAGAS elaborará las bases preliminares de licitación del proyecto de infraestructura de almacenamiento estratégico.

### **8.3 Nuevo parque industrial (Parque desarrollo industrial de la empresa North Point Industrial & Business Park)**

- **¿Qué?**

Se desarrolla un nuevo parque Industrial con una dimensión de 70 hectáreas, de acuerdo con la NORMA MEXICANA NMX-R-046-SCFI-2011 PARQUES INDUSTRIALES este parque entra en la categoría de grande, con una inversión de 100 millones de dólares.

#### **El objetivo de este proyecto.**

Lograr una conectividad entre proveedores y clientes más eficiente, logrando reducir tiempo y costos, aumentando su nivel de productividad y competitividad. El principal objetivo de destino es la cuenca del Atlántico. Aprovechar toda la infraestructura que tiene Altamira para hacer un municipio para la inversión.

- **¿Cómo?**

North Point Industrial & Business Park Altamira Tamaulipas, con una inversión aproximada de 100 millones de dólares, plantea desarrollar este parque industrial con los estándares más altos de calidad. Este parque contará con vialidades de concreto hidráulico, vigilancia 24/7, voz y datos CCTV, red eléctrica, red de agua potable y contra incendios, suministro de gas natural, recolección de basura, barda perimetral, iluminación ecológica y áreas verdes, así como servicios de estacionamiento de tráiler en el exterior e interior, área comercial y de servicios, y centros de negocios con opción de renta de oficinas privadas.

- **¿Cuándo?**

Se tiene estimado terminar en su totalidad el parque industrial para diciembre de 2024, iniciando operaciones a inicios de 2025.

- **Estimaciones de demanda de gas natural para el parque industrial.**

De acuerdo con la NORMA MEXICANA NMX-R-046-SCFI-2011 PARQUES INDUSTRIALES, y tomando como referencia el desarrollo de parques industriales de la misma dimensión se necesitará al menos una producción diaria de 1 millón de pies cúbicos diarios de gas natural para poder cubrir la demanda en este parque industrial.

- **¿Dónde?**

Se encuentra ubicado en el kilómetro 34 de la carretera Tampico-Mante, a 10 minutos del puerto de Altamira y a 20 minutos del Aeropuerto Internacional de Tampico y a 12 minutos del corredor Industrial.

#### **8.4 Desarrollo de un clúster petroquímico <sup>9</sup>en el corredor industrial de Altamira.**

Es uno de los corredores industriales petroquímicos más importantes del país, ubicado en un área de 4,000 hectáreas disponibles, solo se han rehabilitado 500 hectáreas con los servicios básicos, de los cuales los productos comerciales son resinas, poliestirenos, GNL y energía eléctrica. Aproximadamente 32 empresas integran el corredor industrial petroquímico. Actualmente la demanda de gas natural del corredor industrial de Altamira corresponde a 10 millones de pies cúbicos diarios, de acuerdo con datos encontrados con el suministro de gas a corredores industriales petroquímicos en diferentes zonas.

- **¿Qué?**

Tres empresas privadas están contemplando construir un centro procesador de gas, para poder abastecer sus necesidades de etano, para que ellas puedan producir, resinas y polietilenos. Estas empresas importan metanol y etileno.

- **¿Cómo?**

A partir del proyecto de *New Fortress Energy*, el cual consta de la construcción de una terminal de importación de GNL; el objetivo es desarrollar un Complejo procesador de gas

---

<sup>9</sup> Un clúster petroquímico, es un conjunto de empresas que se dedican a producir y transformar productos derivados del petróleo y de gas natural, como plásticos, fertilizantes, solventes. Estas empresas se ubican en una misma zona geográfica y comparten recursos, infraestructura y conocimientos. (Clúster Petroquímico Plástico, 2021)

natural, para satisfacer sus necesidades de demanda de gas natural (etano) y naftas, precursores de la gasolina.

- **¿Cuándo?**

Se estima que la planta de New Fortress esté terminada para mediados del 2025, y este complejo procesador de gas se encuentre terminado para finales de 2026.

- **Estimaciones de demanda de gas natural.**

40 millones de pies cúbicos de gas natural, (20 MMpcd del complejo procesador de gas para obtener etano y 20 MMpcd para la destilación al vacío para obtener naftas).

- **¿Dónde?**

En el corredor industrial petroquímico de Altamira.

A continuación, se muestra en la **Tabla 21** el resumen de los proyectos visualizados en la región de Altamira, que, por motivos de interés, deben de considerarse para el desarrollo del



**Tabla 21.- Proyectos visualizados en la región de Tamaulipas y Altamira. Elaboración propia con información del Economista y de Administración del sistema Portuario Nacional Altamira. 2024.**

<b>Nombre del proyecto.</b>	<b>Objetivo.</b>	<b>Inversión. (dólares)</b>	<b>Inicio de construcción.</b>	<b>Estimación de demanda de gas natural</b>
<b>Plantas fertilizantes en Reynosa y sur de Tamaulipas</b>	Garantizar el suministro constante de abono a nivel local como nacional.	400 millones	Septiembre de 2024	Sin Información
<b>Almacenamiento de gas en campo Brasil</b>	Construir infraestructura superficial para almacenar 31 mil millones de pies cúbicos de G.N, inventario de 8 días.	600 millones	Las licitaciones se tenían contempladas hasta diciembre de 2023.	31 mmpc
<b>Parque Industrial North Point &amp; Business Park (Privada)</b>	Lograr conectividad de productos con la cuenca del Atlántico, reduciendo tiempos y costos aumentando la competitividad del estado.	100 millones	Finaliza la construcción en diciembre de 2024. Inicia operaciones a principios del 2025	1 mmpcd
<b>Clúster petroquímico Altamira. (Privado – Nacional)</b>	Crear un entorno industrial donde las empresas y entidades relacionadas con la industria petroquímica colaboren y se beneficien mutuamente.	Sin Información	1ro-junio -1985	10 mmpcd
<b>Construcción de complejo procesador de gas Altamira (Privados)</b>	3 empresas privadas planean la construcción de un CPG, para satisfacer sus necesidades de etano y naftas, para el desarrollo de resinas y polietilenos a partir de la TGNL <i>New Fortress</i> .	Sin Información	2025	40 mmpcd
<b>Inversión total aproximada</b>		1,100 millones	<b>Estimación total de demanda de gas natural</b>	51 mmpcd, sin contar el almacenamiento en campo de Brasil

