

**UNIVERSIDAD
PANAMERICANA**

Escuela de Gobierno y Economía

Posgrado

**EVALUACIÓN DE LA COMPETENCIA EN EL MERCADO
DE ALMACENAMIENTO DE PETROLÍFEROS**

Alan Israel Jiménez Pérez

Doctor en Economía y Regulación Energéticas

Director de la tesis: Dr. José Carlos Ramírez Sánchez

Ciudad de México, a 21 de septiembre de 2022

A mis padres, por mi pasado.

A mi esposa, por nuestro presente.

A mi hijo, por su futuro.

Agradecimientos

En la realización de la presente investigación, deseo agradecer a Alejandro Esparza, Iris Galicia, Julieta Tinoco, Mónica Ramírez y Erick Pérez, de quienes aprendí todo cuanto sé en materia de almacenamiento de petrolíferos.

Agradezco también a quienes de manera directa o indirecta contribuyeron en la elaboración de esta tesis: Stephanie Ocaña, con su paciencia; Eugenia Pérez, Manuel Jiménez, Elizabeth Cortés, Leopoldo Ocaña, Joan Jiménez y Edgar Jiménez, con su apoyo incondicional; Armando González, con sus valiosos comentarios, y Andrés León, Jorge García, Pablo Soto y Diana Sánchez, con su amistad. Que este esfuerzo sea ejemplo de perseverancia para Juan González, Óscar Jiménez y Alison Ocaña.

Finalmente, agradezco la guía del Dr. José Carlos Ramírez durante todo el proceso de elaboración de la tesis, así como al Dr. Francisco Ortiz, de quien recibí todo el apoyo institucional.

Índice

1. Introducción	6
2. Poder de mercado y mercado relevante	10
2.1 Poder de mercado y mercado relevante	10
2.2 El mercado relevante	19
2.2.1. Dimensión producto	19
2.2.2 Dimensión geográfica	23
2.3 Poder de mercado, concentración de mercado y mercado relevante en la práctica nacional e internacional	27
2.3.1 Regulación en México, Europa y Estados Unidos	27
2.3.1.1 Poder de mercado	27
2.3.1.2. Concentración de mercado	29
2.3.1.3. Mercado relevante	30
2.3.2 Casos relevantes en México, Europa y Estados Unidos	32
3. Los petrolíferos y su cadena de valor	38
3.1 Refinación	41
3.2 Importación	45
3.3 Comercialización	49
3.4 Transporte	51
3.4.1 Transporte por buquetanque	52
3.4.2 Transporte por carrotanque	54
3.4.3 Transporte por autotanque y semirremolque	56
3.4.4 Transporte por ducto	58
3.5 Almacenamiento	61
3.6 Distribución	72
3.7 Expendio	75
3.8 Recapitulación de los elementos del análisis de la cadena de valor más relevantes para el análisis de competencia	77
4. La regulación en México de la actividad de almacenamiento de petrolíferos	80
4.1 Regulación de las autoridades competentes	80
4.1.1 Secretaría de Energía	80
4.1.2 Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente	83
4.1.3 Comisión Reguladora de Energía	83
4.2 Permisos, autorizaciones y obligaciones	86

4.3	Regulación asimétrica a Pemex	91
4.4	Tarifas	97
4.5	Reforma a la Ley de Hidrocarburos	102
4.6	Recapitulación de los elementos regulatorios más relevantes para el análisis de competencia	105
5.	Datos, metodología y resultados	107
5.1	Datos	107
5.2	Metodología	117
5.2.1	Consideraciones generales	117
5.2.2	<i>Clusters</i>	117
5.2.2.1	Distancias y similitud	119
5.2.2.2	Clusters jerárquicos	123
5.2.2.3	Clusters partitivos	126
5.2.2.4	Validación y número óptimo de clusters	128
5.2.2.5	Ensamble de clusters	130
5.3	Implementación de la metodología	136
5.3.1	Selección del número de <i>clusters</i> por categoría	136
5.3.2	<i>Clusters</i> por categoría	143
5.3.3	Ensamble de <i>clusters</i>	145
5.4	Resultados	149
5.4.1	Limitaciones de los resultados y futuras líneas de investigación	157
6.	Conclusiones y recomendaciones de política pública	160
	Fuentes bibliográficas	163

1. Introducción

A finales de la década de los años ochenta del siglo pasado, México inició el proceso de desincorporación estatal de varias industrias. Si bien las privatizaciones de la banca y de la industria telefónica fueron las más representativas de dichos procesos, hubo privatizaciones en otras industrias, como la siderúrgica, la azucarera, la ferrocarrilera y la aeroportuaria (Sacristán, 2006). De todas ellas, solo la industria energética se mantuvo bajo control estatal.

La creación de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en 1937 y la de Petróleos Mexicanos (Pemex) en 1938 respondió al interés del Estado de tomar el control de la industria energética. La industria de los hidrocarburos fue nacionalizada el mismo año que la creación de Pemex, en tanto que la industria eléctrica lo fue en 1960 (CFE, s.a.). A partir de entonces, la industria energética fue administrada exclusivamente por el Estado mexicano.

Desde la década de los noventa fueron abriéndose pequeños espacios a agentes privados para el apoyo en ciertas actividades que hasta entonces realizaba Pemex de manera exclusiva. En el caso particular de los petrolíferos, la entonces empresa paraestatal terciaba los servicios de distribución y transporte por medio de autotankers y semirremolques. Otras actividades, como la producción o el transporte por ductos, se mantuvieron bajo el control de Pemex.

El almacenamiento de petrolíferos fue considerada una actividad exclusiva del Estado hasta la entrada en vigor de la serie de modificaciones al marco regulador (incluyendo la constitución, leyes y reglamentos derivados) realizada en 2013 y denominada Reforma Energética. Con estas modificaciones al marco legal, las personas físicas y morales fueron habilitadas para llevar a cabo diversas actividades en materia de petrolíferos, sin estar sujetas a una relación de contratación con la ahora denominada Empresa Productiva del Estado.

La participación de nuevos agentes económicos dibujó un nuevo panorama en el esquema monopólico de la industria y permitió a los comercializadores contar con opciones de servicio distintas a Pemex. Una industria con las características del almacenamiento de petrolíferos demanda variedad en el servicio, a fin de satisfacer las necesidades de logística, tales como ubicación, formas de entrega y recepción de productos y tipo de productos a almacenar.

Si bien la incorporación de nuevos agentes a la industria puede aumentar el grado de competencia *a priori*, es necesario evaluar de qué manera las características de logística afectan las nuevas condiciones de competencia. Esto es, es importante

entender las condiciones inherentes a la planta y su conectividad que pueden determinar la intensidad de la competencia que experimenta un mercado incipiente.

El problema del que parte esta investigación consiste en que hasta ahora no se ha realizado una evaluación de la competencia en la industria del almacenamiento de petrolíferos en México. Esta evaluación cobra relevancia en un contexto en el que una nueva administración se ha comprometido a fortalecer a Pemex, en detrimento de sus competidores en los distintos eslabones de la cadena de valor de los petrolíferos, bajo el argumento de que un número importante de agentes económicos ha logrado ingresar a los mercados de petrolíferos.

En este contexto, es objeto general de la presente investigación determinar si existen condiciones de competencia suficientes en la actividad del almacenamiento de petrolíferos en México. Para lograrlo, la investigación se apoyará en los siguientes objetivos específicos:

1. Determinar una metodología que permita definir los mercados relevantes de la actividad de almacenamiento.
2. Analizar el funcionamiento particular de la industria en México, así como revisar las principales consideraciones regulatorias que pueden incidir en la definición de la existencia de condiciones de competencia.
3. Identificar la existencia de poder sustancial en los mercados relevantes definidos previamente.

La hipótesis de la presente investigación es la siguiente: el almacenamiento de petrolíferos en México no tiene condiciones de competencia porque la capacidad que Pemex mantiene es superior al máximo de referencia en cada mercado relevante obtenido mediante *clusters* que consideran información logística y geográfica. Esta hipótesis, basada en el análisis de las características relevantes del almacenamiento y no únicamente en su ubicación geográfica, permite recuperar información de la demanda que las técnicas tradicionales no aprovechan. En tal virtud, resulta relevante llevar a cabo un análisis minucioso de todos los elementos que pudieran resultar relevantes en la actividad de almacenamiento de petrolíferos, ya que perder de vista alguno de ellos puede influir determinantemente en el resultado de la investigación.

La relevancia de esta investigación consiste en el uso de una técnica novedosa en el campo de la competencia económica para la determinación de mercados relevantes de un servicio que presenta diferencias que podrían ser considerables. A diferencia de los análisis tradicionales, un enfoque multidimensional, como el que

permite esta técnica, analiza el conjunto de elementos que caracterizan a un servicio y en los que puede existir cierta diferenciación. La caracterización que realiza el método de *clusters* permite justificar de manera robusta que existe cierto grado de sustitución entre terminales, el cual se basa en un conjunto de características y no únicamente en una de ellas. Asimismo, la presente tesis cobra importancia práctica, pues sus resultados podrían determinar el grado de regulación a la que son sometidos los almacenistas de petrolíferos en nuestro país. De igual manera, dichos resultados contribuirían al entendimiento del funcionamiento de los mercados de esta actividad y a la identificación de las regiones que carecen de infraestructura suficiente para realizar el almacenamiento de petrolíferos.

El método utilizado en esta investigación es la del ensamble de *clusters*. Este método se ha empleado en diversos campos del conocimiento, tales como informática, *big data*, genética y biología; sin embargo, hasta donde fue investigado, se trata de la primera vez que es utilizado para definir mercados relevantes. Fue elegido el ensamble de *clusters* como el método para esta investigación debido a tres factores: i) proporciona resultados más robustos que las técnicas de *clusters* simples; ii) permite considerar un conjunto de características en lugar de centrarse en una sola de ellas, y iii) puede utilizarse a pesar de la carencia de información relacionada con los precios del servicio de almacenamiento.

Los datos utilizados para esta investigación provinieron mayormente de los permisos otorgados por la Comisión Reguladora de Energía (CRE) para la realización de esta actividad. Dichos datos fueron complementados con estimaciones propias de distancias entre terminales o de estas hacia medios de transporte o de suministro relevantes. Los datos fueron estructurados en una base de datos relacional estática. Dadas las características de los datos, no fue necesario realizar algún tratamiento estadístico o econométrico previo a su uso en el modelo de ensamble de *clusters*. Los pormenores de la recolección de datos y su estadística descriptiva pueden encontrarse en el capítulo 5 de la presente investigación.

Las principales conclusiones de esta investigación son las siguientes. Considerando a todos los permisionarios de almacenamiento, existen siete mercados relevantes de almacenamiento de petrolíferos, de los cuales dos presentan condiciones de competencia. Por otra parte, tomando en cuenta únicamente a los permisionarios que ya han iniciado operaciones, el país se divide en seis mercados relevantes y ninguno de ellos presenta condiciones estructurales de competencia. Estos hallazgos cobran importancia al ser el primer estudio de competencia que se haya realizado sobre este mercado y sugiere que los subsecuentes estudios en esta materia tomen en consideración las características asociadas con la logística propias de esta actividad.

La investigación se realiza en un momento que puede considerarse afortunado. Por un lado, han transcurrido siete años desde que el nuevo marco regulador permitió *de facto* la operación de empresas distintas a Pemex a esta industria. Este lapso es razonable para una industria que se caracteriza por sus altos costos hundidos y la práctica común de apalancar un proyecto de terminal a las necesidades de un cliente (comercializador) específico. Por otro lado, el gobierno federal electo en 2018 ha comenzado a reforzar a la Empresa Productiva del Estado, lo que puede enviar mensajes preventivos a empresas interesadas en ingresar al sector.

El presente trabajo de investigación se estructura de la siguiente manera. El capítulo 2 presenta los conceptos relevantes relacionados con la definición de condiciones de competencia y los casos de competencia relevantes para esta investigación. El tercer y cuarto capítulos contextualizan la actividad de almacenamiento: en el primero de ellos se describe cómo opera esta y las actividades relacionadas; en el segundo se revisa exhaustivamente la regulación aplicable en México. El quinto capítulo presenta los datos, la metodología específica para tratarlos, su aplicación en el mercado de almacenamiento de petrolíferos y los resultados de la investigación. El capítulo 6 presenta las conclusiones de la tesis.

2. Poder de mercado y mercado relevante

2.1 Poder de mercado y mercado relevante

Un resultado básico del análisis microeconómico consiste en hacer notar que, a medida que un agente económico que produce un bien o presta un servicio puede realizar acciones unilaterales en su beneficio, los consumidores ven reducidos su bienestar. En un extremo, la competencia perfecta inhibe que cualquiera de los productores pueda tomar decisiones sobre el precio o la producción. En el otro extremo, en un monopolio, un solo agente puede determinar ambas variables. Esta capacidad que poseen los productores se denomina poder de mercado.

El poder de mercado ha sido definido de diversas maneras. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, s.a.) define el poder de mercado como “la habilidad de una empresa (o un grupo de empresas) para incrementar y mantener el precio por encima del nivel que prevalecería bajo competencia”. Mackenrodt (2008) indica que “el poder de mercado se encuentra cuando una empresa puede incrementar precios y disminuir cantidad y causar daño a los consumidores”. Por su parte, Hüscherlath (2009) señala que “una empresa tiene poder de mercado si puede actuar (en gran medida) de manera independiente de competidores, entrantes, proveedores o clientes”. A su vez, Carlton y Perloff (2016) definieron el poder de mercado como “la habilidad de una empresa de fijar una rentabilidad de precio por encima del nivel competitivo (costo marginal)”.

A las definiciones anteriores, pueden añadirse los diversos efectos negativos que el poder de mercado posee (Pirrong, 1959):

- i. Representa una forma de manipulación del mercado.
- ii. Generan respuestas populares, legales y legislativas.
- iii. Facilitan la existencia de otras conductas de manipulación.
- iv. Distorsiona los contratos.
- v. Distorsiona las decisiones de consumo y producción, lo que provoca una pérdida irrecuperable de eficiencia.
- vi. Da lugar a la especulación.

La importancia del poder de mercado radica en conocer la capacidad que tiene una o más empresas para manipular un mercado y aprovechar las características de este a su favor. Las agencias encargadas de vigilar y promover la competencia en los países buscan determinar en las investigaciones que llevan a cabo el poder de mercado que una o varias empresas pueden ejercer, ya que es un indicio de que estas pueden realizar acciones que dañan la competencia. Si una empresa no cuenta con poder de mercado, hay menos posibilidades de que su conducta pueda hacer algún daño al mercado.

En este sentido, es común que en las legislaciones de los países exista una diferenciación entre conductas dañinas que empresas pueden emprender en un mercado. Estas conductas se clasifican en dos:

- i. **Absolutas (también llamadas cárteles):** se refieren a aquellas que causan un daño en sí mismas al mercado y son las que implican la colusión entre empresas para determinar precios o cantidades, así como la segmentación de mercados.
- ii. **Relativas (también llamadas abuso de dominancia):** son las que ocurren cuando una o varias empresas, haciendo uso de su poder de mercado, buscan desplazar indebidamente a sus competidores. Algunas de las prácticas que pueden considerarse relativas son: negativa de trato, ventas atadas, precios predatorios, discriminación de precios, subsidios cruzados y estrechamiento de márgenes.

En particular, la legislación en México hace esa distinción en los artículos 53, 54 y 56 de la Ley Federal de Competencia Económica (LFCE), los cuales definen qué se entenderá por cada una de dichas conductas. Es importante considerar que las prácticas relativas únicamente pueden ser encuadradas como tales cuando la empresa que las llevó a cabo cuenta con poder de mercado. Así lo establece el artículo 54 de dicha ley:

Se consideran prácticas monopólicas relativas, las consistentes en cualquier acto, contrato, convenio, procedimiento o combinación que:

[...]

II. Lleve a cabo uno o más Agentes Económicos que individual o conjuntamente tengan poder sustancial en el mismo mercado relevante en que se realiza la práctica [...].

De esta manera, el poder de mercado no solo es relevante para determinar la capacidad de una empresa para distorsionar un mercado, sino que también resulta fundamental desde un punto de vista legal para definir si puede considerarse una práctica punible. A pesar de la importancia del concepto de poder de mercado, no existe un consenso respecto a la manera como debe ser medido. La medición del poder de mercado depende no solo del enfoque que el investigador busque ofrecer y de la estructura del mercado investigado, sino también incluso de la disponibilidad de datos.

El poder de mercado suele medirse mediante la distancia que existe entre el precio de referencia obtenido en condiciones de un mercado en competencia perfecta y el precio bajo el que efectivamente se realizan las transacciones. El índice de Lerner es la medida básica utilizada para medir el poder de mercado, y se deriva directamente de las condiciones de primer orden de la maximización de beneficios de las empresas (OCDE, 2012). Este índice se expresa de la siguiente manera:

$$L = \frac{p_i - c_i}{p_i} = \frac{1}{\varepsilon}$$

donde p_i es el precio de mercado para el producto i , c_i es el costo marginal de producir dicho bien, y ε se refiere a la elasticidad precio del bien seleccionado.

Perloff, Karp y Golan (2007) proponen en su libro *Estimating Market Power and Strategies* una clasificación de las diversas metodologías para estimar el poder de mercado. Algunas de las más importantes se presentan a continuación:

- i. **Modelos de estructura-conducta-desempeño.** Utilizan típicamente dos fases: primero se obtiene una medida del desempeño mediante métodos directos y varias medidas de estructura de diversas industrias; posteriormente, se utilizan observaciones interindustriales para hacer regresiones sobre las medidas de desempeño.

- a. Tasa de rendimiento. Se calcula la tasa de rendimiento que una empresa tiene y se compara respecto a la del mercado relevante.

$$r = \frac{\text{Ingreso} - \text{Costos laborales} - \text{Costos materiales} - \delta p_k K}{p_k K}$$

donde δ representa la depreciación y p_k y K el precio del capital y la cantidad de capital respectivamente.

- b. Margen precio-costo. Es la aplicación del índice de Lerner, si bien en ocasiones, dada la dificultad de obtener información sobre costos marginales, se utiliza el costo medio variable:

$$MPC = \frac{p_i - CMV_i}{p_i}$$

- c. Q de Tobin. Se calcula como el cociente del valor de mercado de una empresa y el costo de reemplazo de los activos de dicha empresa (Lindenberg y Ross, 1981):

$$q = \frac{\text{Valor de mercado del capital instalado}}{\text{Costo de reemplazo del capital}}$$

- ii. **Modelos estructurales estáticos.** En muchas ocasiones no es posible acceder a información relacionada con costos; los modelos estructurales estiman simultáneamente el comportamiento de la empresa y sus costos marginales. Estos modelos también pueden utilizar formas reducidas o estimaciones no paramétricas para determinar poder de mercado al observar los cambios en los precios cuando hay variaciones en los costos.

- a. Modelo estructural. Requiere el uso de dos ecuaciones: la de demanda y la de costo marginal:

$$p = p(Q, Z)$$

$$IMg(\lambda) = p + \lambda p_Q(Q, Z)Q = CMg(Q, w)$$

donde Z es un vector de variables exógenas que afectan la demanda de la industria pero no su costo marginal, w es un vector de variables exógenas que afectan el costo marginal pero no la demanda de la industria, y λ es un parámetro de conducta (igual a cero si el ingreso marginal es igual al precio y el mercado es competitivo, y es igual a uno si el ingreso marginal es igual al ingreso marginal del monopolio). Mediante métodos econométricos, deben estimarse λ y el costo marginal.

- b. Modelos no paramétricos y en forma reducida. A diferencia de los modelos estructurales, los modelos no paramétricos no estiman las curvas de demanda y de costos, sino que solo prueban si un mercado es competitivo o no. El modelo propuesto por Domowitz, Hubbard y Petersen (1988) asume una función de producción de la forma¹:

$$y = Ae^{\gamma} f(x_1, x_2, x_3)$$

donde γ es la tasa técnica de progreso y A representa un shock a la productividad. A continuación se calcula el residual de Solow para esta tecnología y se modifica para incluir β como el índice de Lerner:

$$\frac{\dot{y}}{y} - \frac{\alpha_{x2}\dot{x}_2}{x_2} - \frac{\alpha_{x3}\dot{x}_3}{x_3} = \frac{\dot{A}}{A} + \gamma + \beta \frac{\dot{y}}{y}$$

Para estimar β se utiliza el método de variables instrumentales.

- iii. **Modelos estructurales dinámicos.** Este tipo de modelos enfatiza el comportamiento estratégico que presentan las empresas al participar en un mercado. Los modelos dinámicos se basan en el concepto de equilibrio perfecto en subjuegos, ya que considera a los participantes de un mercado como jugadores en un juego repetido en el que tienen la posibilidad de cooperar (coludirse) o traicionar al cártel. Rotemberg y Saloner (1986) desarrollaron un modelo de colusión oligopólica implícita que enfrenta demanda fluctuante. El comportamiento de los jugadores dependerá del valor presente de los beneficios futuros, así como de los posibles castigos en caso de traicionar al cártel. Así, si se considera un castigo de la forma:

$$K(\varepsilon_t) = \frac{\delta}{1-\delta} \int_{\varepsilon}^{\varepsilon} \Pi^S(\varepsilon', K(\varepsilon')) dF(\varepsilon')$$

donde δ representa la tasa de descuento y ε denota estados, las empresas tendrán incentivos a traicionar si:

$$\Pi^S(\varepsilon_t, K) = \frac{K}{N-1} = \Pi^m(Q_t^m(\varepsilon_t^*), \varepsilon_t^*)$$

¹ Sin pérdida de generalidad, se sigue aquí la notación sugerida por Raper y Love (2007).

donde Π^m se refiere al beneficio de una empresa en el estado ε_t si cada empresa produce $1/N$ de la producción que maximiza el beneficio conjunto.

Por su parte, Porter (1983) propuso un modelo que parte de la siguiente condición de equilibrio para la empresa i en el periodo t :

$$p_t \left(1 + \frac{\theta_{it}}{\alpha}\right) = CMg_{it}$$

donde α es la elasticidad de la demanda y θ determina el grado de cooperación. Esta condición da lugar a la condición de equilibrio de mercado:

$$p_t \sum_i s_{it} \left(1 + \frac{\theta_{it}}{\alpha}\right) = p_t \left(1 + \frac{\theta_{it}}{\alpha}\right) = \sum_i s_{it} CMg_{it}$$

donde s_{it} es la proporción del mercado de la empresa i en el tiempo t . La estimación del valor de θ provee la estimación del grado de cooperación y castigo.

Con base en estos modelos se han construido otros que resaltan un punto específico de algún mercado. Así, por ejemplo, en los mercados de redes es importante considerar los denominados efectos de red. De esta manera, el *markup* del numerador del índice de Lerner se transforma en (Calvano y Polo, 2020):

$$p - CMg + p'_q q^*$$

donde el último término corresponde al descuento por externalidad.

Otro problema al que se enfrentan frecuentemente los investigadores al analizar el poder de mercado es la dificultad de contar con información relacionada con el costo marginal. En este sentido ha habido algunos desarrollos teóricos que buscan superar ese problema. Una de las más recientes propuestas en este rubro ha sido la hecha por De Loecker y Eeckhout (2017). En ella se parte de una función de producción del tipo:

$$Q(\Omega_{it}, V_{it}, K_{it}) = \Omega_{it} F_t(V_{it}, K_{it})$$

en donde V representa el vector de insumos, K se refiere al capital y Ω es el término de productividad (Hicks-neutral). A partir de ella se calcula el lagrangiano, la condición de primer orden y se multiplica por $\frac{V_{it}}{Q_{it}}$. A partir de estos cálculos se obtiene la siguiente expresión de elasticidad de producción del insumo V :

$$\theta_{it}^V = \frac{\partial Q(\cdot)}{\partial V_{it}} \frac{V_{it}}{Q_{it}} = \frac{1}{\lambda_{it}} \frac{P_{it}^V V_{it}}{Q_{it}}$$

Donde λ representa el multiplicador de Lagrange, el cual puede ser interpretado, en este caso, como una medida directa del costo marginal. Finalmente, puede definirse el nuevo *markup* como:

$$\mu_{it} = \theta_{it}^V \frac{P_{it} Q_{it}}{P_{it}^V V_{it}}$$

Una metodología alternativa para determinar el poder de mercado es partir de las elasticidades de los factores de la función de producción y relacionarlas con el *markup*. Este modelo (Basu, 2019) se resume en las siguientes condiciones:

$$\frac{F_L L}{Y} + \frac{F_K K}{Y} = \mu \left[\frac{W L}{P Y} + \frac{R K}{P Y} \right] = \mu \frac{\text{Costo total}}{\text{Ingresos}} = \mu(1 - s_\pi)$$

donde L , K , W y R corresponden a los factores de capital y trabajo, así como a sus correspondientes precios, en tanto que μ se refiere al *markup* y s_π al cociente de los beneficios entre los ingresos.

Finalmente, otra de las preocupaciones al momento de considerar la medición del poder de mercado de una empresa se refiere a los supuestos fundamentales. Por ejemplo, en la mayoría de los modelos se considera que el *markup* depende del costo marginal; no obstante, en un artículo reciente, Chen y Koebel (2017) llaman la atención respecto a esta práctica común, ya que advierten que, dado que el *markup* puede ser expresado como $\eta = \frac{\partial \ln P}{\partial \ln y}$, la siguiente ecuación hace evidente que un insumo fijo x_f tiene un impacto en el costo marginal y, por tanto, también sobre dicho *markup*:

$$\frac{\partial v_t}{\partial y}(w, x_f, y) = p \left(1 + \frac{\partial P}{\partial y} \frac{y}{P} \right)$$

No obstante la aportación de los anteriores modelos en la estimación del poder de mercado, en muchas ocasiones las agencias de competencia nacionales e internacionales recurren a métodos más sencillos. Esto se debe en gran medida a dos razones: por un lado, la disponibilidad de datos obliga a reducir las opciones metodológicas; por otro lado, el uso de metodologías innovadoras puede generar suspicacia en los tribunales donde se resuelven los casos relacionados con la competencia económica. Por tales razones, no es infrecuente que las agencias de competencia utilicen los métodos más simples pero ampliamente aceptados; por ejemplo, la participación de mercado que una empresa tiene en términos de unidades vendidas, ingresos o capacidad de producción.

Un concepto estrechamente relacionado con el poder de mercado es el de concentración de mercado, el cual se refiere a la diversidad de empresas que participan en él. Encaoua y Jacquemin (1980) señalan algunas de las propiedades deseables que debe cumplir una medida de concentración de mercado:

- i. La transferencia de una parte de la participación de mercado de una empresa a otra más grande no debe reducir la medida de concentración.
- ii. El valor mínimo de la medida debe ocurrir cuando las empresas tienen la misma participación de mercado.

- iii. Si dos industrias compuestas por el mismo número de empresas son tales que la participación agregada de las k empresas más grandes de la primera industria es más grande o igual que la de las k empresas más grandes de la segunda industria, la misma desigualdad debe mantenerse entre las medidas de concentración en las dos industrias.
- iv. En caso de una fusión entre dos o más empresas, la medida de concentración no debe decrecer.
- v. En las industrias compuestas por empresas del mismo tamaño, la medida de concentración no debe aumentar con un incremento en el número de empresas.

Algunas de las medidas de concentración de mercado que comúnmente se utilizan y que cumplen con las propiedades anteriores son las siguientes (Jacquemin y Berry, 1979; Encaoua y Jacquemin, 1980; Dichiaro, 2005; Lis-Gutiérrez, 2013):

- i. **Índice de la razón de concentración.** Mide la participación (m_i) de las k empresas más grandes, donde k es un número arbitrario. Está dado por la siguiente expresión:

$$C_k = \sum_{i=1}^k m_i$$

- ii. **Índice Hirschman-Herfindahl (IHH).** Mide el cuadrado de la participación de cada una de las n empresas que participan en el mercado, de manera que da mayor peso a las grandes participaciones. Por su construcción, el índice se encuentra acotado entre $1/n$ y 1:

$$C_H = \sum_{i=1}^n m_i^2$$

- iii. **Índice de entropía.** Al contrario que el IHH, el índice de entropía otorga menor peso a las empresas con alta participación en el mercado:

$$E = \sum_{i=1}^n m_i \log\left(\frac{1}{m_i}\right)$$

- iv. **Índice Rosenbluth/Hall y Tideman.** Este índice considera a todas las empresas en una industria y las ordena de mayor a menor de acuerdo a la participación que tengan en el mercado:

$$C_{RHT} = \frac{1}{(2 \sum_{i=1}^n i m_i) - 1}$$

- v. **Índice de dominancia.** Mide la contribución que cada empresa tiene en el IHH:

$$ID = \sum_{i=1}^n h_i^2$$

donde $h_i = \frac{m_i^2}{IHH}$.

- vi. **Índice de dominancia de Stenbacka.** Se considera la participación de las dos empresas más grandes del mercado, así como un parámetro (γ) de competencia que puede incluir información respecto a clientes, regulación, derechos de propiedad y barreras a la entrada:

$$C_S = \frac{1}{2} [1 - \gamma(m_1^2 - m_2^2)]$$

- vii. **Varianza del logaritmo del tamaño de la empresa (Hart y Prais).** Mide la desigualdad en mercados con pocas empresas grandes y varias medianas y pequeñas:

$$V = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\ln m_i)^2 - \frac{1}{n^2} \left(\sum_{i=1}^n \ln m_i \right)^2$$

Al igual que en el caso de los métodos utilizados para determinar el poder de mercado, otras investigaciones desarrollan modelos basados en los métodos canónicos que sirven para adecuar las necesidades específicas de algún sector o mercado. Por ejemplo, Lijesen (2004) modifica el IHH para incluir la influencia de bienes sustitutos cercanos. Para ello, incluye una variación en la función de utilidad que considera diferenciación de productos y su calidad (x_i):

$$U = (\alpha_0 + \alpha_1 x_i) q_i + (\alpha_0 + \alpha_1 x_i) q_j - \frac{1}{2} \left[(\beta_0 + \beta_1 x_i) q_i^2 + 2\gamma q_i q_j + (\beta_0 + \beta_1 x_i) q_j^2 \right]$$

A partir de ella, se deriva la función de demanda inversa y se incluye en el problema de maximización de las empresas, de manera que:

$$\Pi = -Q^2 \sum_{i=1}^n y_i^2 \frac{\partial p_i}{\partial q_i} = Q^2 \sum_{i=1}^n (\beta_0 + \beta_1 x_i) y_i^2$$

Otras medidas de concentración de mercado, en lugar de caracterizar la concentración de la industria, buscan identificar a una empresa cuando tiene posición dominante. Un ejemplo de este tipo de modelos lo ofrece el desarrollado por Melnik, Shy y Stenbacka (2008), el cual es una variante del índice de dominancia de Stenbacka. En él se analizan las participaciones (s_i) que tienen las empresas en el mercado y se ordenan, de manera que $s_1 \geq s_2 \geq \dots \geq s_N$. A continuación se define el umbral de la participación de mercado más allá del cual se considera que la empresa 1 tiene una posición dominante:

$$s^D = g(s_1, s_2, \dots, s_N) = \frac{1}{2} \left[1 - \gamma(s_1 - s_2) \left(1 - \sum_{i=3}^N s_i \right) \right]$$

en donde el parámetro γ captura las restricciones impuestas por otros competidores, así como posibles barreras a la entrada.

No obstante la popularidad del IHH, es también uno de los índices que presenta mayores críticas. Una de las críticas más frecuentes que se realiza al IHH es que asigna ponderadores arbitrarios. Ginevičius y Čirba (2009) propusieron un índice de concentración utilizando la expansión de Taylor:

$$K = \sum_{i=1}^n \frac{n^2 P_1 + a P_i^2}{n^2 + a n P_1 P_i} P_i$$

donde a es un valor constante y arbitrario, y P_i es la participación que tiene la empresa i en el mercado. Sin embargo, para que este índice cobre sentido, debe establecerse una condición adicional de desigualdad que debe cumplir a . Los autores proponen establecer $P_1 = 0.95$ y $P_2 = 0.05$, de manera que el índice queda expresado de la siguiente manera:

$$GRS = \sum_{i=1}^n \frac{n^2 P_1 + 0.3 P_i^2}{n^2 + 0.3 n P_1 P_i} P_i$$

A pesar de la variedad de índices de concentración utilizados, algunas investigaciones han encontrado condiciones bajo las cuales coinciden las más utilizadas. Hennessy y Lapan (2007), por ejemplo, hallaron la condición necesaria y suficiente para que los índices IHH, de entropía y de N-empresas coincidieran (la denominada condición de preordenamiento de mayorización). Por su parte, Davydov y Weber (2016) desarrollaron una caracterización de índices que incluyen el de Gini, el de Greenberg, el IHH y el de Hill: utilizando tres axiomas (homogeneidad, continuidad y simetría), agruparon dichos índices en la siguiente expresión:

$$D(s) = c \left| 1 - \sum_{i=1}^n s_i^\alpha \right|$$

donde c y α son constantes positivas distintas de uno.

De manera similar a lo que ocurre para la medición de la concentración de un mercado, dada la disponibilidad de datos y la resistencia que los tribunales tienen a metodologías innovadoras, las agencias de competencia suelen utilizar modelos más simples. En particular, es frecuente que utilicen, para medir el grado de concentración de un mercado, el IHH o el índice de entropía.

La evaluación del poder de mercado no solo debe realizarse mediante cálculos, sino que requiere del conocimiento integral que se tenga de dicho mercado. Así, por ejemplo, es posible que una empresa detente un alto poder de mercado, pero que se deba a restricciones legales, que se trate de una industria incipiente, o bien que sea un mercado de monopolio natural. La manera como una o varias empresas adquieren poder de mercado es también relevante al momento de realizar una evaluación del mercado.

2.2 El mercado relevante

El poder de mercado, para que pueda ser correctamente definido, debe circunscribirse a un espacio concreto. Esto es, el poder que puede ejercer una empresa debe delimitarse a un mercado específico. Como se señaló anteriormente el artículo 54 de la LFCE indica que los agentes económicos bajo litigio deben contar con poder de mercado en el mismo mercado relevante. Así, el mercado relevante se entiende como el conjunto de bienes y servicios que ejercen cierta presión competitiva entre sí y no debe referirse únicamente a aquellos que resultan ser sustitutos cercanos del bien o servicio examinado.

Para llevar a cabo el análisis del mercado relevante deben ser considerados tres aspectos, llamados también dimensiones. La dimensión producto se refiere a la capacidad que poseen otros bienes para sustituir al bien que es objeto de estudio. La dimensión geográfica circunscribe la competencia a un lugar específico, el cual, partiendo de las características de ese mercado, puede ser pequeño (local) o grande (nacional) dependiendo de dichas características. Finalmente, la dimensión temporal se refiere al marco temporal en que se define el estado de la competencia en un mercado. Dado que esta última dimensión únicamente consiste en determinar fechas precisas de estudio de un mercado, su descripción no requiere un análisis ulterior y en las obras especializadas suele obviarse.

2.2.1. Dimensión producto

La dimensión producto del análisis del mercado relevante asegura que la evaluación de un bien o servicio se realice sobre aquellos que pueden ejercer algún tipo de presión mediante la sustituibilidad. La selección de los bienes que ejercen dicha presión, si bien puede apoyarse en técnicas estadísticas o econométricas, siempre tiene como base una justificación basada en el conocimiento específico del sector. En ocasiones, no resultan evidentes los productos o servicios que pueden ejercer presión competitiva, debido a las características intrínsecas del mismo. Por ejemplo, ¿qué bienes podrían ser considerados en la evaluación del mercado de fresas? ¿Deben considerarse todas las frutas, algunas de ellas o solo las fresas? Otras veces, el servicio evaluado puede incluir otros servicios derivados, como es el caso de la telefonía celular, la cual incluye mensajes, buzón de voz, datos de internet y,

en ocasiones, equipos celulares. En otras ocasiones, la producción del bien o servicio posee características de red, cuyos efectos son relevantes. A continuación se describen algunos métodos que se utilizan para determinar el mercado relevante considerando la dimensión producto.

Sin lugar a dudas, el método por excelencia utilizado para determinar el mercado relevante consiste en el denominado test del monopolista hipotético, también llamado *Small but Significant Non-Transitory Increase in Price* (SSNIP, por sus siglas en inglés). Este método busca identificar el conjunto más pequeño de productos en los que un monopolista hipotético impone un incremento de precios, por al menos un año, y obtiene beneficios de dicho incremento (Van der Bergh, 2017). Habitualmente, este incremento, que puede ser determinado de manera arbitraria, se elige entre 5% y 10%. Si este incremento puede realizarse y obtener un beneficio, significa que los productos seleccionados constituyen un mercado; si el incremento da lugar a pérdidas, significa que los consumidores sustituyen el (los) producto(s) elegido(s) por otro fuera de ellos, por lo que debe seleccionarse un nuevo conjunto de productos que incluya a los posibles sustitutos para, de esa manera, volver a realizar el test.

Deben tenerse algunas consideraciones al momento de realizar la prueba SSNIP. Una primera consideración consiste en tener en cuenta la posible sustitución del bien o servicio del lado de la demanda y de la oferta. Por ejemplo, en un posible mercado de terminales de almacenamiento de gasolina, debe evaluarse la posibilidad de que terminales de almacenamiento de otros petrolíferos y de petroquímicos o gas puedan incorporar gasolina. Si los costos de realizar este cambio no son insuperables en un corto periodo (menor a un año), puede asumirse que existe presión competitiva por el lado de la oferta (Motta, 2004).

Otra consideración a tomar en cuenta al momento de implementar la prueba SSNIP es la denominada falacia del celofán. En 1956, la Suprema Corte de Estados Unidos de América atrajo un caso de competencia en contra de Du Pont. Esta empresa tenía una participación alta (75%) en el mercado de celofán, y existía una posible colusión tácita con el segundo proveedor de este material; sin embargo, Du Pont argüía que el mercado relevante debía extenderse a todos los materiales flexibles para empacar, donde en conjunto tenía una participación baja (20%). Aplicar el test SSNIP podría tener problemas en este caso, dado que:

La producción del celofán ya era casi un monopolio en ese momento. Si el precio prevaleciente era ya un precio de monopolio, un monopolista hipotético de celofán (Du Pont casi era uno real) no elevaría sus precios más allá, dado que en el precio de monopolio otros productos podrían comenzar a sustituirlo. Pero eso no significa

que el celofán no sea un mercado que valga la pena monopolizar; podría seguir siendo un mercado relevante en sí mismo (Niels, Jenkins y Kavanagh, 2011).²

Nótese que el test SSNIP está ampliamente relacionado con el concepto de elasticidad precio de un bien. A medida que el bien es más inelástico, menores posibilidades de sustitución tiene en otros productos. Conocer la elasticidad precio del bien analizado resulta relevante al momento de realizar el test SSNIP. Cuando no se cuenta con la información suficiente para calcular dicha elasticidad, pueden utilizarse métodos econométricos. Sin embargo, su uso requiere la actualización de ciertos supuestos, los cuales pueden ser difícil de defender ante una corte.

Otra manera de implementar el test SSNIP es mediante el análisis de pérdida crítica. Un incremento del precio de un bien tiene dos efectos: por un lado, aumenta el margen de ganancia de ese bien; por otro, disminuye la cantidad demandada del mismo. El monopolista hipotético solo tiene incentivos de realizar un incremento cuando el primer efecto es mayor que el segundo. De esta manera, “la elasticidad crítica induce al [...] monopolista a incrementar el precio en S . La pérdida crítica debe ser comparada con la pérdida real esperada en la que una empresa incurriría por un incremento en el precio”³ (OCDE, 2012). La pérdida real es aproximadamente el producto de S por la elasticidad precio de la demanda. A su vez, la pérdida crítica de equilibrio se puede escribir de la siguiente manera:

$$PC = \frac{S}{S + m}$$

Donde S es el incremento porcentual en precio, $S = \frac{p^1 - p^0}{p^0}$, y m se refiere al margen obtenido con el nuevo precio aumentado, $m = \frac{p^0 - c}{p^0}$.

Una extensión del test SSNIP es el denominado *Full Equilibrium Relevant Market* (FERM). El test SSNIP asume que las empresas que se encuentran fuera del mercado relevante no reaccionarán ante las modificaciones al precio del bien, por lo que no se comparan dos situaciones de equilibrio. El FERM, por el contrario, toma en cuenta las estrategias tanto de las empresas dentro del mercado definido como de las que posiblemente podrían modificar su comportamiento. En general, bajo el

² Texto original: “Cellophane production was already a (near-)monopoly at the time. [...] If the prevailing price was already the monopoly price, a hypothetical cellophane monopolist (Du Pont nearly was one for real) would not rise prices any further, since at the monopoly price other competing products start to bite. But that does not mean that cellophane is not a market worth monopolizing –it could still be a relevant market of its own”.

³ Texto original: “the critical elasticity indicates the maximum value of the price elasticity of demand [...] that induces a [...] monopolist to increase the price by S . The critical loss has to be compared with the expected actual loss a firm would incur by a price increase”.

FERM se obtienen como resultado mercados más pequeños que bajo el test SSNIP (Davis y Garcés, 2010).

Métodos alternativos distintos al test SSNIP han sido desarrollados para determinar el mercado relevante, particularmente en referencia a las concentraciones de empresas. Uno de estos métodos es el denominado *Upward Pricing Pressure* (UPP). Este método se basa en la cercanía de la competencia entre los bienes producidos por los fusionantes y en el margen de dichos bienes (OCDE, 2012). El índice tiene la siguiente forma:

$$UPP_1 = (p_2 - c_2)D_{12} - e_1c_1$$

expresión que proviene de la siguiente maximización de beneficios conjuntos de las empresas fusionantes:

$$\pi(p_1, p_2) = (p_1 - (1 - e_1)c_1)Q_1(p_1, p_2) + (p_2 - c_2)Q_2(p_1, p_2)$$

donde e representa las eficiencias ganadas por la fusión y D_{12} se refiere al grado de diferenciación entre los bienes 1 y 2 y se define como $D_{12} = \frac{\frac{\partial Q_2}{\partial p_1}}{\frac{\partial Q_1}{\partial p_1}}$. Se observa que

este test únicamente funciona para conocer el sentido del cambio en el precio, pero no su magnitud.

Otro método se deriva del índice UPP, y se obtiene al ignorar las posibles eficiencias de la fusión. Este método es denominado *Gross Upward Pricing Pressure Index* (GUPPI) y se obtiene al resolver la siguiente expresión (OCDE, 2012):

$$GUPPI_1 = D_{12} \frac{p_2}{p_1} m_2$$

donde $m_2 = \frac{p_2 - c_2}{p_2}$.