## 9. CONSIDERACIONES PARA EL DESARROLLO DE LA PROPUESTA GAS – PETROQUÍMICA

Se considera el puerto de Altamira un lugar estratégico para una [REDACTED], debido a la cercanía con las reservas de gas natural contenidas en el área de Burgos, Tampico-Misantla, Sabina-Burro-Picachos, así como, el inicio para el desarrollo del almacenamiento estratégico en yacimientos agotados, hablando específicamente del campo Brasil, que se localiza en Tamaulipas, cerca de la frontera con Estados Unidos como se puede observar en la **Ilustración 13**. Además, se cuenta con al menos 4 ductos de internación que pueden asegurar el suministro de gas, estos ductos son: 1) Río Bravo, 2) Argüelles, 3) Reynosa y 4) Camargo, así como un ducto marino (Gasoducto Sur de Texas-Tuxpan) que conecta Altamira para abastecer las nuevas centrales de generación ubicadas en este Estado.

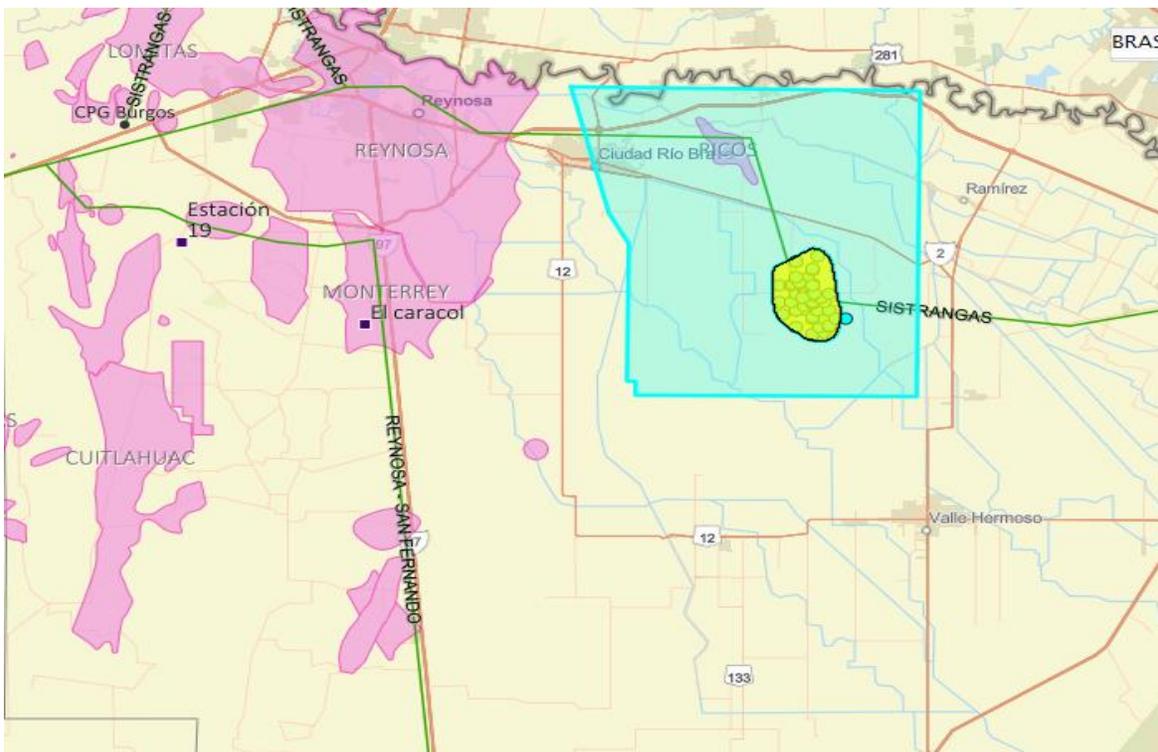


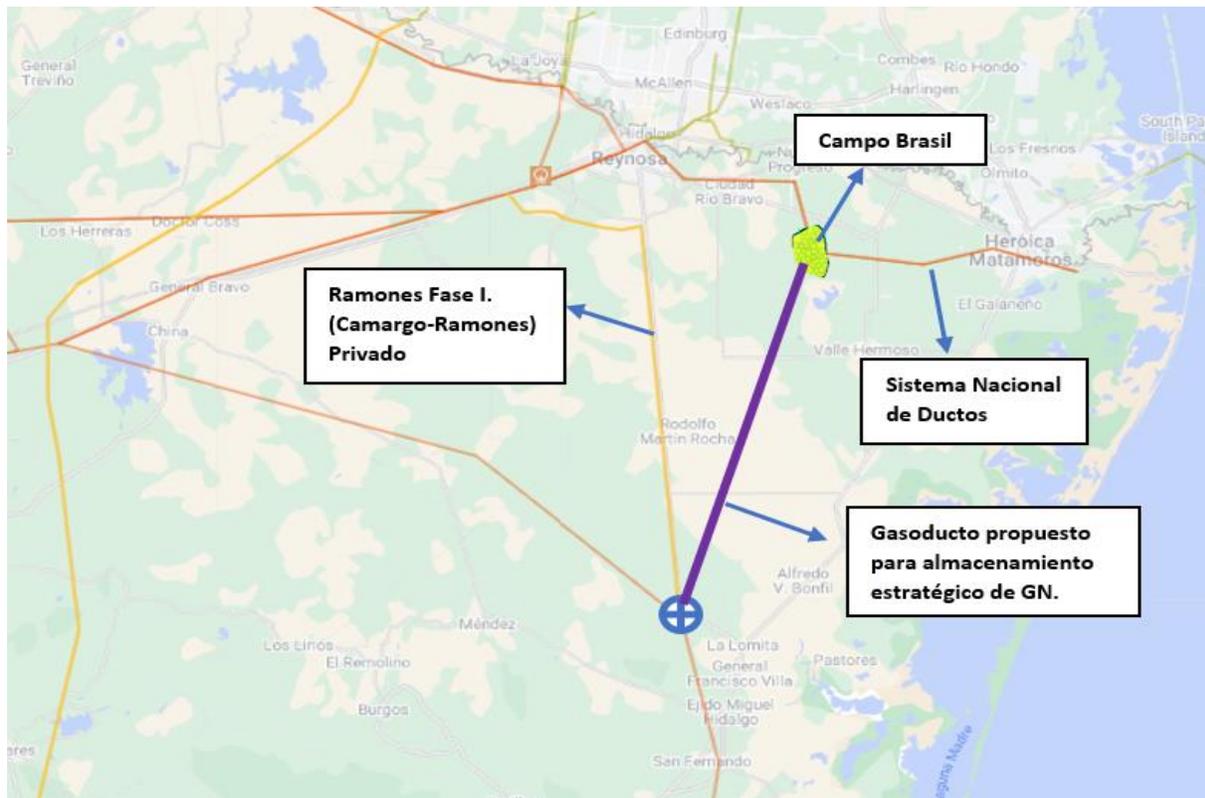