Otro método distinto al test SSNIP para medir el poder de mercado en una concentración es el llamado *Compensating Marginal Cost Reductions* (CMCR). Este método evita hacer suposiciones respecto a la forma de la demanda. El CMCR toma en cuenta la reducción en el costo marginal que es necesario para mantener los precios al nivel anterior a la concentración. El índice se obtiene mediante la siguiente fórmula (OCDE, 2012):

$$E_1 = \frac{m_2 D_{12} \frac{p_2}{p_1} + m_1 D_{12} D_{21}}{1 - D_{12} D_{21}}$$

También se han propuesto refinaciones al test SSNIP, entre las cuales destaca la propuesta de Daljord y Sørsgard (2011). En su propuesta, se analiza la posibilidad de que se modifique en menor proporción el precio de un bien respecto a otro, a

diferencia del modelo estándar del SSNIP en donde se presume un incremento uniforme en los precios de los dos bienes producidos por los fusionantes, En particular, este método evalúa el caso en el que hay un producto de las fusionantes con menores ventas (i) que otro (j). En este caso, ante un aumento simétrico en los precios, el grado de diferenciación debe computarse de la siguiente manera:

$$D_{ij} \geq \frac{\alpha}{2(\alpha + L)S_i}$$

donde α representa el aumento en el precio relativo de ambos bienes, L es el índice de Lerner y $S_i = \frac{q_i}{q_i + q_j}$.

2.2.2 Dimensión geográfica

Una adecuada implementación del test SSNIP considera el aspecto geográfico del mercado relevante, ya que evalúa la presión competitiva que ejercen los bienes o servicios ofrecidos por competidores en cierta región. No obstante, en algunos mercados resulta especialmente importante el grado de sustitución del bien evaluado en un área específica. La evaluación de la dimensión geográfica es particularmente importante cuando existen diferencias considerables entre regiones en materia de costo y tiempo de transporte, tarifas y regulaciones (El Banco Mundial y OCDE, 1999). Este es el caso del mercado de las terminales de almacenamiento de petrolíferos, en donde la ubicación geográfica de una terminal, así como la de sus competidoras, es crucial para definir correctamente el mercado relevante.

Para realizar pruebas sobre la dimensión geográfica, usualmente se consideran algunas características a ser evaluadas. Una de ellas consiste en analizar la correlación de precios entre las regiones que se sospecha que pueden formar parte de un mismo mercado relevante. No obstante, debe observarse que la correlación obtenida puede ser espuria, dado que esta puede deberse a otros factores que no necesariamente impliquen la unidad de mercado (OCDE, 2016).

La definición de la dimensión geográfica también puede considerar las relaciones comerciales entre distintas áreas. Para ello, es necesario considerar la cantidad de comercio del bien bajo estudio que existe entre las áreas que se sospecha pueden conformar un mismo mercado. Uno de estos modelos fue propuesto por Elzinga y Hogarty. En él se requieren dos medidas: la definición del área geográfica responsable de cierto porcentaje de ventas (denominada *Little In From Outside*), y el porcentaje de clientes que compran el bien dentro de cierta área (denominado *Little Out From Inside*) (Frech III, Lagenfeld y McCluer, 2004).⁴ Esta metodología

⁴ Elzinga y Hogarty sugirieron los límites de 75% para una medida laxa y 90% para una medida fuerte. Esto es, un área se convierte en un mercado relevante si al menos esos porcentajes se cumplen para las medidas *Little In From Outside* y *Little Out From Inside*.

supone que el comercio entre áreas no es demasiado elevado y la idea detrás de ella consiste en que un área se defina como mercado relevante si ambas medidas se satisfacen, es decir, si hay poco movimiento del bien desde y hacia otras regiones (Motta, 2004). Asimismo, este método ha sido utilizado por algunas autoridades de competencia para evaluar la concentración entre empresas, especialmente en los Estados Unidos de América.

Otra manera de determinar la dimensión geográfica de un mercado relevante consiste en considerar una serie de elementos que pueden influir en la extensión geográfica. Entre estos elementos destacan: los costos de transporte, la tropicalización del bien o servicio, la ubicación del centro de producción, las redes de distribución y los costos de cambio (*switching costs*). De igual manera, las restricciones legales y comerciales, así como las preferencias del consumidor podrían influir en el alcance de la definición geográfica de un mercado relevante (OCDE, 2016).

Algunos autores han sugerido utilizar más de un método para evaluar la dimensión geográfica de un mercado relevante. Es el caso de la investigación realizada por Wårell (2005), quien, para definir los mercados geográficos de carbón, hace uso de dos métodos: utilizando datos de comercio y utilizando series de precios. La premisa del primer método se basa en la noción de que si las cantidades del flujo del bien entre dos áreas es alta, es posible que se trate de un mismo mercado. El segundo método se basa en suponer que dos regiones forman parte de un mismo mercado si existe una alta cointegración de precios entre ambas en el largo plazo. En particular, se consideran dos precios (p_i y p_j) que no son estacionarios pero que al diferenciarse una vez ya lo son; se dice que estos precios son cointegrados si existe la siguiente transformación lineal:

$$p_{j,t} - \alpha - \beta p_{i,t} = \varepsilon_t$$

Posteriormente, para diferenciar los efectos de corto y de largo plazo se utiliza el siguiente mecanismo de corrección de errores:

$$\Delta p_{j,t} = \beta_j \Delta p_{j,t-k} + \beta_i \Delta p_{i,t-k} + \delta EC_{t-1} + \varepsilon_t$$

donde k representa el rezago y EC_{t-1} es el término de corrección de error, el cual captura la desviación de largo plazo, en tanto que las betas representan la desviación de corto plazo.

El modelo básico de competencia espacial es el formulado por Hotelling, en el cual las empresas competidoras se encuentran sobre una línea, la demanda es inelástica y los bienes son homogéneos. Estos supuestos fueron relajados en distintas ocasiones para incorporar elementos de la realidad que podrían tener efectos sobre la competencia. Biscaia y Motta (2011) presentan una revisión completa de las

principales contribuciones a la investigación de los modelos espaciales de competencia. A continuación se sigue dicha revisión y se señalan algunas de las contribuciones más relevantes⁵.

Han sido desarrollados distintos modelos cuando las empresas compiten conforme al modelo de Bertrand (usando precios). Irmen y Thisse extendieron el modelo de Hotelling para que fuera de n -dimensiones. El resultado de este modelo implica que cuando existe una característica fuertemente diferenciada entre los competidores y en el resto de las características se ubican en el centro, este es un equilibrio global en un juego de dos etapas. Anderson y Engers estudiaron cómo se modificaría el modelo de Hotelling si la demanda fuera elástica y concluyeron que el resultado obtenido por Hotelling se mantiene si la demanda es lo suficientemente inelástica. Ben Akiva, por su parte, definió un modelo igualmente de ubicación lineal, pero en el que las empresas eligen simultáneamente ubicación y precio, en tanto que los consumidores enfrentan costos de transporte lineales si compran en su lugar más cercano y cuadráticos si compran en el lugar de su preferencia. El resultado de este modelo es un equilibrio de aglomeración en el centro solo si la heterogeneidad en los gustos es lo suficientemente alta. Boyer introdujo variaciones en los costos marginales de los competidores: las empresas con costos marginales más bajos se irán acercando al centro, en tanto que las menos eficientes ocuparán los extremos.

Los modelos basados en competencia a la Cournot (usando cantidades) también han sido utilizados y, a diferencia de los modelos basados en competencia a la Bertrand, deben considerarse que los costos de transporte los asumen las empresas y no los consumidores. En este aspecto, el modelo básico es el propuesto por Hamilton, cuyo resultado es el de la aglomeración en el centro. Anderson y Neven consideraron precios de reserva tan altos que garantizaran que los consumidores compraran a ambas empresas; cuando la demanda es lineal y los costos de transporte son convexos, el equilibrio nuevamente es el de la aglomeración en el centro. Por su parte, Mayer consideró costos de producción distintos a lo largo de la ciudad; el resultado de este modelo es la aglomeración en un punto localizado entre el lugar de menor costo de producción y el centro.

Otros desarrollos han abandonado el supuesto de ciudad lineal de Hotelling. Uno de estos desarrollos ha sido el de considerar una ciudad circular. Matsushima, por ejemplo, mostró que en este caso y cuando existen n empresas, el equilibrio es la aglomeración en un punto de la mitad de las empresas y la aglomeración en otro punto, diametralmente opuesto al primero, de la otra mitad. Gupta et al. (2004) mostraron que, en una ciudad circular, existen más equilibrios que los del patrón de ubicación equidistante, y que hay equilibrios que pueden ser no equidistantes,

⁵ Las referencias a los artículos originales aquí mencionados pueden ser encontradas en el artículo de Biscaia y Motta referido.

múltiples o un continuo, así como aglomeraciones y dispersiones o una combinación de ambos.

Finalmente, existen otros desarrollos teóricos basados en radios y áreas de influencia. Otros modelos utilizan modelos gravitacionales para definir un mercado relevante. En este sentido, uno de los primeros modelos gravitacionales utilizados para comprender la competencia espacial fue propuesto por William Reilly, el cual propuso la siguiente expresión (Lindquist, 2015):

$$\frac{B_a}{B_b} = \left(\frac{P_a}{P_b}\right) \left(\frac{D_b}{D_a}\right)^2$$

donde B_i es la proporción del comercio desde una zona intermedia atraída por la ciudad i , P_i es la población de la ciudad i y D_i es la distancia entre la zona intermedia y la ciudad i .

Otro de los modelos canónicos gravitacionales utilizados para determinar la competencia en su aspecto geográfico es el propuesto por Huff (1963). Su modelo considera la siguiente expresión:

$$P(C_{ij}) = \frac{\frac{S_j}{T_{ij}^\lambda}}{\sum_{j=1}^n \frac{S_j}{T_{ij}^\lambda}}$$

donde $P(C_{ij})$ es la probabilidad de que un consumidor se desplace de un punto de origen i a un centro de consumo j , S_j es el área dentro de un centro comercial destinada a la venta del bien, T_{ij} es el tiempo de traslado del punto i al punto j y λ es un parámetro que debe ser estimado empíricamente que refleja el efecto del tiempo de traslado sobre varios tipos de viajes para comprar. Esto significa que “el modelo de Huff tiene como premisa el supuesto de que cuanto mayor sea el número de artículos transportados por un centro comercial, mayor será la expectativa del consumidor de que su viaje de compras a ese centro tendrá éxito”⁶ (Lindquist, 2015).

Modelos más recientes y complejos utilizan los avances correspondientes a la teoría de grafos. Por ejemplo, Pons y Latapy (2005) desarrollan un bigrafo que toma en cuenta una caminata aleatoria para modelar las transacciones ocurridas entre nodos, lo cual, a su vez, generará cadenas de Markov que pueden ser computadas en una matriz de probabilidades de transición. Este modelo determina comunidades

⁶ Texto original: “Huff’s model is premised on the assumption that the greater the number of items carried by a shopping centre, the greater is the consumer’s expectation that his shopping trip to that centre will be successful”.

conformadas por nodos, es decir, mercados relevantes a partir de centros, los cuales pueden representar, por ejemplo, terminales de almacenamiento.

Finalmente, otra aproximación para determinar la dimensión geográfica de los mercados consiste en la identificación de *clusters*. Estos modelos se caracterizan por ser intensivos en datos, ya que su precisión radica, más que en los supuestos que realizan, en la calidad de la información de la que se alimentan. Los modelos de *clustering* parten de una caracterización de las variables relevantes de las unidades de análisis, la cual busca identificar semejanzas y diferencias entre dichas unidades. A partir de esta identificación, agrupa las unidades de análisis que entre sí son lo *suficientemente similares* (Deza y Deza, 2009).

2.3 Poder de mercado, concentración de mercado y mercado relevante en la práctica nacional e internacional

2.3.1 Regulación en México, Europa y Estados Unidos

2.3.1.1 Poder de mercado

El artículo 59 de la LFCE establece específicamente cuáles son los elementos que deben considerarse para determinar si los agentes económicos poseen poder de mercado:

Artículo 59. Para determinar si uno o varios Agentes Económicos tienen poder sustancial en el mercado relevante, o bien, para resolver sobre condiciones de competencia, competencia efectiva, existencia de poder sustancial en el mercado relevante u otras cuestiones relativas al proceso de competencia o libre concurrencia a que hacen referencia ésta u otras Leyes, reglamentos o disposiciones administrativas, deberán considerarse los siguientes elementos:

I. Su participación en dicho mercado y si pueden fijar precios o restringir el abasto en el mercado relevante por sí mismos, sin que los agentes competidores puedan, actual o potencialmente, contrarrestar dicho poder.

Para determinar la participación de mercado, la Comisión podrá tener en cuenta indicadores de ventas, número de clientes, capacidad productiva, así como cualquier otro factor que considere pertinente;

II. La existencia de barreras a la entrada y los elementos que previsiblemente puedan alterar tanto dichas barreras como la oferta de otros competidores;

III. La existencia y poder de sus competidores;

IV. Las posibilidades de acceso del o de los Agentes Económicos y sus competidores a fuentes de insumos;

V. El comportamiento reciente del o los Agentes Económicos que participan en dicho mercado, y

VI. Los demás que se establezcan en las Disposiciones Regulatorias, así como los criterios técnicos que para tal efecto emita la Comisión.

Por su parte, las Disposiciones Regulatorias de la Ley Federal de Competencia hacen algunas precisiones respecto al poder de mercado:

ARTÍCULO 8. Para determinar si uno o varios Agentes Económicos tienen poder sustancial en el mercado relevante, de conformidad con la fracción VI del artículo 59 de la Ley, la Comisión puede considerar, entre otros, los criterios siguientes:

- I. El grado de posicionamiento de los bienes o servicios en el mercado relevante;
- II. La falta de acceso a importaciones o la existencia de costos elevados de internación; y
- III. La existencia de diferenciales elevados en costos que pudieran enfrentar los consumidores al acudir a otros proveedores.

ARTÍCULO 9. Para determinar si dos o más Agentes Económicos independientes entre sí tienen poder sustancial conjunto, en términos del artículo 59, fracción VI de la Ley, la Comisión debe considerar:

- I. Si los Agentes Económicos de que se trate se distinguen del resto de los Agentes Económicos que participan en el mercado relevante, tomando en cuenta los factores que propicien incentivos comunes o comportamiento estratégico interdependiente; o
- II. Que dichos Agentes Económicos muestren un comportamiento similar

Se advierten algunos elementos adicionales a los comúnmente abordados en las metodologías para medir el poder de mercado. Por ejemplo, se indican posibles dificultades de otros competidores para acceder a insumos o incluso la existencia de barreras a la entrada. Desde la perspectiva del consumidor, también se toma en cuenta la dificultad de importar el producto o servicio bajo análisis. Finalmente, es remarcable que el marco legal también incluya, de manera genérica, el comportamiento de los agentes económicos.

La regulación respectiva en otros países es también construida caso por caso y no establece un umbral específico a partir del cual se considere que una empresa posee poder de mercado. En Estados Unidos, por ejemplo, la autoridad de competencia (la Federal Trade Commission (FTC)) considera que una empresa puede tener poder de mercado cuando tiene una participación de mercado superior al 50%:

Los tribunales analizan la participación de mercado de la empresa, pero generalmente no encuentran poder monopólico si la empresa (o un grupo de empresas que actúan en conjunto) tiene menos que el 50 por ciento de las ventas de un bien o servicio particular dentro de un área geográfica cierta. Algunos tribunales han requerido porcentajes mucho mayores. Además, esa posición de liderazgo debe ser sostenible en el tiempo: si las fuerzas competitivas o la entrada

de nuevas empresas pueden disciplinar la conducta de la empresa líder, es poco probable que los tribunales determinen que la empresa tiene un poder de mercado duradero. (FTC, s.a.).⁷

La Unión Europea, por su parte, fijó ese umbral en 60% de participación de mercado; sin embargo, en línea con la regulación mexicana y estadounidense, declara que solo es un umbral de referencia y que cada caso debe analizarse según sus circunstancias:

La Comisión considera que las bajas participaciones de mercado son generalmente un buen indicador de la ausencia de poder de mercado sustancial. La experiencia de la Comisión sugiere que la dominancia no es probable si las participaciones de mercado son menores a 40% en el mercado relevante. Sin embargo, puede haber casos específicos por debajo de ese umbral en donde los competidores no estén en condiciones de restringir de manera efectiva la conducta de una empresa dominante, por ejemplo, cuando se enfrentan a grandes limitaciones de capacidad. (Comisión Europea, 2009).⁸

2.3.1.2. Concentración de mercado

En relación con la concentración (fusión) de empresas, la LFCE establece, en su artículo 64, cuáles son las que pueden considerarse ilícitas:

Artículo 64. La Comisión considerará como indicios de una concentración ilícita, que la concentración o tentativa de la misma:

I. Confiera o pueda conferir al fusionante, al adquirente o Agente Económico resultante de la concentración, poder sustancial en los términos de esta Ley, o incremente o pueda incrementar dicho poder sustancial, con lo cual se pueda obstaculizar, disminuir, dañar o impedir la libre concurrencia y la competencia económica;

II. Tenga o pueda tener por objeto o efecto establecer barreras a la entrada, impedir a terceros el acceso al mercado relevante, a mercados relacionados o a insumos esenciales, o desplazar a otros Agentes Económicos, o

III. Tenga por objeto o efecto facilitar sustancialmente a los participantes en dicha concentración el ejercicio de conductas prohibidas por esta Ley, y particularmente, de las prácticas monopólicas.

⁷ Texto original: “Courts look at the firm's market share, but typically do not find monopoly power if the firm (or a group of firms acting in concert) has less than 50 percent of the sales of a particular product or service within a certain geographic area. Some courts have required much higher percentages. In addition, that leading position must be sustainable over time: if competitive forces or the entry of new firms could discipline the conduct of the leading firm, courts are unlikely to find that the firm has lasting market power”.

⁸ Texto original: “The Commission considers that low market shares are generally a good proxy for the absence of substantial market power. The Commission's experience suggests that dominance is not likely if the undertaking's market share is below 40 % in the relevant market. However, there may be specific cases below that threshold where competitors are not in a position to constrain effectively the conduct of a dominant undertaking, for example where they face serious capacity limitations”.

Para determinar si una fusión podría obstaculizar el proceso de libre competencia, la Comisión Federal de Competencia Económica (COFECE) publicó criterios técnicos para la medición de concentración de mercado. Estos criterios establecen como medida de cambio en la concentración de mercado la diferencia en el índice Herfindahl antes y después de la fusión de las empresas, es decir:

$$\Delta = IHH_2 - IHH_1$$

donde el índice Herfindahl es el original, es decir, sin variaciones, que fue expuesto en la sección anterior. El criterio, asimismo, considera que una fusión tiene pocas probabilidades de dañar el mercado cuando:

- a) $\Delta < 100$
- b) $IHH_2 < 2000$, o bien
- c) $2000 \leq IHH_2 \leq 2500$, $100 \leq \Delta \leq 150$ y la empresa resultante de la fusión no se encuentre entre los cuatro agentes con mayor participación en ese mercado.

La Comisión Europea, por su parte, hace una distinción en los procedimientos que deberán seguir las notificaciones de las concentraciones entre empresas. De esta manera, si las empresas que se fusionan no superan el 15% de participación en los mercados en los que compiten, o 25% de participación en los mercados relacionados verticalmente, la concentración se tramita mediante un proceso abreviado. De otra manera, la Comisión Europea hará una investigación completa del caso (Comisión Europea, s.a.).

En los Estados Unidos de América, la FTC utiliza, al igual que México, el IHH como metodología para clasificar los tipos de mercado. Denomina mercados desconcentrados cuando el IHH es menor a 1500, mercados moderadamente concentrados a los que poseen un IHH entre 1500 y 2500, y mercados altamente concentrados a los que presentan un IHH mayor a 2500 (Departamento de Justicia de los Estados Unidos y FTC, 2010).

2.3.1.3. Mercado relevante

El artículo 58 de la LFCE define los criterios que deberán considerarse para la determinación del mercado relevante:

Artículo 58. Para la determinación del mercado relevante, deberán considerarse los siguientes criterios:

- I. Las posibilidades de sustituir el bien o servicio de que se trate por otros, tanto de origen nacional como extranjero, considerando las posibilidades tecnológicas, en qué medida los consumidores cuentan con sustitutos y el tiempo requerido para tal sustitución;

II. Los costos de distribución del bien mismo; de sus insumos relevantes; de sus complementos y de sustitutos desde otras regiones y del extranjero, teniendo en cuenta fletes, seguros, aranceles y restricciones no arancelarias, las restricciones impuestas por los agentes económicos o por sus asociaciones y el tiempo requerido para abastecer el mercado desde esas regiones;

III. Los costos y las probabilidades que tienen los usuarios o consumidores para acudir a otros mercados;

IV. Las restricciones normativas de carácter federal, local o internacional que limiten el acceso de usuarios o consumidores a fuentes de abasto alternativas, o el acceso de los proveedores a clientes alternativos;

V. Los demás que se establezcan en las Disposiciones Regulatorias, así como los criterios técnicos que para tal efecto emita la Comisión.

Por su parte, las Disposiciones Regulatorias de la Ley Federal de Competencia señalan lo siguiente en relación a la determinación del mercado relevante:

ARTÍCULO 5. Para la determinación del mercado relevante en términos de la fracción V del artículo 58 de la Ley, se deben analizar las circunstancias particulares del caso, identificar los bienes o servicios producidos, distribuidos, comercializados u ofrecidos y aquellos que los sustituyan o puedan sustituirlos oportunamente. Asimismo, se debe delimitar el área geográfica en la que se ofrecen o demandan dichos bienes o servicios, y si en la misma existe la opción de acudir indistintamente a los proveedores o clientes sin incurrir en costos significativos.

Se advierte que el marco legal mexicano hace énfasis en la posibilidad de sustituir el bien o servicio investigado, en línea con la tradicional manera de definir el mercado relevante. Llama la atención que la LFCE no incorpore la noción geográfica en el análisis del mercado relevante y sean las disposiciones regulatorias las que recojan dicha dimensión.

Por otra parte, la Comisión Europea hace también explícito que considera las dimensiones de producto y geográfica para determinar el mercado relevante. Asimismo, hace énfasis en que existen tres fuentes de presión a las que se enfrentan las empresas en materia de competencia: sustitución por el lado de la demanda, sustitución por el lado de la oferta y competencia potencial. La Comisión Europea no establece alguna metodología concreta para la definición del mercado relevante: “La Comisión sigue un enfoque abierto, basándose en elementos empíricos, destinado a utilizar eficazmente toda la información disponible que pueda ser pertinente en un caso concreto” (Comisión Europea, 1997).

Por su parte, en los Estados Unidos de América, la FTC utiliza el método SSNIP bajo el supuesto de un incremento de 5% en el precio del bien o servicio investigado; sin embargo, advierte que el pequeño pero significativo incremento en el precio puede variar de acuerdo con cada industria. Por lo que se refiere a la evaluación de

la dimensión geográfica, la FTC advierte que esta dimensión frecuentemente depende de los costos de transporte y hace la siguiente aclaración:

En la ausencia de discriminación de precios basada en la ubicación del cliente, las agencias normalmente definen los mercados geográficos basados en la ubicación de los oferentes [...]. En otros casos, especialmente si la discriminación de precios basada en la ubicación del cliente es posible, como es común en los casos donde los precios de entrega son comúnmente usados en la industria, las agencias pueden definir los mercados geográficos basados en las ubicaciones de los clientes. (Departamento de Justicia de los Estados Unidos de América y FTC, 2010).⁹

La diversidad de metodologías utilizadas para determinar el mercado relevante en mercados similares al del almacenamiento de petrolíferos supone la necesidad de proponer alguna específica para dicho mercado, la cual considere las especificidades concretas del caso mexicano.

2.3.2 Casos relevantes en México, Europa y Estados Unidos

Dada la naturaleza práctica de la presente investigación, es importante resaltar la práctica adoptada por las diferentes agencias de competencia en el mundo. Esta sección tiene el propósito de sintetizar las condiciones relevantes de algunas investigaciones nacionales e internacionales y hace hincapié en la manera como se determinan el mercado relevante y el poder de mercado. Debe advertirse que, debido a que la información proviene de requerimientos a las empresas involucradas, la información generalmente se clasifica como reservada, de manera que el acceso a los pormenores de la misma es restringido.

En México, han sido varias las ocasiones en que la COFECE y la extinta Comisión Federal de Competencia (CFC) han investigado las prácticas monopólicas relativas que han recibido algún tipo de sanción. Las prácticas monopólicas absolutas no son del interés de la presente investigación, ya que, al ser sancionadas *per se*, son independientes del poder de mercado que posean los involucrados. A continuación se exponen los elementos más importantes de algunos casos que, por su interés o alcance podrían tener cierto vínculo con la presente investigación.

En septiembre de 2002, la CFC resolvió sancionar a la empresa Grupo de Desarrollo del Sureste, S.A. de C.V. por cometer prácticas monopólicas relativas en el mercado de los servicios concesionados de manejo, almacenaje y custodia de mercancías de comercio exterior. En particular, se sancionó a dicha empresa por haber obstaculizado físicamente la ruta fiscal y los accesos de uno de sus competidores en el Aeropuerto Internacional de Mérida. Para determinar el mercado relevante, la

⁹ Texto original: *"In the absence of price discrimination based on customer location, the Agencies normally define geographic markets based on the locations of suppliers [...]. In other cases, notably if price discrimination based on customer location is feasible as is often the case when delivered pricing is commonly used in the industry, the Agencies may define geographic markets based on the locations of customers"*.

CFC evaluó las posibilidades de sustitución del bien, los costos de distribución, posibilidad de los usuarios por acudir a otros mercados y las restricciones legales. Dadas las características específicas del caso, no se requirió un análisis de la dimensión geográfica. Por lo que respecta al poder de mercado, la CFC indicó que en el mercado relevante solo participan dos empresas y que la acusada poseía el 90.9% de la superficie de almacenaje en dicho mercado (CFC, 2002^a).

Ese mismo año, la CFC resolvió sancionar a un conjunto amplio de embotelladoras de refrescos (entre otras, Coca-Cola y Pepsi-Cola) por condicionar la venta de sus productos a no comprar productos de otras empresas. Para definir el mercado relevante, la investigación enfatizó la cualidad de sustitución de los refrescos (contra diversos líquidos, como por ejemplo: jugos, cerveza, aguas, leche y bebidas isotónicas) y la analizó mediante un análisis de correlación de precios entre estos productos. Por lo que se refiere al análisis de la dimensión geográfica del mercado relevante, la CFC señaló que, aunque en principio el mercado donde se dio esta práctica es regional, al encontrarse extendida por todo el territorio puede considerarse un mercado nacional. Respecto a la determinación de poder de mercado, la CFC utilizó como referencia el porcentaje de ventas anual conjunto de las empresas acusadas, mismo que varió entre 67.5% y 72.1% (CFC, 2002b).

En relación con el mercado de petrolíferos, uno de los casos más relevantes atendidos por la CFC fue el relacionado con la sanción impuesta a diversas empresas distribuidoras de gas LP en Morelos el 17 de julio de 2002. La conducta sancionable consistió en haber obstaculizado el proceso productivo al haber retrasado, mediante la coordinación de manifestaciones, la construcción de una planta de almacenamiento para distribución de gas LP. Para determinar el poder de mercado, la CFC calculó las participaciones de mercado que tenían las empresas denunciadas en los municipios en donde tenía autorización de distribuir la nueva planta, mismas que oscilaron entre el 70% y 79%. Para definir la dimensión producto del mercado relevante, se consideraron posibles sustitutos, como electricidad y gas natural, pero fueron desestimados por consideraciones regulatorias y de existencia de infraestructura. A su vez, la dimensión geográfica fue definida de acuerdo con las plantas de almacenamiento instaladas y a los márgenes de comercialización, los cuales imponían un tope a los costos de distribución. (CFC, 2002c)

Otro caso en materia de petrolíferos que destaca es la resolución emitida por la COFECE el 20 de agosto de 2013. En ella se sanciona a Pemex Transformación Industrial por condicionar la venta de petrolíferos a estaciones de servicio a que estas contrataran el servicio de transporte de los mismos desde la terminal de almacenamiento hasta la estación. La COFECE identificó el mercado relevante como la comercialización al mayoreo de gasolinas y diésel a estaciones de servicio, y que la dimensión geográfica era nacional, dado que PEMEX contaba en ese momento con 77 terminales de almacenamiento y surtía a más de 9,000 estaciones de servicio a lo largo de todo el país. Por lo que se refiere al poder de mercado, y toda vez que entonces no había sido abierto el mercado de petrolíferos a participantes

distintos a PEMEX, la COFECE concluyó que dicha empresa se beneficiaba de una barrera legal que le garantizaba contar con el 100% de las ventas en el mercado relevante (COFECE, 2013).

Por otra parte, la Comisión Europea, en 2010, evaluó una práctica monopólica relativa¹⁰ relacionada con los mercados de oferta y transmisión de gas en Alemania. La Comisión analizó el comportamiento del grupo empresarial llamado E.ON AG, el cual se rehusó a ofrecer sus servicios de transmisión de gas de largo plazo mediante reservaciones en su sistema. El mercado de transmisión de gas en Alemania, hasta antes del inicio de este siglo, se caracterizó por tener una estructura de monopolios regionales; a partir de entonces, la regulación obligó a estas empresas a ofrecer capacidad en sus sistemas. Para definir la dimensión producto, la Comisión Europea determinó que el mercado de transporte de gas es distinto que el de la venta de este producto; además, distinguió entre el servicio contratado en capacidad firme e interrumpible¹¹, así como la división entre el gas de alto poder calorífico y el de bajo poder. De igual manera, respecto a la venta de gas, fueron distinguidas las ventas al por menor y al por mayor. Para evaluar la dimensión geográfica, se consideró la red de ductos de transmisión que transportan gas de baja capacidad debía, y todos los puntos de inyección para el gas de alta capacidad. A su vez, la dimensión geográfica de ventas fue considerada de la siguiente manera:

Así, parece apropiado definir los mercados de oferta como los distribuidores locales y de pequeñas regiones (oferta al mayoreo de corta distancia) y para consumidores finales (grandes clientes industriales, pequeños clientes de hogares y comercios) no mayores que la red (Comisión Europea, 2010). [Traducción propia].¹²

Para determinar el poder de mercado de E.ON AG, la Comisión Europea utilizó la participación de esta empresa en los mercados de gas de baja capacidad (100%) y de alta capacidad (75%-85%). En las ventas al mayoreo, esta empresa posee una participación de entre 55% y 65% en las áreas dentro de su red.

El caso anterior tuvo como precedente un caso relacionado también con gas que tuvo lugar en el 2009. En ese año, la Comisión Europea investigó dos conductas de la empresa RWE AG: negativa de trato a terceros para recibir su servicio de transmisión de gas y estrechamiento de márgenes a los competidores aguas abajo. Respecto a la dimensión producto, la Comisión Europea distinguió, primero, entre los servicios de venta de gas y los relacionados con la infraestructura (como el

¹⁰ En Europa, a este tipo de prácticas, se les denomina “abuso de dominancia”.

¹¹ La capacidad interrumpible implica que el dueño de la infraestructura puede negarse a ofrecer el servicio debido a causas específicas, tal como ocurriría en condiciones de congestión del sistema, y en cuyo caso solo sería aplicable la devolución del pago hecho por el cliente, pero sin generar algún tipo de penalización.

¹² El texto original refiere lo siguiente: “*It therefore appears appropriate to define the supply markets to local and small regional distributors ("short-distance" wholesale supply) and to end customers (large industrial customers, small household/commercial customers) as not wider than grid wide*”.

transporte). Los servicios de venta fueron diferenciados entre ventas al menudeo y al por mayor; este último se dividió en mayoreo y distribuidores menores, en tanto que las ventas al menudeo se dividieron en grandes clientes industriales y clientes pequeños. Respecto al mercado de transporte de gas, este fue dividido en dos categorías de acuerdo a sus condiciones: transmisión y distribución. Respecto a la dimensión geográfica, la Comisión Europea consideró que los mercados tanto de transmisión como de venta de gas no pueden ser definidos en áreas más grandes que *grid-wide*. En relación al poder de mercado, este fue declarado con base en la estructura de mercado, es decir, se advirtió que la transmisión mediante una red de ductos no es replicable económicamente, dada la naturaleza de monopolio natural. Finalmente, por lo que se refiere al poder de mercado en ventas, se observa que, dada la capacidad limitada que comparte RWE AG de su red a otros competidores, también se encuentra limitada la capacidad de volumen a ser vendido por dichos competidores (Comisión Europea, 2009).

En una investigación más reciente, la Comisión Europea investigó en 2018 el suministro de gas aguas arriba en Europa del Este y Central (10 países). En particular, investigó tres conductas realizadas por la empresa PJSC Gazprom: i) inclusión de restricciones territoriales en los contratos de servicio de suministro de gas al por mayor; ii) cargo de precios muy por encima de la referencia de costos y precios, y iii) condicionar el servicio a la obtención de ciertos compromisos de infraestructura no relacionada. La Comisión Europea advierte que, si bien el gas y el petróleo comparten algunas características, las diferencias en precios, costos y distribución hacen que deban analizarse como mercados distintos. Así, la definición del mercado en términos de la dimensión de producto se hizo de la siguiente manera: “la dimensión producto del mercado relevante es el mercado de la venta al mayoreo de gas natural por productores y exportadores a importadores y mayoristas”¹³ (Comisión Europea, 2018) [traducción propia]. Respecto a la dimensión geográfica, la Comisión Europea menciona que en investigaciones anteriores se ha definido el mercado en regiones considerando la demanda, pero que en esta investigación se consideraron las condiciones de la oferta y que, toda vez que hay poca infraestructura y no hay mucha interconexión entre ella, el mercado debe ser definido a nivel nacional. En relación al poder de mercado, este fue determinado, nuevamente, basado en la participación en cada uno de los mercados relevantes definidos. La participación de la empresa acusada iba desde el 40% hasta el 100% en dichos mercados.

En los Estados Unidos de América, la FTC ha realizado investigaciones con criterios similares a los señalados en los casos anteriores de México y Europa. Un caso relacionado con el mercado de petrolíferos fue investigado por la FTC en 2018, en el cual se analizó si la compra de las estaciones de servicio de Express Mart por parte de Marathon en algunas ciudades del estado de Nueva York afectaría el

¹³ Texto original: “*the relevant product market is the market for the upstream wholesale supply of natural gas by producers and exporters to importers and wholesalers*”.

proceso de competencia. La FTC definió el mercado relevante en gasolinas y diésel de manera separada, considerando que el grado de sustitución entre ambos productos es nulo. Respecto a la dimensión geográfica, la FTC definió un mercado por cada ciudad, a pesar de las consideraciones que había hecho al respecto: “Cada mercado relevante es distinto y dependiente de los hechos, lo que refleja características como patrones de desplazamiento, flujos de tráfico y características únicas de cada mercado. Comúnmente, los consumidores eligen entre puntos de venta minoristas de gasolina con características similares a lo largo de sus rutas planeadas” (FTC, 2018).¹⁴ [Traducción propia]. Aunque la FTC no hace pública la metodología con la que se determinó el poder de mercado resultante de la compra, indicó que, en el caso de gasolinas, en cuatro mercados reduciría el número de competidores de tres a dos, y en un mercado de cuatro a tres; en el caso de diésel, en tres mercados se convertiría en monopolio, en otro mercado reduciría el número de participantes de tres a dos, y en otro mercado pasarían de cuatro a tres.

Otro caso investigado por la FTC en materia de petrolíferos ocurrió en 2017, cuando analizó la posible fusión de Enbridge Inc. Y Spectra Energy Corp. La fusión resultante se convertiría en la compañía más grande de infraestructura energética en Norteamérica, utilizada para recolectar, procesar, almacenar y transportar gas natural, así como transporte de petróleo por medio de ductos. El mercado relevante en su dimensión de producto fue definido como el transporte de gas natural mediante ductos, ya que, incluso ante un aumento en sus precios, su demanda permanecería igual dado que no hay alternativas prácticas para el transporte de gas natural. Esta declaración da a entender que posiblemente fue realizado algún test tipo SSNIP. La dimensión geográfica del mercado relevante fue definida como tres áreas de producción de gas en la costa de Luisiana. La FTC no hizo pública la manera como determinó el poder de mercado que podría tener la empresa resultante; sin embargo, indicó que podría convertirse en la opción más conveniente para algunos productores dada la participación accionaria que tienen las empresas fusionantes en otras empresas del sector (FTC, 2017).

Finalmente, un caso específico del mercado de almacenamiento de petrolíferos fue analizado por la FTC en 2016. ArcLight y Gulf son dos empresas que poseen terminales de almacenamiento de petrolíferos (gasolinas y otros destilados de petróleo) y que las utilizan para almacenar sus propios productos y rentar el espacio que quede disponible a otras empresas. Para determinar la dimensión producto del mercado relevante, la FTC separó el mercado de gasolina del de otros destilados, de acuerdo al siguiente razonamiento:

Los clientes del servicio de almacenamiento de gasolina solo pueden utilizar terminales que cumplan con la regulación específica ambiental. Una terminal debe

¹⁴ Texto original: “Each relevant market is distinct and fact-dependent, reflecting such features as commuting patterns, traffic flows, and outlet characteristics unique to each market. Consumers typically choose between nearby retail fuel outlets with similar characteristics along their planned routes”.

contar con equipo especializado, incluyendo unidades de recuperación de vapores y tanques con techos internos flotantes para ofrecer sus servicios. En tanto que los clientes de las terminales de destilados pueden usar terminales de gasolinas, lo contrario no es posible debido a los requerimientos regulatorios más estrictos para el almacenamiento y manejo de la gasolina (FTC, 2016). [Traducción propia].¹⁵

Por lo que se refiere a la dimensión geográfica, la FTC determinó la existencia de tres mercados: Altoona, Scranton y Harrisburg. En relación con el poder de mercado, la FTC señaló que la fusión daría lugar a una concentración importante, pues: i) en Altoona solo las fusionantes poseen terminales de gasolina y son dos de las tres empresas que ofrecen servicio de destilados; ii) en Scranton, las fusionantes son dos de las tres empresas que almacenan gasolina y destilados; iii) en Harrisburg, son dos de las tres compañías que almacenan gasolina, y dos de cuatro empresas que almacenan destilados. Desafortunadamente, la FTC no hace pública la metodología que utilizó para definir los mercados desde la dimensión geográfica ni las consideraciones para determinar el poder de mercado.

Según se advierte de los casos anteriormente referidos, las metodologías utilizadas por las autoridades de competencia para definir el mercado relevante y determinar el poder de mercado se encuentran basadas en los modelos clásicos. Esta reticencia a utilizar modelos más recientes es evidencia de un conservadurismo esperable de las agencias ante un posible cuestionamiento de los supuestos que deben observarse en metodologías más complejas pero menos conocidas.

¹⁵ Texto original: “Gasoline terminaling service customers can only use terminals that meet gasoline-specific environmental regulations. A terminal must have specialized equipment, including vapor recovery units and tanks with internal floating roofs, to offer gasoline terminaling services. While distillate terminaling customers may be able to use gasoline terminals, the reverse is not possible due to the more stringent regulatory requirements for the storage and handling of gasoline”.

3. Los petrolíferos y su cadena de valor

Conocer la cadena de valor en la que se inserta el almacenamiento de petrolíferos, así como las actividades relacionadas, permite delimitar el alcance de dicha actividad y perfilar sus límites. En particular, para el análisis de competencia resulta relevante este análisis, pues a partir de él pueden hallarse o descartarse actividades que pudieran operar como sustitutos del almacenamiento.

Los petrolíferos son productos que se obtienen a partir de la refinación del petróleo y que comúnmente se utilizan para la locomoción de vehículos automotores. La fracción XXVIII del artículo 4 de Ley de Hidrocarburos define como petrolíferos a los «productos que se obtienen de la refinación del petróleo o del procesamiento del gas natural y que derivan directamente de hidrocarburos, tales como gasolinas, diésel, querosenos, combustóleo y gas licuado de petróleo, entre otros, distintos de los petroquímicos».

No obstante, esta definición no fue del todo clara para los participantes de los mercados de las diferentes actividades de petrolíferos ni para los interesados en ingresar a ellas. Por ello, la CRE emitió el *Acuerdo por el cual la Comisión Reguladora de Energía interpreta las definiciones de petroquímicos y petrolíferos, comprendidas en el artículo 4, fracciones XXVIII y XXIX, de la Ley de Hidrocarburos*. Este instrumento jurídico refirió algunos de los productos en donde existían dudas acerca de su clasificación en petrolíferos y petroquímicos:

Tabla 3.1. Primera clasificación de petrolíferos y petroquímicos

Petrolíferos	Petroquímicos	Ni petrolíferos ni petroquímicos
Asfaltos	Propano	Etileno
	Butano	Polietilenos
	Isobutano	Óxido de etileno
	Benceno	Monoetilenglicol
	Tolueno	Glicoles etilénicos
	Xilenos	Cloruro de vinilo
	Aromáticos pesados	Metanol
	Propileno	Acrilonitrilo
		Ácido cianhídrico
		Estireno
		Azufre
		Hidrógeno
		Dióxido de carbono
		Amoniaco
		Urea

Fuente: elaboración propia con base en el *Acuerdo por el cual la Comisión Reguladora de Energía interpreta las definiciones de petroquímicos y petrolíferos, comprendidas en el artículo 4, fracciones XXVIII y XXIX, de la Ley de Hidrocarburos*.

Estas consideraciones por parte de la autoridad competente acerca de los productos que serían considerados como petrolíferos o petroquímicos fueron revisadas nuevamente por la CRE ese mismo año. Mediante el *Acuerdo por el que la Comisión Reguladora de Energía interpreta, para efectos administrativos, la Ley de Hidrocarburos, a fin de definir el alcance de la regulación en materia de petrolíferos y petroquímicos*, dicha comisión acotó la regulación a los siguientes productos:

Tabla 3.2. Segunda clasificación de petrolíferos y petroquímicos

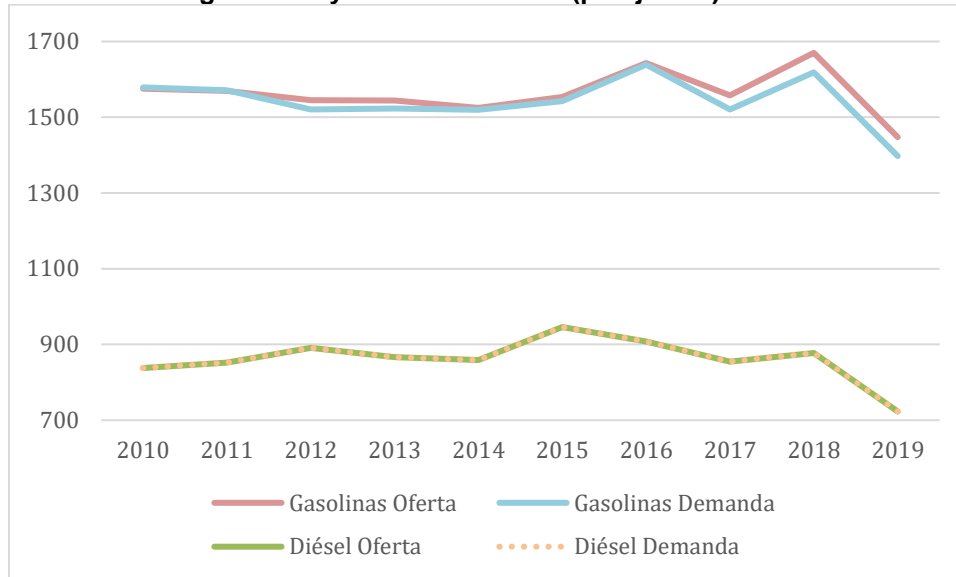
Petrolíferos	Petroquímicos
Gas licuado de petróleo	Metano
Gasolinas	Etano
Gasavión	Propano
Turbosina	Butanos
Gasóleo doméstico	Naftas (ligera, pesada y
Diésel (automotriz, industrial bajo	gasolina natural)
azufre y marino especial)	
Combustóleos	

Fuente: elaboración propia con base en el *Acuerdo por el que la Comisión Reguladora de Energía interpreta, para efectos administrativos, la Ley de Hidrocarburos, a fin de definir el alcance de la regulación en materia de petrolíferos y petroquímicos*.

Finalmente, la CRE emitió la Norma Oficial Mexicana NOM-016-CRE-2016 para determinar las características fisicoquímicas que deben cumplir los petrolíferos, específicamente las gasolinas, el diésel, la turbosina, gasavión y el combustóleo. Esta norma tuvo por objeto establecer un estándar en la calidad de los petrolíferos, a fin de que estos cuenten con indicadores mínimos para las variables relevantes y que, durante su estancia en actividades de logística, puedan ser fungibles.

En relación con la disponibilidad y el uso de los productos petrolíferos en México, se observa que durante la última década se han mantenido estables hasta 2018 la demanda y oferta de gasolinas y diésel, los cuales son los petrolíferos que serán abordados en esta investigación. No obstante, en 2019 todas estas variables presentaron una considerable disminución, según se advierte en la Gráfica 3.1. En dicho gráfico se observa cierto desbalance entre oferta y demanda de gasolinas, el cual puede explicarse por un incremento en los inventarios de este producto o a algún incremento en las actividades ilícitas. A su vez, el desbalance entre oferta y demanda del diésel es prácticamente nulo en cada año, por lo que en la gráfica ambas líneas aparecen sobrepuestas. A pesar de la caída en la oferta y la demanda de gasolinas y diésel en 2019, se advierte que la necesidad de almacenamiento de estos productos continúa siendo elevada.

Gráfica 3.1. Balance de gasolinas y diésel en México (petajoules)



Fuente: elaboración propia con datos de la Secretaría de Energía (2021^a y 2021b).

Por otra parte, la cadena de valor de los petrolíferos se compone de distintas actividades que comprenden desde la producción de los mismos hasta su puesta en los puntos de venta para los usuarios finales. Si bien esta cadena comienza estrictamente con las actividades de exploración y extracción de hidrocarburos, tradicionalmente se han separado dichas actividades de las relacionadas con la logística. Esto se debe en cierta medida a que la extracción de hidrocarburos es un insumo para otras industrias, tales como plásticos o petroquímicos.

A nivel internacional, a las actividades de exploración y extracción se les ha reconocido como *upstream*, en tanto que el almacenamiento, transporte y comercialización, distribución y expendio de petrolíferos se han considerado dentro del *downstream*.

El *downstream* comienza mediante la comercialización de petrolíferos, esto es, la compra y venta de estos productos al mayoreo, ya sea en un punto de venta local (refinerías nacionales) o mediante su importación. Una vez que se han llevado a cabo las transacciones comerciales necesarias, se requiere de un transporte, el cual, debido al volumen del cargamento, habitualmente se realiza mediante ductos, buquetanques o ferrocarril, los cuales depositan los productos en las terminales de almacenamiento. Dependiendo de las necesidades del mercado, así como las localizaciones de dichas terminales, los productos pueden ser conducidos mediante autotankers o tractocamiones a centros de distribución, o bien pueden ser llevados directamente hasta las estaciones de servicio, donde finalmente serán puestos a disposición del público.

Ilustración 3.1. Esquema de la cadena de valor de los petrolíferos.



Fuente: CRE, 2016d.

A continuación se describen las diversas actividades que conforman la cadena de valor de los petrolíferos.

3.1 Refinación

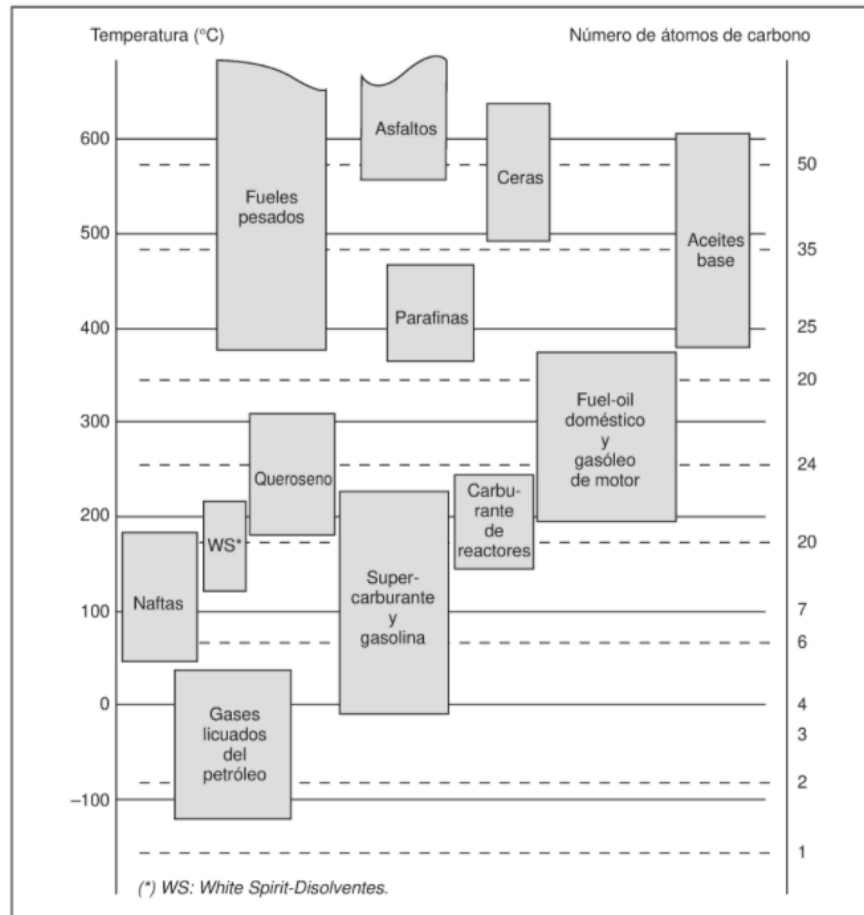
La refinación es la actividad que permite transformar el petróleo crudo en gasolinas y diésel, entre otros productos. Para lograrlo, lleva a cabo alguno de los siguientes procesos (Parra, 2003):

- Destilación: consiste en calentar el crudo y separar sus componentes mediante el aprovechamiento de sus diferentes temperaturas de ebullición.
- Destilación al vacío: para evitar el craqueo incontrolado que puede tener lugar al aumentar la temperatura durante la destilación, esta se realiza a baja presión.
- Reformado catalítico: mediante este proceso se modifican las moléculas del producto para mejorar el octanaje de la nafta pesada y transformar parafinas y naftenos.
- Craqueo catalítico: consiste en descomponer moléculas largas de carbono en unas más pequeñas utilizando calor pero sin emplear hidrógeno.
- Alquilación: permite obtener gasolinas de alto octanaje, eliminar el uso del plomo y disminuir el contenido de aromáticos.
- Isomerización: mediante este proceso se convierten parafinas en isoparafinas.
- *Hidrocracking*: en este proceso se producen componentes de gasolina a partir de gasóleo ligero o pesado, así como destilados ligeros a partir de gasóleos pesados.

- Ruptura técnica de residuos: se busca romper las moléculas del producto mediante la aplicación de altas temperaturas.
- Hidrodesulfuración: proceso mediante el cual se reduce la cantidad de azufre de los productos fabricados.

En el siguiente diagrama puede observarse la manera como el aumento en la temperatura es requerido para lograr elaborar los diferentes productos derivados del petróleo (Wauquier, 2007):

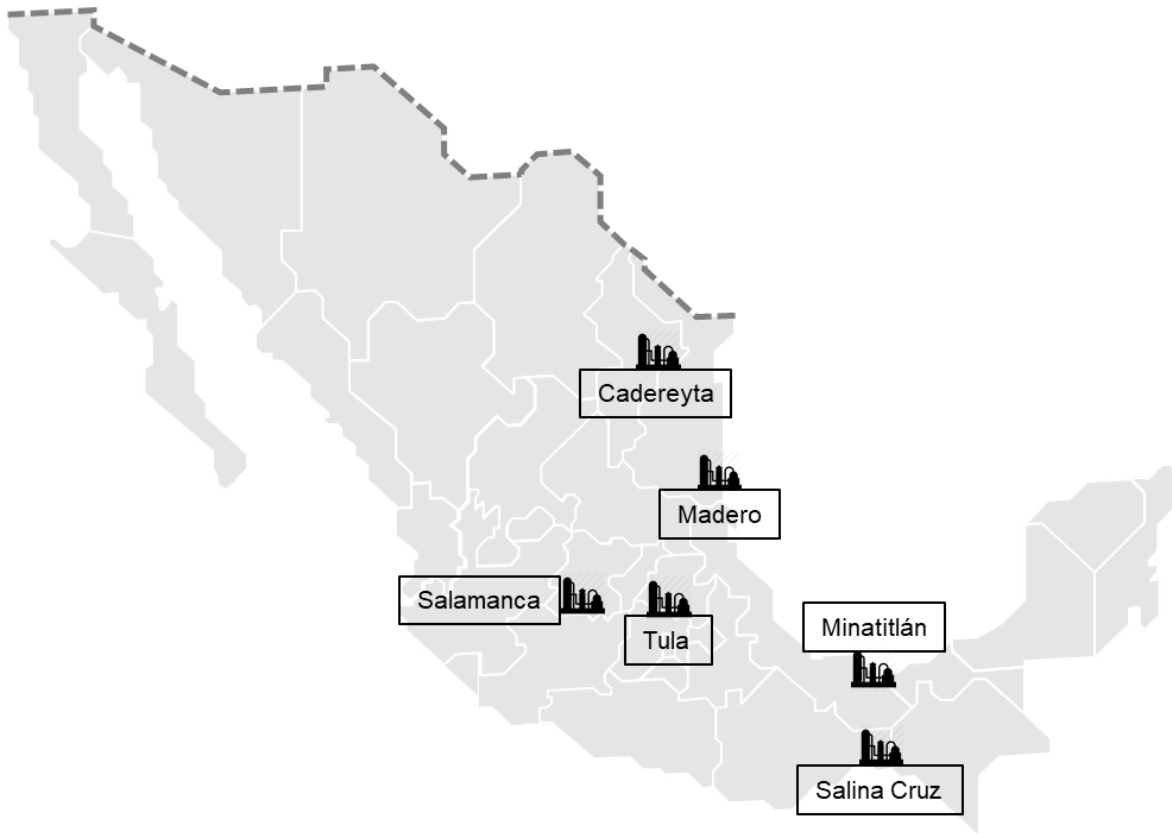
Ilustración 3.2. Temperaturas a las que son producidos los petrolíferos.



Fuente: Wauquier, 2007.

En la industria nacional, actualmente existen seis refinerías que producen, entre otros bienes, gasolinas y diésel. En el Mapa 3.1 se observa que dos de ellas se encuentran situadas en el Golfo de México, otra en el Pacífico Sur y las tres restantes se ubican tierra adentro.

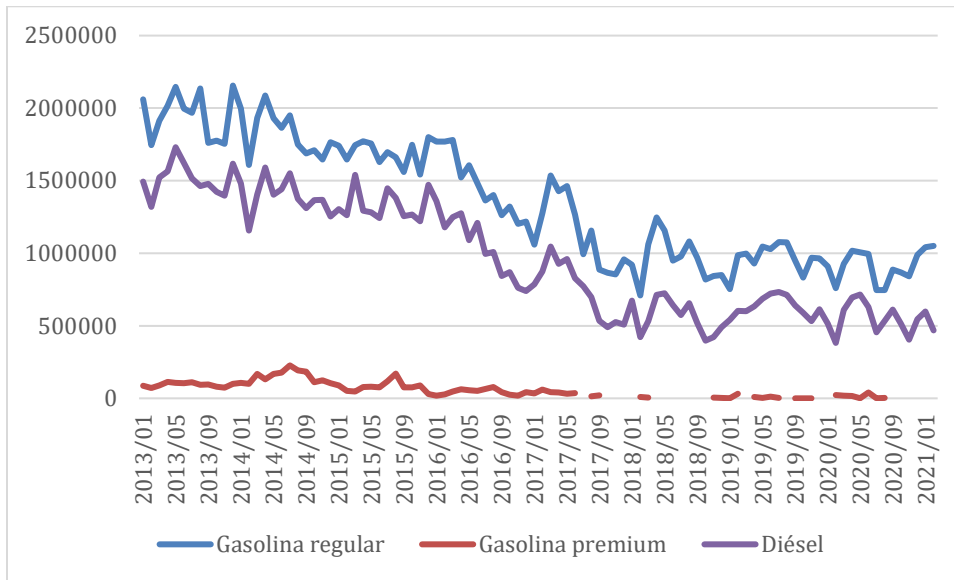
Mapa 3.1. Ubicación de las refinerías en México.



Fuente: elaboración propia con información de la Secretaría de Energía, 2018^a.

La producción nacional de petrolíferos llevada a cabo por las seis refinerías referidas ha mantenido una caída constante desde, al menos, 2013, según se aprecia en la Gráfica 3.2. Dicha caída se ha explicado como el resultado de una disminución en la producción petrolera nacional, ineficiencias de operación en las instalaciones y presupuesto insuficiente para su correcto mantenimiento y operación (Limón, 2018). Para compensar la diferencia entre la demanda de estos productos y la oferta nacional, se ha recurrido a las importaciones. Una menor dependencia de la oferta nacional implica que hay más oportunidades para agentes privados para suministrar la demanda de petrolíferos; a su vez, esta situación implica una mayor demanda de los servicios de almacenamiento.

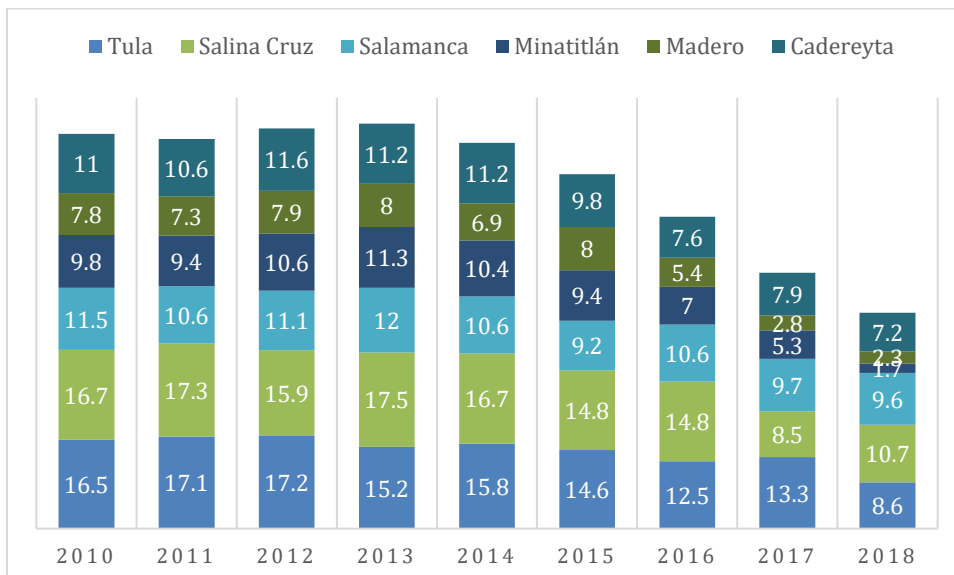
Gráfica 3.2. Producción de petrolíferos en México (miles de litros)



Fuente: elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2021.

Asimismo, es importante notar que existen diferencias relevantes entre las refinerías respecto a la capacidad y utilización de la misma para producir petrolíferos. Según se advierte en la Gráfica 3.3, en todas ellas ha habido una disminución considerable en la elaboración de gasolinas y diésel. Es especialmente notable la caída en la producción de las refinerías a partir de abril de 2016.

Gráfica 3.3. Utilización de capacidad de refinación (porcentaje del Sistema Nacional de Refinación)



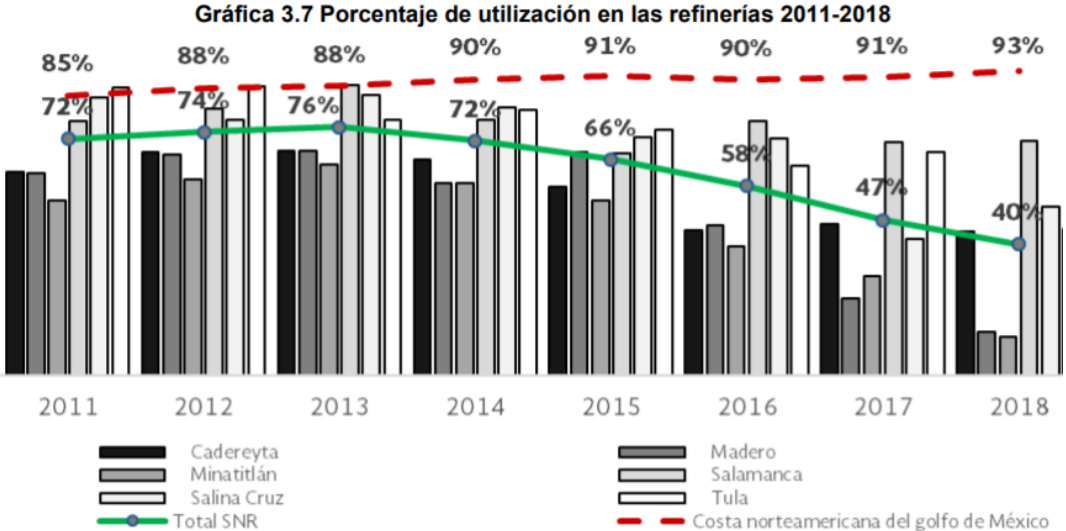
Fuente: Secretaría de Energía, 2021e.

La sustitución de producción nacional de petrolíferos con importaciones no deriva de alguna barrera legal a la construcción y operación de refinerías. A partir de la emisión de la Ley de Hidrocarburos, cualquier persona moral puede llevar a cabo la actividad de refinación, por lo que no es una actividad restringida a PEMEX. Sin embargo, hasta el momento el único proyecto de nueva refinería es el propuesto por el gobierno federal, misma que tendrá una capacidad de 340,000 barriles diarios y será operada por PEMEX (Secretaría de Energía, 2019a).

3.2 Importación

Según fue referido en la sección anterior, la disminución de la producción en las refinerías nacionales ha sido compensado mediante la importación de estos productos. Esta sustitución también es auspiciada por un incremento en la eficiencia de las refinerías situadas en Estados Unidos en la costa del Golfo de México, desde donde es conveniente realizar su exportación a México por su cercanía. En la Gráfica 3.4 se puede observar el incremento en la diferencia del porcentaje de utilización de las refinerías en México y Estados Unidos.

Gráfica 3.4. Porcentaje de utilización en las refinerías de México y la costa del Golfo de México en Estados Unidos



Nota: Los datos de 2018 corresponden al promedio de enero a septiembre.
 Fuente: Secretaría de Energía con información del SIE y de la Energy Information Administration.

Fuente: Secretaría de Energía, 2018b.

Al igual que la refinación, la importación de petrolíferos es una actividad regulada por la Secretaría de Energía y se requiere de un permiso otorgado por esta autoridad para llevarla a cabo, así como las autorizaciones necesarias que determine la Secretaría de Economía. Existen dos tipos de permisos de importación

de hidrocarburos y petrolíferos otorgados por la Secretaría de Energía, los cuales poseen los mismos derechos y obligaciones y únicamente se diferencian por su vigencia, pues los hay por uno y por veinte años. Actualmente se encuentran vigentes 38 permisos de importación de petrolíferos, distribuidos de la siguiente manera:

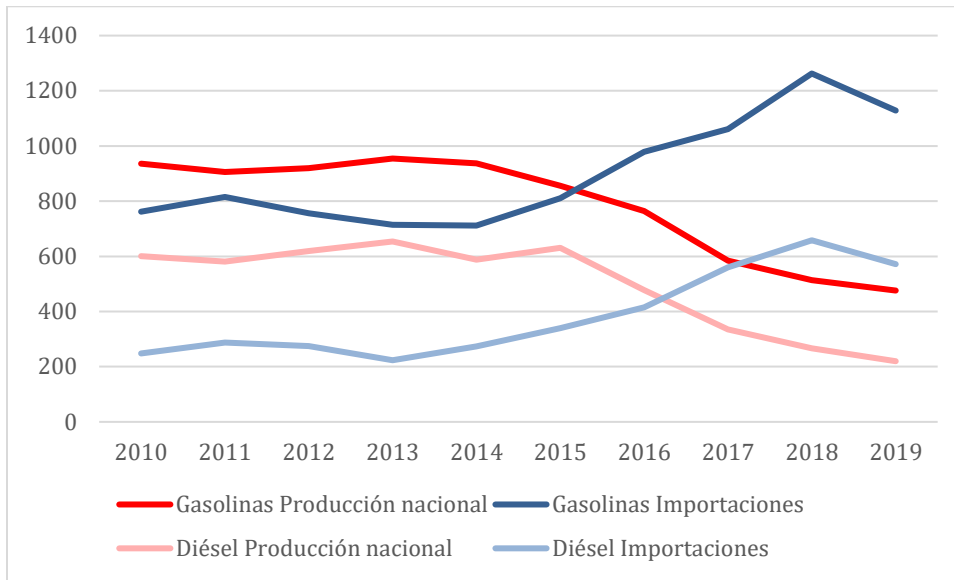
Tabla 3.3. Permisos vigentes de importación de petrolíferos

Producto	Número de permisos otorgados a PEMEX	Cantidad autorizada a permisos de PEMEX (millones de litros)	Número de permisos otorgados a agentes privados	Cantidad autorizada a permisos de agentes privados (millones de litros)
Diésel ultra bajo azufre	2	564,487	12	635,461
Diésel bajo azufre	2	3,966	1	63,592
Gasolina regular	1	48,264	1	107,240
Gasolina premium	3	1,209,750	16	720,920

Fuente: elaboración propia con datos de la Secretaría de Energía, 2021c.

La importación de diésel comenzó a incrementarse paulatinamente a partir de 2013, en tanto que las gasolinas lo hicieron al año siguiente. Dado que la importación de petrolíferos era una actividad restringida antes de la emisión de la Ley de Hidrocarburos, resulta evidente que fue el propio PEMEX quien, durante el periodo previo a la emisión de dicha ley, comenzó a hacer mayor uso de las importaciones a fin de poder satisfacer la demanda nacional. A partir de 2015, el volumen de importaciones de gasolinas es más grande que el de producción nacional de estas; lo mismo ocurrió para el diésel un año después. Ambos fenómenos pueden observarse en la Gráfica 3.5.

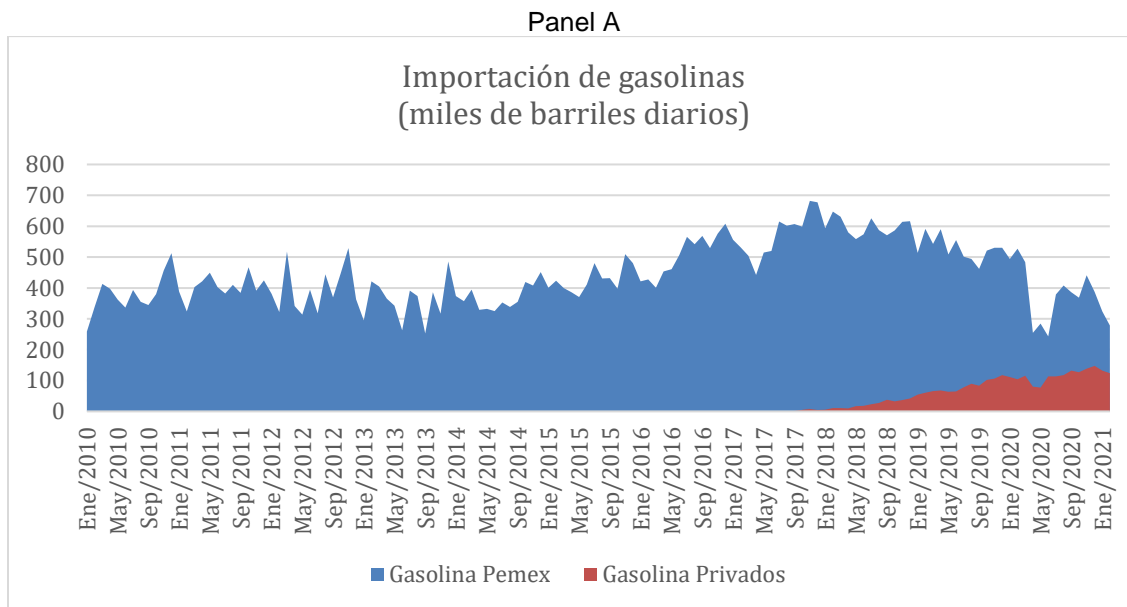
Gráfica 3.5. Producción e importaciones de petrolíferos (petajoules)

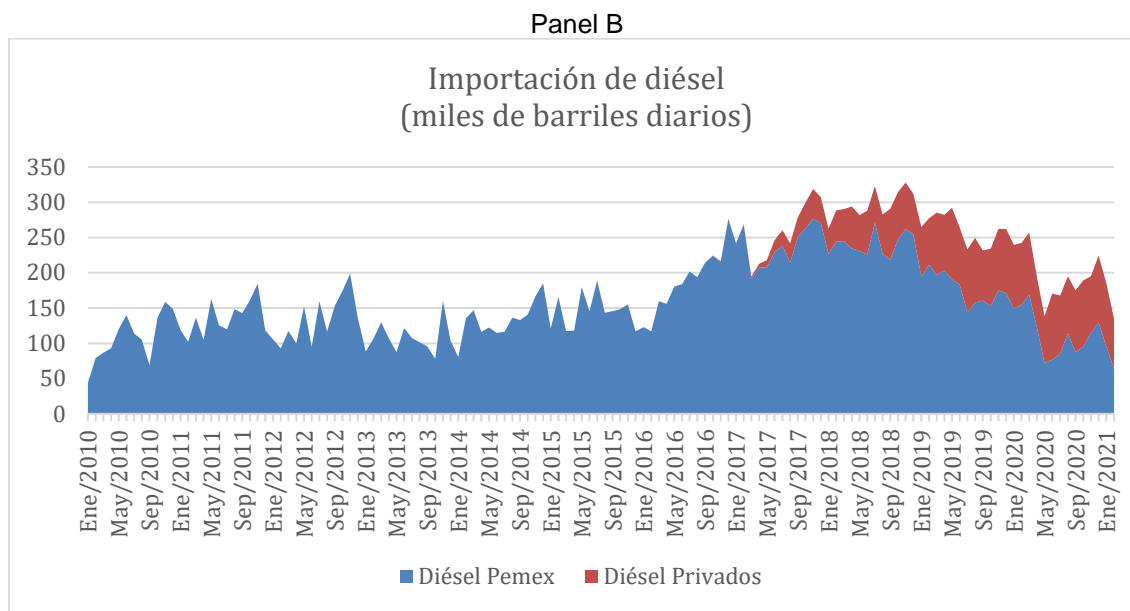


Fuente: Secretaría de Energía, 2021a y 2021b.

La participación de inversionistas privados en las importaciones de gasolinas siempre ha sido menor que la que realiza PEMEX. En junio de 2020 dicha participación alcanzó su máximo histórico al representar el 31.84% del total de importaciones de dicho petrolífero. Por otra parte, la importación de diésel por parte de agentes privados ha sido más alta, e incluso en un par de ocasiones (junio de 2020 y febrero de 2021) ha superado el nivel de importaciones que realiza PEMEX de este producto.

Gráfica 3.6. Importaciones de petrolíferos realizadas por PEMEX e inversionistas privados





Fuente: Secretaría de Energía, 2021d.

El origen de los petrolíferos importados es predominantemente de los Estados Unidos, tanto para las gasolinas como para el diésel. En 2019, ningún país representó el 5% de las importaciones de estos productos, salvo por los Estados Unidos. Esto se explica por una oferta a precios altamente competitivos en dicho país, así como por la cercanía y la consecuente reducción de precios de logística que implica su traslado desde esa nación.

Tabla 3.4. País de origen de las importaciones de petrolíferos en 2019

País	Porcentaje de importaciones totales de gasolinas	País	Porcentaje de importaciones totales de diésel
Estados Unidos	85.8	Estados Unidos	97.2
Países Bajos	4.2	Japón	1.5
China	4.1	China	0.9
Corea del Sur	3.3	Canadá	0.4
Otros	2.6		

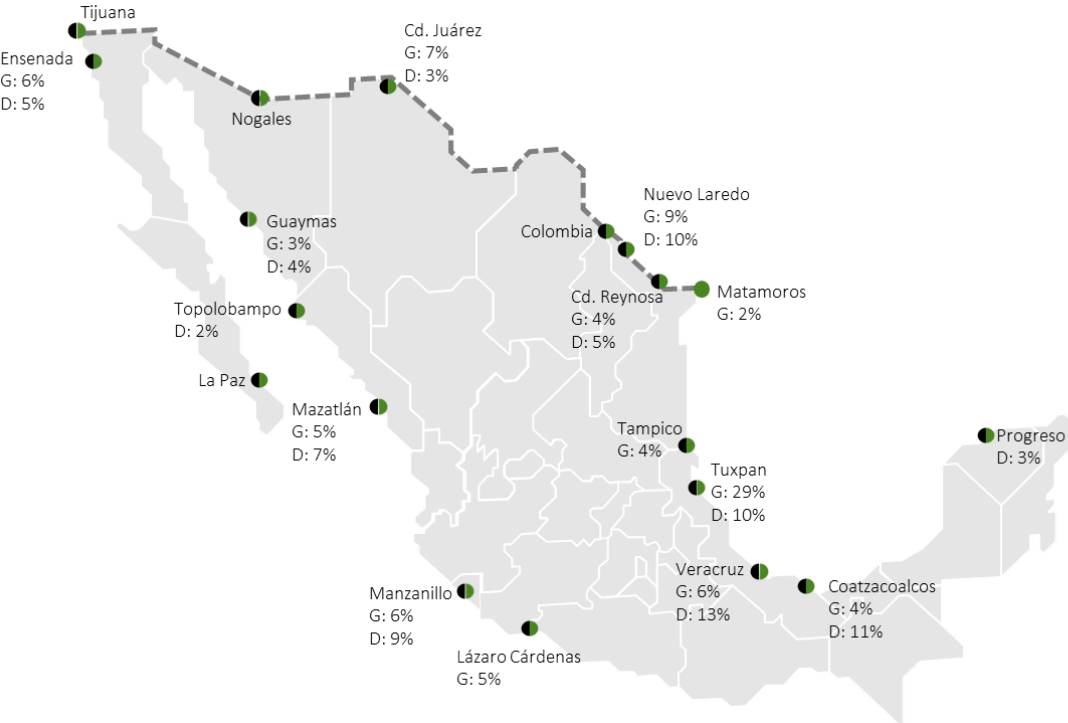
Fuente: elaboración propia con datos de la Secretaría de Energía, 2019b.

Nota: en otros países desde donde se importa gasolina se incluyen los siguientes: Antillas, Argentina, Bahamas, Bélgica, Bielorussia, Brasil, Chile, España, Finlandia, Francia, Italia, Letonia, Malasia, Perú, Puerto Rico, Reino Unido, Rusia, Singapur y Venezuela.

Finalmente, es relevante destacar cuáles son los puntos geográficos dentro del territorio nacional desde los cuales se lleva a cabo la internación de los petrolíferos. Estos puntos se encuentran identificados en el Mapa 3.2, el cual también refiere el

porcentaje de productos respecto de las importaciones totales que ingresaron a través de cada uno de ellos. Según se observa en dicho mapa, el volumen más alto de importaciones de ambos productos tiene lugar en las costas de Veracruz, donde destaca que cerca de un tercio de las importaciones de gasolina llegan al puerto de Tuxpan. En el caso del diésel, el punto de importación que tuvo un mayor volumen de internación de producto fue el puerto de Veracruz. Esta configuración de los puntos de internación es relevante para comprender la localización de las terminales de almacenamiento, ya que ubicar una terminal cerca de alguno de los puntos de internación puede representar una ventaja sobre otras terminales; esta característica puede ser determinante para los clientes de los servicios de almacenamiento, quienes podrían no considerar sustitutas terminales cercanas entre sí pero que se diferencien por su cercanía a alguno de estos puntos.

Mapa 3.2. Puntos de internación de los petrolíferos



Fuente: elaboración propia con información de la Secretaría de Energía, 2019b.
 Nota: el punto en color verde indica que solo se interna gasolina en esa ubicación, en tanto que el resto de los puntos se importa tanto gasolinas como diésel. En los casos en donde no se indica el porcentaje correspondiente es debido a que es menor al 1%.

3.3 Comercialización

La comercialización es la actividad dentro de la cadena de petrolíferos que permite la compraventa de productos. A diferencia del resto de las actividades, la comercialización no implica la posesión u operación de instalaciones; sin embargo,

un comercializador, a fin de ofrecer un servicio de valor agregado, puede contratar servicios de logística (transporte y almacenamiento) con permisionarios de dichas actividades. De esta manera, puede ofrecer un servicio de compraventa y logística a sus clientes.

El artículo 19 del *Reglamento de las actividades a que se refiere el Título Tercero de la Ley de Hidrocarburos* define la actividad de comercialización de la siguiente manera:

Para los efectos del presente Reglamento, la comercialización se entiende como la actividad de ofertar a Usuarios o Usuarios Finales, en conjunto o por separado, lo siguiente:

- I. La compraventa de Hidrocarburos, Petrolíferos o Petroquímicos;
- II. La gestión o contratación de los servicios de Transporte, Almacenamiento o Distribución de dichos productos, y
- III. La prestación o intermediación de servicios de valor agregado en beneficio de los Usuarios o Usuarios Finales en las actividades a que se refiere el presente Reglamento.

Los permisos de comercialización no conllevan la propiedad de la infraestructura, ni la prestación de los servicios que utiliza y que sean objeto de permisos al amparo del presente Reglamento.

En tal virtud, la comercialización consiste en una actividad transversal dentro de la cadena de valor de los petrolíferos. Así, es posible entender esta actividad como la responsable de hacer llegar a las estaciones de servicio los petrolíferos para su venta al público, lo cual llevan a cabo mediante la contratación de servicios de logística.

Debido a la naturaleza de esta actividad, existen diversos tipos de comercializadores. Por una parte, se encuentra el comercializador de PEMEX, Pemex Transformación Industrial, el cual posee los permisos correspondientes de refinación en todas las instalaciones donde se lleva a cabo esta actividad en México. Dado que hasta ahora todas las refinerías son operadas por PEMEX, las empresas que desean comercializar productos petrolíferos deben realizar alguna de estas dos acciones: importar dichos productos o comprarlos en México a quien refina (PEMEX) o a comercializadores que importan. Es importante referir que los comercializadores que realizan importaciones también realizan las gestiones de internación correspondientes, por lo que cuentan con un permiso de importación otorgado por la Secretaría de Energía.

La comercialización es una de las actividades que hasta antes de la Reforma Energética no podía realizarse por agentes económicos distintos a PEMEX. En tal virtud, a partir de 2015 la CRE comenzó a otorgar los permisos correspondientes a

inversionistas privados. Al ser una actividad que no requiere inversión en infraestructura, el número de permisos que ha otorgado la CRE para dicha actividad se ha incrementado considerablemente, aunque durante el 2021 no se ha otorgado ningún permiso adicional, según se muestra en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Número de permisos otorgados acumulados por la CRE para la comercialización

Año	Permisos otorgados
2015	9
2016	79
2017	211
2018	425
2019	594
2020	693
2021	693

Fuente: elaboración propia con datos de la CRE, 2021a.

En relación con los permisos otorgados por la CRE para esta actividad, cabe mencionar que los primeros que fueron emitidos incluían distintos tipos de productos, entre ellos gasolinas, diésel, gas licuado de petróleo y petroquímicos. Posteriormente, los permisos fueron otorgados únicamente por familia de productos, esto es, los permisos de comercialización de petrolíferos solo amparan la compraventa de gasolinas, diésel, turbosina y combustóleo.

Es importante tener en cuenta que los comercializadores son los clientes de los almacenistas, por lo que estos buscarán adecuar sus instalaciones a las demandas de aquellos. Por esta razón, las decisiones de inversión que realizan los almacenistas, así como la ubicación de las terminales, la capacidad y otras características, se encuentran determinadas por las necesidades de los comercializadores.

3.4 Transporte

El transporte de petrolíferos consiste en la actividad de trasladar productos de un lugar a otro sin que estos hayan sido enajenados por quien realiza el traslado. La fracción XXXVIII del artículo 4 de la Ley de Hidrocarburos establece la definición legal de esta actividad:

La actividad de recibir, entregar y, en su caso, conducir Hidrocarburos, Petrolíferos y Petroquímicos, de un lugar a otro por medio de ductos u otros medios, que no conlleva la enajenación o comercialización de dichos productos por parte de quien la realiza a través de ductos. Se excluye de

esta definición la Recolección y el desplazamiento de Hidrocarburos dentro del perímetro de un Área Contractual o de un Área de Asignación, así como la Distribución.

Esta actividad puede llevarse a cabo, conforme al artículo 30 del *Reglamento de las actividades a que se refiere el Título Tercero de la Ley de Hidrocarburos*, mediante las siguientes modalidades: buquetanques, carrotanques, autotanques, semirremolques y ductos.

De acuerdo con datos de la Secretaría de Energía, el transporte por medio de ductos es la modalidad que traslada un mayor volumen de petrolíferos, seguido del transporte por autotanque y semirremolque; le siguen en importancia el transporte por buquetanque y carrotanque (Secretaría de Energía, 2018c). Esta información contrasta con los costos asociados a cada tipo de transporte, toda vez que el traslado mediante ducto es el más barato, en tanto que el realizado mediante autotanques es catorce veces más caro que llevarlo a cabo a través de ductos; el de carrotanque, seis veces, y el de buquetanque, dos veces (CRE, 2017).

3.4.1 Transporte por buquetanque

El transporte por buquetanque se lleva a cabo mediante embarcaciones que trasladan en contenedores especializados productos petrolíferos. Hasta antes de la Reforma Energética, esta actividad era realizada únicamente por PEMEX, por lo que al momento de ser necesario contar con un permiso para la realización de esta actividad, PEMEX tuvo que solicitar el permiso correspondiente para cada una de las embarcaciones con las que contaba para llevar a cabo el transporte por medio de buquetanque.

Tabla 3.6. Número de permisos otorgados por la CRE para el transporte por buquetanque

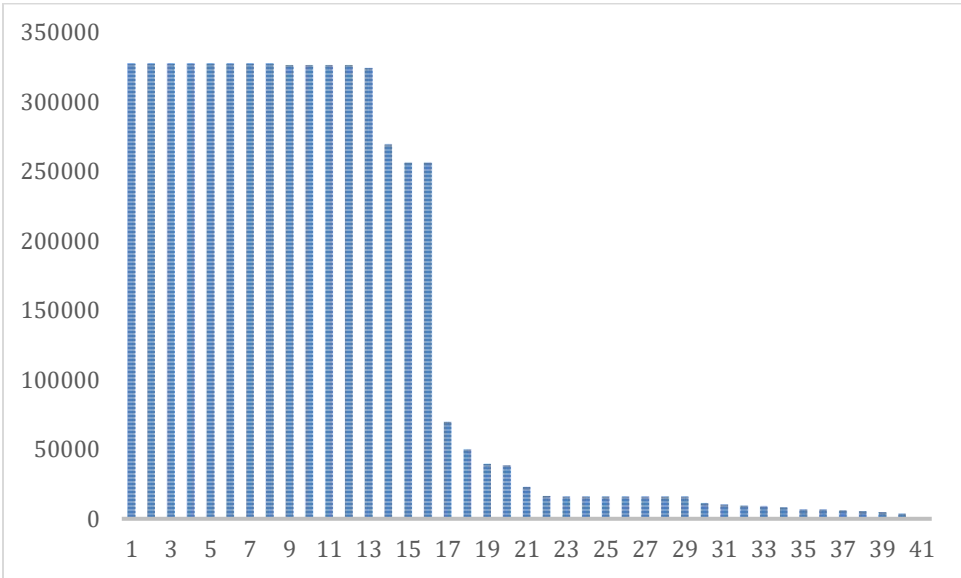
Año	Permisos otorgados a PEMEX	Permisos otorgados a agentes privados
2015	16	7
2016	6	6
2017	1	4
2018	0	0
2019	0	1
2020	0	0
2021	0	0

Fuente: elaboración propia con datos de la CRE, 2021b.

Según se observa en la Tabla 3.6, el número de permisos otorgados por la CRE para realizar esta actividad ha sido limitado y todavía una buena parte de ellos ampara las actividades realizadas por PEMEX. Esto significa que la mayor parte del transporte por buquetanque de petrolíferos se sigue llevando a cabo a través de las mismas embarcaciones con las que se realizaba antes de la Reforma Energética.

Si bien el transporte por este medio se realiza a través de embarcaciones, estas pueden ser de capacidades disímiles. En general, pueden encontrarse dos tipos de embarcaciones: por una parte, los buques de gran capacidad de transporte, los cuales realizan el transporte para llevar a cabo importaciones; por otra, las embarcaciones de capacidad reducida, las cuales realizan traslados de los buques de gran capacidad a los puertos donde el calado de estos últimos les impide atracar en ciertos puertos. Según puede advertirse en la Gráfica 3.7, la mayor parte de los permisos otorgados para el transporte por este medio es para embarcaciones de capacidad pequeña.