Ilustración 13.- Localización del campo Brasil como almacenamiento estratégico de gas. Obtenido de [mapa.hidrocarburos.gob.mx](http://mapa.hidrocarburos.gob.mx), 2024.

El Sistema Nacional de Gasoductos, propiedad de CENAGAS, pasa por el Estado de Tamaulipas, dicho sistema funge como un sistema central, teniendo otros sistemas periféricos, lo que otorga diversos beneficios, como eficiencia operativa y garantiza el suministro, así como tarifas de transporte competitivas.



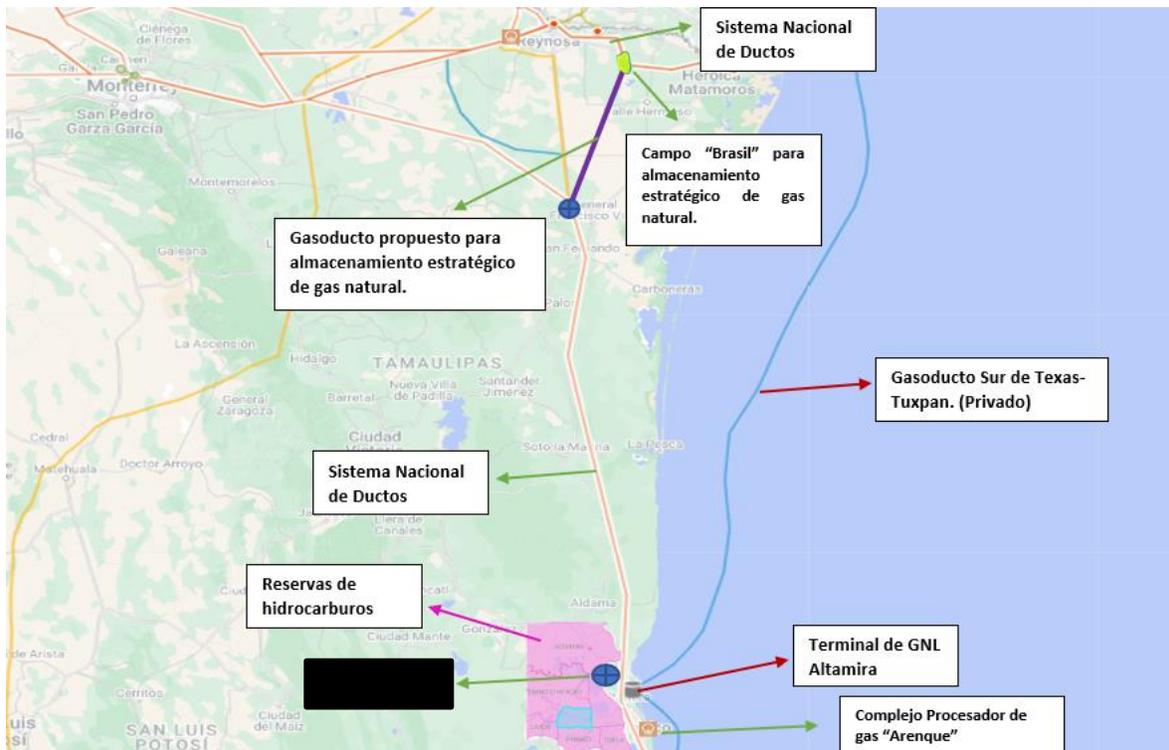
**Ilustración 14.- Reservas de gas en la zona de Altamira. Obtenido de [mapa.hidrocarburos.gob.mx](http://mapa.hidrocarburos.gob.mx), 2024**

Como se observa en la **Ilustración 14**, las zonas rosas indican la presencia de gas, las cuales coinciden con la ubicación del Complejo procesador de gas Arenque. Este conjunto de sistemas ayudaría al desarrollo de un proyecto de gas, aprovechando las reservas para después enviarlo al CPG para su acondicionamiento (eliminación de impurezas) e inyección al SISTRANGAS.



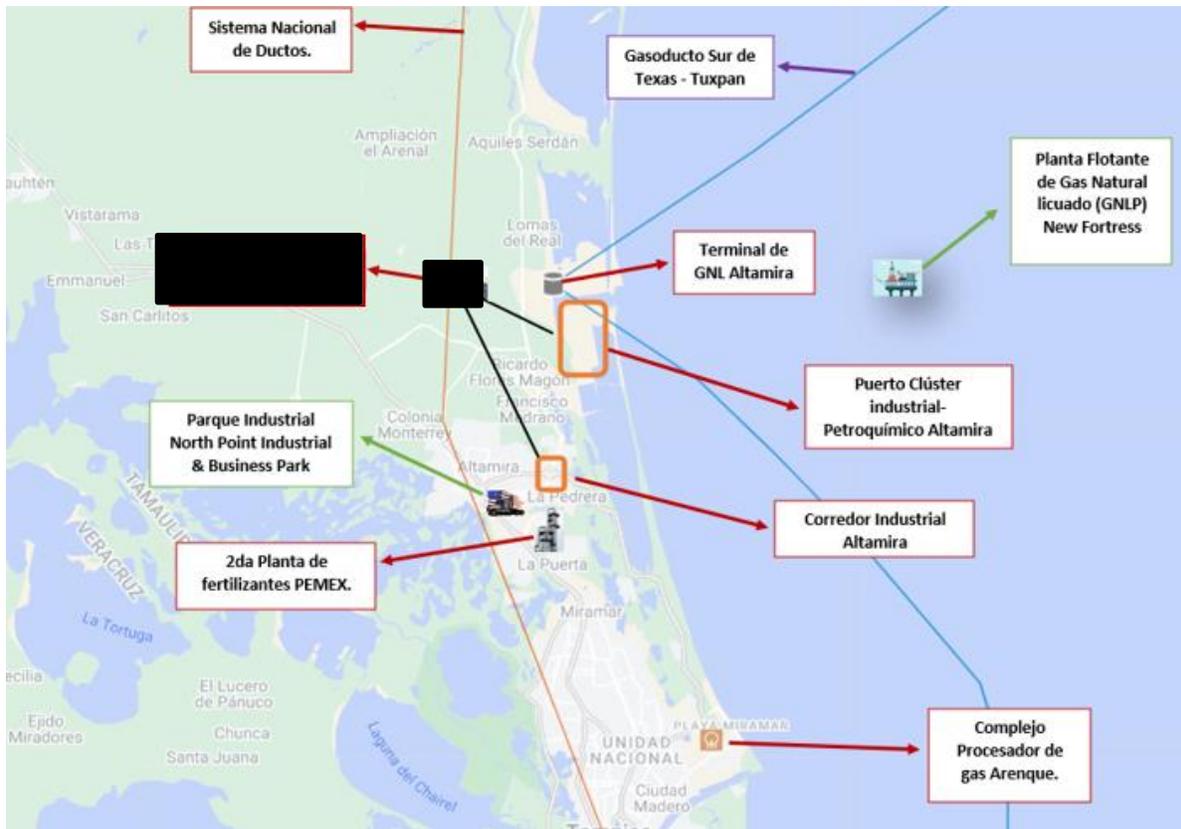
*Ilustración 15.- Gasoducto propuesto para el almacenamiento estratégico de gas natural. Elaboración propia con el mapa de SNG Google maps. 2024.*

En la **Ilustración 15** se presenta el gasoducto propuesto debido a que con el desarrollo de infraestructura especializada en Altamira se desea concentrar la comercialización y distribución del gas con el norte de México. Además, ese punto funcionaría como sistema central para un almacenamiento, y distribución estratégica, garantizando un suministro suficiente y adecuado del gas natural en esa zona.



*Ilustración 16.- Localización de infraestructura de Interés. Elaboración propia con información de SENER y SNG Google maps. 2024*

En la **Ilustración 16** se identifica la ubicación de la [REDACTED], a partir de la cual [REDACTED] abordados en este trabajo [REDACTED]. La presencia de un complejo procesador de gas en esta zona ayudaría a eliminar todas las impurezas del gas producido de las reservas cercanas. La ubicación de este [REDACTED] y [REDACTED] de estos [REDACTED] sería de gran importancia para el crecimiento del [REDACTED] que se está desarrollando en el puerto de Altamira para satisfacer las necesidades locales y nacionales de los productos mencionados. La [REDACTED] tendría las condiciones necesarias para distribuir las necesidades de gas natural, metano y etano de acuerdo con los requerimientos de; 1) [REDACTED], 2) las empresas privadas que se encuentran en el corredor petroquímico, 3) el crecimiento de nuevos corredores industriales en la zona aledaña, 4) la distribución de gas para almacenamiento estratégico y 5) el apoyo para la distribución de gas en la zona del sureste de México (está consideración en menor medida, se deja como propuesta de seguridad para la zona sureste).



*Ilustración 17.- Ubicación del [REDACTED]. Elaboración propia con información de SNG Google maps, 2024.*

En la **Ilustración 17** se puede observar que este [REDACTED] estaría interconectado a la infraestructura de gas natural, así como a los nuevos gasoductos de importación de GNL [REDACTED] [REDACTED] sería el centro [REDACTED] [REDACTED] así como la [REDACTED] hacia la parte norte del país, garantizando el suministro suficiente y adecuado de este recurso.