Gráfica 3.7. Capacidad de transporte por embarcación (barriles)

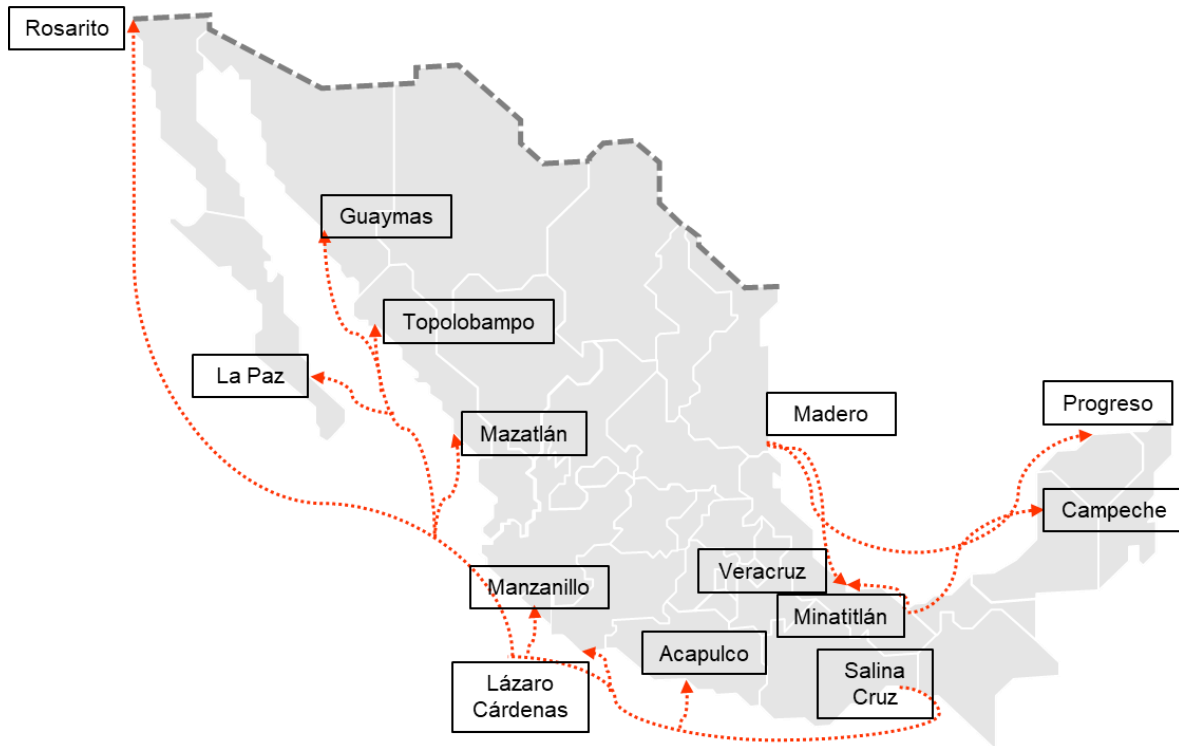


Fuente: CRE, 2021b.

El transporte por buquetanque también incluye el traslado de petrolíferos que realizan las embarcaciones entre puertos nacionales, lo que se denomina cabotaje. En el Mapa 3.3 se señalan las principales rutas marítimas para el transporte de petrolíferos. Se observa que dichas rutas tienen como punto de origen tres refinerías localizadas en la costa (Madero, Minatitlán y Salina Cruz) y destaca que, a pesar de la distancia, la refinería ubicada en Oaxaca pueda suministrar de petrolíferos a la Península de Baja California.

A fin de poder entregar los petrolíferos en los puertos, es necesario que estos cuenten con instalaciones específicas de recibo de este tipo de productos. Dependiendo de dicha infraestructura, los buquetanques podrían descargar hacia tuberías en tierra que conectan directamente con alguna terminal de almacenamiento, o bien pueden descargar el producto haciendo uso de monoboyas.

Mapa 3.3. Rutas marítimas de cabotaje para el transporte de petrolíferos



Fuente: elaboración propia con información de la Secretaría de Energía, 2018a.

3.4.2 Transporte por carrotanque

El transporte por carrotanque consiste en el traslado de productos petrolíferos mediante vagones no desmontables que son arrastrados por las vías ferroviarias mediante locomotoras. Los permisos otorgados por la CRE para realizar esta modalidad de transporte se encuentran restringidos a los concesionarios de líneas ferroviarias, dado que son ellos quienes operan dicho transporte. Como cualquier otra modalidad, el permisionario de transporte por carrotanque no es dueño del petrolífero que transporta, a pesar de ser responsable de él durante el traslado.

Ya que el número de permisos para esta actividad está determinado por el número de concesionarios, este se ha mantenido con pocos cambios desde que fue promulgada la Reforma Energética. Estos permisos fueron otorgados a los principales seis concesionarios comerciales de transporte ferroviario:

- Kansas City Southern de México, S. A. de C. V.
- Ferrocarril Mexicano, S. A. de C. V.
- Ferrosur, S. A. de C. V.
- Línea Coahuila Durango, S. A. de C. V.
- Ferrocarriles del Istmo de Tehuantepec, S. A. de C. V.
- Baja California Railroad, S. A. de C. V.

El Mapa 3.4 muestra la red ferroviaria existente en México según el concesionario que opera cada línea. Se observa que, a pesar de cubrir todo el territorio nacional, hay regiones donde no existen vías férreas cercanas y, consecuentemente, resulta imposible llegar a ellas a través de este medio. También se advierte que las vías férreas llegan hasta donde se encuentran las refinерías, de manera que pueden trasladarse los petrolíferos ahí producidos hacia terminales de almacenamiento que podrían ubicarse de zonas distantes sin que resultara tan costoso como lo sería su transporte por medio de autotanques.

Mapa 3.4. Red ferroviaria



Fuente: Secretaría de Energía con información de la SCT.

Fuente: Secretaría de Energía, 2018c.

Existe la obligación entre los concesionarios de este tipo de transporte de permitir que trenes de otras compañías transiten por sus vías férreas (derecho de paso). De esta manera, aunque la red de un concesionario sea limitada, puede interconectarse a la de otro concesionario para ampliar las zonas geográficas a las que puede llegar. No obstante, es posible que las tarifas de interconexión entre concesionarios puedan resultar demasiado onerosas para resultar competitivas.

Finalmente, una actividad relacionada con el transporte por carrotanque es el trasvase, el cual consiste en bombear petrolíferos directamente desde los carrotanques hacia los autotanques o semirremolques. Esta operación se realiza

sin la necesidad de utilizar alguna instalación de almacenamiento y puede llevarse a cabo en patios de maniobra para ferrocarriles o directamente en las vías. El trasvase es una operación que no fue regulada por la Ley de Hidrocarburos, de manera que hasta ahora ha permanecido bajo la autoridad de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, quien es la encargada emitir las disposiciones necesarias para regularlo.

3.4.3 Transporte por autotanque y semirremolque

El transporte por autotanque y semirremolque consiste en el traslado de petrolíferos mediante unidades vehiculares especializadas. Si bien la regulación considera a ambos tipos de unidades vehiculares dentro de la misma modalidad, también refiere la definición de cada una de ellas (fracciones II y XVIII del *Reglamento de las Actividades a que se refiere el Título Tercero de la Ley de Hidrocarburos*):

II. Auto-tanque: El vehículo automotor que en su chasis tiene instalado en forma permanente uno o más Recipientes No Desmontables para el Transporte o la Distribución de Hidrocarburos y Petrolíferos en función del tipo de permiso otorgado;

(...)

XVIII. La estructura móvil no autopropulsada que mantiene en forma fija y permanente un recipiente para contener Hidrocarburos como el Gas Natural licuado o comprimido, así como Petrolíferos, que permite el Transporte y la realización de maniobras de carga y descarga de los mismos.

Por lo que se refiere a lo que se entiende por recipiente no desmontable, el mismo ordenamiento, en su fracción XIII, indica lo siguiente:

XIII. Recipiente No Desmontable: El envase utilizado para contener Hidrocarburos o Petrolíferos, que por sus accesorios, peso, dimensiones, o tipo de instalación fija, no puede manejarse o transportarse por los Usuarios Finales, por lo cual debe ser abastecido en su sitio de instalación.

El transporte de petrolíferos mediante esta modalidad no estaba vedado a las empresas privadas antes de la Reforma Energética, toda vez que PEMEX celebraba contratos con ellas para poder transportar sus propios productos. En buena medida, esto se debió a que PEMEX no contaba con las unidades vehiculares suficientes para realizar los traslados de productos necesarios. Asimismo, las afectaciones a los ductos de PEMEX también han sido una causa de la necesidad de transportar petrolíferos mediante autotanques y semirremolques a pesar de su costo asociado. Esto pudo notarse particularmente durante el inicio del 2019, cuando el gobierno

federal compró unidades vehiculares para este tipo de transporte debido a que varios ductos se encontraban fuera de operación (Monroy, 2019).

De acuerdo con el Décimo Primero transitorio de la Ley de Hidrocarburos, las personas que a la fecha de entrada en vigor de dicha ley realizaran actividades sujetas a permiso y no contaran con él debían tramitar ante la CRE la solicitud de permiso correspondiente a más tardar el 31 de diciembre de 2015. De esta manera, todos quienes realizaban la actividad de transporte de petrolíferos, incluyendo a PEMEX y a los inversionistas privados que realizaban traslados para PEMEX, debían solicitar dicho permiso antes de que concluyera el 2015.

Como se observa en la Tabla 3.7, la mayor parte de los permisos de transporte por medio de autotanques y semirremolques fueron otorgados en 2015, es decir, forman parte de la regularización de vehículos prestadores de este servicio que ya realizaban la actividad de manera previa a la Reforma Energética. Es importante tomar en cuenta que cada permiso otorgado no tiene un máximo de unidades vehiculares, de manera que un permiso puede amparar desde uno hasta cientos de autotanques y semirremolques.

Tabla 3.7. Número de permisos otorgados por la CRE para el transporte por autotanque y semirremolque

Año	Permisos otorgados	Número de unidades vehiculares amparadas por los permisos
2015	1088	9521
2016	486	5298
2017	95	281
2018	67	218
2019	97	222
2020	89	280

Fuente: Jiménez-Pérez y Ortiz-Arango, 2021.

Nota: datos de 2020 hasta agosto.

A pesar de resultar la más costosa de las modalidades de transporte, los autotanques y semirremolques cuentan con características atractivas. Por ejemplo, su versatilidad para poder llegar a cualquier punto geográfico hace de este medio de transporte el ideal para abastecer a las estaciones de servicio. Asimismo, la limitada red ferroviaria y de ductos obligan a quienes participan en la cadena de valor de los petrolíferos a utilizar la red de carreteras para trasladar sus productos.

3.4.4 Transporte por ducto

El transporte por medio de ducto consiste en el traslado de productos petrolíferos a través de tuberías que generalmente conectan una refinería o una terminal de almacenamiento con otra terminal. A diferencia del resto de las actividades de transporte, el transporte por ducto es considerada una actividad económicamente regulada, esto es, para su operación requiere la autorización correspondiente de la CRE respecto a las tarifas de cobro por sus servicios.

En efecto, las *Disposiciones administrativas de carácter general en materia de acceso abierto y prestación de los servicios de transporte por ducto y almacenamiento de petrolíferos y petroquímicos* establecieron que las actividades de transporte por ducto y almacenamiento de petrolíferos debían operar bajo un esquema tarifario que requiere la autorización de la CRE. Otras obligaciones y restricciones fueron establecidas en dichas disposiciones, entre las que destacan:

- a. Condiciones de acceso abierto.
- b. Realización de temporadas abiertas.
- c. Establecimiento de boletines electrónicos.
- d. Reglas de asignación de capacidad.
- e. Mercado secundario y cesiones de capacidad.
- f. Términos y condiciones para la prestación del servicio.
- g. Medición de producto y calidad.

Estas consideraciones que apartan a las actividades de transporte por ducto y almacenamiento del resto de las actividades surgen a partir de la consideración de que son instalaciones que, por su naturaleza, tienen grandes posibilidades de convertirse en monopolios naturales. Esto es, los costos fijos relacionados con las inversiones en este tipo de instalaciones implican que exista subaditividad de costos y que, en efecto, sea más eficiente que una sola empresa realice la actividad (Espinoza, 2014).

De esta manera, la empresa que desee proveer el servicio de transporte por ducto debe, de acuerdo a las obligaciones que refieren las disposiciones anteriormente referidas, realizar un proyecto y llevar a cabo una temporada abierta. Las temporadas abiertas consisten en hacer público el proyecto y recibir ofertas de los interesados, a fin de que el proyecto pueda tener las dimensiones que requiere la demanda que reveló la temporada abierta. Una vez que se determinan los ganadores de la temporada abierta, y antes de iniciar operaciones, la empresa de transporte por ducto debe presentar, para aprobación de la CRE, su propuesta de tarifas.

Por lo que respecta a la operación, los ductos pueden clasificarse de acuerdo con los siguientes criterios:

- a. Por su diámetro: del diámetro de los ductos depende el flujo que puede ser transportado a través de ellos.
- b. Por los productos que transportan: existen ductos que son utilizados de manera exclusiva para el transporte de algún tipo de producto, en tanto que otros ductos (denominados poliductos) pueden transportar diferentes productos, lo que exige la limpieza de los ductos por cada producto distinto que transporten.
- c. Por su dirección: en general, los ductos transportan el producto de un punto a otro, pero no de regreso. Esto se debe a que, para que sea factible el traslado de los productos se requiere de bombeo a través de ciertas instalaciones, las cuales están diseñadas para realizarlo en un solo sentido. Sin embargo, hay algunos ductos cuyas instalaciones permiten realizar el traslado en ambos sentidos; a este tipo de ductos se les conoce como bidireccionales.

A la fecha, la CRE ha otorgado ocho permisos de transporte por ducto de petrolíferos, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.8. Permisos otorgados por la CRE para el transporte por ducto de petrolíferos

Permiso	Razón social	No. de ductos	Longitud (km)	Capacidad nominal (mbls/día)
PL/11033/TRA/DUC/2015	PEMEX Logística (sistema Sur-Golfo-Centro-Occidente)	60	4,961.5	3,479
PL/11034/TRA/DUC/2015	PEMEX Logística (sistema Rosarito)	2	223.2	51
PL/11035/TRA/DUC/2015	PEMEX Logística (sistema Guaymas)	2	249.3	55
PL/11036/TRA/DUC/2015	PEMEX Logística (sistema Topolobampo)	2	222.7	68
PL/11037/TRA/DUC/2015	PEMEX Logística (sistema Zona Norte)	16	3,151.6	633
PL/11038/TRA/DUC/2015	PEMEX Logística (sistema Progreso)	3	75	80
PL/12158/TRA/DUC/2015	PMI Ducto de Juárez	1	32	45
PL/21495/TRA/DUC/2018	Invex Infraestructura 4	1	270.01	300
PL/23543/TRA/DUC/2020	Terminal Río Bravo	2	21.02	72

Fuente: Secretaría de Energía (2018a) y CRE (2021b).

Según se advierte en la tabla anterior, seis permisos de transporte por ducto fueron otorgados a PEMEX Logística en 2015, así como uno adicional a su subsidiaria PMI Ducto de Juárez. Los ductos de estos permisos son los que se encontraban en operación antes de la Reforma Energética. Posteriormente, en 2018 se otorgó el primer permiso de transporte por ducto a una empresa privada, el cual se encuentra actualmente en proceso de construcción; se pretende que este ducto transporte productos desde Tuxpan hacia el Valle de México. En 2020 fue otorgado otro permiso a una empresa privada, el cual es de corta longitud y básicamente sirve para la importación de productos.

De igual manera, según se aprecia en la Tabla 3.8, los permisos de transporte por ducto se otorgan por un sistema y no necesariamente por un ducto. Los sistemas se entienden como grupos de ductos que se encuentran interconectados entre sí mediante terminales de almacenamiento como nodos. En tal virtud, cada sistema se encuentra aislado de los demás y no sería posible el transporte por ducto entre una terminal ubicada en alguno de estos sistemas y otra que se encuentre en un sistema de ductos distinto.

El Mapa 3.5 presenta la ubicación aproximada de los ductos, pues su ubicación específica es información que se considera sensible por ser de seguridad nacional. Se observa que la disposición de los ductos obedece, en principio, a la necesidad de transportar productos desde las refinerías y los puntos de internación hacia las terminales que se encuentran tierra adentro.

Mapa 3.5. Red de ductos de petrolíferos.



Fuente: Secretaría de Energía, 2018c.

Según se advierte de la descripción anterior sobre los diferentes medios de transporte, el tipo de transporte que utilicen los comercializadores condiciona la terminal que pueden emplear para almacenar sus productos. De manera inversa, los almacenistas toman en cuenta la disponibilidad de transporte y eligen dónde instalar una terminal y los medios de entrega y recepción con los que contará para asegurar la satisfacción de la demanda de los comercializadores.

3.5 Almacenamiento

De acuerdo con la definición del artículo 20 del *Reglamento de las Actividades a que se refiere el Título Tercero de la Ley de Hidrocarburos*, la actividad de almacenamiento consiste en:

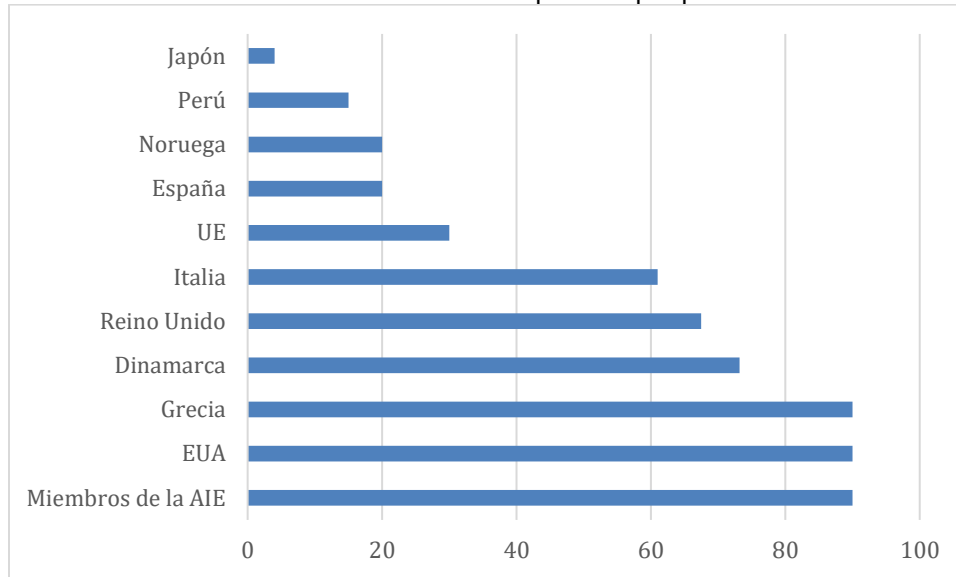
Artículo 20.- El Almacenamiento comprende la actividad de recibir Hidrocarburos, Petrolíferos o Petroquímicos propiedad de terceros, en los puntos de recepción de su instalación o Sistema, conservarlos en depósito,

resguardarlos y devolverlos al depositante o a quien éste designe, en los puntos de entrega determinados en su instalación o Sistema, conforme a lo dispuesto en las disposiciones administrativas de carácter general que emita la Comisión. Se excluye de lo anterior, el depósito de bienes que, conforme a los criterios que señale la Comisión, se encuentre directamente vinculado al Tratamiento y refinación de Petróleo, al Procesamiento de Gas Natural, y a la Distribución y Expendio al Público de Petrolíferos para la realización de sus procesos y actividades. En el caso de Petroquímicos, sólo su Almacenamiento vinculado a Ductos estará sujeto a permiso.

Esto es, el almacenamiento de petrolíferos tiene por objeto acercar los productos a los centros de consumo, ya que los centros de producción y los puntos de internación vía importaciones no siempre se encuentran cerca de los primeros. La existencia de las terminales de almacenamiento se explica como una medida de reducción de costos para la cadena de valor, toda vez que de otra manera sería necesario hacer llegar los productos, mediante autotanques y semirremolques desde las refinerías nacionales a todos los puntos de consumo. De igual manera, se advierte la necesidad de contar con terminales de almacenamiento en los puntos de internación de importaciones, ya que ahí pueden ser resguardadas grandes volúmenes de producto para, posteriormente, ir dosificando su transporte a los distribuidores o a las estaciones de servicio.

El almacenamiento de petrolíferos se ha convertido también en una actividad estratégica, ya que en las terminales de almacenamiento se resguardan los inventarios de productos a los que habría que acudir en caso de alguna emergencia. Esto es de particular importancia para los países que dependen ampliamente de importaciones para satisfacer la demanda interna, ya que un evento catastrófico, como podría ser un conflicto armado o un desastre natural, podrían interrumpir el suministro de productos por varios días. De esta manera, contar con reservas estratégicas de petrolíferos en las terminales de almacenamiento prevé estos escenarios y previene de la posible escasez de productos. Por tal razón, no sorprende que varios países hayan implementado estrategias de almacenamiento en las que se solicita a los participantes (comercializadores o almacenistas) contar con un nivel mínimo de inventarios.

Gráfica 3.8. Número de días de inventario mínimo requeridos por país



Fuente: Elaboración propia con información del Acuerdo por el que se emite la Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos.

Las terminales de almacenamiento cuentan con dispositivos e instalaciones para recibir y entregar los productos, así como con tanques de diferente tamaño para almacenarlos. Las instalaciones de recepción y entrega dependen del tipo de transporte para los que la terminal haya sido diseñada. Si bien la práctica común consiste en que una terminal de almacenamiento cuente con instalaciones de recepción de productos para medios de transporte de alto volumen (tales como ductos, buquetanques y ferrocarril), no es infrecuente que una terminal reciba productos mediante autotanques o semirremolques.

Las instalaciones de recepción de productos vía ductos consisten en la tubería de transporte, así como en sistemas de medición y de interconexión a la red de ductos. Por su parte, las instalaciones para la recepción de productos a través de buquetanques requieren la instalación de equipo especializado para su descarga; esto puede incluir la instalación de mangueras que conecten hacia las tuberías de la terminal o la descarga de productos mediante brazos articulados de descarga. La recepción de productos mediante autotanques o tractocamiones requiere instalaciones específicas que conecten dichas unidades y transporten los productos hasta los tanques de almacenamiento. Los sistemas de entrega deben contar con equipo y características similares a los de recepción.

En la Tabla 3.9 se resume el número de terminales de almacenamiento que cuenta con los distintos medios de recepción y entrega de productos. Destaca el papel que tienen los autotanques tanto en la recepción como en la entrega de petrolíferos en las instalaciones de almacenamiento. Por lo que se refiere al medio de recepción,

las terminales cuentan con instalaciones que se reparten en el resto de los medios de transporte; en cambio, los medios de entrega de las terminales son predominantemente autotanques, lo cual se explica por el hecho de que es este tipo de transporte el único que puede llegar hasta una estación de servicio para suministrarle los productos.

De esta manera, los servicios de almacenamiento de petrolíferos también se diferencian, como se ha mencionado, por las formas de entrega y recepción de los productos. Ya que este servicio es parte integral de una cadena, su valor dentro de ella dependerá de cómo se logra conectar con los servicios aguas arriba y aguas abajo. Una terminal que cuente con diversos medios de entrega y recepción será más atractiva para sus clientes potenciales.

Tabla 3.9. Número de terminales de almacenamiento de acuerdo con sus medios de entrega y recepción

Medio de transporte	Recepción	Entrega
Buquetanque	33	7
Carrotanque	30	16
Autotanque	84	121
Ducto	53	19

Fuente: Elaboración propia con datos de la CRE (2021b).

Nota: la suma del número de terminales que reciben y entregan por los distintos medios no equivale al total del número de terminales, pues cada terminal puede tener más de un medio de entrega y de recepción.

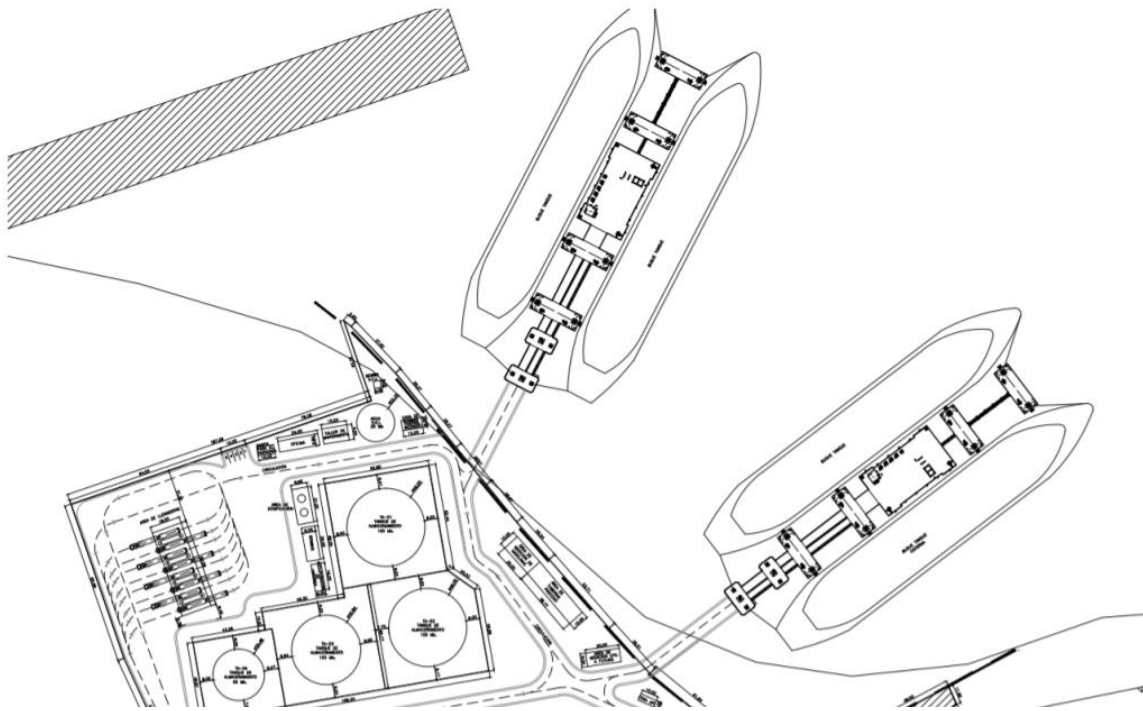
No puede dejar de remarcarse la importancia de los diversos medios de entrega y recepción de los productos en las terminales de almacenamiento. Estos constituyen activos de las terminales, en virtud de que se requieren instalaciones específicas para cada tipo de transporte y que, según se indica en los diferentes paneles de la Ilustración 3.3, requieren planeación para su operación y conectividad con los tanques de almacenamiento.

El Panel A de la Ilustración 3.3 muestra, a manera de ejemplo, las instalaciones apropiadas para recibir productos mediante buquetanques (permiso PL/19395/ALM/2016). En el Panel B se observa, en color rojo, el carrusel construido alrededor de la terminal para poder recibir productos mediante carrotanques (permiso PL/19344/ALM/2016). En la parte norte del plano que muestra el Plano C se observa el área en la que se ubican las llenaderas y descargaderas para realizar la entrega y recepción de productos mediante autotanques y semirremolques (permiso PL/19714/ALM/2016). El Panel D señala en un recuadro en rojo las instalaciones necesarias para la recepción y entrega mediante ductos (permiso PL/11049/ALM/2015). Se observa, en general, que existen claras diferencias entre

las instalaciones requeridas para la recepción y entrega de productos de acuerdo con el tipo de medio de transporte mediante el cual se realice.

Ilustración 3.3. Instalaciones para cada uno de los distintos tipos de medios de entrega y recepción de petrolíferos en terminales de almacenamiento.

Panel A



Panel D



Fuente: CRE, 2021b.

Debido al tipo de productos que se almacenan en esta clase de terminales, dichas instalaciones se encuentran sujetas al cumplimiento de estrictas normas de seguridad. A fin de cumplir con ellas, los almacenistas no solo deben observar características específicas y materiales de construcción con las que debe contar la planta, sino también deben establecer protocolos y sistemas de seguridad que pueden resultar muy costosos. Entre los sistemas de seguridad destacan los sistemas contraincendio, los sistemas de medición y la capacitación al personal operativo.

Por otra parte, la principal característica que diferencia a los competidores en el mercado del servicio de almacenamiento de petrolíferos es la ubicación de la terminal. En general, una primera división de las terminales consiste en separar las terminales que se encuentran en las costas de las que están más adentro del territorio. Las terminales en las costas suelen tener mayor capacidad que las demás debido a que reciben productos mediante buquetanques, los cuales pueden transportar cargamentos superiores a los 300,000 barriles. Asimismo, las terminales que no se encuentran en las costas habitualmente buscan ubicaciones cercanas a los centros de consumo más importantes, o bien sean nodos estratégicos de logística. Estas características geográficas pueden apreciarse en el Mapa 3.6.

Mapa 3.6. Ubicación de las terminales de almacenamiento permisionadas.



Fuente: Elaboración propia con información de la CRE (2021b).

Nota: en color negro se indican las terminales operadas por Pemex Logística, en tanto que en color naranja se indican las operadas por inversionistas privados.

Además de las 126 terminales de almacenamiento que cuentan con un permiso de almacenamiento (77 de ellas son de PEMEX), hay 18 solicitudes de permiso que la CRE ha admitido a trámite, es decir, que han sido enviadas por los solicitantes y han presentado la documentación necesaria para obtener el trámite, aunque, sin embargo, todavía está pendiente la revisión pormenorizada de dichos documentos por parte de la CRE. La ubicación de las terminales referidas en estas solicitudes admitidas a trámite se indica en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10. Ubicación de las terminales admitidas a trámite y que aún no cuentan con el permiso de almacenamiento.

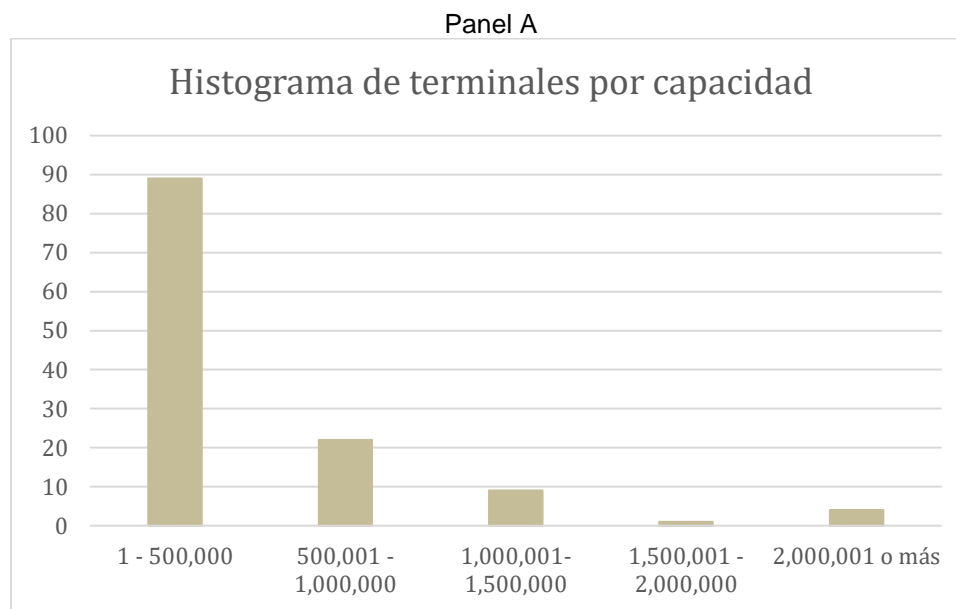
Estado	No. solicitudes
Baja California	1
Colima	2
Hidalgo	3
Jalisco	4
Nuevo León	5
Tamaulipas	1

Fuente: Elaboración propia con datos de la CRE (2021d).

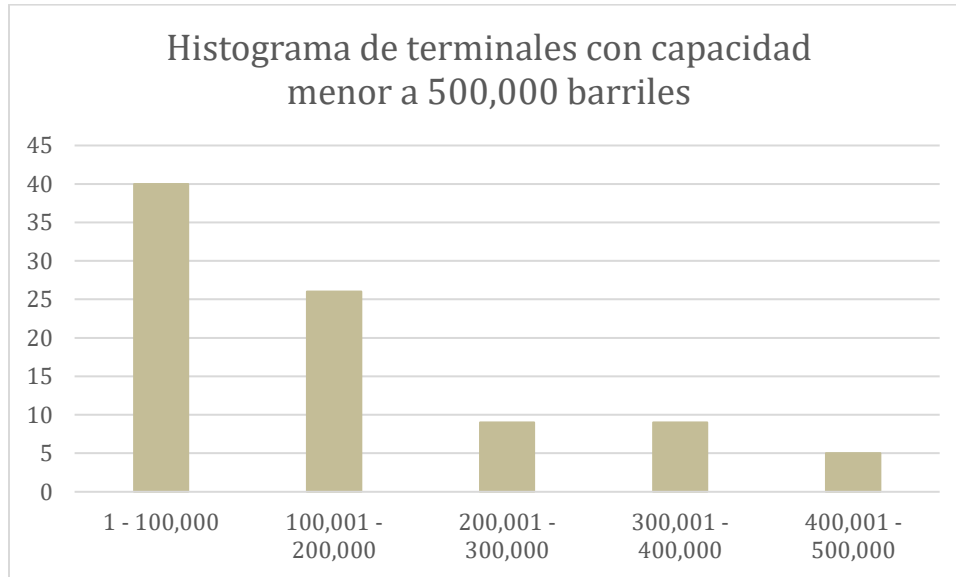
Otra característica de diferenciación relevante entre terminales consiste en la capacidad de almacenamiento. Si un comercializador vende grandes volúmenes de petrolíferos es natural que prefiera utilizar una sola terminal y no varias, a fin de aprovechar economías de escala. Esta característica es tomada en cuenta por los oferentes para dimensionar el tamaño de la terminal. En consecuencia, es práctica común que el proyecto de una terminal contenga varias etapas, cada una de las cuales incrementa su capacidad, a fin de conocer si la demanda es suficiente para considerar una inversión más alta en nuevos tanques de almacenamiento.

Conforme se aprecia en el Panel A de la Gráfica 3.9, la variabilidad de la capacidad de las terminales es alta. Considérese, por ejemplo, que las tres terminales de menor capacidad no superan los 6,000 barriles, en tanto que la terminal con mayor capacidad cuenta con más de 4,000,000 de barriles de capacidad. Asimismo, el Panel A da cuenta de que la mayor parte de las terminales cuenta con una capacidad inferior a 500,000 barriles. Más aún, de acuerdo con el Panel B de la Gráfica 3.9, casi una tercera parte de las terminales de almacenamiento en México cuenta con menos de 100,000 barriles de capacidad.

Gráfica 3.9. Capacidad de almacenamiento de las terminales (barriles).



Panel B



Fuente: Elaboración propia con información de la CRE (2021b).

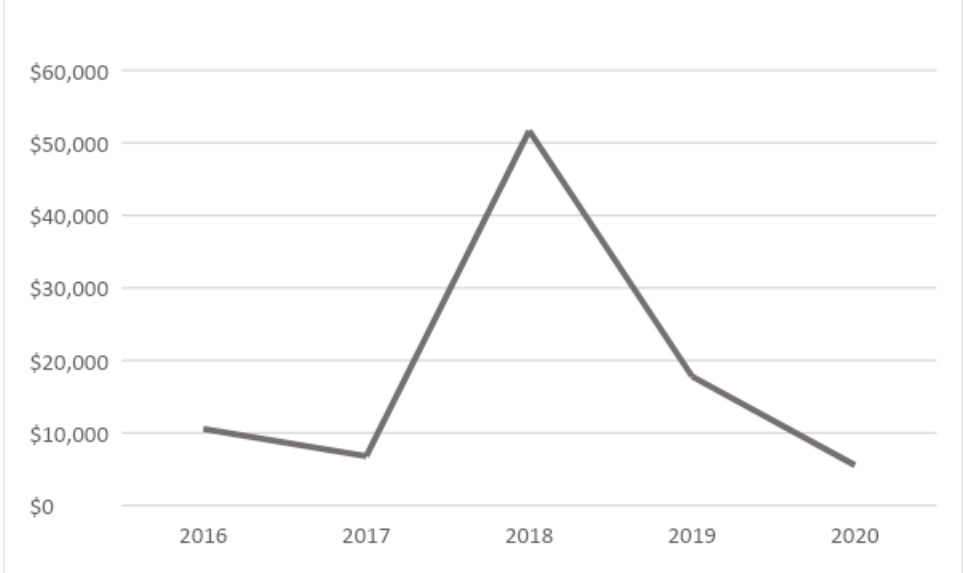
Por otra parte, el servicio de almacenamiento ofrecido por la filial de Pemex (Pemex Logística) está abocado a satisfacer las necesidades que por este servicio tiene Pemex Transformación Industrial. En particular, se observan diferencias fundamentales entre los servicios ofrecidos en las terminales de almacenamiento que son propiedad de Pemex Logística y aquellas que pertenecen a empresas privadas. Respecto de las primeras, Pemex Logística prácticamente renta toda su capacidad a su filial Pemex Transformación Industrial, en tanto que los participantes privados buscan clientes (comercializadores) que requieran sus servicios, e incluso algunos han llegado a establecer acuerdos preliminares con Pemex Transformación Industrial. Esto se debe a que la capacidad de almacenamiento de Pemex Logística no es suficiente para los requerimientos de Pemex Transformación Industrial, por lo que esta última requiere apoyarse en las terminales privadas.

Es importante tener en cuenta que, a nivel internacional, es frecuente que en la cadena de valor de los petrolíferos haya integración vertical de los oferentes. En particular, los comercializadores muchas veces buscan establecer sus propias terminales de almacenamiento, si bien es infrecuente que un almacenista busque ofrecer servicios de comercialización. Esto resulta natural, ya que un comercializador busca no solo asegurar contar con espacio disponible para sus productos, sino que también contar con una terminal puede generar eficiencias logísticas. La frecuencia de la relación comercializador-almacenista, así como su alto nivel de especialización son dos factores que contribuyen a la integración vertical de ambas actividades.

En México, las instalaciones de almacenamiento, de acuerdo con las *Disposiciones administrativas de carácter general en materia de acceso abierto y prestación de los servicios de transporte por ducto y almacenamiento de petrolíferos y petroquímicos*, son de acceso abierto, es decir, deben ser puestas a disposición de cualquier interesado. No obstante, se advierte que un comercializador que cuenta con una terminal tiene incentivos a negar el servicio de almacenamiento a sus competidores en el segmento de comercialización. En tal virtud, el marco regulador en México prevé que los almacenistas que se encuentren vinculados a través de accionistas con comercializadores deberán solicitar previamente una opinión de la Comisión Federal de Competencia Económica para llevar a cabo la actividad de almacenamiento, a fin de cerciorarse de que esta relación no atente contra los principios de competencia y libre concurrencia.

A diferencia de otras actividades en la cadena de valor de los petrolíferos, la actividad de almacenamiento se ha caracterizado por el interés de empresas privadas por participar en ella. Dicho interés se ve reflejado tanto en el número de nuevos proyectos de desarrollo de terminales como en la inversión que las empresas han realizado o pretenden realizar para su construcción. En la Gráfica 3.10 se observa que la inversión reportada por los permisionarios de almacenamiento diferentes a PEMEX asciende a 92.4 miles de millones de pesos, de los cuales más de la mitad se reportaron en 2018.

Gráfica 3.10. Inversión reportada por los permisionarios de almacenamiento (millones de pesos).



Fuente: Elaboración propia con datos de la CRE (2021b).

Finalmente, existen otros tipos de almacenamiento que forman parte de la cadena de valor de los petrolíferos. Por una parte, se encuentran los almacenistas de usos propios, los cuales consisten en personas físicas o morales que poseen

instalaciones para el resguardo de combustibles pero que los consumen por su cuenta para las actividades propias que desarrollan. Es el caso de las empresas mineras o de las armadoras de automóviles, que cuentan con tanques pequeños donde almacenan petrolíferos, pero cuyo único destino es su consumo. Este tipo de actividades no requieren permiso, salvo que las instalaciones de guarda se ubicaran fuera del predio de donde se realizan las actividades principales de dicha persona. Por otra parte, existe la figura de almacenamiento en aeródromos, la cual consiste en realizar propiamente la actividad de almacenamiento en los aeropuertos del país; por ello, en este tipo de instalaciones solo se almacenan combustibles para aeronaves, como la turbosina y el gasavión.

3.6 Distribución

El artículo 35 del *Reglamento de las actividades a que se refiere el Título Tercero de la Ley de Hidrocarburos* define de la siguiente manera la actividad de distribución:

La Distribución comprende la actividad de adquirir, recibir, guardar y, en su caso, conducir Gas Natural y Petrolíferos, para su Expendio al Público o consumo final. La Distribución podrá llevarse a cabo mediante Ducto, Auto-tanques, Vehículos de Reparto, Recipientes Portátiles, Recipientes Transportables sujetos a presión, así como los demás medios que establezca la Comisión en las disposiciones administrativas de carácter general que emita, para su entrega a los Usuarios o Usuarios Finales, en sus instalaciones o las Instalaciones de Aprovechamiento, según corresponda.

Desafortunadamente, esta definición presenta tres dificultades. La primera es que se encuentra presentada en términos de acciones que son propias de otros petrolíferos (particularmente del gas licuado de petróleo) y eso genera confusión respecto a su interpretación para el caso de gasolinas y diésel. La segunda dificultad radica en que se presenta de manera general y no aborda las diferentes partes que componen a dicha actividad, de manera que puede inducir a equívocos su alcance. La tercera dificultad consiste en incluir para los petrolíferos (como la gasolina y el diésel) la figura de distribución por medio de ducto; la distribución por ducto, si bien es una actividad que se puede llevar a cabo en productos como el gas licuado de petróleo, para los petrolíferos resulta del todo inviable, pues no existe ninguna estación de servicio que se encuentre conectada por ducto a una instalación de distribución. En tal virtud, hasta la fecha no se ha presentado ninguna solicitud de este último tipo de permiso.

La actividad de distribución consiste, en esencia, en contar con instalaciones de guarda¹⁶ de productos y habilita a los permisionarios para realizar la actividad de compraventa de petrolíferos. Asimismo, los distribuidores pueden o no contar con unidades vehiculares (autotanques y semirremolques) para hacer llegar los productos a estaciones de servicio y usuarios finales.