## 9.1 Elementos estratégicos que hacen sinergia con el [REDACTED]

- **PUERTO:** Su ubicación estratégica ofrece una serie de beneficios, incluyendo una logística más eficiente, mayores oportunidades de comercio internacional con la Unión Europea, América del Norte, Latinoamérica, atracción de inversiones extranjeras y desarrollo económico regional. Esto contribuye al fortalecimiento de la competitividad del sector petroquímico y al impulso del crecimiento económico en la región. Así como a la generación de la diversificación en la importación de GNL y en el mejor de los casos la [REDACTED].
- [REDACTED]: Este [REDACTED] podría producir [REDACTED], que son [REDACTED] para disminuir las importaciones. Se encuentra ubicado [REDACTED], y del corredor petroquímico industrial de Altamira, su ubicación estratégica permitiría el suministro de estos productos a las empresas privadas que necesiten [REDACTED].
- **RESERVAS DE GAS:** Se encuentran cerca [REDACTED], las provincias petroleras de Burgos, Tampico–Misantla, y Sabinas-Burro-Picachos. Estas provincias cuentan con las reservas de gas convencionales y no convencionales más grandes en el país, por lo que son catalogadas como reservas estratégicas o recursos prospectivos. Hasta que el gobierno apruebe leyes que mejoren las condiciones para el fracturamiento, el desarrollo de este tipo de proyectos garantizaría el suministro de gas para el complejo y las industrias relacionadas. También ayudaría a la disminución de las importaciones de gas, y se tendría una menor dependencia del gas de Estados Unidos. Contar reservas de gas natural explotables cerca de [REDACTED] ofrece un suministro estable y confiable, reducción de costos, flexibilidad operativa, desarrollo regional.
- **NUEVA TERMINAL DE [REDACTED]:** Esta terminal ayudaría a diversificar las fuentes de suministro de importación de gas natural, en este caso sería de GNL, cuando exista alguna eventualidad que interfiera con el suministro de gas por parte de Estados Unidos se tendría otra alternativa para apoyar esta eventualidad.

- **RED DE GASODUCTOS:** La red nacional de ductos proporcionaría un suministro confiable de materias primas, reducción de costos de transporte, flexibilidad operativa, eficiencia energética, atracción de inversiones y desarrollo económico regional.
- **PARQUE INDUSTRIAL ALTAMIRA:** Las empresas en el parque pueden aprovechar la infraestructura, las materias primas y los servicios auxiliares proporcionados por el complejo, lo que puede reducir costos y mejorar la eficiencia.
- **[REDACTED]:** puede servir como un centro de actividad, innovación y desarrollo en la industria **[REDACTED]**, proporcionando una serie de beneficios económicos, logísticos y sociales tanto para las empresas como para la región de Altamira en conjunto.

## CONCLUSIONES

- México fue un referente en la producción de productos petroquímicos, específicamente amoniaco, entre las décadas de los 70 y 80. Durante este periodo, la producción de amoniaco en México por parte de PEMEX se incrementó significativamente, posicionando al país como uno de los principales productores en América Latina.
- México es un potencial productor de gas natural, ya que cuenta con yacimientos en tierra, aguas someras y aguas profundas; sin embargo, la producción de gas natural en México ha experimentado una disminución en la producción y un aumento en las importaciones durante los últimos años.
- La insuficiencia y la irregularidad en el suministro de gas natural a los complejos petroquímicos, junto con la falta de mantenimiento adecuado de estas instalaciones, han llevado a los consumidores a recurrir a importaciones de petroquímicos para satisfacer la demanda nacional. Anteriormente México contaba con la capacidad para producir y exportar estos productos. La reactivación de la industria petroquímica mexicana podría generar un mayor valor agregado en comparación con la exportación de crudo o gas natural.
- China y Arabia Saudita han reconocido el gas natural como una alternativa más limpia y versátil en comparación con otros combustibles fósiles. Ambos países están trabajando para integrar sus sectores de gas natural y petroquímica, con el fin de impulsar su desarrollo económico y diversificar su matriz energética. Los modelos de desarrollo energético implementados en estas naciones podrían adaptarse para optimizar el aprovechamiento de los recursos naturales de México y contribuir a cerrar la brecha en el desarrollo de la industria petroquímica nacional.
- [REDACTED] estratégica, debido a que ofrece una serie de beneficios como un puerto, cercanía con los recursos de gas nacionales, ya que ayudaría a la reducción de costos y seguridad con el suministro de gas, o en su defecto si se siguiera importando gas puede ser a través del [REDACTED], y/o para diversificar el suministro de importación de gas, la construcción de una nueva terminal [REDACTED], la cercanía con empresas del parque industrial Altamira, lo que ayudaría es a reducir costos de transporte con los consumidores.

- La cercanía del mercado es importante para una distribución eficiente productos petroquímicos, pero la cercanía con la materia prima es crucial para la eficiencia logística, reducción de costos y seguridad en el suministro de gas.
- Es importante aclarar que [REDACTED] irán de acuerdo con el mercado principal al que debemos atacar, pues la misión principal de este informe es reducir las importaciones de los productos básicos y secundarios. La consideración importante aquí va de la mano con la materia prima necesitada para operar tomando en cuenta el consumo de gas natural del país.
- El alcance de este proyecto dependerá de la capacidad del país para aprovechar sus recursos de gas natural y mantener su infraestructura existente en óptimas condiciones de operación, y promover la sostenibilidad de la industria petroquímica, el cual es una oportunidad para el desarrollo de esta industria en México. El desarrollo de proyectos tecnológicos en la industria del gas natural y petroquímica puede impulsar la eficiencia, sostenibilidad y competitividad en el sector.
- Finalmente, el desarrollo de [REDACTED] que tenga la capacidad de [REDACTED], busca consolidar y expandir la industria petroquímica en México, aprovechando los recursos, fomentado una autonomía y competitividad en el sector petroquímico, invirtiendo en tecnologías innovadoras, y asegurando la calidad y el suministro en la cadena del gas natural, teniendo todo esto, se podría esperar la tan ansiada soberanía energética.

## BIBLIOGRAFÍA

- Administración de Información Energética de EE. UU. (2023). Estadísticas internacionales de energía. *Statistical Review of World Energy*. Obtenido de <https://www.eia.gov/international/analysis/country/SAU>
- Alvarado, R. (2024). Reconfigurando la industria Global: El Auge de China en el Sector Petroquímico. *Energy & Commerce*, 57. Obtenido de [https://issuu.com/energyncommerce/docs/79e\\_c-edicion\\_febrero](https://issuu.com/energyncommerce/docs/79e_c-edicion_febrero)
- Ancheyta, J. (2005). *Ciudad de México Patente nº WO 2005/005581 A1*.
- Anuario Estadístico de la Industria Química. (2020). *Producción de amoniaco*. Ciudad de México: ANIQ. Obtenido de <https://aniq.org.mx/Anuario/2020/Capitulo9/amoniaco.html>
- Anuario Estadístico de la Industria Química. (2020). *Producción de Etileno*. Ciudad de México.: ANIQ.
- Anuario Estadístico de la Industria Química. (2020). *Producción de Metanol*. Ciudad de México: ANIQ.
- Ballinas, J. (2020). Tecnologías multidisciplinares viables para reemplazar al fracturamiento hidráulico, (fracking). *HYGT Chemical de México*, 15. Obtenido de <https://biblat.unam.mx/hevila/Ingenieriapetrolera/2020/vol60/no6/2.pdf>
- Barnés, F. (2023). *La petroquímica del etano en PEMEX, crónica de una muerte anunciada*. Ciudad de México. Obtenido de <https://energia.org.mx/wp-content/uploads/2023/02/La-petroqui%CC%81mica-del-etano-en-Pemex.pdf>
- Berg, R. C. (2023). *The Energy Imperative for Southern México. CSIS (Center for Strategic and International Studies) in Washington*. Washington. Obtenido de <https://www.csis.org/analysis/energy-imperative-southern-mexico>
- Boyce, M. P. (2014). *Handbook for Cogeneration and Combined Cycle Power Plants*.
- CDT. (5 de abril de 2023). *Cámara Chilena de la Construcción*. Obtenido de <https://www.cdt.cl/comenzo-construccion-de-megaproyecto-quimico-entre-china-y-arabia-saudita/>
- CEPAL. (2013). Desarrollo del gas lutita (Shale gas) y su impacto en el mercado energético: reflexiones para Centroamérica. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/27184-desarrollo-gas-lutita-shale-gas-su-impacto-mercado-energetico-reflexiones>
- Clúster Petroquímico Plástico. (2021). Obtenido de Clúster petroquímico-plástico de cartagena y bolívar: <https://clusterppq.com/>
- Comisión Nacional de Hidrocarburos. (2018). *El sector del gas natural: Algunas propuestas para el desarrollo de la industria nacional*. Ciudad de México: CNH. Obtenido de [http://www.gob.mx/Documento\\_Tecnico\\_GasNatural\\_CNH2018\\_\\_1\\_.pdf](http://www.gob.mx/Documento_Tecnico_GasNatural_CNH2018__1_.pdf)

- Comisión Nacional de Hidrocarburos. (2019). *Prospectiva de producción nacional del gas natural*. CNH. Ciudad de México.: CNH. Obtenido de <http://www.gob.mx/Prospectiva-Produccion-Nacional-Gas-Natural>
- Comisión Nacional de Hidrocarburos. (2022). *Retos y Oportunidades de la producción de Petróleo y Gas Natural de Yacimientos No Convencionales en México*. Ciudad de México: CNH. Obtenido de <https://www.gob.mx/cnh/documentos/retos-y-oportunidades-de-produccion-de-petroleo-y-gas-natural-de-yacimientos-no-convencionales-en-mexico>
- Comisión Nacional de Hidrocarburos. (2022). *Prospectiva de producción 2022-2028*. Ciudad de México.: CNH. Obtenido de <https://hidrocarburos.gob.mx/estadisticas/Producción/Reportes/Prospectivadeproducción2022-2028>
- Dirección General de Gas Natural y Petroquímicos. (2015). *Gas Natural*. Ciudad de México: Secretaría de Energía. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166646/Gas\\_Natural.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166646/Gas_Natural.pdf)
- Dirección General de Gas Natural y Petroquímicos. (2019). *Estatus de la Infraestructura de Gas Natural. Secretaría de Energía*. Ciudad de México: SENER. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/408847/Estatus\\_de\\_gasoductos\\_octubre\\_2018.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/408847/Estatus_de_gasoductos_octubre_2018.pdf)
- Dirección General de Reservas. (2023). *Consolidación de las Reservas de Hidrocarburos de la Nación 1 de enero de 2023*. Ciudad de México: CNH. Obtenido de [http://www.gob.mx/Reporte\\_Consolidacion\\_Reservas\\_2023.pdf](http://www.gob.mx/Reporte_Consolidacion_Reservas_2023.pdf)
- Durán, V. H. (22 de ENERO de 2023). Tamaulipas tendrá otra planta de fertilizantes; se ubicará en zona sur. *MILENIO*. Obtenido de <https://www.milenio.com/negocios/tamaulipas-planta-fertilizantes-ubicara-zona-sur>
- Flores, L. (14 de agosto de 2020). Proponen crear complejo petroquímico en Altamira. *El Economista*. Obtenido de <http://eleconomista.com.mx/Proponen-crear-complejo-petroquimico-en-Altamira>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). Repercusiones del conflicto entre Ucrania y la Federación de Rusia en la seguridad alimentaria mundial y asuntos conexos en relación con el mandato de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Obtenido de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/780a3142-f037-4895-a498-365c50046a34/content>
- Galindo, A. (2011). Las relaciones entre China y Arabia Saudita: la diplomacia del petróleo. *Estudios de Asia y África*, 28. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/586/58621365002.pdf>
- García, F. (1996). La petroquímica en México. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 194.