Como se observa, la actividad de distribución puede ser fácilmente confundida con otras actividades del eslabón de la cadena de valor:

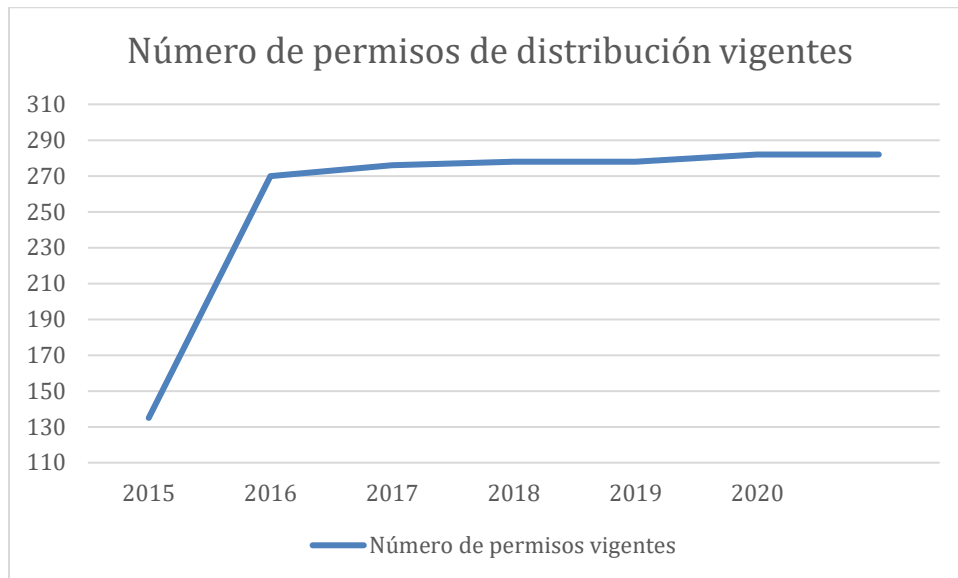
- a. Al igual que los comercializadores, los distribuidores pueden enajenar productos, de manera que están facultados para realizar operaciones de compraventa de gasolinas y diésel. Sin embargo, los comercializadores no cuentan con instalaciones de guarda del producto, a diferencia de los distribuidores que tienen por obligación contar con dichas instalaciones.
- b. Como los almacenistas, cuentan con tanquería donde guardan productos. No obstante, la diferencia entre estas actividades consiste en que los almacenistas no pueden enajenar el producto, de manera que los combustibles que se encuentran resguardados en sus tanques pertenecen a un tercero; en cambio, los distribuidores solo pueden guardar en sus tanques producto que previamente hayan comprado ellos mismos, por lo que no pueden guardar producto de terceros. En tal virtud, las instalaciones de distribución habitualmente cuentan con una capacidad mucho menor que las propias de almacenamiento.
- c. Los transportistas por autotanque y semirremolque y los distribuidores cuentan con unidades vehiculares para poder transportar los productos. Sin embargo, mientras que los transportistas pueden trasladar el producto desde y hacia cualquier instalación, las unidades vehiculares del distribuidor (si es que cuenta con ellas) únicamente pueden hacer dicho traslado desde su punto de suministro hacia sus instalaciones o desde estas hacia donde se ubiquen sus clientes.

Conviene mencionar que la figura de distribuidor es previa a la Reforma Energética y la realizaban agentes privados a fin de hacer llegar los productos de PEMEX a ubicaciones de difícil acceso o lejanas a terminales de almacenamiento (ver Mapa 3.7). Por tal razón, y como se aprecia en la Gráfica 3.11, el número de permisos otorgados por la CRE para esta actividad creció únicamente durante 2015 y 2016, años en los que se otorgaron los permisos correspondientes a quienes ya operaban antes de la Reforma. A partir de entonces, el desarrollo de esta actividad ha sido

¹⁶ Cabe referir que la regulación distingue entre guarda y almacenamiento. La guarda es la actividad propia del distribuidor, y se distingue del almacenamiento según lo referido en el inciso «b» subsecuente.

muy lento, pues solo doce permisionarios adicionales han sido incorporados desde entonces.

Gráfica 3.11. Número de permisos de distribución vigentes



Fuente: CRE, 2021b.

Mapa 3.6. Ubicación de las instalaciones de distribución de petrolíferos.



Fuente: Secretaría de Energía, 2018c.

De acuerdo con las características previamente referidas de la actividad de distribución de petrolíferos, es notable el vínculo que guarda dicha actividad con la del almacenamiento. Por una parte, la distribución puede entenderse como una actividad aguas abajo del almacenamiento, ya que su suministro puede provenir de las terminales de esta última. Por otra parte, también puede entenderse a la distribución como una actividad que rivaliza con el almacenamiento, en el sentido de que ambas pueden guardar productos en sus tanques. No obstante, esta segunda interpretación es limitada, ya que, como se explicará en el capítulo 5, existen diferencias sustanciales que impiden considerar ambas actividades como sustitutas.

3.7 Expendio

La actividad de expendio consiste en la venta al público de los petrolíferos para su consumo final. Por tener contacto directo con la población en general, esta actividad es la más visible de todas. Esta actividad, asimismo, había sido llevada a cabo por inversionistas privados desde antes de la entrada en vigor de la Reforma Energética. Sin embargo, aunque la propiedad de las estaciones de servicio era de particulares, el modelo de negocio era exclusivamente el de franquicia de PEMEX. En tal virtud, a pesar de ser independientes entre sí las estaciones de servicio, todas aceptaban las condiciones comerciales (que incluían el margen de utilidad) que era impuesto por PEMEX.

Tras la Reforma Energética, cada estación de servicio debió solicitar el permiso correspondiente ante la CRE para llevar a cabo esta actividad. Asimismo, el artículo Décimo Cuarto transitorio de la Ley de Hidrocarburos estableció que los contratos de suministro que tuviera PEMEX con las estaciones de servicio perderían su vigencia a partir del 31 de diciembre de 2016 y estableció que los nuevos contratos de suministro de PEMEX no podían estar condicionados a la celebración de contratos de franquicia.

A partir de entonces, pueden establecerse tres tipos de estaciones de servicios:

- a. Franquicia PEMEX: son aquellas que tienen un contrato de franquicia con PEMEX y de explotación de su marca, por lo que únicamente venden a los consumidores finales petrolíferos de dicha marca.
- b. Estaciones de bandera blanca: consisten en estaciones de servicio que tienen un contrato de suministro con PEMEX o cualquier otro comercializador, pero que no se realizan bajo un contrato exclusivo.
- c. Franquicias distintas a PEMEX: son estaciones de servicio que han firmado un contrato de franquicia con cualquier otro comercializador distinto a PEMEX.

Esta flexibilización, si bien ha permitido el acceso a un modelo de negocio distinto para las estaciones de servicio, no ha sido suficiente para incrementar significativamente el número de estaciones. La Tabla 3.11 refiere el número de

permisos otorgados por la CRE para este tipo de actividad. Se observa que en 2015 y 2016 se otorgaron casi 12,000 permisos, los cuales reflejaron el número de estaciones que existían antes de la Reforma Energética; durante el periodo de 2017 a 2019 se observa un incremento sostenido en el número de permisos, en tanto que durante 2020 y 2021 se han otorgado poco más de 200 permisos para esta actividad.

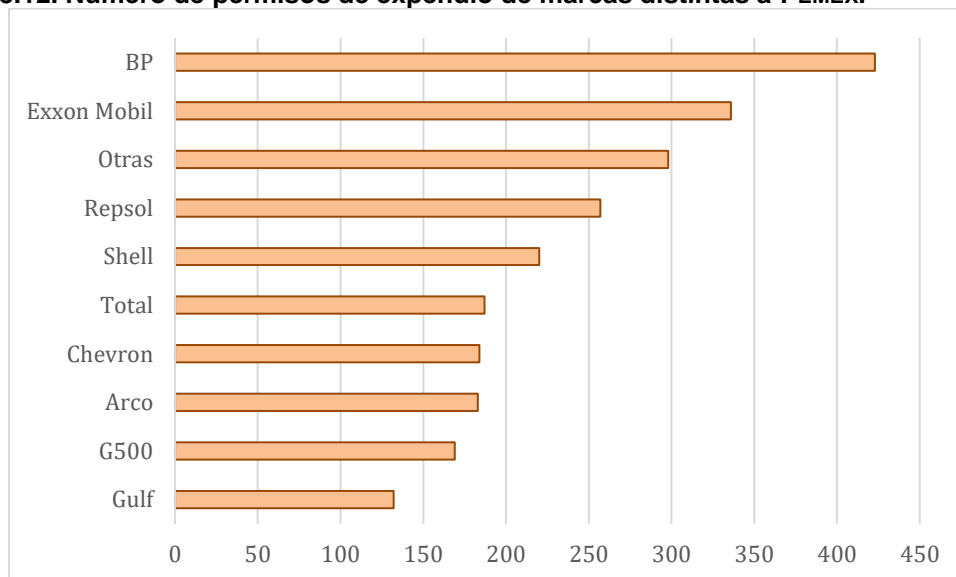
Tabla 3.11. Número de permisos otorgados por la CRE para expendio.

Año	Permisos otorgados
2015	11,091
2016	723
2017	357
2018	452
2019	413
2020	171
2021	38

Fuente: Elaboración propia con datos de la CRE (2021b).

La migración de las estaciones de servicio de la franquicia PEMEX hacia otro tipo de modelos ha sido evidente. En diciembre de 2019, de las 12,607 estaciones de servicio permisionadas, 10,081 continuaban vendiendo productos PEMEX, pero solo 8,773 lo hacían bajo el contrato de franquicia. El resto de las estaciones de servicio se ha repartido entre distintas marcas, según se aprecia en la Gráfica 3.12.

Gráfica 3.12. Número de permisos de expendio de marcas distintas a PEMEX.



Fuente: elaboración propia con datos de ONEXPO, 2019.

Finalmente, cabe mencionar que existe un tipo distinto de permiso de expendio, el cual ampara la actividad realizada por personas físicas o morales que cuentan con una flotilla de vehículos para la realización de su actividad principal y que, para suministrarlos de combustible, cuentan con instalaciones específicas para dicho fin. La característica esencial de este tipo de permisos consiste en que no brinda el servicio de venta al público en general, sino que se restringe al despacho de combustibles para sus propias unidades vehiculares.

3.8 Recapitulación de los elementos del análisis de la cadena de valor más relevantes para el análisis de competencia

A manera de recopilación de este capítulo, conviene hacer notar la manera como se relacionan las actividades de la cadena de valor de los petrolíferos con el almacenamiento. Según se advirtió, ciertas características de las terminales de almacenamiento —como son la ubicación y la capacidad— se encuentran determinadas por la demanda de sus clientes, esto es, comercializadores y distribuidores, en tanto que otras características —los medios de entrega y recepción de los productos— devienen de las condiciones de los medios de transporte que sus clientes utilicen para realizar sus labores logísticas.

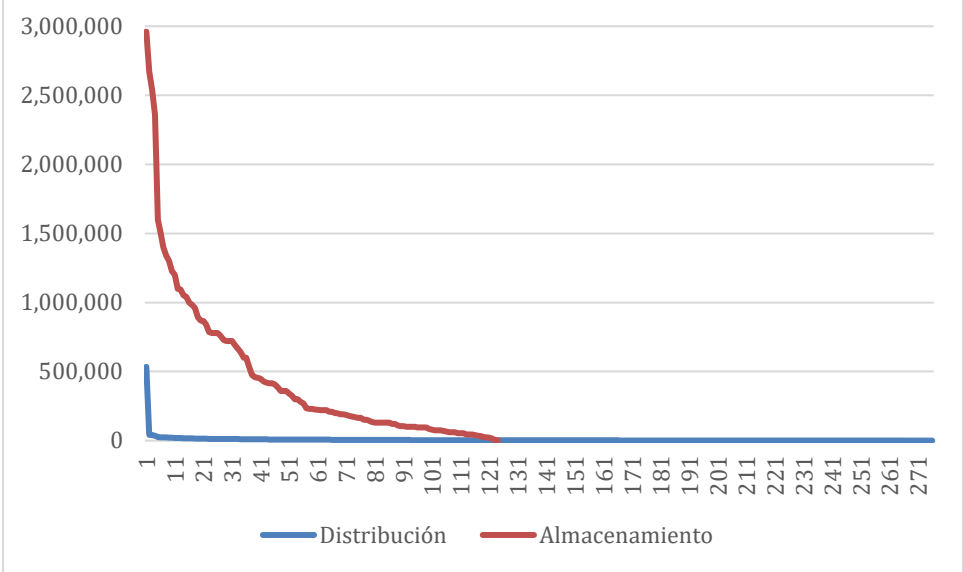
Por consiguiente, es un error considerar un análisis de competencia entre terminales de almacenamiento considerando únicamente la dimensión geográfica. Dado que la demanda del servicio de almacenamiento considera ciertas características adicionales, no es adecuado considerar que un par cualquiera de terminales compiten únicamente por encontrarse geográficamente cerca una de otra. El análisis multidimensional de esta demanda por un servicio diferenciado es, por esta razón, el más adecuado para recuperar la información que se ha presentado en este capítulo.

La determinación de la dimensión producto puede realizarse de manera cualitativa, al comparar los posibles servicios sustitutos del almacenamiento. Conforme fue referido en este capítulo, existen dos actividades en la cadena de valor de los petrolíferos que pueden sugerir cierta similitud: la distribución y el trasvase.

La distribución es una actividad que guarda cierta similitud con el almacenamiento, ya que ambas actividades permiten a los permisionarios guardar o almacenar productos petrolíferos. Sin embargo, existen diferencias sustanciales entre ellas que sugieren que no pueden ser consideradas sustitutos. En primer lugar, existe la restricción legal de que el producto guardado en los tanques de las instalaciones de distribución debe ser propiedad del distribuidor, en tanto que los almacenistas no son dueños del producto que almacenan, ya que su servicio consiste únicamente en la renta del espacio en su tanquería. De esta manera, dado que las necesidades de guarda son distintas (única para los distribuidores y múltiple para los almacenistas, ya que estos últimos suelen tener más de un cliente), el volumen que

las instalaciones pueden guardar difiere significativamente. Las terminales de almacenamiento poseen una capacidad de guarda cuya media es de 455,223 barriles, en tanto que la correspondiente a las instalaciones de distribución es de 6,610 barriles. En la Gráfica 3.13 se evidencia la diferencia en las capacidades de ambos tipos de actividad, ordenadas de mayor a menor volumen. Dadas estas restricciones legal y operativa, no resulta verosímil considerar cierta sustitución entre ambas actividades.

Gráfica 3.13. Capacidades de guarda y almacenamiento por tipo de permiso (barriles)



Fuente: elaboración propia con datos de la CRE (2021g).

Por lo que se refiere a una supuesta sustitución entre la actividad de almacenamiento y el trasvase, deben considerarse nuevamente restricciones legales y operativas. Por lo que se refiere a la legalidad, si bien el trasvase es una actividad no regulada por la Ley de Hidrocarburos o los reglamentos que de ella se desprenden, no puede afirmarse que sustituya al almacenamiento, toda vez que existen obligaciones de almacenamiento mínimo que deben cumplir los comercializadores y que solo pueden hacerlo haciendo uso de las instalaciones de almacenamiento. Así, un comercializador no podría llevar a cabo la totalidad de sus actividades mediante trasvase, ya que incumpliría la regulación establecida por la Política Pública de Almacenamiento Mínimo. En relación con la operatividad, el trasvase disminuye la flexibilidad en las operaciones de los comercializadores, ya que una vez que el carrotanque se detiene en el patio de maniobras, debe realizar la descarga de combustible prácticamente de manera inmediata, ya que la regulación prohíbe que se realice el almacenamiento —incluso temporal— en carrotanques o autotanques. Al igual que en el caso de la distribución, estas restricciones condicionan cualquier consideración de posible sustituibilidad entre el trasvase y el almacenamiento.

Finalmente, para definir la dimensión servicio, es relevante delimitar el producto petrolífero que se considerará en el análisis. Es evidente que existen diferencias en el uso y calidad de la gasolina regular, la gasolina premium y el diésel; entre los dos tipos de gasolina, sin embargo, puede haber cierto grado de sustituibilidad (Akimaya y Dahl, 2018). No obstante, estas consideraciones se refieren a la sustituibilidad por parte del consumidor final, en tanto que la materia de interés de esta investigación se refiere a la actividad de almacenamiento, esto es, al menos dos niveles aguas arriba. Correspondientemente, para esta investigación es relevante conocer si existe cierta sustituibilidad de los petrolíferos en su almacenamiento.

Al respecto, se advierte que los clientes de los almacenistas son comercializadores que realizan ventas de estos productos a otros comercializadores, distribuidores, estaciones de servicio o a usuarios finales. Esto implica que los comercializadores deben respaldar las necesidades de un conjunto de demandantes que incluye a los tres tipos de producto. Es por eso que los permisos de comercialización de la mayoría de los permisionarios incluyen a los tres productos y que sean poco frecuentes los permisos de comercialización para solo alguno de los tres petrolíferos aquí referidos. A su vez, esto explica por qué las terminales de almacenamiento cuentan con capacidad para los tres productos: todas almacenan los dos tipos de gasolinas y diésel, salvo tres que no cuentan con capacidad para almacenar gasolina premium.

Esto significa que, en este punto de la cadena de valor de los petrolíferos, más que sustituibilidad en los productos existe un comportamiento de complementariedad entre ellos. Esto es, los comercializadores cuando buscan un servicio de almacenamiento, lo hacen considerando su necesidad de guardar un conjunto de productos, el cual comúnmente se conforma de los tres petrolíferos aquí referenciados. Tomando en cuenta lo anterior, no sería correcto tomar por separado estos tres productos, sino como un solo conjunto de bienes que se consumen de manera simultánea.

Otra manera de llegar a esta conclusión consiste en tomar en cuenta el punto de vista de la oferta. Desde la perspectiva de los almacenistas, es más eficiente contar con una instalación que sea capaz de almacenar los tres tipos de productos que contar con una instalación por cada uno de ellos. Los altos costos fijos en este tipo de infraestructura, así como una reducción de costos al poder utilizar componentes de la infraestructura¹⁷ para los tres productos explican que los almacenistas consideren su servicio como uno en el que se atienden conjuntamente tanto a gasolinas como a diésel.

¹⁷ Es verdad que no es posible cambiar el producto que puede almacenar cierto tanque sin que se incurra en costos que pueden resultar significativos o que incluso pueden afectar la operación de la terminal. En este caso me refiero a las instalaciones que pueden ser aprovechadas por los tres tipos de producto, tales como barda perimetral, equipos contra incendio, equipo de monitoreo, patio de maniobras e incluso el personal a cargo de la operación de la terminal.

4. La regulación en México de la actividad de almacenamiento de petrolíferos

Una vez que se ha revisado el funcionamiento de la cadena de valor y la interrelación que posee el almacenamiento con el resto de las actividades pertenecientes a dicha cadena, es necesario revisar la regulación aplicable en México. Esta revisión tiene por objeto determinar si existen barreras legales que pudieran estar afectando la competencia, ya sea imponiendo cargas excesivas a la actividad de almacenamiento o introduciendo distorsiones que beneficien de manera desigual a ciertos agentes económicos.

4.1 Regulación de las autoridades competentes

Antes de la Reforma Energética de 2014, en México PEMEX tenía la exclusividad de participación en algunas de las actividades que conforman la cadena de valor de los petrolíferos, entre ellas, la de almacenamiento. La Reforma permitió la entrada de agentes privados a esta actividad y estableció la regulación que deben acatar los participantes en este mercado, incluyendo a PEMEX. Las facultades de regulación de la actividad se distribuyeron entre la Secretaría de Energía; la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente, y la Comisión Reguladora de Energía.

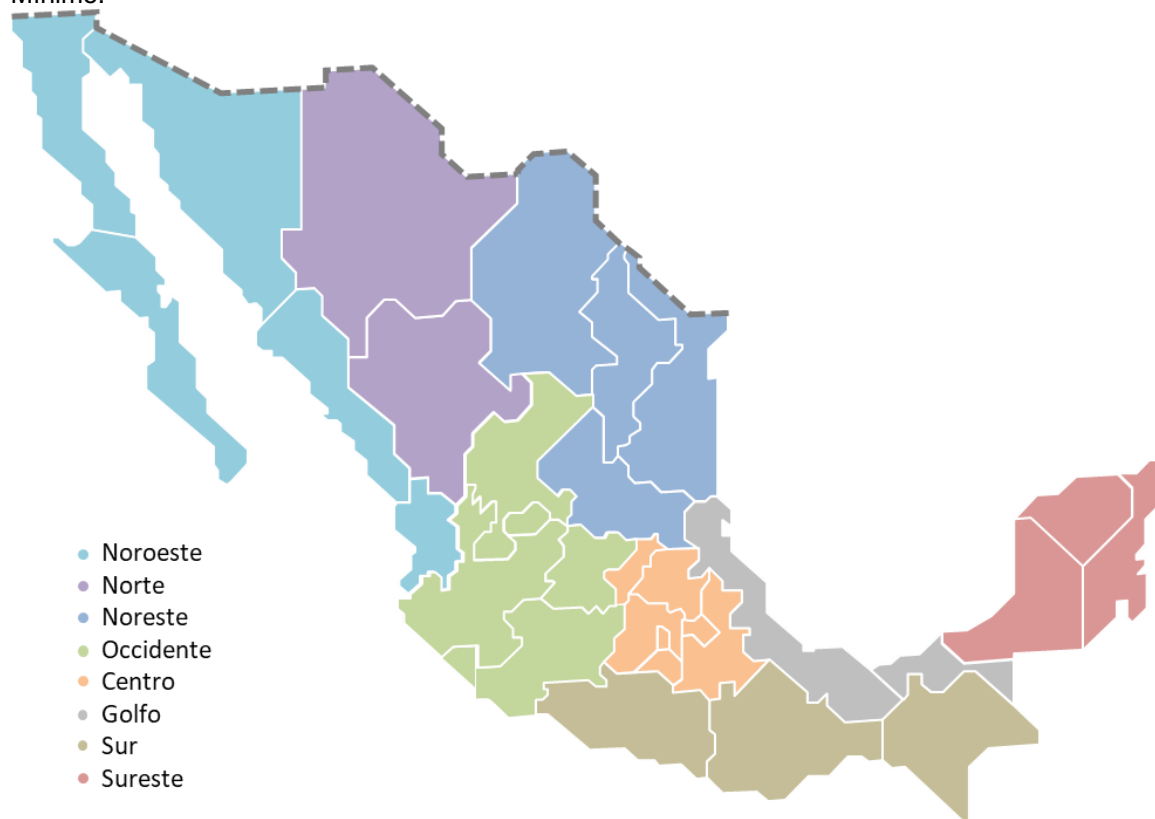
4.1.1 Secretaría de Energía

La Secretaría de Energía es la autoridad encargada de planear y establecer las políticas públicas del sector. En particular, para el caso de la actividad de almacenamiento de petrolíferos, esta dependencia es la facultada para establecer los requerimientos de almacenamiento mínimo. El 12 de diciembre de 2017, esta secretaría emitió la Política Pública para el Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos, la cual estableció a los comercializadores la obligación de contar con inventarios equivalentes a cierto número de días de ventas para las gasolinas, el diésel y la turbosina. La motivación de dicha política descansó en que los inventarios en México, medidos en términos de producto almacenado respecto a la demanda, son considerablemente bajos si se comparan con otros países. Esto significa que, ante algún evento que restrinja la oferta (como podría ser el paro de alguna refinería o dificultades en la importación de petrolíferos ocasionadas por desastres naturales), se pondría en serio peligro la disponibilidad de combustibles para su venta al público.

Para la implementación de la Política Pública de Almacenamiento Mínimo, el país fue dividido en ocho regiones (ver Mapa 4.1) y los comercializadores debían cumplir con dicha obligación para cada región geográfica en donde tuvieran actividades. En particular, los comercializadores debían mantener cierto nivel de inventarios, el cual dependía del volumen de ventas que tuvo cada uno el año inmediato anterior. Para

ello, se dispuso que la obligación de cumplimiento fuera gradual, de manera que el volumen requerido como inventario mínimo fuera incrementándose desde 2020 hasta 2025, según se muestra en la Tabla 4.1. A partir de 2022 también sería requerido mantener un promedio trimestral mínimo de inventarios.

Mapa 4.1. División de las regiones de cumplimiento de la Política Pública de Almacenamiento Mínimo.



Fuente: Secretaría de Energía, 2017.

Tabla 4.1. Obligaciones de inventario mínimo establecidas por la Política Pública de Almacenamiento Mínimo (días).

Región	2020		2022		2025	
	Inventario mínimo	Inventario mínimo	Promedio trimestral	Inventario mínimo	Promedio trimestral	
Noroeste	5	8	9	11	13	
Norte	5	8	9	11	12	
Noreste	5	8	9	10	12	
Centro	5	8	9	10	12	
Occidente	5	8	9	11	13	
Sur	5	9	10	13	15	
Golfo	5	8	9	10	12	
Sureste	5	9	10	13	14	

Fuente: Secretaría de Energía, 2017.

No obstante, el 29 de noviembre de 2018, la Secretaría de Energía modificó esta política pública. Entre las principales modificaciones destaca la eliminación de la regionalización, a fin de contar con un solo volumen mínimo a nivel nacional, conforme a la Tabla 4.2. Asimismo, se estableció que al menos del 50% de los inventarios mínimos debían ubicarse en las terminales que suministren mediante autotanque.

Tabla 4.2. Modificación a las obligaciones de inventario mínimo establecidas por la Política Pública de Almacenamiento Mínimo (días).

Región	2020	2022	2025
	Inventario mínimo	Inventario mínimo	Promedio trimestral
Nacional	5	8	9

Fuente: Secretaría de Energía, 2018d.

Asimismo, esta modificación estableció que la política tendría efecto a partir de enero de 2020. Sin embargo, dado que para entonces solo unas pocas terminales de almacenamiento nuevas habían iniciado operaciones, se estableció un mecanismo de cumplimiento específico para aquellos comercializadores que hubieran firmado contrato con un almacenista y que este todavía no hubiera podido iniciar operaciones.

Finalmente, el 6 de diciembre de 2019, esa secretaría modificó nuevamente la política pública, con el objeto de posponer el inicio de la vigencia de dicha política al 1° de julio de 2020. De igual manera, esta última modificación a la política pública también redujo las obligaciones de inventario mínimo (Tabla 4.3).

Tabla 4.3. Segunda modificación a las obligaciones de inventario mínimo establecidas por la Política Pública de Almacenamiento Mínimo (días).

2020-2025	2020-2025
Inventario mínimo de gasolina y diésel	Inventario mínimo de turbosina
5	1.5 días para turbosina almacenados en los aeropuertos y/o aeródromos y 1.5 días adicionales como promedio mensual, ubicados en cualquier otra terminal de almacenamiento en territorio nacional.

Fuente: Secretaría de Energía, 2019c.

A pesar de que esta política pública estableció obligaciones para los comercializadores, tuvo efecto también en la actividad de almacenamiento. Lo anterior, toda vez que los comercializadores, para cumplir con estas disposiciones, deben contar con espacios en instalaciones de almacenamiento para guardar en ellas los inventarios mínimos requeridos. Esto significó un incremento en la demanda de terminales de almacenamiento y pudo ser un factor relevante en el

incremento del número de permisos de almacenamiento que durante 2018 se observó.

4.1.2 Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente

La Agencia Nacional de Seguridad Industrial y Protección al Medio Ambiente en el Sector de Hidrocarburos (ASEA), creada en 2014, es la encargada de la regulación e inspección de las instalaciones de energía en materia de seguridad. Respecto a la actividad de almacenamiento de petrolíferos, esta agencia establece la normatividad que deben cumplir las terminales, incluyendo dimensiones, materiales y sistemas de seguridad.

Al respecto, la ASEA emitió, el 27 de julio de 2018, la Norma Oficial Mexicana NOM-006-ASEA-2017, la cual determinó las especificaciones y criterios técnicos que deben cumplir las instalaciones de almacenamiento de petrolíferos durante las fases de diseño, construcción, prearranque, operación, mantenimiento, cierre y desmantelamiento. De igual manera, esta norma es aplicable para las áreas de recepción y entrega de petrolíferos mediante autotanque, carrotanque, buquetanque y ducto que se encuentren dentro de las terminales de almacenamiento.

Asimismo, la ASEA es la autoridad encargada de establecer los requerimientos en materia de seguros que deben contratar los permisionarios de almacenamiento. Para ello, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, dependencia a la que se encuentra sectorizada la ASEA, emitió el 23 de julio de 2018 las disposiciones administrativas de carácter general que establecen los lineamientos en esta materia.

En particular, estas disposiciones generales establecieron que los permisionarios de almacenamiento, entre otros, deben contar con seguros con coberturas que amparen la responsabilidad civil y la responsabilidad por daño ambiental en la ocurrencia de cualquier evento. También establecen que los regulados (es decir, los permisionarios de las actividades) son responsables en todo momento por los daños o perjuicios provocados por sus contratistas, proveedores y prestadores de servicio y serán los responsables de reparar e indemnizar los daños que estos ocasionen.

4.1.3 Comisión Reguladora de Energía

En la sección “4.2 Permisos, autorizaciones y obligaciones” se refiere que la CRE es la autoridad responsable del otorgamiento de los permisos correspondientes para realizar las actividades de *downstream* de los petrolíferos. Adicionalmente, la Ley de Hidrocarburos, en su artículo 70, establece que dicha comisión emitirá la regulación correspondiente a la obligación de dar acceso abierto no indebidamente discriminatorio a las instalaciones y servicios de, entre otras actividades, almacenamiento.

En tal virtud, el 12 de enero de 2016 la CRE emitió las disposiciones administrativas de carácter general que regulan el acceso abierto a dichas instalaciones. El numeral 39.1 de dichas disposiciones establece el alcance de la regulación a los permisionarios de almacenamiento, la cual es más laxa que la propia del transporte por medio de ducto:

39.1 Con excepción de las actividades de Almacenamiento de combustibles para aeronaves en aeropuertos, que se regularán conforme a la Sección B del presente Apartado, los demás Permisionarios en materia de Almacenamiento de Petrolíferos y Petroquímicos podrán establecer y pactar libremente la prestación de los servicios a terceros, siempre que se apeguen a principios de acceso abierto no indebidamente discriminatorio. En estas circunstancias, los Almacenistas no estarán sujetos a obtener la aprobación de la Comisión respecto de las condiciones contractuales, las modalidades de servicio, las Temporadas Abiertas, las condiciones para asignar la Capacidad Disponible en sus sistemas, los Boletines Electrónicos, las condiciones para la cesión de capacidad y demás aspectos relacionados con la prestación de los servicios.

Como se advierte, la regulación de la CRE para esta actividad se encuentra acotada y los principales elementos en que dicha regulación es efectiva se refiere a la aprobación de tarifas y a la obligación de poner a disposición de cualquier interesado la capacidad que se encuentre disponible en sus sistemas (acceso abierto). No obstante, el numeral 39.2 de las referidas disposiciones refiere que la CRE puede sujetar a los permisionarios de almacenamiento a una regulación más estricta cuando se cumpla alguno de los siguientes tres supuestos:

- I. El servicio sea prestado de manera predominante por un Almacenista o por un número limitado de Permisionarios, y la sustitución del servicio de Almacenamiento que prestan no sea técnica o económicamente factible dentro de su área de influencia, al menos en el corto plazo;
- II. La prestación del servicio de Almacenamiento sea imprescindible para el desarrollo eficiente y competitivo de los mercados de comercialización, distribución o expendio al público de Petrolíferos y Petroquímicos en el área de influencia del Almacenista, y
- III. Exista reclamo de Usuarios respecto de la negación del servicio de Almacenamiento, en contra del principio de acceso abierto efectivo y no indebidamente discriminatorio, en cuyo caso el Usuario deberá acreditar ante la Comisión las afectaciones derivadas del trato indebido por parte del Almacenista.

Al respecto, conviene señalar que hasta el momento la CRE únicamente ha sometido a una regulación más estricta a un permisionario de almacenamiento. El permiso sujeto a dicha regulación es el PL/21359/ALM/2018, otorgado a Hidrocarburos del Sureste, S. A. de C. V., y fue objeto de dicha sujeción debido a que, antes de solicitar el permiso de almacenamiento, había solicitado el de

distribución por medios distintos a ducto para la misma instalación. Otra razón por la que la CRE sujetó a este permisionario a una regulación estricta consistió en la ubicación de las instalaciones permisionadas, pues estas se encuentran en Progreso, Yucatán; cabe señalar que en la Península de Yucatán (Quintana Roo, Yucatán y Campeche) solo existían tres terminales de almacenamiento, todas operadas por PEMEX (Comisión Reguladora de Energía 2018a y 2018b).

En otro orden de ideas, la CRE también es la autoridad facultada para emitir la regulación correspondiente acerca de la calidad de los petrolíferos. El artículo 78 de la Ley de Hidrocarburos es el ordenamiento que dispone que las especificaciones de calidad de los petrolíferos deberán ser establecidas en normas oficiales mexicanas expedidas por la CRE. Al respecto, el 29 de agosto de 2016, la CRE expidió la norma NOM-016-CRE-2016, Especificaciones de calidad de los petrolíferos.

La NOM-016-CRE-2016 establece las características fisicoquímicas que deben presentar los diversos petrolíferos. En el caso de las gasolinas, dicha norma establece una diferenciación en las características que deben presentar de acuerdo a una clasificación geográfica. Para ello, utiliza la siguiente clasificación:

- a. Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).
- b. Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG).
- c. Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM).
- d. Resto del país.

La norma establece características fisicoquímicas distintas para cada región; en particular, destacan niveles más bajos de aromáticos, olefinas y benceno para la ZMG y la ZMM respecto al resto del país, y aun más bajos para la ZMVM. Esta diferenciación regional también tiene un impacto en el diésel, ya que estableció que en las tres zonas metropolitanas, así como en la Zona Fronteriza Norte (ZFN), el nivel de azufre presente en el diésel debía ser menor que el del resto del país.

Tabla 4.4. Municipios de las zonas especificadas por la NOM-016-CRE-2016.

Zona	Municipios
ZMVM	Las 16 alcaldías de la Ciudad de México y los siguientes municipios del Estado de México: Acolman, Atizapán de Zaragoza, Atenco, Coacalco, Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, Chalco, Chicoloapan, Chimalhuacán, Ecatepec, Huixquilucan, Ixtapaluca, Jaltenco, La Paz, Melchor Ocampo, Naucalpan de Juárez, Nextlalpan, Nezahualcóyotl, Nicolás Romero, Tecámac, Teoloyucan, Tepotzotlán, Texcoco, Tlalnepantla de Baz, Tultepec, Tultitlán, Valle de Chalco Solidaridad y Zumpango.
ZMG	Municipios del estado de Jalisco: Guadalajara, Ixtlahuacán del Río, Tlaquepaque, Tonalá, Zapotlanejo y Zapopan.
ZMM	Municipios del estado de Nuevo León: Apodaca, Benito Juárez, General Escobedo, Guadalupe, Monterrey, San Nicolás de los Garza, San Pedro Garza García y Santa Catarina.
ZFN	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estado de Baja California: Ensenada, Mexicali, Playas de Rosarito, Tecate y Tijuana. 2. Estado de Sonora: Agua Prieta, Altar, Atil, Bacoachi, Bavispe, Cananea, Cucurpe, Fronteras, General Plutarco Elías Calles, Imuris, Magdalena, Naco, Nogales, Oquitoa, Puerto Peñasco, San Luis Río Colorado, Santa Ana, Santa Cruz, Sáric y Tubutama. 3. Estado de Chihuahua: Ahumada, Ascensión, Buenaventura, Casas Grandes, Galeana, Guadalupe, Ignacio Zaragoza, Janos, Juárez, Nuevo Casas Grandes y Práxedes Guerrero. 4. Estado de Coahuila: Acuña, Allende, Guerrero, Hidalgo, Jiménez, Juárez, Morelos, Múzquiz, Nava, Piedras Negras, Sabinas, San Juan de Sabinas, Villa Unión y Zaragoza. 5. Estado de Nuevo León: Anáhuac, Dr. Coss, General Bravo, General Terán, Los Aldamas y Parras. 6. Estado de Tamaulipas: Camargo, Guerrero, Gustavo Díaz Ordaz, Matamoros, Méndez, Mier, Miguel Alemán, Nuevo Laredo, Reynosa, Río Bravo, San Fernando y Valle Hermoso.

Fuente: CRE, 2016b.

4.2 Permisos, autorizaciones y obligaciones

El artículo 121 de la Ley de Hidrocarburos refiere que quienes se encuentren interesados en obtener un permiso para desarrollar proyectos de hidrocarburos deberán presentar una evaluación de impacto social ante la Secretaría de Energía. Los elementos que deberá contener dicha evaluación se encuentran también especificados en el artículo referido y son los siguientes: “contener la identificación, caracterización, predicción y valoración de los impactos sociales que podrían derivarse de sus actividades, así como las medidas de mitigación y los planes de gestión social correspondientes”.

Toda vez que, como se manifestó en el capítulo anterior, las actividades de petrolíferos pueden ser muy distintas en lo que se refiere a las instalaciones que utilizan para prestar sus servicios, la Secretaría de Energía previó que las solicitudes para este trámite se diferenciaron. Mediante el *Acuerdo por el que se emiten las*

Disposiciones Administrativas de Carácter General sobre la Evaluación de Impacto Social en el Sector Energético, dicha secretaría especificó los elementos que las solicitudes deberían presentar para realizar la evaluación de impacto social de los interesados en obtener un permiso de almacenamiento, entre los que se destacan los siguientes (Secretaría de Energía, 2018e):

- Información general del proyecto y descripción.
- Etapas de desarrollo del proyecto.
- Ubicación, tipo de uso de suelo, localidad y tipo de zona.
- Área de influencia del proyecto.
- Caracterización de las comunidades y pueblos ubicados en la zona de influencia.
- Valoración de impactos sociales.

Por otra parte, y por lo que se refiere a la regulación ecológica, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) obliga a quienes realicen obras que puedan causar un desequilibrio ecológico a presentar una Manifestación de Impacto Ambiental. Esta obligación no es un requisito específico para las actividades de petrolíferos, sino que se encontraba prevista con anterioridad a la publicación de la Reforma Energética y su cumplimiento se extendió a dichas actividades.

Al respecto, los artículos 28 al 35 Bis 3 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente refieren los términos en que los agentes obligados deberán presentar dicha manifestación, la cual deberá contener al menos la descripción de los efectos en los ecosistemas que pudieran ser afectados por el desarrollo de la actividad. Toda vez que se trata de un documento complejo, la Semarnat puso a disposición de los interesados una guía para la presentación de este documento, en la cual se identifican, entre otros, los siguientes elementos (Semarnat, 2002):

- Datos generales: ubicación y promovente.
- Descripción del proyecto: inversión, dimensión del proyecto, uso de suelo, programa general de trabajo, etapas (construcción, operación y abandono) y disposición de residuos.
- Inventario ambiental: suelo, hidrología, vegetación, fauna, paisaje, características demográficas y factores socioculturales.
- Evaluación del impacto ambiental: indicadores de impacto y criterios y metodologías de evaluación.

En materia de competencia, los almacenistas deben dar cumplimiento a lo establecido en el artículo 83 de la Ley de Hidrocarburos. Dicho artículo refiere que la CRE, con la opinión de la Comisión Federal de Competencia Económica

establecerá las disposiciones a las que deberán sujetarse los permisionarios para promover el desarrollo eficiente de mercados competitivos. Hasta ahora, la CRE ha sido omisa en emitir dichas disposiciones, por lo que en este aspecto no existe una obligación concreta de cumplimiento por parte de los almacenistas.

No obstante, el segundo párrafo del artículo referido señala lo siguiente:

Las disposiciones a que se refiere el párrafo anterior contemplarán que las personas que, directa o indirectamente, sean propietarias de capital social de usuarios finales, productores o comercializadores de Hidrocarburos, Petrolíferos y Petroquímicos que utilicen los servicios de Transporte por ducto o Almacenamiento sujetos a acceso abierto, solamente podrán participar, directa o indirectamente, en el capital social de los Permisionarios que presten estos servicios cuando dicha participación cruzada no afecte la competencia, la eficiencia en los mercados y el acceso abierto efectivo.

Finalmente, el tercer párrafo del citado artículo refiere que la participación cruzada deberá ser autorizada por la CRE con la opinión favorable de la Comisión Federal de Competencia Económica. Esto es, cuando una empresa (o un grupo de interés económico) ya cuenta con un permiso de comercialización de petrolíferos y pretende obtener otro para realizar la actividad de almacenamiento, debe solicitar la opinión favorable de la Comisión Federal de Competencia Económica y posteriormente solicitar la aprobación por parte de la CRE. Lo mismo ocurre cuando un permisionario de almacenamiento desea tramitar un permiso de comercialización.

Por lo que se refiere al acceso de los transportes a las terminales de almacenamiento, la autoridad correspondiente es la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Para el caso de las terminales que desean contar con infraestructura que permita la entrega o recepción de petrolíferos mediante carrotanques, se requiere que estas se interconecten a las vías férreas principales mediante espuelas, es decir, instalaciones propiedad del almacenista que se conectan por un extremo a la vía principal y por el otro a las instalaciones de carga o descarga de la terminal.

Al respecto, los artículos 54 y 55 del Reglamento del Servicio Ferroviario prevén las disposiciones relacionadas a la construcción de espuelas. En particular, refieren que los interesados en construirlas deberán celebrar un convenio con el concesionario de la vía general a la que se adjunte la espuela y que solo en caso de que no se llegue a un arreglo entre ambas partes intervendrá la Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario. Asimismo, dichos artículos señalan que las condiciones de la espuela deberán ser las necesarias según el tipo de carga y que los interesados

en construir la espuela deben ser los propietarios de los predios por los que esta corra.

En el caso de las terminales que pretendan ubicarse en los puertos para poder recibir o entregar petrolíferos mediante buquetanques es necesario que se lleve a cabo un procedimiento por parte de la Administración Portuaria Integral correspondiente. Toda vez que el espacio disponible en un puerto es limitado, este se asigna mediante un concurso público, según lo refieren los artículos 53 de la Ley de Puertos y 33 del Reglamento de la Ley de Puertos. Asimismo, para poder participar en el concurso, se requiere de la opinión favorable de la Comisión Federal de Competencia Económica, según lo refieren los artículos 98 de la Ley Federal de Competencia Económica y el 112 de las Disposiciones Regulatorias de dicha ley. La asignación del espacio correspondiente se realiza mediante la adjudicación de un contrato de cesión parcial de derechos y obligaciones.

Otra opción con la que cuentan los interesados en ubicar una terminal de almacenamiento en puertos consiste en modificar el contrato de cesión parcial de derechos y obligaciones. Esta permite que las instalaciones dentro de las Administraciones Portuarias Integrales que se encuentran actualmente en operación sean reacondicionadas para que pueda operar una terminal de almacenamiento en ellas. Este procedimiento se encuentra normado por las disposiciones de los títulos 3 y 4 de las Reglas de Carácter General en Materia Portuaria.

Por su parte, la CRE es la institución encargada de otorgar el permiso correspondiente que habilita a las empresas para poder operar una terminal. Este permiso se otorga sin menoscabo de las demás autorizaciones que deba obtener el solicitante, es decir, dicha comisión puede otorgarlo aun si el solicitante no ha obtenido los permisos de la ASEA, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes o cualquier otra autoridad, incluyendo a las de orden estatal o municipal. Las excepciones a este punto son la opinión favorable de la Comisión Federal de Competencia Económica respecto a la participación cruzada y la autorización de la evaluación de impacto social por parte de la Secretaría de Energía, si bien en este último caso la CRE únicamente requiere el acuse de recibo de la solicitud en trámite (CRE, 2021e).

Los principales requisitos que exige la solicitud de permiso de la CRE para realizar la actividad de almacenamiento de petrolíferos son los siguientes:

- Datos generales del promovente.
- Datos generales del proyecto: capacidad, productos a almacenar, instalaciones, medios de entrega y recepción e inversión.
- Evaluación de impacto social.