- Gobierno de México. (19 de julio de 2018). *Tecnología IMP para la producción de diésel ultra bajo azufre*. Obtenido de <https://www.gob.mx/imp/articulos/tecnologia-imp-para-la-produccion-de-diesel-ultra-bajo-azufre>
- Gobierno de México. (2024). *Centro Nacional de Control del Gas Natural*. Obtenido de <https://www.gob.mx/cenagas/que-hacemos>
- Gobierno del Estado de Tamaulipas. (2022). *Administración del sistema Portuario Nacional Altamira. Gobierno del Estado de Tamaulipas*. Tamaulipas: Gobierno del Estado de Tamaulipas. Obtenido de <http://www.puertoaltamira.com.mx>
- Gobierno del Estado de Tamaulipas. (2023). *Diagnostico Tamaulipas*. Tamaulipas: Gobierno del Estado de Tamaulipas. Obtenido de <https://www.tamaulipas.gob.mx/inc/ped/diagnostico-ped-2022-2028.pdf>
- Gobierno del Estado de Tamaulipas. (2023). *Plan estatal de desarrollo de Tamaulipas 2023 - 2028*. Tamaulipas.: Gobierno del Estado de Tamaulipas. Obtenido de <https://www.tamaulipas.gob.mx/inc/ped/libro-ped-2023-2028.pdf>
- Gutiérrez R, R. (2008). la política petrolera foxista y la reforma energética, analisis económico. *Revista de Analisis Económico*, 243-270. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/413/41311484014.pdf>
- Gutiérrez, R. (2006). *La política petrolera foxista y la reforma energética*. Ciudad de México.
- Gutiérrez, R. (2008). La política petrolera foxista y la reforma energética, Analisis Económico. *Revista Análisis Económico*, 243-270. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/413/41311484014.pdf>
- Handbook, C. E. (2022). *S&P Global Commodity Insights*. Obtenido de <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/ci/products/petrochemical-industry-chemical-economics-handbook.html>
- hydrocarbons-technology. (2010). *Jurong Island: Singapore's Petrochemical Hub*. Estados Unidos: hydrocarbons-technology.
- Instituto Mexicano del Petróleo. (2013). La catálisis, fortaleza del IMP. Obtenido de <https://petroquimex.com/wp-content/uploads/2013/01/Catalizadores.pdf>
- International Energy Agency. (2018). The future of Petrochemicals Towards more sustainable plastics and fertilisers. 132. Obtenido de [https://iea.blob.core.windows.net/assets/bee4ef3a-8876-4566-98cf-7a130c013805/The\\_Future\\_of\\_Petrochemicals.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/bee4ef3a-8876-4566-98cf-7a130c013805/The_Future_of_Petrochemicals.pdf)
- Konovalov, P. (2022). Asociación energética entre China y Kazajstán. *New Eastern Outlook*. Obtenido de <https://journal-neo.su/2022/04/08/china-kazakhstan-energy-partnership/>
- Leong, T. W. (2016). *Jurong Island: What It Takes to Achieve A World-class Petrochemicals Hub*. Estados Unidos: Prostruct Consulting. Obtenido de <https://prostruct.com.sg/perspective/jurong-island-takes-achieve-world-class-petrochemicals-hub/>

- Maravilla, G. F. (2021). *Inyección de CO2 para la recuperación mejorada de gas en yacimientos de shale gas*. Ciudad de México: Pulso Energético. Obtenido de Inyección de CO2 para la recuperación mejorada de gas en yacimientos de shale gas - Pulso Energético (pulsoenergetico.org)
- Martínez Laguna, N. (2001). Evolución y expresión territorial de la industria petroquímica en México. *Scientific Electronic Library Online*, 46. Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-46112001000300008](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112001000300008)
- Moreno, L. (30 de noviembre de 2015). Tamaulipas puede ser clúster petroquímico. *Milenio*. Obtenido de <http://www.milenio.com/Tamaulipas-puede-ser-cluster-petroquimico>
- NS Energy. (2021). Xudabao Nuclear Power Plant. Obtenido de <https://www.nsenergybusiness.com/projects/xudabao-nuclear-power-plant/?cf-view>
- Odisio, J. (2018). Empresas del Estado y Petroquímica en México y Argentina durante la industrialización por sustitución de importaciones. *Signos Historicos*, 40.
- Ortiz, M. A. (2014). *Estudio Comparativo del Uso del Diesel entre Europa y Ecuador, Utilizado para Motores de Vehículos*. Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/610/1/T-UIDE-0560.pdf>
- P., G. (2011). *La petroquímica en México y el mundo*. Ciudad de México.: Comercio Exterior.
- PEMEX. (2024). *Información operativa, financiera y administrativa*. Ciudad de México. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/913864/CPM\\_Pemex\\_resultados\\_03may24.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/913864/CPM_Pemex_resultados_03may24.pdf)
- PEMEX PETROQUIMICA. (2023). *Amoniaco*. Ciudad de México: PEMEX. Obtenido de PEMEX | Amoniaco
- Pérez, L. (2021). *The U.S. Strategy for Exporting Liquefied Natural Gas And Its Project for Establishing Energy Domination*. Ciudad de México: CISAN-UNAM. Obtenido de <https://doi.org/10.22201/cisan.24487228e.2020.1.424>
- Perkins, D. H. (2013). China: un nuevo modelo de crecimiento y desarrollo. *Harvard Kennedy School*, 17. Obtenido de <https://www.hks.harvard.edu/publications/new-institutions-new-development-model>
- Petróleos Mexicanos. (2022). *Plan de Negocios de Petróleos Mexicanos y sus empresas productivas subsidiarias 2023-2027*. Ciudad de México: PEMEX. Obtenido de [http://www.pemex.com/acerca/plan-de-negocios/Documents/pn\\_2023-2027\\_total.\\_pdf](http://www.pemex.com/acerca/plan-de-negocios/Documents/pn_2023-2027_total._pdf)
- Rebecca Onuschak, S. B.-S. (2020). *Integrated Energy. INL is a U.S. Department of Energy National Laboratory operated by Battelle Energy Alliance, LLC*.
- (2013). *Reforma Energética*. México: Gobierno de la República. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/10233/Explicacion\\_ampliada\\_de\\_la\\_Reforma\\_Energetica1.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/10233/Explicacion_ampliada_de_la_Reforma_Energetica1.pdf)

- Reuters. (2023). Los principales gasoductos de importación de China. Obtenido de <https://www.reuters.com/markets/commodities/chinas-main-import-gas-pipelines-2023-05-24/>
- Ríos, R., & Borraz, C. (2009). Técnicas avanzadas de optimización en sistemas de transporte de gas natural. 13. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/2020/1/GASNATURAL.pdf>
- Secretaría de Energía – Comisión Reguladora de Energía. (2012). *Firman acuerdo de coordinación en materia de gas natural, la SENER, La CRE y el Gobierno del estado de Tamaulipas*. Ciudad de México: CRE. Obtenido de <https://www.cre.gob.mx/documento/360.pdf>
- Secretaría de Energía. (2014). *Prospectiva del mercado de gas natural 2012-2026*. Ciudad de México.: SENER. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62957/Prospectiva\\_del\\_Mercado\\_de\\_Gas\\_Natural\\_2012-2026.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62957/Prospectiva_del_Mercado_de_Gas_Natural_2012-2026.pdf)
- Secretaría de Energía. (2015). *¿Qué es la Petroquímica?* Ciudad de México: Gobierno de México. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/6970/Petroquimica\\_final.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/6970/Petroquimica_final.pdf)
- Secretaría de Energía. (2018). *Política Pública en Materia de Almacenamiento de Gas Natural*. Ciudad de México: SENER. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/312167/Documento\\_Pol\\_tica\\_P\\_blica\\_de\\_Almacenamiento.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/312167/Documento_Pol_tica_P_blica_de_Almacenamiento.pdf)
- Secretaría de Energía. (2018). *Prospectiva de Gas Natural 2018-2032*. Ciudad de México.: SENER. Obtenido de [http://base.energia.gob.mx/Prospectivas18-32/PGN\\_18\\_32\\_F.pdf](http://base.energia.gob.mx/Prospectivas18-32/PGN_18_32_F.pdf)
- Secretaría de Energía. (2020). *Plan quinquenal de licitaciones para la exploración y extracción de hidrocarburos 2020-2024*. Ciudad de México.: SENER. Obtenido de [http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/591060/Plan\\_Quinquenal\\_2020-2024\\_vf\\_2.pdf](http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/591060/Plan_Quinquenal_2020-2024_vf_2.pdf)
- Secretaría de Energía. (2023). *Prontuario Estadístico*. Ciudad de México: SENER. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/788927/202212\\_En\\_elaboraci\\_n\\_Formato\\_-\\_Accesibilidad.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/788927/202212_En_elaboraci_n_Formato_-_Accesibilidad.pdf)
- Secretaría de Energía. (2020). *Plan Quinquenal de Expansión del Sistema de Transporte y Almacenamiento Nacional Integrado de Gas Natural 2024, con visión a 15 años*. Ciudad de México: SENER. Obtenido de [http://www.gob.mx/2PQ\\_SISTRANGAS\\_2020\\_2024\\_\\_05-11-2020\\_.pdf](http://www.gob.mx/2PQ_SISTRANGAS_2020_2024__05-11-2020_.pdf)
- Secretaría de Energía. (2022). *Segunda Revisión del Plan Quinquenal de Expansión del SISTRANGAS 2020-2024*. Ciudad de México.: SENER. Obtenido de <http://www.gob.mx/centrogas/documentos/segunda-revision-del-plan-quinquenal-de-expansion-del-sistrangas-2020-2024>
- Secretaria de Gobernación. (1970). *Sexto informe de Gobierno 1970*. ciudad de México: Secretaria de Gobernación. Obtenido de <https://memoriapoliticademexico.org>

- Secretaría de Hacienda. (2022). *Proyecto de Presupuesto de Egresos de la Federación 2023; Programa y Proyectos de Inversión*. Ciudad de México.: SHCP. Obtenido de c:\\pefpviet.rdf.pdf (hacienda.gob.mx)
- Silva, E., & Quesada, B. (2010). El proceso Haber-Bosch en la sociedad agroindustrial: peligro y alternativas. 23. Obtenido de <https://biblioteca.clacso.edu.ar/Colombia/ilsa/20130711050649/3.pdf>
- Singapore Business Review. (2014). *Singapore now one of Asia's major petrochemical and refining hubs*. Estados Unidos: US Energy Information Administration. Obtenido de <https://sbr.com.sg/energy-offshore/in-focus/singapore-now-one-asias-major-petrochemical-and-refining-hubs>
- Sordo, A. M., & López, C. R. (1988). *Exploración de petróleo en México: Antecedentes y evolución, 1938-1985*. Ciudad de México.: El colegio de México. Obtenido de [https://petroleo.colmex.mx/wp-content/uploads/2021/05/exploracion\\_petroleo\\_mexico.pdf](https://petroleo.colmex.mx/wp-content/uploads/2021/05/exploracion_petroleo_mexico.pdf)
- U.S. Energy Information Administration. (2023). *Country Analysis Brief: México*. U.S. U.S: Energy Information Administration. Obtenido de <https://www.eia.gov>
- Xiaohui, C., Zhicheng, L., & Xing, L. (2018). La revolución del gas de lutita en China-problemas y contramedidas. *Earth Sciences Research Journal*, 22. Obtenido de [http://scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-61902018000300215](http://scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-61902018000300215)