- Dictamen de cumplimiento en materia de seguridad (NOM-006-ASEA-2017).
- Especificaciones técnicas del proyecto: memoria técnico-descriptiva a nivel de ingeniería básica.
- Planos del proyecto y ubicación georreferenciada.
- Cartas compromiso de contratación de los seguros necesarios.
- Modelo de contrato y términos y condiciones para la prestación del servicio.

Las modificaciones a los permisos se encuentran sujetas a un procedimiento similar pero abreviado del correspondiente a la solicitud de permiso. Una vez que la CRE ha otorgado el permiso correspondiente, el permisionario debe cumplir con las obligaciones establecidas en el mismo y en la regulación correspondiente. El cumplimiento de dichas obligaciones será revisado por la CRE y, en caso de incumplimiento, dicha comisión tiene la facultad de suspender el permiso correspondiente. La Ilustración 4.1 resumen las principales obligaciones que deben cumplir los permisionarios de almacenamiento.

Ilustración 4.1. Principales obligaciones de los permisionarios de almacenamiento.

REPORTES SEMANALES	REPORTES ANUALES
<ul style="list-style-type: none"> • Información del solicitante • Información estadística <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de producto • Volumen recibido • Volumen entregado • Inventarios • Información económica <ul style="list-style-type: none"> • Información sobre tarifas e ingresos • Usuarios • Volumen almacenado • Cálculo de inventario mínimo obligatorio • A partir del 1 de abril de 2018, las obligaciones de reportes mensuales y trimestrales cambiaron a semanal. En casos de emergencia, esta periodicidad será diaria. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pago anual de supervisión. • Pólizas de seguro. • Reporte de quejas. • Reporte de incidentes o emergencias. • Acreditación de la procedencia lícita del producto. • Reporte del programa de mantenimiento de la infraestructura o el equipo. • Cumplimiento del estándar de calidad (NOM-016-CRE-2016). • Estados financieros dictaminados.

Fuente: elaboración propia con información de la Secretaría de Energía, 2017 y de la CRE, 2021f.

4.3 Regulación asimétrica a Pemex

Comúnmente, el Décimo tercero transitorio de la Ley de Hidrocarburos es referido como la disposición que permite a la CRE sujetar a una regulación más estricta a PEMEX. No obstante, aunque dicho artículo confiere esa facultad a esa comisión, únicamente se refiere a la venta de primera mano y la comercialización de petrolíferos. Son las disposiciones Quinta, Sexta y Séptima transitorias de las *Disposiciones administrativas de carácter general en materia de acceso abierto y prestación de los servicios de transporte por ducto y almacenamiento de petrolíferos y petroquímicos* las que establecieron una regulación específica para las terminales de almacenamiento de petrolíferos operadas por PEMEX.

La disposición Quinta transitoria obligó a PEMEX a presentar a la CRE, para su aprobación, su propuesta de términos y condiciones para la prestación del servicio, para lo cual le otorgó a dicha empresa productiva del Estado un plazo de 120 días naturales posteriores a la entrada en vigor de las disposiciones. Esta regulación fue específica para PEMEX, ya que el resto de los permisionarios de almacenamiento, si bien deben presentar los términos y condiciones para la prestación del servicio al momento de enviar su solicitud de permiso ante la CRE, no están sujetos a su aprobación.

A su vez, la disposición Sexta transitoria otorgó a PEMEX un plazo de 180 días a partir de que fueran otorgados los permisos correspondientes para establecer y poner en operación los boletines electrónicos y los mecanismos y equipos que garanticen el acceso abierto a terceros. Cabe referir que los boletines electrónicos consisten en publicaciones donde se refiere la capacidad de almacenamiento que se encuentra disponible y que su implementación es obligatoria para todos los permisionarios de almacenamiento.

Finalmente, la disposición Séptima transitoria obligó a PEMEX a realizar temporadas abiertas para asignar la capacidad que tuviera disponible en las diferentes terminales de almacenamiento bajo su operación. Esta disposición fue posteriormente modificada por la CRE mediante la resolución RES/184/2016, de acuerdo con las siguientes modalidades de servicio (CRE, 2016c):

Tabla 4.5. Calendarización de las modalidades de servicio de almacenamiento en las instalaciones de PEMEX.

Periodo inicial	Periodo modificado	Modalidades de servicio
De la entrada en vigor de las disposiciones y hasta el 31 de diciembre de 2016.	De la entrada en vigor de las disposiciones y hasta el 31 de marzo de 2016.	a) Reserva contractual: la asignación de la capacidad objeto de esta reserva contractual se determinará con base en los resultados de una temporada abierta.

		b) Uso común: sobre la capacidad disponible luego de descontar la capacidad objeto de reserva contractual.
Del 1° de enero de 2017 y hasta el 31 de diciembre de 2019.	Del 1° de abril de 2017 y hasta el 31 de diciembre de 2019.	<p>a) Reserva contractual: hasta por 90% de la capacidad operativa de los sistemas; la asignación de esta capacidad se determinará con base en los resultados de temporadas abiertas.</p> <p>b) Uso común: sobre la capacidad disponible luego de descontar la capacidad objeto de reserva contractual.</p>
A partir del 1° de enero de 2020.	A partir del 1° de enero de 2020.	PEMEX se someterá en su totalidad a lo establecido en las disposiciones.

Fuente: Elaboración propia con datos de la CRE (2016a).

Las condiciones de las temporadas abiertas para acceder a la infraestructura de almacenamiento de PEMEX también fueron modificadas por lo que se refiere tanto a la capacidad disponible como a las fechas en que dichas temporadas abiertas se llevarían a cabo. Este procedimiento, regulado por la CRE, fue acompañado de reglas que fueron modificándose conforme se avanzaba en el mismo. Da cuenta de ello la Tabla 4.6, donde se resume el contenido de las resoluciones que perfilaron dicho procedimiento.

Tabla 4.6. Regulación de las temporadas abiertas de almacenamiento de PEMEX.

Resolución	Fecha de emisión	Contenido
RES/225/2016	22/03/2016	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se aprobó la propuesta de temporada abierta enviada por PEMEX a la CRE, sujeta al cumplimiento de 15 modificaciones realizadas por esta. ▪ La capacidad deberá desglosarse por instalación y producto.
RES/1678/2016	24/11/2016	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se aprobó la capacidad que sería asignada a PEMEX Transformación

		<p>Industrial para 23 terminales (etapas 1.1 y 1.2).</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Estableció las fechas de inicio de recepción de propuestas y de asignación de capacidad.¹⁸ ▪ Se aprobó el modelo de convocatoria del procedimiento de temporada abierta.
RES/1828/2016	13/12/2016	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se especificó la capacidad asignada a PEMEX Transformación Industrial para las 23 terminales referidas en la RES/1678/2016 para señalar dicha capacidad por producto. ▪ Se modificó la fecha de asignación de capacidad para todas las etapas de la temporada abierta. ▪ Se realizaron modificaciones al modelo de convocatoria del procedimiento de temporada abierta.
RES/114/2017	02/02/2017	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se realizaron ajustes a la capacidad reservada a PEMEX Transformación Industrial para 9 terminales de la etapa 1.1. ▪ Se añadió información que PEMEX debía incluir en el cuarto de datos que debía poner a disposición de los interesados en contratar capacidad. ▪ Se modificaron las fechas de asignación de capacidad para la etapa 1.1.
RES/325/2017	07/03/2017	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se modificó el calendario de asignación de capacidad para las

¹⁸ Se realizó, para ello, la siguiente clasificación:

- Etapa 1.1: Rosarito, Mexicali, Ensenada, Nogales, Magdalena, Hermosillo, Guaymas, Cd. Obregón y Navojoa.
- Etapa 1.2: Cd. Juárez, Chihuahua, Parral, Gómez Palacio, Sabinas, Monclova, Saltillo, Nuevo Laredo, Santa Catarina, Cadereyta, Cd. Mante, Reynosa, Cd. Victoria y Madero.
- Etapa 2.1: Topolobampo, Guamúchil, Culiacán, Mazatlán, La Paz y Durango.
- Etapa 2.2: Zacatecas, Aguascalientes, El Castillo, Zapopan, Zamora, León, San Luis Potosí, Irapuato, Morelia, Cd. Valles, Querétaro, Celaya, Toluca, Cuernavaca, Cuautla, Pachuca, Tuxpan, Poza Rica, Perote, Xalapa, Puebla, Tehuacán, Escamela, Veracruz, Tierra Blanca, Minatitlán, Salina Cruz, Terminal Marítima Salina Cruz, Pajaritos, Villahermosa, Tuxtla Gutiérrez, Tepic, Colima, Manzanillo, Uruapan, Lázaro Cárdenas, Acapulco, Iguala, Oaxaca, Tapachula, Tapachula II, Azcapotzalco, Barranca, San Juan Ixhuatepec, Añil y Matehuala.
- Etapa 2.3: Progreso, Mérida y Campeche.

		terminales de las etapas 1.2, 2.1, 2.2 y 2.3.
RES/326/2017	31/03/2017	<ul style="list-style-type: none"> Se autorizó la suspensión del proceso de subasta y asignación de la etapa 1.1, pues se identificó que algunas tarifas del procedimiento de temporada abierta no eran viables económicamente.
RES/820/2017	12/04/2017	<ul style="list-style-type: none"> Se reinició el proceso de subasta y asignación de capacidad. Se modificó el procedimiento de subasta, evaluación de propuestas y asignación de capacidad. Se aprobaron los cargos por recepción y entrega del servicio de almacenamiento bajo reserva contractual para PEMEX Logística. Se aprobaron a PEMEX Logística las tarifas mínimas de asignación de capacidad para la etapa 1.1, resultantes de la temporada abierta. Se modificó el calendario del proceso de subasta y asignación de capacidad de la etapa 1.1.
RES/822/2017	19/04/2017	<ul style="list-style-type: none"> Se vuelve a modificar el calendario del proceso de subasta y asignación de capacidad de la etapa 1.1. Se dejó sin efectos el calendario señalado en la RES/325/2017 solo con relación a la etapa 1.2.
RES/1775/2017	17/08/2017	<ul style="list-style-type: none"> Se establecieron las tarifas máximas de almacenamiento de las terminales de la etapa 1.1 en las modalidades de reserva contractual y uso común.
RES/3067/2017	18/12/2017	<ul style="list-style-type: none"> Se aprobó la capacidad que sería asignada a PEMEX Transformación Industrial para las 60 terminales de las etapas 2.1, 2.2 y 2.3.
RES/3068/2017	18/12/2017	<ul style="list-style-type: none"> Se aprobó el procedimiento de Temporada Abierta para los sistemas Norte Zona Frontera, Norte Zona Madero y Pacífico Zona

		<p>Topolobampo,¹⁹ incluyendo el calendario de asignación y las capacidades operativa, de uso común y disponible.</p> <ul style="list-style-type: none"> Se autorizó el formato de la convocatoria de temporada abierta para los sistemas Norte Zona Frontera, Norte Zona Madero y Pacífico Zona Topolobampo. Se añadió información que PEMEX debía incluir en el cuarto de datos que debía poner a disposición de los interesados en contratar capacidad.
RES/3069/2017	18/12/2017	<ul style="list-style-type: none"> Se ajustó nuevamente el calendario para la asignación de capacidad de las terminales bajo las etapas 1.2, 2.1, 2.2 y 2.3.²⁰
RES/626/2018	16/03/2018	<ul style="list-style-type: none"> Se aprobó que cualquier disminución a la asignación de capacidad a PEMEX Transformación Industrial no requeriría la aprobación de la CRE.
RES/627/2018	16/03/2018	<ul style="list-style-type: none"> Se aprobó que cualquier disminución en las tarifas de reserva durante el procedimiento de temporadas abiertas de PEMEX y los cargos por servicio de recepción y entrega no requerirán la aprobación de la CRE.

¹⁹ Esta resolución especificó que las terminales que pertenecían a cada zona eran las siguientes:

- Sistema Norte Zona Frontera: Monclova, Sabinas y Nuevo Laredo.
- Sistema Norte Zona Madero: Cd. Victoria, Cd. Valles, Matehuala y Cd. Mante.
- Sistema Pacífico Zona Topolobampo: Mazatlán, Tepic, Topolobampo, Culiacán, Guamúchil y La Paz.

²⁰ Se especificó una nueva zonificación a las etapas, para incluir las siguientes:

- Sistema Centro Sureste Zona Pacífico Sur: Uruapan, Lázaro Cárdenas, Iguala, Acapulco, Oaxaca, Tuxtla Gutiérrez y Tapachula.
- Sistema Norte Zona Juárez: Ciudad Juárez, Chihuahua y Parral.
- Sistema Norte Zona Cadereyta: Santa Catarina, Saltillo, Gómez Palacio y Durango.
- Sistema Centro Sureste Zona Salamanca: León, Aguascalientes, Zacatecas, Morelia, Zamora, El Castillo, Zapopan, Manzanillo y Colima.
- Sistema Centro Sureste Zona Tula: Querétaro, Celaya, Toluca y Pachuca.
- Sistema Centro Sureste Zona Minatitlán: Pajaritos, Villahermosa, Tierra Blanca, Escamela, Puebla, Tehuacán, Veracruz, Jalapa y Perote.
- Sistema Centro Sureste Zona Tuxpan-Valle de México: Tuxpan, Poza Rica, San Juan Ixhuatpec, Azcapotzalco, Añil, Barranca, Cuernavaca y Cuautla.
- Sistema Peninsular Zona Progreso: Progreso, Mérida y Campeche.

RES/990/2018	11/05/2018	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se modificó el procedimiento de temporada abierta (calendario para la asignación de capacidad y cargo por servicio de entrega y recepción) del Sistema Norte Zonas Juárez, Cadereyta y Frontera, así como del Sistema Pacífico Zona Topolobampo. ▪ Se aprobó el modelo de convocatoria para la temporada abierta de los sistemas referidos en el punto anterior.
RES/1614/2018	16/07/2018	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se modificó el procedimiento de temporada abierta (calendario para la asignación de capacidad y cargo por servicio de entrega y recepción) del Sistema Centro Sureste Zona Pacífico Golfo.²¹ ▪ Se aprobó el modelo de convocatoria para la temporada abierta del sistema referido en el punto anterior.
RES/2249/2018	11/10/2018	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se aprobaron las tarifas máximas de las modalidades reserva contractual y uso común para las terminales del Sistema Norte Zona Juárez, Zona Cadereyta y Frontera, así como del Sistema Pacífico Zona Topolobampo, como resultado de la temporada abierta.
RES/2250/2018	11/10/2018	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se modificó el procedimiento de temporada abierta (calendario para la asignación de capacidad y cargo por servicio de entrega y recepción) de la Zona Veracruz.²² ▪ Se aprobó el modelo de convocatoria para la temporada abierta del sistema referido en el punto anterior.

Fuente: Elaboración propia con datos de la CRE (2021c).

²¹ El Sistema Centro Sureste Zona Pacífico-Golfo incluye a las terminales Lázaro Cárdenas, Uruapan, Acapulco, Iguala, Oaxaca, Tapachula II, Tuxtla Gutiérrez y Villahermosa.

²² La Zona Veracruz incluye a las terminales Puebla, Tehuacán, Veracruz, Escamela, Tierra Blanca, Jalapa, Perote y Pajaritos.

Los diversos ajustes a las temporadas abiertas de PEMEX por parte del regulador se reflejaron también en los resultados de estas. Se observa en la Tabla 4.7 que únicamente se logró asignar capacidad en 15 de 77 terminales de Pemex Logística. Lo que es más: el porcentaje que esta capacidad asignada a terceros distintos de Pemex Transformación Industrial representó el 2.0%, el 2.2% y el 1.8% del total de capacidad operativa de almacenamiento que Pemex Logística posee en sus terminales para gasolina regular, gasolina premium y diésel, correspondientemente.

Tabla 4.7. Capacidad de almacenamiento asignada mediante las temporadas abiertas de PEMEX.

Terminal	Capacidad asignada (barriles)		
	Regular	Premium	Diésel
Chihuahua	18,487	1,980	1,900
Culiacán	1,200	800	1,200
Juárez	5,614	1,025	0
La Paz	3,066	995	2,723
Mazatlán	6,762	2,100	6,767
Topolobampo	21,150	6,422	25,422
Rosarito	73,512	55,059	26,710
Ensenada	9,044	3,684	3,900
Mexicali	4,540	2,247	2,210
Guaymas	58,187	4,229	45,961
Cd. Obregón	3,885	635	3,294
Navojoa	785	500	500
Hermosillo	3,815	1,193	2,471
Magdalena	1,197	500	1,087
Nogales	6,300	1,120	4,114
Total	217,544	82,489	128,259

Fuente: Elaboración propia con datos de Petróleos Mexicanos (2021).

4.4 Tarifas

El último párrafo de la disposición 39.1 de las *Disposiciones administrativas de carácter general en materia de acceso abierto y prestación de los servicios de transporte por ducto y almacenamiento de petrolíferos y petroquímicos* es el ordenamiento que establece la obligación de los almacenistas para presentar ante la CRE las tarifas que aplicarán para la prestación de sus servicios. Por su parte, el artículo 82 de la Ley de Hidrocarburos refiere que la regulación de tarifas se sujetará a las siguientes condiciones:

- I. La regulación para cada actividad en particular será aplicable salvo que, a juicio de la Comisión Federal de Competencia Económica, existan condiciones de competencia efectiva en dicha actividad, en cuyo caso las contraprestaciones, precios o tarifas correspondientes se determinarán por las condiciones de mercado;

II. La regulación, además de contemplar los impuestos que determinen las leyes aplicables, considerará que:

- a) Las contraprestaciones, precios y tarifas, de los bienes y servicios susceptibles de comercializarse internacionalmente se fijarán considerando el costo de oportunidad y las condiciones de competitividad prevalecientes en el mercado internacional de estos productos, libres de impuestos, contribuciones o gravámenes, y
- b) Para aquellos bienes o servicios que no sean susceptibles de comercializarse en el mercado internacional, las contraprestaciones, precios y tarifas se fijarán de acuerdo a las metodologías de aplicación general para su cálculo que para tal efecto emita la Comisión Reguladora de Energía, considerando la estimación de costos eficientes para producir el bien o prestar el servicio, así como la obtención de una rentabilidad razonable que refleje el costo de oportunidad del capital invertido, el costo estimado de financiamiento y los riesgos inherentes del proyecto, entre otros.

La primera de estas fracciones faculta a la Comisión Federal de Competencia Económica para determinar si existen condiciones de competencia efectiva; en ese caso, la regulación tarifaria dejaría de ser efectiva, por lo que las contraprestaciones estarían determinadas por el mercado. La segunda de las fracciones divide a las actividades de la cadena de valor de los petrolíferos en aquellas que son susceptibles de ser comercializadas en el mercado internacional y aquellas que no lo son. Por su naturaleza, la actividad de almacenamiento no es susceptible de comercializarse en el mercado internacional, por lo que la fijación de sus tarifas debe tener como base la metodología que emita la CRE, misma que deberá reflejar los costos de oportunidad, el costo de financiamiento y los riesgos del proyecto.

Hasta ahora, la CRE no ha emitido las metodologías de aplicación general para la determinación de las tarifas de almacenamiento de petrolíferos, por lo que no es posible conocer cuáles son las características que deben tomar en cuenta los interesados en obtener la aprobación de tarifas al momento de presentarlas a la CRE. No obstante, el Catálogo Nacional de Trámites y Servicios, herramienta del gobierno federal para mostrar al público todos los trámites de orden federal y los requisitos para llevarlos a cabo, resume las siguientes características respecto al trámite denominado *Aprobación de tarifas máximas iniciales en materia de Transporte por ducto y Almacenamiento de Petrolíferos, Petroquímicos y Bioenergéticos* (Comisión Nacional de Mejora Regulatoria, 2021):

Tabla 4.8. Datos y requisitos del trámite para la aprobación de tarifas de almacenamiento.

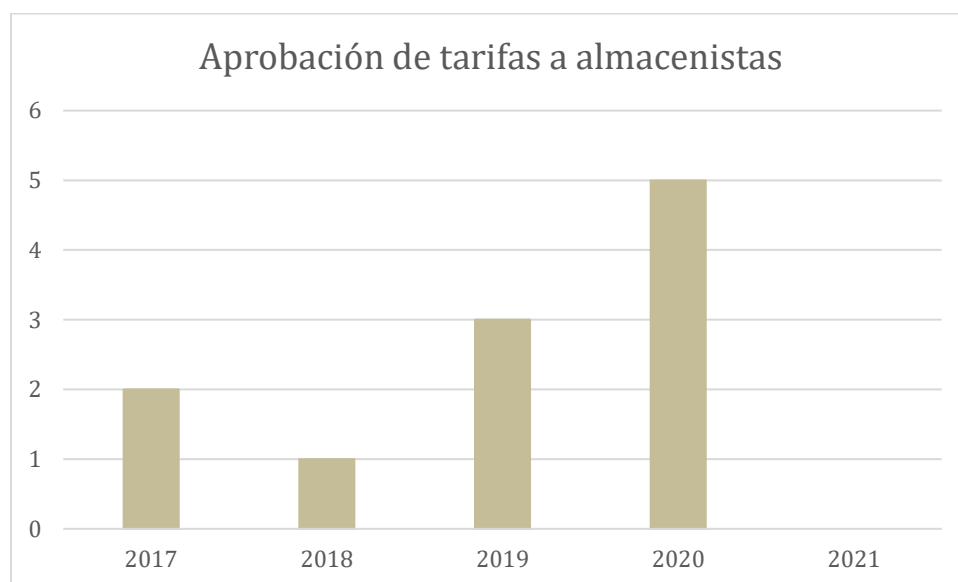
Rubro	Característica
Homoclave	CRE-20-005-A
Dependencia	Comisión Reguladora de Energía
Requisitos	Escrito libre y documentos que respalden el cálculo de las tarifas propuestas. Los cuales deberán incluir como mínimo lo siguiente:

	Requerimiento de ingresos. Activos Fijos. Plan de Negocios. Modelo de Costos. Impuestos. Tasa de rentabilidad y costo de capital. Proyección de demanda y costos. Memoria de cálculo en Excel. Criterios de aplicabilidad de las tarifas. Los documentos en formato Excel que se presenten, deberán estar debidamente referenciados y con Macros habilitadas, en su caso.
Costo	\$328,936
Plazo máximo de respuesta	90 días hábiles

Fuente: Comisión Nacional de Mejora Regulatoria, 2021.

A pesar de la falta de certeza jurídica que ha generado no contar con una metodología transparente para el cálculo de las tarifas, algunos permisionarios de almacenamiento han solicitado su aprobación. Se observa en la Gráfica 4.1 que la CRE ha resuelto favorablemente un total de once solicitudes de aprobación de tarifas a agentes económicos distintos a PEMEX; sin embargo, se advierte que este procedimiento todavía no ha sido aprobado para la mayor parte de los permisionarios privados de almacenamiento, pues las terminales con tarifas aprobadas todavía no representan el 25% del total de permisionarios de esta actividad. Asimismo, se observa que durante el 2021 la CRE no ha aprobado ninguna solicitud para este trámite.

Gráfica 4.1. Número de tarifas aprobadas por la CRE a los almacenistas.



Fuente: elaboración propia con datos de CRE, 2021c.

La falta de una metodología aprobada por la CRE también ha redundado en la manera como las tarifas han sido aprobadas. Como se advierte en la siguiente tabla, los conceptos de las tarifas no son homogéneos y en algunas ocasiones se incluyen servicios adicionales al almacenamiento cuyo componente en la tarifa no puede ser inferido.

Tabla 4.9. Ejemplos de tarifas aprobadas para almacenamiento (rubros).

Permiso	Características de las tarifas aprobadas
PL/19394/ALM/2016	Tarifa de almacenamiento: 4.00 dls/bbl/mes. Carga autotanque: 0.375 dls/bbl. Servicio marítimo: 0.375 dls/bbl.
PL/19372/ALM/2016	Reserva contractual. Recepción: 1.3947 dls/bbl. Reserva contractual. Almacenamiento: 0.1095 dls/bbl/día. Reserva contractual. Entrega: 0.9139 dls/bbl. Uso común. Único: 3.3238 dls/bbl.
PL/19344/ALM/2016	Tarifa máxima de almacenamiento: 53.09 pesos/bbl. Incluye el servicio de descarga de ferrocarril y entrega, así como almacenamiento por 5 días.
PL/21139/ALM/2018	Tarifa de almacenamiento (carga por capacidad): 2.9998 pesos/bbl/día. Tarifa por volumen desplazado (carga por uso): 0.3863 pesos/bbl.
PL/22196/ALM/2019	Almacenamiento: 2.8584 pesos/bbl/día. Carga por recepción entrega: 0.5591 pesos/bbl. Uso común: 27.4894 pesos/bbl.

Fuente: CRE, 2021b.

Nota: dls significa dólares estadounidenses y bbl se refiere a barriles.

La reserva contractual y el uso común son dos modalidades de servicio previstos en las *Disposiciones administrativas de carácter general en materia de acceso abierto y prestación de los servicios de transporte por ducto y almacenamiento de petrolíferos y petroquímicos*. La reserva contractual, de acuerdo con esta disposición, consiste en la modalidad de servicio en la que el permisionario compromete capacidad con un cliente mediante un contrato de servicio, en tanto que el uso común es la modalidad bajo la cual los clientes pueden acceder a los servicios de almacenamiento sin requerir de los compromisos a los que sujeta la reserva contractual.

Esta falta de especificación en las tarifas aprobadas también contribuye a la dificultad de conocer los componentes específicos de cada tipo de tarifa. Lo anterior se suma al hecho de que la mayoría de las terminales de agentes privados no cuenta con la aprobación de tarifas correspondientes. El resultado de estas deficiencias es que no es posible llevar a cabo un análisis de precios adecuado.

Por otra parte, por lo que se refiere a la determinación de las tarifas de almacenamiento que cobra Pemex Logística, esta se lleva a cabo bajo los mismos principios que la aprobación de tarifas de cualquier permisionario de almacenamiento. En particular, mediante la resolución RES/959/2015, la CRE obligó a Pemex Logística a continuar aplicando las tarifas de almacenamiento que habían sido fijadas por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, hasta que la CRE aprobara la propuesta que Pemex Logística enviara al respecto.

Asimismo, mediante la resolución RES/157/2016 aprobó las tarifas máximas aplicables por Pemex Logística a los servicios de almacenamiento de petrolíferos

para el periodo entre el 1° de enero de 2016 y el 31 de diciembre de 2018. El anexo único de dicha resolución especificó las tarifas máximas de reserva contractual y de uso común siguiendo la estructura referida a continuación:

Ilustración 4.2. Extracto del anexo único de la resolución RES/157/2016 mediante la cual la CRE aprobó las tarifas máximas de almacenamiento para PEMEX Logística.

ANEXO ÚNICO DE LA RESOLUCIÓN Núm. RES/157/2016

NÚMERO DE PERMISO	ALMACENAMIENTO	FACTORES DE UTILIZACIÓN DEL SISTEMA	RESERVA CONTRACTUAL		USO COMÚN	
			SERVICIO ALMACENAMIENTO (\$/BARRIL-DÍA)	SERVICIO RECEPCIÓN-ENTREGA (\$/BARRIL)	SERVICIO RECEPCIÓN-ALMACENAMIENTO-ENTREGA (\$/BARRIL)	
1	PL/11040/ALM/2015	VILLAHERMOSA	RANGO 1 (0%)	12.22	6.45	32.25
			RANGO 2 (39%)	8.17		
			RANGO 3 (59%)	5.86		
			RANGO 4 (81%)	4.7		
2	PL/11041/ALM/2015	PUEBLA	RANGO 1 (0%)	12.08	5.62	25.55
			RANGO 2 (27%)	7.24		
			RANGO 3 (44%)	4.97		
			RANGO 4 (63%)	3.09		
3	PL/11042/ALM/2015	EL CASTILLO	RANGO 1 (0%)	17.63	7.93	47.46
			RANGO 2 (32%)	11.3		
			RANGO 3 (49%)	8.3		
			RANGO 4 (66%)	5.39		
4	PL/11043/ALM/2015	ESCAMELA	RANGO 1 (0%)	33.41	17.43	77.11
			RANGO 2 (26%)	19.86		
			RANGO 3 (43%)	13.7		
			RANGO 4 (62%)	8.35		
5	PL/11044/ALM/2015	TIERRA BLANCA	RANGO 1 (0%)	33.4	19.34	94.33
			RANGO 2 (39%)	22.06		
			RANGO 3 (58%)	16.44		
			RANGO 4 (78%)	12.62		
6	PL/11045/ALM/2015	POZA RICA	RANGO 1 (0%)	27.86	16.3	46.53
			RANGO 2 (39%)	17.99		
			RANGO 3 (59%)	13.97		
			RANGO 4 (76%)	10.47		
7	PL/11046/ALM/2015	ZAPOCAN	RANGO 1 (0%)	14.01	6.39	33.76
			RANGO 2 (39%)	8.17		
			RANGO 3 (59%)	5.86		
			RANGO 4 (81%)	4.7		

Fuente: CRE, 2021c.

Según se advierte en la ilustración anterior, las tarifas para cada terminal de almacenamiento muestran un cargo único por recepción-entrega, de manera que no puede distinguirse entre el cargo por cada uno de estos conceptos de manera aislada. Asimismo, la resolución establece diferenciación tarifaria de acuerdo a una variable denominada «Factores de utilización del sistema», que divide en rangos a cada terminal sin que pueda apreciarse algún criterio homogéneo. Dado que la resolución RES/157/2016 tampoco refiere cómo se calcularon dichos factores y por qué motivo darían un descuento a las tarifas de almacenamiento, no es posible considerar un precio único de referencia por terminal.

Posteriormente, mediante el procedimiento de temporadas abiertas referido en el apartado inmediato anterior, la CRE aprobó las tarifas máximas de los servicios de almacenamiento y de entrega-recepción para las terminales de Pemex Logística. Dicha aprobación la realizó mediante las resoluciones correspondientes señaladas en la Tabla 4.6. Finalmente, mediante la resolución RES/2974/2018 se amplió la

vigencia de las tarifas aprobadas mediante la RES/157/2016 por 90 días hábiles, en tanto que la resolución RES/465/2019 extendió la vigencia de las tarifas máximas contempladas en la resolución RES/157/2016 que no hubieran sido objeto de modificación mediante las resoluciones referidas en la Tabla 4.6 hasta en tanto la CRE determinara nuevas listas de tarifas máximas.

En tal virtud, las tarifas máximas aprobadas a las terminales de almacenamiento de Pemex Logística se encuentran señaladas en las siguientes resoluciones de la CRE, habida cuenta de que las que no se indican en la Tabla 4.10 siguen siendo las establecidas por la resolución RES/157/2016:

Tabla 4.10. Resoluciones que determinan las tarifas máximas de almacenamiento para PEMEX Logística.

Resolución	Terminales de almacenamiento aplicables	Concepto
RES/820/2017	Rosarito, Mexicali, Ensenada, Nogales, Magdalena, Hermosillo, Guaymas, Cd. Obregón y Navojoa.	Cargo por recepción-entrega en la modalidad de reserva contractual.
RES/2286/2017	Rosarito, Mexicali, Ensenada, Nogales, Magdalena, Hermosillo, Guaymas, Cd. Obregón y Navojoa.	Cargo de reserva de capacidad en la modalidad de reserva contractual y tarifas de uso común.
RES/990/2018	Chihuahua, Ciudad Juárez, Parral, Santa Catarina, Saltillo, Gómez Palacio, Durango, Sabinas, Monclova, Nuevo Laredo, Mazatlán, Tepic, Topolobampo, Culiacán, Guamúchil y La Paz.	Cargo por recepción-entrega en la modalidad de reserva contractual.
RES/2249/2018	Culiacán, La Paz, Mazatlán y Topolobampo.	Cargo de reserva de capacidad en la modalidad de reserva contractual y tarifas de uso común.
RES/1614/2018	Lázaro Cárdenas, Uruapan, Acapulco, Iguala, Oaxaca, Tapachula II, Tuxtla Gutiérrez y Villahermosa.	Cargo por recepción-entrega en la modalidad de reserva contractual.
RES/2250/2018	Puebla, Tehuacán, Veracruz, Escamela, Tierra Blanca, Jalapa, Perote y Pajaritos.	Cargo por recepción-entrega en la modalidad de reserva contractual.

Fuente: CRE, 2021c.

4.5 Reforma a la Ley de Hidrocarburos

El 4 de mayo de 2021 fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el *Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley de Hidrocarburos*. Este decreto modificó cinco artículos de la ley referida y añadió uno más, conforme se detalla a continuación.

El artículo 51 de la Ley de Hidrocarburos señala que el otorgamiento de permisos estará sujeto a que el interesado demuestre que cuenta con un diseño de instalaciones acorde con la normativa y las condiciones apropiadas para garantizar

la continuidad del servicio. El decreto de modificación añadió como requisito que los interesados cuenten con la capacidad de almacenamiento que determine la Secretaría de Energía.

A pesar de que no se indica de manera explícita, este nuevo requerimiento se refiere a los permisionarios de comercialización. Como fue referido en el capítulo anterior, los comercializadores no se encuentran obligados a contar con instalaciones de guarda o transporte de petrolíferos. Esta modificación a la ley obliga a este tipo de permisionarios a contratar cierta capacidad de almacenamiento de manera previa al envío de la solicitud del permiso de comercialización correspondiente.

Otra modificación del decreto referido consistió en incluir la figura de negativa ficta a las solicitudes de cesión de permiso presentadas ante la Secretaría de Energía y la CRE. Hasta antes de la reforma, el artículo 53 de la Ley de Hidrocarburos preveía que en caso de que dichas autoridades no hubieran respondido en el plazo estipulado a una solicitud de cesión de permiso, esta se entendería en sentido favorable.

Por su parte, el artículo 56 de la ley referida prevé las causas de revocación de los permisos emitidos por la Secretaría de Energía y la CRE. La fracción XI del mismo indica que se revocarán los permisos otorgados a quienes hayan realizado alguna de las actividades permisionadas con productos que hayan sido adquiridos de forma ilícita. La modificación a esta fracción añadió que también pueden ser revocados en los casos en que se compruebe la comisión del delito de contrabando de hidrocarburos, petrolíferos y petroquímicos.

Asimismo, el decreto de reforma añadió una fracción al artículo 56 de la Ley de Hidrocarburos, el cual incluye como causa de revocación la reincidencia en las conductas señaladas en los incisos a) y h) de la fracción II del artículo 86 de la ley en comento, los cuales se refieren a las facultades de sanción que tiene la CRE en los casos de incumplimiento a la regulación, suspensión de servicios y modificaciones a las instalaciones sin previo aviso.

Las modificaciones al artículo 57 de la Ley de Hidrocarburos se refieren en la Tabla 4.11. Estas consisten en la inclusión de la figura de suspensión de los permisos en los casos referidos y la supresión de la posibilidad de recurrir a algún tercero para operar los permisos ocupados, intervenidos o suspendidos.

Tabla 4.11. Modificaciones al artículo 57 de la Ley de Hidrocarburos.

Ley de Hidrocarburos (2014)	Decreto de reforma a la Ley de Hidrocarburos (2021)
Artículo 57.- En relación con los permisos a que se refiere esta Ley, la autoridad que lo haya expedido podrá llevar a cabo la ocupación temporal o la intervención, a fin de garantizar los	Artículo 57.- En relación con los permisos a que se refiere esta Ley, la autoridad que lo haya expedido podrá llevar a cabo la ocupación temporal, la intervención o la suspensión , a fin

intereses de la Nación, en el entendido de que quedarán salvaguardados los derechos de terceros.

Para la continuidad en la operación de las actividades que ampare el permiso, la autoridad podrá contratar a empresas productivas del Estado o a terceros, con capacidad técnica para el manejo y control de las instalaciones ocupadas o intervenidas.

de garantizar los intereses de la Nación, en el entendido de que quedarán salvaguardados los derechos de terceros.

Para la continuidad en la operación de las actividades que ampare el permiso, la autoridad podrá contratar a empresas productivas del Estado ~~o a terceros, con capacidad técnica~~ para el manejo y control de las instalaciones ocupadas, intervenidas **o suspendidas**.

Fuente: Diario Oficial de la Federación.

Por otra parte, el decreto referido añadió el artículo 59 Bis a la Ley de Hidrocarburos, el cual establece lo siguiente:

La Secretaría de Energía y la Comisión Reguladora de Energía podrán, en el ámbito de sus respectivas competencias, suspender los permisos expedidos en los términos establecidos en esta Ley, cuando se prevea un peligro inminente para la seguridad nacional, la seguridad energética o para la economía nacional.

La autoridad que lo haya expedido integrará y tramitará el expediente de suspensión del permiso, a fin de garantizar los intereses de los usuarios finales y consumidores, quedando a salvo los derechos de los terceros y el interés del Estado.

La suspensión requerirá la notificación previa al Permisionario indicando las causas que motivan la suspensión, las razones por las cuales se estima procedente y la afectación que podría darse en caso de que continúen los actos que ampare el permiso. Una vez realizada la notificación, el Permisionario contará con un plazo de quince días naturales, contados a partir de la fecha de la notificación, para exponer lo que a su derecho convenga y aportar, en su caso, las pruebas que estime pertinentes. [...].

De igual manera, el decreto de reforma a la Ley de Hidrocarburos incluyó la siguiente redacción como último párrafo de la fracción II del artículo 86: "Tratándose de las infracciones previstas en los incisos a) y h) de esta fracción, en caso de reincidencia, además de las sanciones señaladas en la presente Ley, se revocará el permiso respectivo". Se advierte que esta última modificación se encuentra en línea con la realizada al artículo 56.

Finalmente, el decreto referido señaló, entre otros, los siguientes transitorios, los cuales tienen implicaciones directas en el mercado de petrolíferos:

Cuarto. La autoridad competente procederá a la revocación de aquellos permisos que, a la fecha de entrada en vigor del presente Decreto, incumplan con el requisito de almacenamiento determinado por la Secretaría de Energía conforme a las disposiciones jurídicas aplicables.

Quinto. La autoridad competente privará de efectos jurídicos a los permisos que hayan caducado en términos de lo dispuesto en el artículo 55, fracción I, incisos a) y b) de la Ley de Hidrocarburos.

De esta manera, el cuarto transitorio, aunque no señala explícitamente a qué tipo de permisionarios se refiere, se sobreentiende que se trata de los comercializadores; es decir, que los comercializadores que no cumplan al momento con lo requerido por la Política Pública de Almacenamiento Mínimo verán revocados sus permisos. En un contexto en el que la capacidad de almacenamiento puede no ser suficiente, esto puede llevar a la revocación de muchos permisos de comercialización. A su vez, el transitorio quinto refiere que no tendrán efectos jurídicos los permisos que hayan caducado. Es importante considerar que una de las causas de caducidad de los permisos consiste en no haber realizado la actividad permitida durante el plazo que se consigne en el permiso o, si este no lo señala explícitamente, el plazo de un año. Como se indicó en el capítulo anterior, a la fecha existen varios permisionarios de almacenamiento que obtuvieron su permiso en 2017 y 2018 y que todavía no han iniciado operaciones por motivos de construcción o autorizaciones de otras autoridades. En tal virtud, el decreto dejaría sin efectos estos permisos, por lo que el número de almacenistas podría disminuir considerablemente. No obstante, la misma ley les permitiría a quienes perdieran su título de permiso solicitar uno nuevo.

La modificación a la Ley de Hidrocarburos se da en un contexto en el que la administración federal busca, de manera explícita y activa, reposicionar a las empresas productivas del Estado, es decir, a PEMEX y a la Comisión Federal de Electricidad. Así lo refiere el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024:

La reforma energética impuesta por el régimen anterior causó un daño gravísimo a Petróleos Mexicanos y la Comisión Federal de Electricidad, empresas productivas del Estado que ya venían sufriendo el embate de los designios privatizadores. [...] Un propósito de importancia estratégica para la presente administración es el rescate de PEMEX y la CFE para que vuelvan a operar como palancas del desarrollo nacional. (Diario Oficial de la Federación, 12 de julio de 2019).

4.6 Recapitulación de los elementos regulatorios más relevantes para el análisis de competencia

En este capítulo se abordaron los principales temas regulatorios que afectan de manera directa a la actividad de almacenamiento, con el fin de identificar posibles barreras legales a la participación de los agentes económicos en esta actividad. Según fue referido, la regulación emitida por las tres autoridades competentes en la

materia no contiene elementos que pudieran afectar de manera directa a la competencia. Los permisos y autorizaciones a los que están sujetos los interesados en obtener un permiso de almacenamiento y los que ya lo obtuvieron no son excesivos ni onerosos y, aunque existe una disminución en el número de solicitudes durante los últimos años, no puede atribuirse este comportamiento de manera total a las modificaciones en el marco regulatorio.

Ahora bien, la regulación asimétrica a PEMEX es una condición que, efectivamente, pretende controlar el poder sustancial que posee. La estimación de la efectividad de estas medidas aplicables a PEMEX queda fuera de los objetivos de esta investigación. En cualquier caso, esta medida busca favorecer condiciones que permitan a los agentes privados ingresar al mercado sin que PEMEX pueda abusar de su poder sustancial. De igual manera, la reforma a la Ley de Hidrocarburos puede reducir el tamaño de la demanda del almacenamiento, al condicionar a los permisionarios de comercialización a contar con capacidad contratada de manera previa a la solicitud del permiso correspondiente. Sin embargo, dado que la expedición de dicha reforma es reciente, es poco probable que esta haya tenido ya efectos profundos en los almacenistas.

La implementación de la regulación tarifaria en el servicio de almacenamiento de petrolíferos constituye una dificultad mayor para el análisis de las condiciones de competencia de este mercado, especialmente por lo que se refiere a la definición de los mercados relevantes. Esto se debe a que la mayor parte de las técnicas empleadas para su determinación utilizan precios como una variable relevante. En particular, dos características imposibilitan llevar a cabo este análisis: por una parte, la mayoría de las terminales que no son propiedad de PEMEX no cuentan con tarifas aprobadas por la CRE, de manera que no existen datos sobre los precios de sus servicios; por otra, las tarifas que han sido aprobadas por la CRE resultan inconsistentes, ya que estas no se refieren exclusivamente al servicio de almacenamiento, sino que incorporan otras características del mismo, lo que resulta en una incompatibilidad para realizar comparaciones de precios. Aunado a lo anterior, los precios autorizados para el servicio que presta PEMEX obedecieron a una lógica distinta que la del resto de los permisionarios, ya que fueron aprobados en un contexto de regulación asimétrica.

5. Datos, metodología y resultados

Según se advierte de la revisión de la literatura académica, existe una diversidad muy amplia de modelos que pueden ser utilizados para analizar el mercado relevante y el poder sustancial de un mercado. Asimismo, la revisión de la regulación general y de los casos resueltos por las autoridades de competencia en México, Estados Unidos de América y Europa (especialmente de los métodos utilizados para evaluar el mercado relevante, el poder sustancial y el grado de concentración) muestra que dichas autoridades no son innovadoras desde la perspectiva metodológica, sino que utilizan los modelos desarrollados por los investigadores y disponibles en la literatura académica.

Por otra parte, la COFECE, hasta el momento, no ha investigado directamente el mercado de almacenamiento de petrolíferos. Las investigaciones de dicha autoridad se han centrado en otros productos relacionados (gas LP) o en otros eslabones de la cadena de los petrolíferos (como la comercialización). Si bien la COFECE posee facultades para realizar estudios de sectores específicos y podría realizar uno en materia de almacenamiento de petrolíferos, no es posible conocer ahora si se encuentra dentro de su plan de trabajo para los próximos años.

Es por ello que la presente investigación pretende dar solución a esta problemática mediante la propuesta de una metodología específica para la evaluación de la competencia de este sector. De igual manera, los resultados de la aplicación de dicha metodología permitirán a las autoridades correspondientes determinar lo conducente en materia regulatoria.

Finalmente, se pretende que los desarrollos metodológicos aquí propuestos puedan ser útiles para evaluar mercados con características similares al estudiado. Los resultados de la investigación pueden resultar los primeros en materia de evaluación integral de la competencia en cualquier mercado de energía tras la Reforma Energética.

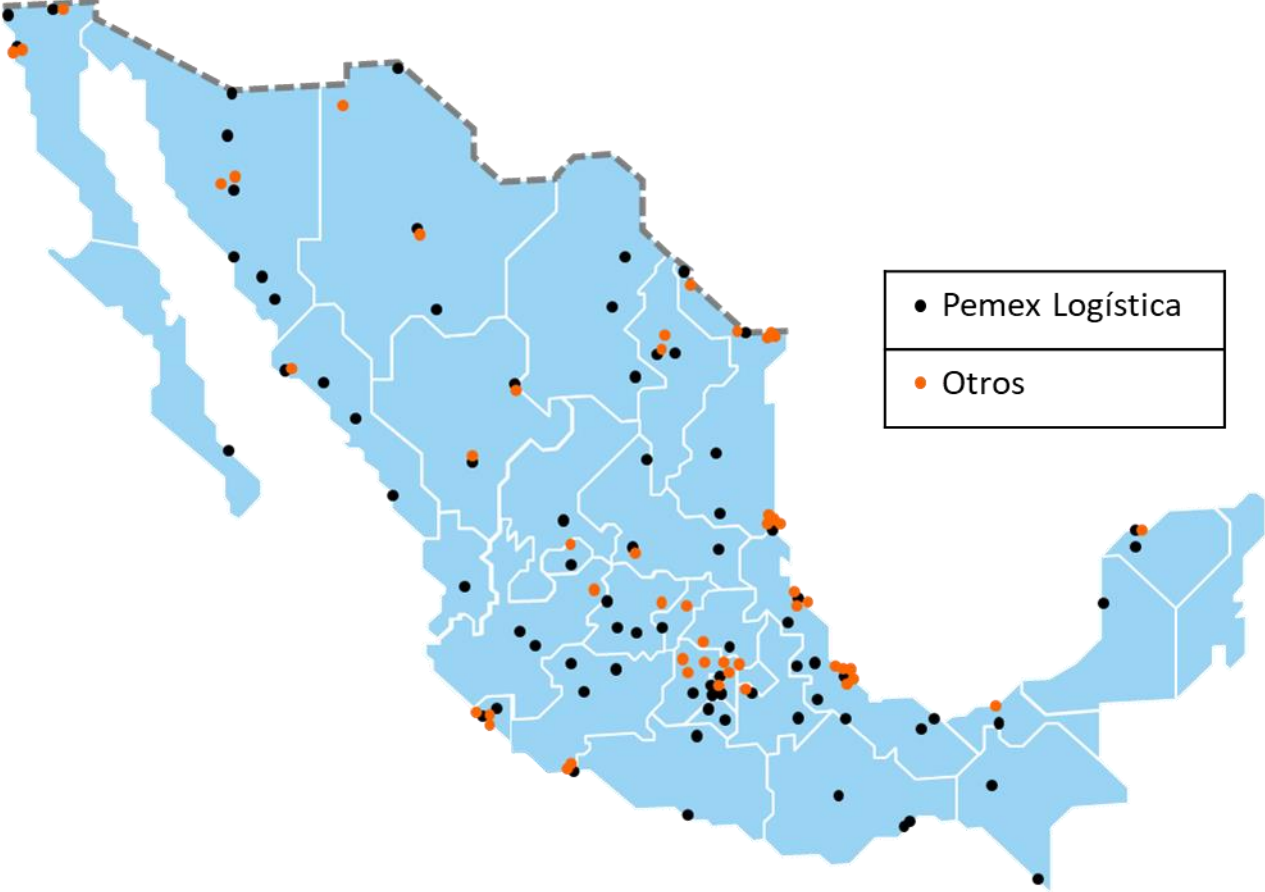
5.1 Datos

Como se indicó en el capítulo referente a la regulación de la actividad de almacenamiento, hasta antes de la Reforma Energética, PEMEX era el único agente económico que podía participar en esta actividad. En tal virtud, en 2015 PEMEX solicitó a la CRE permisos para 77 terminales de almacenamiento.²³ Hasta 2021,

²³ En 2016, Pemex Logística solicitó un permiso nuevo para una terminal recién construida, cuya finalidad era la de sustituir a otra terminal ubicada también en esa localidad (Tapachula), misma cuyo

otros agentes económicos han solicitado los permisos correspondientes ante la CRE para realizar esta actividad; en total, la CRE ha otorgado 48 permisos de almacenamiento de petrolíferos a agentes económicos distintos a PEMEX. Uno de estos permisos fue otorgado a la Comisión Federal de Electricidad, cuya terminal almacena exclusivamente combustóleo, producto petrolífero que escapa del alcance de la presente investigación y no es considerada en la misma. En el siguiente mapa se indica la ubicación de las terminales:

Mapa 5.1. Ubicación de las terminales de almacenamiento.



Fuente: elaboración propia con datos de la CRE (2021b).

Los datos utilizados para realizar los cálculos de la presente investigación se refieren a cinco categorías. Las primeras cuatro se refieren a una dimensión logística, es decir, a elementos que se relacionan con la operación de las terminales y cuya inclusión resulta un elemento novedoso en este tipo de análisis. La quinta categoría de datos consiste en aquellos que se refieren a una dimensión puramente geográfica, esto es, a la separación física que existe entre cada una de las

permiso fue terminado anticipadamente. Como resultado de ello, a la fecha, Pemex Logística cuenta con 77 permisos de almacenamiento.

terminales. En la siguiente tabla se indican las categorías de datos y las variables específicas que fueron consideradas para esta investigación:

Tabla 5.1. Variables utilizadas para los cálculos.

Categoría	Variable²⁴	Tipo	Rango
Formas de entrega y recepción de producto	Entrega BT	Binaria	{0}, {1}
	Entrega CT	Binaria	{0}, {1}
	Entrega AT	Binaria	{0}, {1}
	Entrega DUC	Binaria	{0}, {1}
	Recibe BT	Binaria	{0}, {1}
	Recibe CT	Binaria	{0}, {1}
	Recibe AT	Binaria	{0}, {1}
	Recibe DUC	Binaria	{0}, {1}
	No entrega pero recibe por BT	Binaria	{0}, {1}
	No entrega pero recibe por CT	Binaria	{0}, {1}
	No entrega pero recibe por AT	Binaria	{0}, {1}
	No entrega pero recibe por DUC	Binaria	{0}, {1}
	No recibe pero entrega por BT	Binaria	{0}, {1}
	No recibe pero entrega por CT	Binaria	{0}, {1}
	No recibe pero entrega por AT	Binaria	{0}, {1}
No recibe pero entrega por DUC	Binaria	{0}, {1}	
Capacidades de almacenamiento	Capacidad gasolina regular	Numérica	[0, ∞)
	Capacidad gasolina premium	Numérica	[0, ∞)
	Capacidad diésel	Numérica	[0, ∞)
Ubicación en zona estratégica	Se encuentra en la costa del Golfo	Binaria	{0}, {1}
	Se encuentra en la costa del Pacífico	Binaria	{0}, {1}
	Se encuentra en la ZM Valle de México	Binaria	{0}, {1}
	Se encuentra en la ZM Tijuana	Binaria	{0}, {1}
	Se encuentra en la ZM León	Binaria	{0}, {1}
	Se encuentra en la ZM Puebla	Binaria	{0}, {1}
	Se encuentra en la ZM Ciudad Juárez	Binaria	{0}, {1}
	Se encuentra en la ZM Guadalajara	Binaria	{0}, {1}
	Se encuentra en la ZM Monterrey	Binaria	{0}, {1}
Distancia a punto de transporte o suministro	Distancia a ducto más cercano	Numérica	[0, ∞)
	Distancia a vía férrea más cercana	Numérica	[0, ∞)
	Distancia a refinería más cercana	Numérica	[0, ∞)
Distancia entre terminales	Distancia entre terminales	Numérica	[0, ∞)

Un elemento relevante en una clasificación de terminales de almacenamiento consiste en analizar la manera como los petrolíferos son recibidos y entregados en

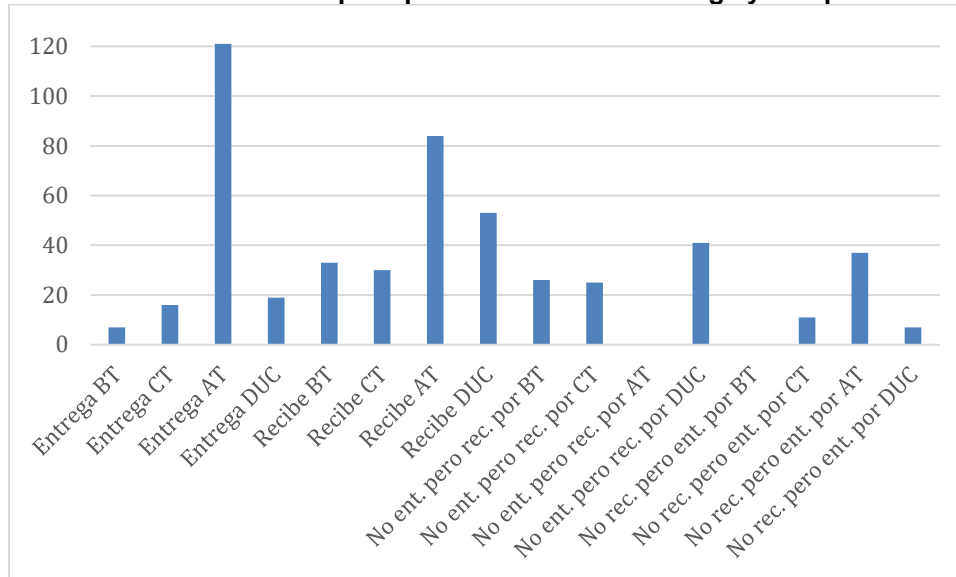
²⁴ BT se refiere a buquetanques; CT, a carrotanques; AT, a autotanques, y DUC a ductos.

dichas terminales. Esto se debe a que las instalaciones de entrega y recepción son determinantes para los clientes de las terminales, pues definen el medio de transporte que pueden utilizar para conducir productos hacia y desde las terminales. Es relevante señalar que las inversiones requeridas para construir y habilitar las instalaciones de entrega y recepción varían de acuerdo con el medio de transporte seleccionado. Asimismo, cabe hacer notar que las instalaciones de recepción para un medio de transporte en particular no pueden necesariamente utilizarse también para su entrega. Así, por ejemplo, es posible que una terminal cuente con instalaciones de recepción de producto por medio de carrotanque pero que carezca de las necesarias para entregarlo por este mismo medio. Por tanto, la relevancia de esta categoría consiste en que una terminal con varios medios de entrega o recepción será más atractiva para sus clientes potenciales que otra con menores opciones.

Los datos de esta categoría fueron obtenidos de la caracterización referida por los permisos de almacenamiento otorgados por la CRE²⁵. En ellos se indican los medios de entrega y recepción por cada una de las terminales y se describen brevemente las instalaciones que se utilizarán (así como su ubicación en la terminal) para estas tareas. Para el propósito de esta investigación y dada su propia naturaleza, se consideró que la información de estas variables puede ser capturada de manera adecuada mediante variables binarias, en donde cero representa la ausencia de un medio de entrega o recepción, en tanto que un uno indica que cierta terminal cuenta con instalaciones para ese cometido. En la siguiente gráfica se advierte que, salvo tres terminales, todas cuentan con entrega por autotanque, en tanto que ninguna terminal se encuentra en el caso de que reciba pero no entregue por autotanque o que entregue pero no reciba por buquetanque. Estas dos últimas variables, al no contener información, no serán utilizadas en adelante.

²⁵ Al realizar la consulta en el sitio oficial de la CRE se observa que algunos permisos no muestran la información completa acerca de la ubicación y las capacidades. Esta información fue obtenida mediante una solicitud de información y un recurso de revisión presentado ante el Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales, tras una negativa de otorgamiento por parte de la CRE.

Gráfica 5.1. Número de terminales por tipo de sistemas de entrega y recepción.



Fuente: elaboración propia con datos de la CRE (2021b).

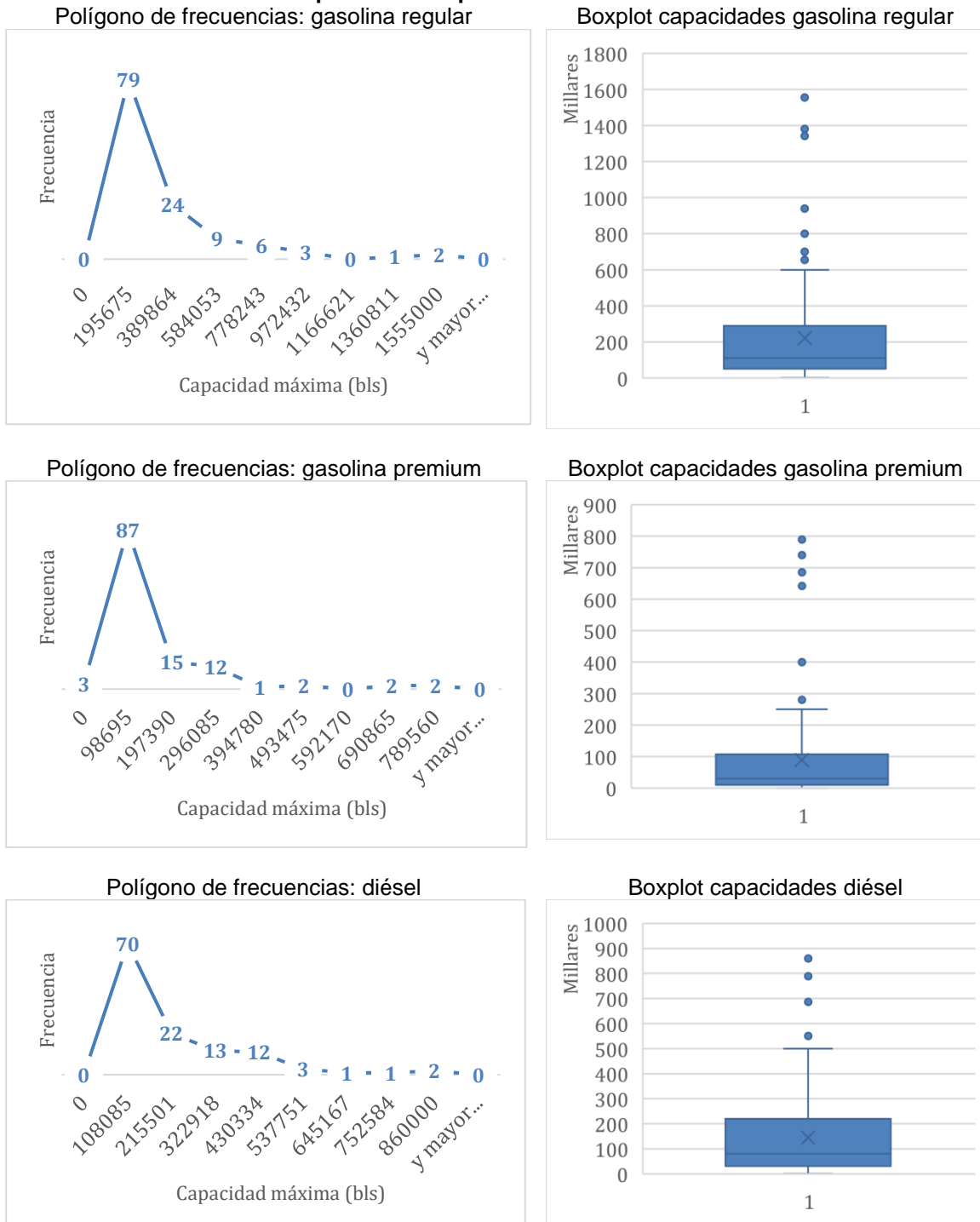
Otro elemento relevante para considerar en la evaluación para determinar mercados relevantes y que contiene un componente logístico independiente del geográfico es la capacidad con la que cuentan las terminales. Al respecto, se advierte que las terminales cuentan con tanques que almacenan un tipo de producto específico y que este no puede ser modificado, salvo que se realice una limpieza de los mismos, las adecuaciones físicas pertinentes y se solicite la modificación del permiso correspondiente ante la CRE. Aunque es posible modificar el producto que almacena cada tanque en una terminal, el costo de realizar esta acción puede ser significativo, aunado a que debe realizarse una planeación logística que reduzca el impacto de la inhabilitación temporal de los tanques que serán modificados.

En otro orden de ideas, la capacidad de almacenamiento con que cuentan las terminales puede condicionar el tipo de clientes que soliciten su permiso. Esto se debe a que, si un cliente desea reservar una capacidad elevada para almacenar su producto, deberá buscar una terminal que cuente con dicha capacidad, toda vez que, aunque es posible reservar capacidad en dos terminales, los costos logísticos de hacerlo pueden ser elevados. En tal virtud, una terminal con alta capacidad puede fungir como un sustituto —en términos únicamente de capacidad de almacenamiento— de una de baja capacidad, pero no de manera contraria, es decir, existe sustituibilidad asimétrica entre terminales.

Tomando en cuenta las consideraciones de los dos párrafos previos, resalta que los clientes de los almacenistas tienen necesidad de guardar tres productos distintos. Esto implica que, si una terminal posee capacidad suficiente para almacenar uno de ellos, pero no cuenta con capacidad para almacenar otro, su cliente posiblemente

busque alguna otra opción. Las diferencias en las capacidades de almacenamiento de las terminales por tipo de producto son relevantes y se ilustran a continuación:

Gráfica 5.2. Estadística descriptiva de la capacidad de almacenamiento.²⁶



Fuente: elaboración propia con datos de la CRE (2021b).

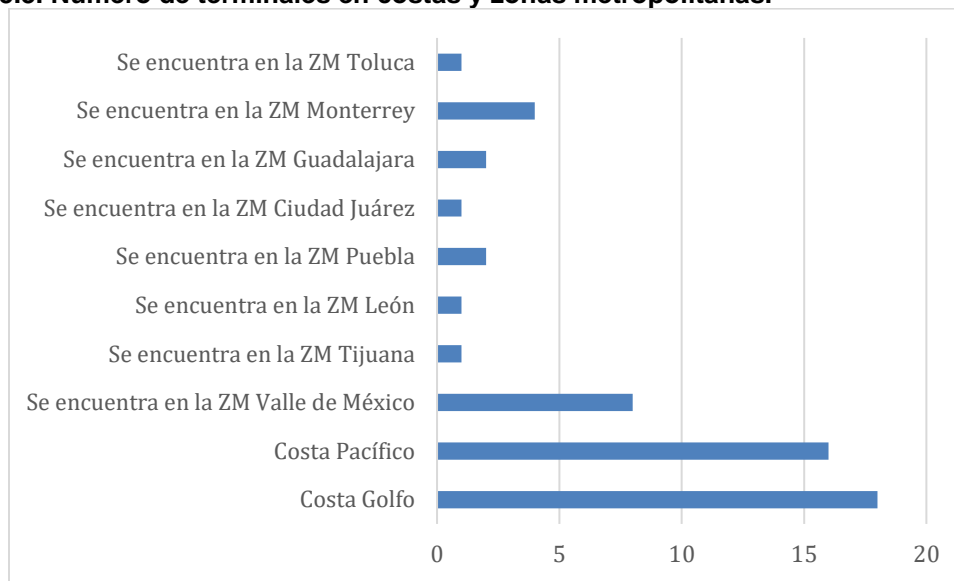
²⁶ El número de cortes para realizar el polígono de frecuencias fue determinado a partir de la Regla de Stuges.

Se observa que las capacidades no se distribuyen como una normal, sino que presentan un sesgo hacia el origen. Esto se debe a que en los tres productos existen terminales con capacidades muy elevadas en comparación con el resto de las terminales. Asimismo, se advierte que tres de las terminales no cuentan con capacidad para almacenar gasolina premium. La información relacionada con la capacidad de las terminales se obtuvo de los permisos otorgados por la CRE (2021b).

Un tercer elemento logístico por tomar en cuenta para determinar el grado de competencia que puede existir entre las terminales consiste en si estas se encuentran ubicadas en alguna zona estratégica. La ubicación de las terminales puede tener dos orientaciones: para la recepción de producto a través del transporte marítimo o para suministrar a los centros de mayor consumo. Por tanto, resulta relevante conocer si una terminal se ubica dentro de una zona metropolitana populosa o en alguna zona costera. En este último caso, cabe establecer una diferencia entre las terminales que se encuentran en la costa del Golfo de México de aquellas que se ubican en la costa del Pacífico, ya que ciertos clientes pueden tener restricciones de suministro, al abastecerse de alguna región en particular; por ejemplo, un comercializador que importe producto desde Texas encontrará poco atractiva una terminal que se encuentre en el Pacífico, pues sus costos de transporte desde Estados Unidos hasta la terminal serían más elevados.

A partir de la información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2015), se tomaron en cuenta las terminales ubicadas dentro de las ocho zonas metropolitanas más pobladas del país, conforme a la localización reportada en los permisos de la CRE. Según se advierte en la siguiente gráfica, más de treinta terminales se ubican en alguna de las costas, en tanto que ocho se encuentran en la zona metropolitana del Valle de México y cuatro más en la de Monterrey. En el resto de las zonas metropolitanas se ubican dos o menos terminales. La naturaleza de esta variable es de una binaria asimétrica, en donde el valor de uno corresponde a que cierta terminal se ubica en cierta zona metropolitana o en alguna costa. Para el tratamiento de esta dimensión, se considerarán, por una parte, las terminales ubicadas en el Golfo; por otra, las que se encuentran en el Pacífico; y finalmente, las que se hallan dentro de alguna de las zonas metropolitanas seleccionadas. Dado que ninguna terminal pertenece a más de alguna de estas tres categorías, de manera natural existen cuatro grupos, los cuales se corresponden a su ubicación en alguna costa, en alguna zona metropolitana o a ninguna de ellas.

Gráfica 5.3. Número de terminales en costas y zonas metropolitanas.



Fuente: elaboración propia con datos de la CRE (2021b).

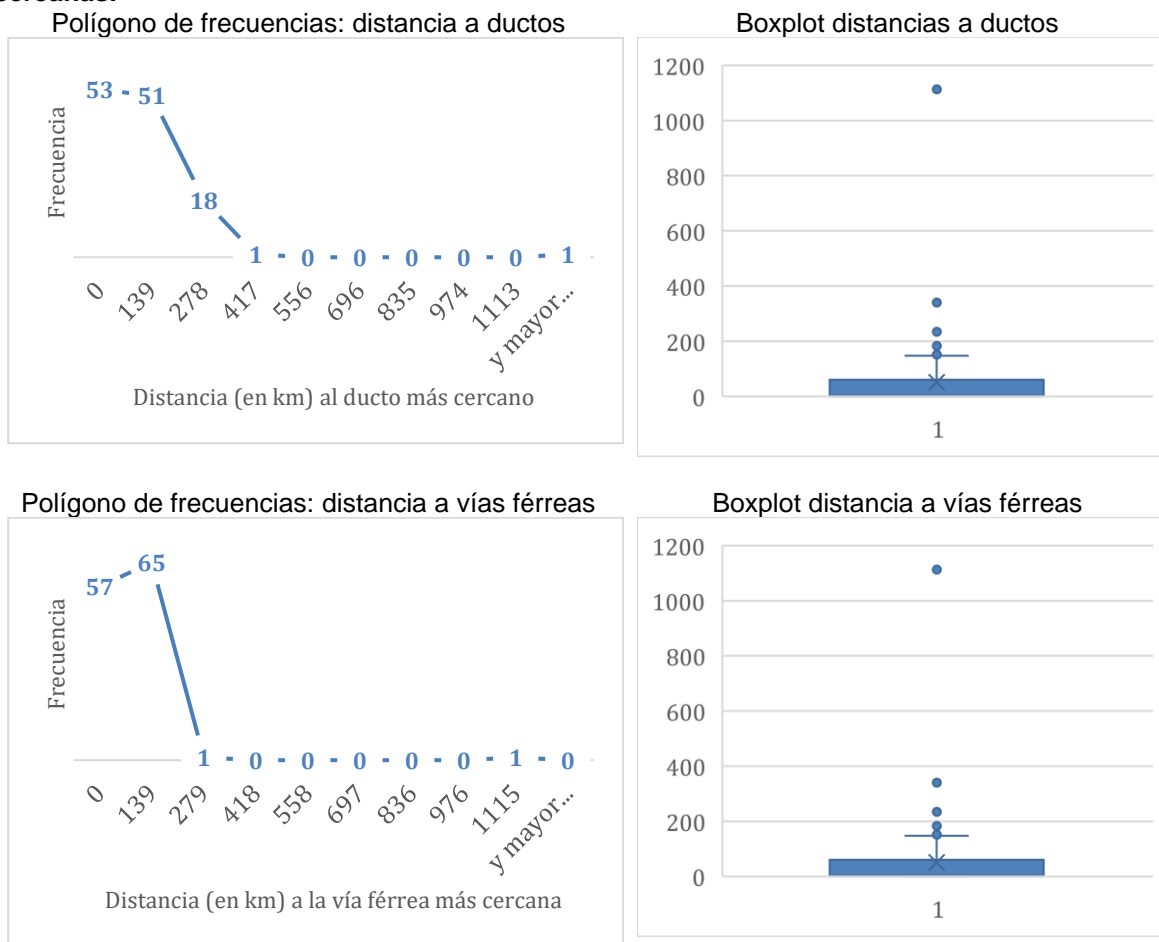
Otra característica que las investigaciones relacionadas no toman en cuenta durante el análisis es la proximidad que tienen las terminales a instalaciones de abastecimiento, es decir, a refinerías, así como la distancia que tienen a las vías de transporte, específicamente a las vías férreas y a los ductos. Una terminal que se encuentre más cercana a una vía férrea tiene mayor probabilidad de lograr una interconexión que le permita transportar mediante carrotanques el producto hacia o desde dicha terminal; esto mismo ocurre en el caso de las terminales próximas a ductos. De igual forma, una terminal cercana a una refinería reduce los costos de transporte hacia la misma, lo que pueden representar una ventaja para sus clientes.

Considerando lo anterior, se calculó la distancia entre la ubicación geográfica de cada terminal y la vía férrea, el ducto y la refinería más cercanos. En este último caso, se tomaron en cuenta tanto las refinerías dentro del territorio mexicano como las ubicadas cerca en el sur de Estados Unidos, particularmente en El Paso, Texas; Long Beach, California y Three Rivers, Texas, las cuales son las más cercanas a algunas terminales del norte de México. La ubicación de las vías ferroviarias fue obtenida del sitio oficial de la Agencia Reguladora de Transporte Ferroviario (2021), en tanto que la de los ductos proviene de CartoCrítica (2021)²⁷.

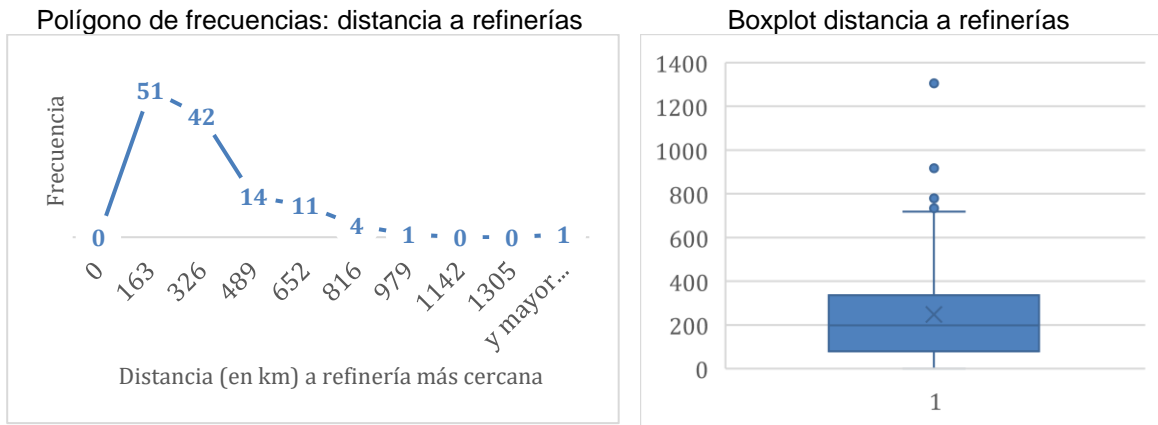
²⁷ Es importante mencionar que la ubicación exacta de los ductos es información reservada, ya que se cataloga como de seguridad nacional tras los constantes robos de petrolíferos en estas instalaciones. Por tanto, no hay información oficial al respecto y la ofrecida por CartoCrítica es una aproximación a su ubicación a partir de la mejor información disponible.

A continuación se muestra la estadística descriptiva correspondiente a estas variables de distancia. En los tres casos se advierte que existe al menos un *outlier*, este es el caso de la terminal ubicada en La Paz, Baja California Sur, la cual se encuentra considerablemente alejada de cualquier instalación de transporte o de suministro.

Gráfica 5.4. Estadística descriptiva de la distancia a ductos, vías férreas y refinéras más cercanas.²⁸



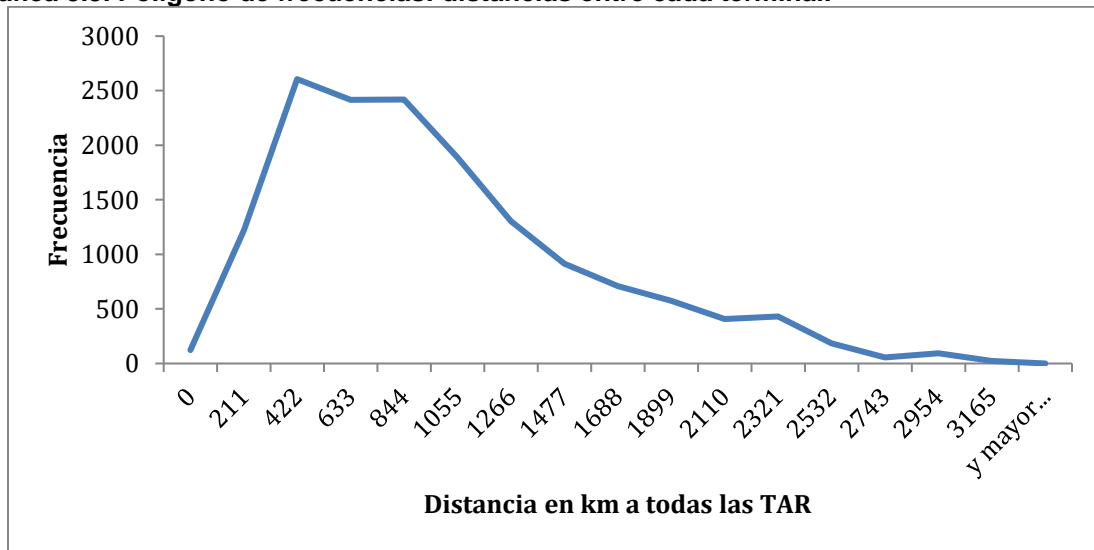
²⁸ El número de cortes para realizar el polígono de frecuencias fue determinado a partir de la Regla de Stuges.



Fuente: elaboración propia con datos de la CRE (2021b), la Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario (2021) y CartoCrítica (2021).

Finalmente, la presente investigación toma en cuenta una dimensión puramente geográfica, misma que se refiere a la distancia existente entre cada una de las terminales. Las distancias fueron calculadas a partir de las coordenadas proporcionadas en los permisos otorgados por la CRE. Según se advierte en la siguiente gráfica, la gran masa de distancias entre terminales se encuentra en un rango menor a mil kilómetros:

Gráfica 5.5. Polígono de frecuencias: distancias entre cada terminal.



Fuente: elaboración propia con datos de la CRE (2021b).

5.2 Metodología

5.2.1 Consideraciones generales

A fin de analizar la posible existencia de condiciones de competencia en el mercado de almacenamiento de petrolíferos, es necesario primero delimitar la dimensión producto (servicio) que será estudiada. El análisis del capítulo 3 permite centrar la atención en el servicio de almacenamiento y no considerar como sustitutos otras actividades con algunas características similares a esta actividad, tales como el trasvase y la distribución. De igual forma, el análisis de ese mismo capítulo permite concluir que el producto a ser considerado para el análisis correspondiente es el conjunto de las gasolinas de cualquier octanaje y el diésel. Como se refirió en el capítulo 3, los clientes de los almacenistas demandan un conjunto de productos y no productos de manera individual, por lo que los almacenistas enfrentan una demanda por sus servicios en donde deben contemplar capacidad para conjuntos de productos.

En el capítulo 4 se describió la regulación aplicable a este mercado. Este análisis permitió identificar que, en general, no existen condiciones regulatorias que ofrezcan alguna ventaja a un participante en particular. Al contrario, dado que las condiciones iniciales de este mercado eran las de un monopolio, la regulación asimétrica buscó igualar las condiciones para que nuevos agentes ingresaran al mercado, sin que se identificara alguna disposición particular que tuviera algún efecto sobre el agente incumbente en materia de competencia. Por otra parte, en ese mismo capítulo se hizo evidente que la regulación tarifaria no permite utilizar técnicas de definición de mercado relevante basadas en precios, ya que las tarifas resultan no comparables o del todo ausentes.

El método seleccionado en la presente investigación para definir mercados relevantes es el ensamble de *clusters*. En términos generales, el ensamble de *clusters* consiste en realizar particiones adecuadas a un conjunto de datos para posteriormente tratar de llegar a un consenso respecto a la clasificación que cada una de ellas sugiere. Según se refiere a continuación, a fin de aprovechar las ventajas del ensamble de *clusters*, para cada categoría de la Tabla 5.1, es necesario introducir variación entre los elementos que conforman el ensamble. En esta investigación se consideraron las siguientes técnicas para incrementar la diversidad entre los *clusterers*: muestreo de características, variación de inicializaciones, variación de parámetros y variación de algoritmos. La variación específica para los elementos del ensamble se describirá más adelante.

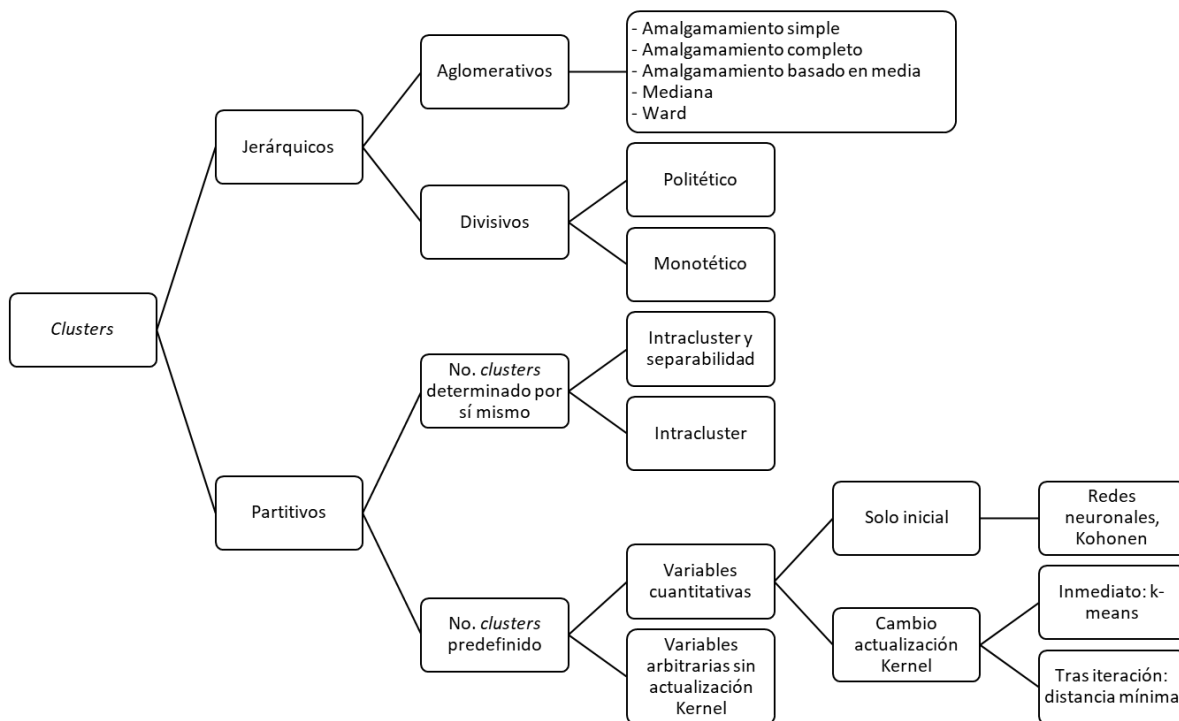
5.2.2 Clusters

El análisis de *clusters* es una metodología ampliamente utilizada para la clasificación de objetos en grupos. Durante el presente siglo, su uso se ha ido extendiendo por muchos campos del conocimiento humano, incluyendo la biología,

la taxonomía, la medicina, la genética, la informática y la inteligencia artificial, entre otros. En economía —especialmente en materia de competencia económica—, ha sido aprovechado para determinar mercados relevantes.

El *clustering*, como también se le conoce al análisis de *clusters*, consiste en partir un conjunto de datos en subconjuntos, tal que los miembros de cada subconjunto sean similares entre sí, pero diferentes a los objetos que han sido agrupados en otros subconjuntos. Existe una amplia gama de métodos de *clustering*; en general, los hay de dos tipos: los jerárquicos y los particionados.²⁹ Grabmeier y Rudolph (2002) esquematizaron de la siguiente manera los métodos de *clustering*:

Ilustración 5.1. Tipos de *clustering*.



Fuente: elaboración propia basada en Grabmeier y Rudolph (2002).

Es relevante señalar que la elección de los diversos tipos de métodos de *clusters* depende en gran medida de la naturaleza de los datos y de la finalidad del análisis. En general, las variables a ser analizadas se clasifican en categóricas, binarias, ordinales y numéricas. Las variables categóricas se refieren a aquellas que reflejan una clasificación o una categoría, como podría ser el estado civil, el país, el color, etcétera. Las variables binarias son aquellas que únicamente toman el valor de cero

²⁹ Existen otros dos tipos de *clustering*: los métodos basados en densidad y los modelos basados en cuadrículas. Ambos, sin embargo, son utilizados para el análisis de *big data* y reconocimiento de imágenes, por lo que no resultan útiles en un análisis como el que se pretende.

o uno y se dividen en binarias simétricas y asimétricas. Las variables binarias simétricas son en las que no hay una preferencia entre las dos categorías, en tanto que las binarias no simétricas sí indican una diferencia en importancia. Un ejemplo de las primeras puede ser el género, en donde resulta indistinto para el análisis asignar al masculino el uno o el cero; un ejemplo de las segundas es la presencia o ausencia de un gen o una enfermedad. Las variables ordinales indican cierta ordenación o progresividad, como podrían ser los tamaños de una bebida. Finalmente, las variables numéricas se refieren a las que pueden tomar valores en los reales (Han, Kamber y Pei, 2012).

5.2.2.1 Distancias y similitud

A fin de poder utilizar los métodos de *clustering* es útil construir, a partir de los datos correspondientes a las variables que caracterizan a las unidades de estudio, una matriz de similitud. Esta matriz compara los datos de cada elemento vis a vis y resume en un número la semejanza entre cada uno de ellos. Formalmente, una matriz de similitud es un arreglo que contiene las medidas de similitud entre los elementos analizados, es decir:

$$\begin{bmatrix} 1 & & & & & \\ s(2,1) & 1 & & & & \\ s(3,1) & s(3,2) & 1 & & & \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & & \\ s(n,1) & s(n,2) & \dots & \dots & 1 & \end{bmatrix}$$

donde $s(x,y)$ es la medida de similitud entre los elementos x y y . Esta matriz se caracteriza por ser simétrica, lo que indica que x es similar a y tanto como y es similar a x , así como por tener unos en su diagonal principal, dado que la similitud de cada elemento respecto de sí mismo es la máxima posible.

En ocasiones, resulta más sencillo utilizar una medida de disimilitud, la cual se define como:

$$d(x, y) = 1 - s(x, y)$$

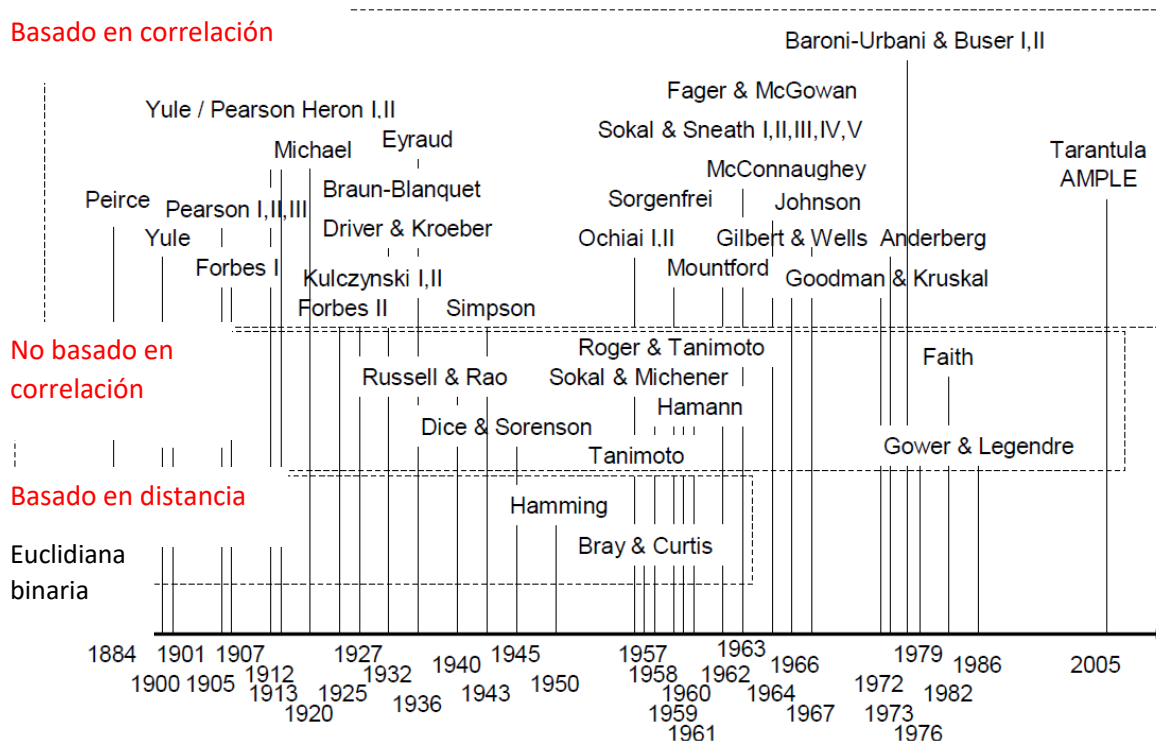
La interpretación de la medida de disimilitud es exactamente la opuesta a la de similitud, por lo que la matriz correspondiente contendrá ceros en su diagonal principal, lo que indica que existe nula diferencia entre un elemento y sí mismo (Han, Kamber y Pei, 2012). No debe pasarse desapercibida, sin embargo, la teoría de Tversky acerca de la percepción de similitud y disimilitud (Donthu y Cherian, 1993).

Las medidas de similitud y disimilitud dependen del tipo de datos con los que se describan las características de las unidades de análisis. Los tipos de variables pueden ser: cuantitativas, categóricas, ordinales y de frecuencias. A continuación se refieren algunos de los aspectos más relevantes para dos tipos de variables, las

binarias (categóricas) y las numéricas, toda vez que las variables que se utilizarán en el modelo propuesto son alguno de estos dos tipos.

Un tipo especial de las variables categóricas es el de las variables binarias, las cuales pueden adquirir únicamente dos valores. Se han propuesto casi un centenar de medidas de similitud para variables binarias. En un *survey* realizado por Choi, Cha y Tappert (2010) —extensamente citado en la literatura especializada—, se refieren 76 medidas de similitud para este tipo de variables, algunas de las cuales se esquematizaron de la siguiente manera:

Ilustración 5.2. Medidas de similitud.



Fuente: Choi, Cha y Tappert (2010).

Hartono et al. (2016) muestran 79 distintas medidas de similitud para variables binarias y las agrupa en *clusters* de acuerdo con la similitud de sus resultados. La fórmula general de las medidas de similitud para las variables binarias se encuentra dada por la siguiente expresión (Grabmeier y Rudolph, 2002):

$$s(x, y) = \frac{\alpha_{11}a_{11}(x, y) + \alpha_{00}a_{00}(x, y)}{\beta_{11}a_{11}(x, y) + \beta_{00}a_{00}(x, y) + \beta_{01}a_{01}(x, y) + \beta_{10}a_{10}(x, y)}$$

Donde α y β son ponderadores de las relaciones de similitud que existen entre dos elementos x y y , las cuales se obtienen de acuerdo con la siguiente tabla de contingencia:

	$y = 1$	$y = 0$
$x = 1$	a_{11}	a_{10}
$x = 0$	a_{01}	a_{00}
Total	M	N

Formalmente, una medida de similitud es una función $\chi \times \chi \rightarrow R$, donde $\chi \in R$ (Lesot y Rifqi, 2009), la cual satisface las siguientes propiedades (Naish, 2016):

1. Positividad:

$$\forall x, y \in \chi, s(x, y) \geq 0$$

2. Simetría:

$$\forall x, y \in \chi, s(x, y) = s(y, x)$$

3. Maximalidad:

$$\forall x, y \in \chi, s(x, x) \geq s(x, y)$$

4. Escalabilidad:

$$s_N^M(a_{11}, a_{10}) = s_{kN}^{cM}(ca_{11}, ka_{10})$$

donde s y t son enteros positivos.

5. Nula invarianza:

$$s_N^M(a_{11}, a_{10}) = s_{N+h}^M(ca_{11}, a_{10} + h)$$

6. Monotonicidad:

$$C(a_{11}, a_{11}') = C(s_N^M(a_{11}, a_{10}), s_N^M(a_{11}', a_{10}))$$

$$C(a_{10}, a_{10}') = -C(s_N^M(a_{11}, a_{10}), s_N^M(a_{11}, a_{10}'))$$

Si bien en algunos casos estas medidas de similitud pueden llegar a indeterminarse, la naturaleza de los datos de esta investigación impide que esta situación ocurra. Esto se debe a que la indeterminación ocurre cuando $a_{11} = a_{10} = a_{01} = 0$.

Una cuestión relevante en el uso de medidas de similitud para variables binarias consiste en elegir si cada uno de los casos de la tabla de contingencia debe ser ponderado de la misma manera. Esto es, de acuerdo con los fines de la investigación y a los datos que se utilicen, es posible que se tenga un modelo más preciso si se pondera más, por ejemplo, los casos donde hay coincidencia (a_{11}) que donde ni x ni y presentan dicha característica (a_{00}). En general, este es el caso de variables binarias no simétricas, pues se considera de muy alta importancia los casos de coincidencia y de nula relevancia los casos en donde ninguno de los dos objetos exhibe cierta característica (Cha, Yoon y Tappert, 2005). En tal virtud, para

este tipo de variables, $a_{00} = \beta_{00} = 0$, a fin de que los casos a_{00} no tengan relevancia en la estimación de la medida de similitud.

Por otra parte, las funciones de distancia de las variables numéricas se basan en la distancia Minkowski:

$$d(x, y) = \left[\sum_{i=1}^n |x_i - y_i|^p \right]^{\frac{1}{p}}$$

para $p \geq 1$. Las distancias más comúnmente utilizadas son la Manhattan ($p = 1$) y la euclidiana ($p = 2$).

A fin de corregir las distancias basadas en Minkowski, puede utilizarse la distancia Mahalanobis:

$$d(x, y) = \sqrt{(x - y)^T C^{-1} (x - y)}$$

donde C es la matriz diagonal de desviaciones estándar. La distancia Mahalanobis permite tomar en cuenta la correlación que pudiera existir entre las variables numéricas y es utilizada en los casos en que dichas variables se encuentran en unidades muy disímiles (Zhang, Zhou y Feng, 2014).

Finalmente, en ocasiones se requiere hacer uso de al menos dos tipos de variables (por ejemplo, hacer un *cluster* considerando tanto una variable binaria como otra numérica). En estos casos es necesario llevar a cabo algún método que permita agruparlos para obtener una matriz de similitud única, a fin de poder llevar a cabo el análisis de *clustering* correspondiente. Uno de los primeros métodos para llevar a cabo esta tarea —pero que continúa siendo el de mayor uso, gracias a diversos refinamientos que se han realizado— fue propuesto por Gower (1971), el cual puede resumirse en la siguiente expresión:

$$s(x, y) = \frac{\sum_{t=1}^p \delta_{ijt} d_{ijt}}{\sum_{t=1}^p \delta_{ijt}}$$

donde los valores de δ y s están dados por las siguientes condiciones (D’Orazio, 2021):

Tipo de variable	S_{ijt}	δ_{ijt}
Binaria asimétrica	1 si $x_{it} = x_{jt} = 1$ 0 en otro caso 0 si x_{it} o x_{jt} o ambos no existen	1 si ninguna de las variables falta 0 si $x_{it} = x_{jt} = 0$ 0 si x_{it} o x_{jt} o ambos no existen
Numérica	$1 - \frac{ x_{it} - x_{jt} }{\max(x_t) - \min(x_t)}$ 0 si x_{it} o x_{jt} o ambos no existen	1 si ninguna de las variables falta 0 si x_{it} o x_{jt} o ambos no existen

También se han propuesto otras aproximaciones. Por ejemplo, las variables numéricas pueden transformarse en variables binarias (Arevalo et al., 2020); si el rango que pueden tomar dichas variables es muy amplio, pueden incluirse rangos como variables binarias. Sin embargo, esta técnica desaprovecha una parte de la información que podría resultar útil, además de que los rangos seleccionados pueden llegar a ser arbitrarios.

Por su parte, Romesburg sugiere dividir las P variables en K conjuntos con la misma escala y computar una matriz de similitud para cada escala. Tras estandarizar estos datos, las matrices se combinan en una sola, dada por la siguiente expresión:

$$R = w_1R_1 + w_2R_2 + \dots + w_kR_k = \sum_{m=1}^k w_mR_m$$

donde R_m es la *resemble matrix* del m -ésimo conjunto de variables y w_m es el ponderador correspondiente (Hajnal y Loosveldt, 1998).

Otra solución consiste en realizar un ensamble de *clusters*. Esta técnica, que es la que será utilizada en esta investigación, será caracterizada más adelante.

5.2.2.2 Clusters jerárquicos

Los métodos jerárquicos se clasifican en aglomerativos y disociativos. Los primeros parten de analizar cada elemento como un grupo ($k=n$) para posteriormente ir fusionando grupos hasta que quede uno solo que incluya a todos los elementos. Los *clusters* disociativos realizan la operación inversa, es decir, comienzan incluyendo a todos los elementos en un solo grupo para posteriormente, conforme cada elemento se diferencia de los demás, realizar agrupaciones cada vez más pequeñas hasta que el número de elementos es igual al de *clusters*.

En ambos tipos de *clusters* jerárquicos, para todo subconjunto resultante de una partición, debe cumplirse alguna de estas dos condiciones: i) un subconjunto contiene enteramente al otro; o ii) los subconjuntos son completamente disjuntos. Formalmente: sea X el conjunto de datos, el cual se parte en Q conjuntos $\{H_1, \dots, H_Q\}$; si los subconjuntos C_i y C_j satisfacen que $C_i \in H_m$, $C_j \in H_l$ y $m > l$, entonces $C_i \subset C_j$ o $C_i \cap C_j = \emptyset \forall i \neq j, m, l = 1, \dots, Q$ (Akman et al., 2019).

Es importante considerar que, a pesar de su similitud, los resultados obtenidos por cada método de *clustering* pueden ser muy diferentes (Kaufman y Rousseeuw, 1990). Asimismo, se debe tener en cuenta que este método se caracteriza por que, en el caso de los aglomerativos, una vez que se han agrupado dos elementos, ya no es posible desagruparlos. En el caso de los disociativos, una vez que el algoritmo ha dividido a un grupo, no es posible agrupar nuevamente a los elementos que fueron separados.

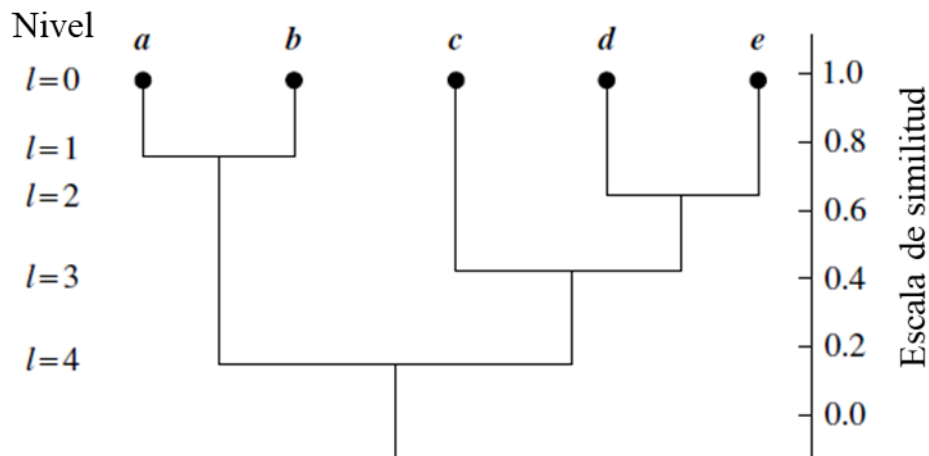
Por otra parte, debe considerarse que los cálculos de los *clusters* disociativos son computacionalmente complejos, por lo que resultan poco prácticos de utilizar.

El algoritmo utilizado para realizar *clusters* aglomerativos es el siguiente (Hexmoor, 2015):

1. Computar la matriz de distancia entre cada elemento.
2. Sea cada elemento un *cluster*.
3. **Repetir**
 - a. Conjuntar los dos *clusters* más similares.
 - b. Actualizar la matriz de distancia.
4. **Hasta** que solo quede un *cluster*.

Los *clusters* jerárquicos suelen representarse en estructuras en forma de árbol conocidas como dendogramas. Los dendogramas ilustran el proceso de agrupación o disociación que realizan los *clusters* jerárquicos. En ellos es posible también advertir el grado de similitud que poseen dos elementos o dos *clusters* mediante el eje vertical. En la siguiente imagen (Han, Kamber y Pei, 2012) se observa un dendograma; en él, se advierte que los elementos *d* y *e* son agrupados en un *cluster* a partir de un valor en la escala de similitud de 0.65 y que este nuevo *cluster*, a su vez, se agrupa con el objeto *c* al llegar a una similitud de 0.4.

Ilustración 5.3. Ejemplo de dendograma.



La primera agrupación se encuentra determinada por la definición de distancia que se haya utilizado. Una vez que se ha realizado la primera agrupación, surge la dificultad de hallar un elemento que represente a dicha agrupación para realizar su comparación, en términos de similitud, con el resto de los elementos. Así, las subsecuentes agrupaciones no solo se encontrarán definidas por dicha medida de distancia, sino también por el método según el cual se agrupen. Existen varios métodos para realizar la agrupación, sin que alguno de ellos sea considerado

superior al resto. En la siguiente tabla se refieren algunos de los más importantes (Gallardo, 2011; Legendre y Legendre, 2012).

Tabla 5.2. Métodos de agrupación en los *clusters* jerárquicos

Método	Definición	Explicación	Representación
Amalgamiento simple ("single linkage")	$d(C_i, C_j) = \{d(x_l, x_m)\}$ $l = 1, \dots, n_i$ $m = 1, \dots, n_j$	Se considera la distancia mínima entre los elementos de cada <i>cluster</i> . Tiende a formar <i>clusters</i> grandes.	
Amalgamiento completo ("complete linkage")	$d(C_i, C_j) = \{d(x_l, x_m)\}$ $l = 1, \dots, n_i$ $m = 1, \dots, n_j$	Se considera la distancia máxima entre los elementos de cada <i>cluster</i> . Produce <i>clusters</i> esféricos y tendientes a ser pequeños.	
Media aritmética no ponderada ("unweighted arithmetic average")	$d(C_i, C_j) = \frac{d(C_{i1}, C_j) + d(C_{i2}, C_j)}{2}$ $C_{i1}, C_{i2} \in C_i$	Se considera la media de las distancias entre cada elemento de los <i>clusters</i> a unir. Sufre menos afectaciones por datos <i>outliers</i> .	
Media aritmética ponderada ("weighted arithmetic average")	$d(C_i, C_j) = \frac{n_{i1}d(C_{i1}, C_j) + n_{i2}d(C_{i2}, C_j)}{n_{i1} + n_{i2}}$ <p>n_{i1} y n_{i2} son, correspondientemente, las cardinalidades de C_{i1} y C_{i2}.</p>	Se considera la media ponderada de las distancias entre cada elemento de los <i>clusters</i> a unir, considerando la cardinalidad de cada <i>cluster</i> . Sufre menos afectaciones por datos <i>outliers</i> .	
Centroide no ponderado ("unweighted centroid")	$d(C_j, C_i) = \frac{n_{i1}}{n_{i1} + n_{i2}} d(C_{i1}, C_j)$ $+ \frac{n_{i2}}{n_{i1} + n_{i2}} d(C_{i2}, C_j)$ $- \frac{n_{i1}n_{i2}}{(n_{i1} + n_{i2})^2} d(C_{i1}, C_2)$	Se considera la distancia entre los centroides de cada <i>cluster</i> , los cuales son los vectores de medias de los elementos que conforman cada <i>cluster</i> .	
Centroide ponderado (también conocido como mediana o "weighted centroid")	$d(C_i, C_j) = \frac{1}{2} [d(C_{i1}, C_j) + d(C_{i2}, C_j)]$ $- \frac{1}{4} d(C_{i1}, C_{i2})$	Se procede como el centroide no ponderado, pero se otorga un mismo peso a dos <i>clusters</i> que se fusionarán, independientemente del número de	

Fuente: elaboración propia.

A los métodos anteriores hay que añadir el método de Ward, el cual por razones expositivas no fue incluido en la tabla precedente. Bajo este método, se agrupan los dos *clusters* para los cuales se incrementa menos la suma de los cuadrados de las diferencias entre cada elemento y su centroide correspondiente. Formalmente se expresa de la siguiente manera (Gallardo, 2011):

Sean:

- x_{ij}^k el valor de la j -ésima variable sobre el i -ésimo individuo del k -ésimo *cluster*, donde dicho *cluster* posee n_k individuos;
- m^k el centroide del *cluster* k ;
- E_k la suma de cuadrados de los errores del *cluster* k , es decir:

$$E_k = \sum_{i=1}^{n_k} \sum_{j=1}^n (x_{ij}^k - m_j^k)^2$$

- E la suma de cuadrados de los errores para los h *clusters*, es decir:

$$E = \sum_{k=1}^h E_k$$

Si se agrupan los *clusters* C_p y C_q en un nuevo *cluster* C_t , el incremento de la suma de cuadrados de los errores será:

$$\Delta E_{pq} = E_t - E_p - E_q = \frac{n_p n_q}{n_t} \sum_{j=1}^n (m_j^p - m_j^q)^2$$

5.2.2.3 Clusters *partitivos*

Los *clusters* *partitivos* clasifican los datos en k grupos y respetan dos condiciones: a) cada *cluster* debe contener al menos un elemento, y b) cada elemento debe pertenecer exactamente a un *cluster*. Este método encuentra *clusters* que son mutuamente excluyentes y que poseen una forma esférica, se basan en la definición de distancia que haya sido predefinida y es efectivo para los conjuntos de datos de tamaño pequeño y mediano (Han, Kamber y Pei, 2012).

Dos métodos que forman parte de este tipo de *clustering* son los denominados *k-means* y *k-medoids*. Ambos tipos son los más empleados de este tipo de *clustering* y serán utilizados para los cálculos de esta investigación. A continuación se caracterizan dichos métodos.

k-means

El algoritmo de *k-means* se basa en agrupar a los elementos utilizando una distancia predefinida entre cada par de ellos para realizar k particiones y busca minimizar la varianza intracluster general (Wittek, 2014). Para utilizar este método, se requiere que se defina de manera previa un número k de *clusters*. A continuación, se eligen aleatoriamente k individuos del conjunto de datos y se mide la distancia de cada elemento del conjunto de datos a los k individuos aleatoriamente seleccionados. Cada elemento se agrupa con el elemento k con quien posea una distancia menor. Posteriormente, se computa el centroide de cada *cluster* y el proceso se repite hasta que no hay cambios en los centroides.

A continuación se presenta el algoritmo correspondiente (Pang, Steinbach y Kumar, 2005):

1. Seleccionar k puntos arbitrarios como centroides iniciales.
2. **Repetir**
 - a. Formar k *clusters* asignando cada punto a su centroide más cercano.
 - b. Volver a computar el centroide para cada *cluster*.
3. **Hasta** que los centroides no cambien.

Aunque se trata de uno de los métodos más utilizados para realizar agrupaciones, *k-means* presenta algunas dificultades (Han, Kamber y Pei, 2012). Una de ellas es que no garantiza su convergencia a un óptimo global y frecuentemente brinda resultados que son óptimos locales. Asimismo, los resultados dependen de la selección aleatoria inicial que se haga de los centros de los *clusters*, por lo que muchas veces es conveniente correr el algoritmo varias veces y variar dicha selección aleatoria inicial. Finalmente, otra de las desventajas que presenta este método es que es altamente sensible a datos *outliers*.

k-medoids

El método de *k-medoids* es muy similar a *k-means*; sin embargo, en lugar de generar un centroide como punto representativo de un *cluster* y sobre el cual se calcularán las distancias, en este otro método se usa un *medoid*, el cual es un objeto asignado a un *cluster* específico que posee la disimilitud promedio más baja entre él y los demás objetos en dicho *cluster* (García y de Sevilha, 2021). Por tanto, *k-medoids* es menos sensible a los datos *outliers*.

Una realización de *k-medoid* muy utilizada es la partición alrededor de *medoids*, conocida como PAM por sus siglas en inglés. Al igual que en el caso de *k-means*, esta consiste en seleccionar k elementos de manera aleatoria, calcular las distancias entre cada elemento y los k elementos representativos de cada *cluster* y agruparlos con el que mantenga una menor distancia. Se considera, posteriormente, reemplazar uno de los objetos representativos por cualquier otro elemento (no representativo). A continuación se calcula el cambio en la función de

costos, la cual está dada por la suma de las distancias entre el objeto representativo y el resto de los elementos. Si el resultado de la función de costos es más alto que el inicial, se toma en cuenta ahora este segundo elemento como el objeto representativo del *cluster*.

El algoritmo correspondiente es el siguiente (Han, Kamber y Pei, 2012):

1. Seleccionar k puntos arbitrarios como los objetos representativos.
2. **Repetir**
 - a. Asignar el resto de los elementos al objeto representativo más próximo.
 - b. Aleatoriamente elegir un objeto no representativo, o_n .
 - c. Calcular el costo total, S , de cambiar el objeto representativo, o_r , por o_n .
 - d. Si $S < 0$, entonces cambiar o_r por o_n para formar un nuevo conjunto de k objetos representativos.
3. **Hasta** que no haya cambios cambien.

5.2.2.4 Validación y número óptimo de clusters

La validación de *clusters* se refiere a la evaluación de la calidad de los resultados obtenidos por alguna de las técnicas de *clustering*, a fin de conocer qué tan buenos son. Existen tres tipos de medidas de validación de *clusters* (Akman et al., 2019):

- Validación interna de *clusters* (no supervisada): usa la información propia de los datos utilizados, es decir, la información interna. A su vez, este tipo de validación se divide en dos tipos: medidas de cohesión de *clusters* (que determinan qué tan cercanamente relacionados están los objetos dentro de un mismo *cluster*) y las medidas de separación de *clusters* (que determinan qué tan bien separados están los *clusters*). Existe una amplia variedad de métodos de validación interna; algunos de los más relevantes se indican en la Tabla 5.3 (Desgraupes, 2017). Una buena parte de estos métodos se basan en los conceptos de dispersión intragrupal y dispersión intergrupala. En general estas medidas corresponden a lo siguiente. Sea $V_j^{\{k\}}$ el vector columna de la matriz de datos X que representa una muestra de tamaño n_k de la j -ésima variable. $Z^{\{k\}}$ es la matriz formada por los vectores centrados $v_j^{\{k\}} = V_j^{\{k\}} - \mu_j^{\{k\}}$. La matriz de dispersión intragrupal se definiría como:

$$WG^{\{k\}} = Z^{\{k\}T} Z^{\{k\}}$$

La dispersión intracluster estaría dada por:

$$WGSS^{\{k\}} = Tr(WG^{\{k\}}) = \sum_{i \in I_k} \|M_i^{\{k\}} - G^{\{k\}}\|^2$$

Donde $G^{\{k\}}$ representa el baricentro del *cluster* k . La suma de cuadrados intracluster agrupada sería:

$$WGSS = \sum_{k=0}^K WGSS^{\{k\}}$$

Por otra parte, para conocer la dispersión intergrupala, se mide la distancia entre los baricentros de los k *clusters* y el baricentro de todo el conjunto de datos:

$$BGSS = \sum_{k=1}^K n_k ||G^{\{k\}} - G||^2$$

Tabla 5.3. Métodos de validación interna de *clusters*.³⁰

Ball-Hall	G_plus	Scott-Symons
Banfeld-Raftery	Ksq_DetW	Índice SD
Índice C	Log_Det_Ratio	S_Dbw
Calinski-Harabasz	Log_SS_Ratio	Silhouette
Davies-Bouldin	McClain-Rao	Tau
Det_Ratio	PBM	Trace_W
Dunn	Poin-Biserial	Trace_WiB
Baker-Hubert Gamma	Ratkwoy-Lance	Wemmer-Gançarski
GDI	Ray-Turi	Xie-Beni
Duda	Pseudot2	Beale
Índice CCC	Frey	Hartigan
Marriot	Friedman	Rubin
Índice KL	Índice gap	Índice D

Fuente: Desgraupes, 2017; Charrad et al., 2014.

- Validación externa de *clusters* (supervisada): mide hasta qué punto la estructura de *clusters* hallada es similar a cierta estructura externa conocida, es decir, ajena a los datos utilizados en el *clustering*. Puede entenderse también este tipo de validación como la comparación entre dos particiones de un mismo conjunto de datos.

Al igual que la validación interna, existen varios métodos para medir este tipo de validación (ver Tabla 5.4). Muchos de estos métodos se basan en la matriz de confusión, la cual representa el conteo de pares de puntos dependiendo de si pertenecen o no al mismo *cluster* de acuerdo con las particiones P_1 y P_2 . De esta manera, se obtienen cuatro posibilidades:

- Dos puntos pertenecen al mismo *cluster* de acuerdo con P_1 y P_2 .

³⁰ Las fórmulas correspondientes a estos índices requieren la definición de varios conceptos. Ya que la presente investigación utilizará estos métodos únicamente como herramienta y no como fin, se sugiere al lector interesado acudir a las fuentes citadas para conocer la descripción detallada de la composición de las fórmulas.

- Dos puntos pertenecen al mismo *cluster* de acuerdo con P_1 pero no de acuerdo con P_2 .
- Dos puntos pertenecen al mismo *cluster* de acuerdo con P_2 pero no de acuerdo con P_1 .
- Dos puntos no pertenecen al mismo *cluster* de acuerdo con P_1 y P_2 .

Tabla 5.4. Métodos de validación externa de *clusters*.³¹

Czekanowski-Dice	Kulczynski	Rand
Folkes-Mallows	McNemar	Rogers-Tanimoto
Hubert \hat{F}	Phi	Russel-Rao
Jaccard	Sokal-Sneath	

Fuente: Desgraupes, 2017.

- Validación relativa de *clusters*: compara los resultados de diferentes técnicas de *clustering*. Bajo esta aproximación, se requiere elegir el mejor esquema de *clustering* de un conjunto de esquemas definidos de acuerdo con un criterio preespecificado (Halkidi, Batistakis, Vazirgiannis, 2001).

5.2.2.5 Ensamble de clusters

En 2002, Strehl y Ghosh propusieron una nueva técnica en el desarrollo de los modelos de *clustering*, el cual fue denominado ensamble de *clusters*. El ensamble de *clusters* es un método que permite aprovechar las particiones realizadas por otras técnicas de *clustering* para, a partir de ellas, realizar una partición final. Esto es, al conjunto de datos se le aplican diversas técnicas de *clustering* para clasificar las observaciones en grupos; estos agrupamientos—denominados *clusterers*— son considerados para conformar una partición que tome en cuenta la información proporcionada por los *clusterers*.

Los resultados del ensamble de *clusters* son más robustos que los de los *clusterers* a partir del cual se forma. Esto se debe a dos razones: i) diferentes técnicas de *clustering* descubren diferentes estructuras, y ii) un mismo algoritmo de *clustering* con diferente configuración de parámetros pueden también revelar distintas estructuras de un mismo conjunto de datos (Boongoen e Iam-On, 2018).

Asimismo, el ensamble de *clusters* posee la ventaja de que puede ser utilizado para realizar agrupaciones a partir de variables de distinta naturaleza. Cuando un conjunto de datos consta de variables numéricas y categóricas (o binarias), es necesario realizar algún tipo de normalización, a fin de que las variables de diferente naturaleza puedan ser comparables entre sí. Esta dificultad no resulta menor. Por

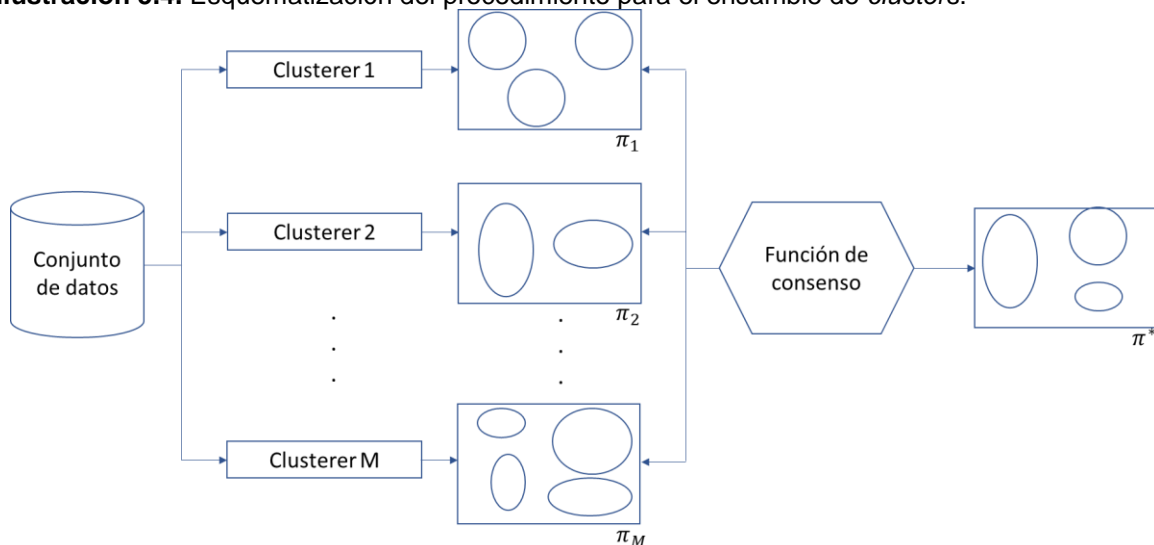
³¹ Las fórmulas correspondientes a estos índices requieren la definición de varios conceptos. Ya que la presente investigación utilizará estos métodos únicamente como herramienta y no como fin, se sugiere al lector interesado acudir a la fuente citada para conocer la descripción detallada de la composición de las fórmulas.

una parte, esta configuración de los datos evita que pueda utilizarse un solo método de *clustering* para todas las variables; por ejemplo, resulta un error aplicar *k-means* a un conjunto de datos con variables binarias (IBM, 2020). Por otra parte, la Normalización de un conjunto de datos es una técnica que, aunque útil, puede conllevar a la pérdida de información esencial para el agrupamiento de datos.

De manera formal, la formulación del problema que intenta resolver el ensamble de *clusters* es la siguiente (Boongoen e lam-On, 2018): sea $X = \{x_1, \dots, x_N\}$ un conjunto de N datos, donde cada $x_i \in X$ es representada por un vector con D atributos, es decir, $x_i = (x_{i,1}, \dots, x_{i,D})$. Sea también $\Pi = (\pi_1, \dots, \pi_M)$ un ensamble de *clusters* con M *clusterers* base, también llamados *clusterers*. Cada *clusterer* produce un conjunto de *clusters* $\pi_g = \{C_1^g, C_2^g, \dots, C_{k_g}^g\}$ tal que $\cup_{t=1}^{k_g} C_t^g = X$, donde k_g es el número de *clusters* en el g -ésimo *clustering*. Para cada $x_i \in X$, $C^g(x_i)$ denota la etiqueta de *cluster* en el g -ésimo *clusterer* al cual el punto x_i pertenece. De esta manera, el problema del ensamble de *clusters* consiste en hallar una nueva partición $\pi^* = C_1^*, \dots, C_K^*$, donde K denota el número de *clusters* en el *clustering* final.

En el siguiente diagrama se esquematiza el procedimiento que se sigue en el ensamble de *clusters*:

Ilustración 5.4. Esquematización del procedimiento para el ensamble de *clusters*.



Fuente: elaboración propia basada en Boongoen e lam-On, 2018.

Se advierte que en el caso de que los *clusterers*, también llamados *clustering* base, sean homogéneos, la partición final poco podrá realizar, ya que existe un consenso generalizado de los *clusterers* que le sirven de insumo. Por ello, resulta esencial para este método que exista cierta heterogeneidad en los resultados de los *clusterers*. La diversidad en los *clusterers* puede obtenerse mediante dos enfoques (Pividori, 2016):

1. Transformando los datos:
 - a. *Muestreo de características*. Se seleccionan subconjuntos de atributos, es decir, se toman algunas variables para conformar cada *cluster*.
 - b. *Muestreo de objetos*. Se selecciona un subconjunto de observaciones con un tamaño menor a n .
 - c. *Proyecciones de datos*. Se realiza una transformación de los datos originales para proyectarse a un nuevo sistema de coordenadas.
2. Modificando los algoritmos y sus parámetros:
 - a. *Variación de inicializaciones*. Se mantiene un mismo algoritmo, pero se busca heterogeneidad al variar los puntos iniciales, también denominados *seeds*.
 - b. *Variación de parámetros*. Se mantiene un mismo algoritmo, pero se modifican los parámetros. Por ejemplo, se pueden modificar la definición de distancia y el número de *clusters*.
 - c. *Variación de algoritmo*. Se varía el algoritmo con que se realizan los agrupamientos, ya que cada método tiene diferentes suposiciones sobre la estructura de los datos.

Existe una amplia gama de métodos para llevar a cabo el ensamble de *clusters*. Algunos autores han realizado un esfuerzo por clasificarlos; sin embargo, sus criterios difieren. Así, Boongoen e Iam-On (2018) identifican cuatro familias de métodos de ensamble de *clusters*. El acercamiento directo es la primera y se caracteriza por utilizar una estrategia de votación. No es posible utilizarlo en todas circunstancias debido a que relaciona las categorías con etiquetas arbitrarias y, en la mayoría de los casos, requiere que el número de *clusters* sea el mismo en cada *cluster*. Una segunda familia, que denominan “acercamiento basado en características”, realiza los agrupamientos utilizando información nominal pero sin buscar una correspondencia entre las etiquetas. El enfoque basado en similitudes por pares concentra el análisis en los pares de puntos del conjunto de datos mediante diversas definiciones de similitud. Finalmente, en el enfoque basado en grafos se construye un grafo ponderado y, posteriormente, se realiza la partición final utilizando técnicas de partición de grafos.

Por su parte, Vega-Pons y Ruiz-Shulcloper (2011) agrupan en dos familias a los algoritmos de solución de ensamble de *clusters*: los basados en la coocurrencia de objetos y los basados en la partición mediana. Dentro de la primera familia se encuentran siete subclases. La primera de ellas la conforman los basados en el reetiquetamiento y votación, los cuales se refieren a los que Boongoen e Iam-On denominan acercamiento directo. La segunda subclase es la basada en matrices de coasociación³², las cuales son una representación de la medida de cuántas veces

³² Los elementos de una matriz de coasociación se obtienen de la siguiente manera:

un objeto comparte la pertenencia al grupo con otro objeto. La tercera subclase la conforman los algoritmos basados en grafos e hipergrafos, la cual se corresponde con el enfoque basado en grafos de Boongoen e Iam-On. La cuarta subclase está formada por los algoritmos de *cluster* adaptables localmente (LAC, por sus siglas en inglés); en ellos, la función de consenso combina particiones obtenidas por algoritmos adaptables localmente y están diseñados para trabajar únicamente con datos numéricos. Los métodos difusos, quinta subclase, a diferencia del resto, dan como resultado particiones en las que no se determina de manera categórica la pertenencia de un objeto a un *cluster*, sino que indica el grado de pertenencia de cada objeto a cada uno de los *clusters*. La sexta subclase se refiere a los métodos basados en la teoría de la información; estos buscan medir la información compartida entre dos particiones. La última subclase la conforma el modelo de mezcla finita, en donde la partición de consenso se obtiene como solución a un problema de estimación de máxima verosimilitud. Por lo que se refiere a la familia de los métodos basados en la partición mediana, Vega-Pons y Ruiz-Shulcloper refieren cuatro subclases. La primera comprende los algoritmos genéticos, en los que se utiliza una población inicial a la que, posteriormente, se le aplican simulaciones de cruces y mutaciones para dar lugar a su descendencia. La segunda subclase se refiere a los métodos de factorización de matriz no negativa (NMF, por sus siglas en inglés), los cuales buscan una solución mediante la conversión de una matriz en un producto de dos matrices no negativas. Los métodos basados en kernel son la tercera subclase; estos poseen la característica de que realizan un paso intermedio para estimar la relevancia de cada partición de manera previa al proceso combinatorio. La cuarta subclase consiste en los métodos basados en la distancia Mirkin: se definen categorías según la pertenencia a un *cluster* entre dos puntos y se mide el número de desacuerdos entre particiones.

Tabla 5.5. Clasificación de métodos de ensamble de *cluster*.

BOONGOEN E IAM-ON	
1. <i>Acercamiento directo</i> a. votación simple b. votación incremental c. búsqueda de correspondencia de etiqueta	2. <i>Enfoque basado en grafos</i> a. agrupación de consenso basada en grafos b. algoritmo de partición de similitud basado en <i>clusters</i> c. combinador basado en vecinos más cercanos
3. <i>Acercamiento basado en características</i> a. consenso de votación iterativa b. modelo de mezcla	

$$CA_{ij} = \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m \delta(P_t(x_i), P_t(x_j))$$

donde $P_t(x_i)$ representa la etiqueta asociada al objeto x_i en la partición P_t y $\delta(a, b) = 1$ si $a = b$.

<ul style="list-style-type: none"> c. agregación de <i>clustering</i> d. información mutua cuadrática e. <i>k-means</i> refinado 	<ul style="list-style-type: none"> d. algoritmo de particionamiento de hipergrafos e. algoritmo de metaclustering f. formulación de grafo bipartito híbrido g. algoritmo de partición de similitud ponderada h. algoritmo de partición bipartito ponderado i. algoritmo de triple similitud conectada j. algoritmo de similitud basado en SimRank k. algoritmo de ensamble de <i>clusters</i> basado en enlaces
<p>4. Enfoque basado en similitudes por pares</p> <ul style="list-style-type: none"> a. modelos de agrupamiento jerárquico aglomerativo b. agrupación jerárquica en aristas normalizados c. agrupación de conjuntos difusos 	
VEGA-PONS Y RUIZ-SHULCLOPER	
<u>I. Basados en la coocurrencia de objetos</u>	<u>II. Basados en la partición mediana</u>
<p>1. Reetiquetamiento y votación</p> <ul style="list-style-type: none"> a. votación-fusión b. votación por pluralidad c. votación para <i>clusterings</i> difusos d. votación para <i>clusters</i> activos e. votación acumulativa 	<p>2. Distancia Mirkin</p> <ul style="list-style-type: none"> a. <i>best-of-k</i> b. <i>simulated annealing one-element move</i> c. <i>best one-element move</i> d. <i>balls</i> e. algoritmo aglomerativo f. algoritmo más lejano g. algoritmo <i>LocalSearch</i> h. <i>CC-Pivot</i> i. <i>CCLP-Pivot</i>
<p>3. Matriz de coasociación</p> <ul style="list-style-type: none"> a. <i>EA Single Link</i> b. <i>EA Complete Link</i> c. similitud basada en tripletas conectadas 	<p>4. NMF</p> <ul style="list-style-type: none"> a. métodos de factorización de matriz no negativa
<p>5. Grafos e hipergrafos</p> <ul style="list-style-type: none"> a. algoritmo de partición de similitud basado en <i>clusters</i> b. algoritmo de partición de hipergrafos c. algoritmo de metacluster d. formulación de grafo bipartito híbrido 	<p>6. Métodos basados en kernel</p> <ul style="list-style-type: none"> a. consenso de partición ponderada vía <i>kernels</i>
<p>7. Teoría de la información</p>	<p>8. Algoritmos genéticos</p>

información mutua cuadrática	algoritmo genético teórico de la información
9. Algoritmos LAC <ul style="list-style-type: none"> a. algoritmo de partición de similitud ponderada b. algoritmo de partición bipartita ponderada 	
10. Métodos difusos <ul style="list-style-type: none"> a. algoritmo suave de partición de similitud basado en <i>clusters</i> b. algoritmo suave de metacluster c. formulación suave de grafo bipartito híbrido 	
11. Mezcla finita <ul style="list-style-type: none"> a. algoritmo de expectación y maximización 	

Fuente: elaboración propia con información de Boongoen e lam-On, 2018, y Vega-Pons y Ruiz-Shulcloper, 2011.

La Tabla 5.6 contiene un resumen de las diferentes técnicas para la determinación del mercado relevante. Según se advierte, la mayoría de los métodos utilizados para dicha determinación tiene como insumo la información correspondiente a precios o a transacciones que efectivamente se realizaron. Como se verá más adelante, dada la disponibilidad de datos relacionada con el mercado de almacenamiento de petrolíferos, no es posible conocer información de precios o transacciones realizadas, así como tampoco de los volúmenes almacenados. De igual manera, algunos otros métodos son unidimensionales, de manera que no permiten el análisis de un servicio con características diferenciadas, como es el del almacenamiento. Esto representa una dificultad mayor para elegir un método que defina correctamente este mercado.

Tabla 5.6 Resumen de los métodos para definición de mercado.

Método	Características
SSNIP test	Enfoque de demanda. Ampliamente utilizado por las agencias de competencia.
Mediante la estimación de elasticidades	Intensivo en datos del comportamiento de la demanda. Utiliza supuestos que podrían ser poco realistas.
Análisis de pérdida crítica	Se requiere conocer la elasticidad precio de la demanda.
FERM	Se basa en los precios observados.
UPP	Se refiere mayormente a las concentraciones entre empresas. Requiere datos de precios, costos y cantidades vendidas.

GUPPI	Se refiere mayormente a las concentraciones entre empresas. Requiere datos de precios, costos y cantidades vendidas.
CMCR	Se refiere mayormente a las concentraciones entre empresas. Requiere datos de precios, costos y cantidades vendidas.
Elzinga-Hogarty	Requiere información específica de transacciones entre oferentes y demandantes.
Métodos basados en el modelo de Hotelling	Basados en supuestos alejados de la realidad. Algunos requieren información de precios. No consideran la diferenciación de productos.
Métodos gravitacionales	Requiere información específica de transacciones entre oferentes y demandantes. Algunos requieren estimar la probabilidad de que un consumidor se desplace de un lugar a otro.
Clusters	Los <i>clusters</i> simples son unidimensionales. Métodos basados en la oferta.

Fuente: elaboración propia.

5.3 Implementación de la metodología

5.3.1 Selección del número de clusters por categoría

Antes de comenzar a agrupar los datos en *clusters*, es relevante llevar a cabo un primer acercamiento en el que se determine, de manera preliminar, el número óptimo de *clusters* para cada categoría. En los *clusters* jerárquicos, esta determinación resulta útil para determinar el valor a partir del cual se realiza el corte que determinará el número de *clusters*. A su vez, en los *clusters* partitivos, se trata de una condición necesaria para llevar a cabo los algoritmos correspondientes. Ya que el ensamble de *clusters* permite que cada partición pueda tener un número distinto de *clusters*, no es necesario para esta técnica determinar un número único de *clusters*.

Para determinar el número óptimo de *clusters* de la primera categoría (formas de entrega y recepción de producto) se utilizaron tres métodos: el método conocido como suma total de cuadrados intracluster (*total within sum of squares, WSS*), el método *silhouette* y el método *gap statistic*.³³

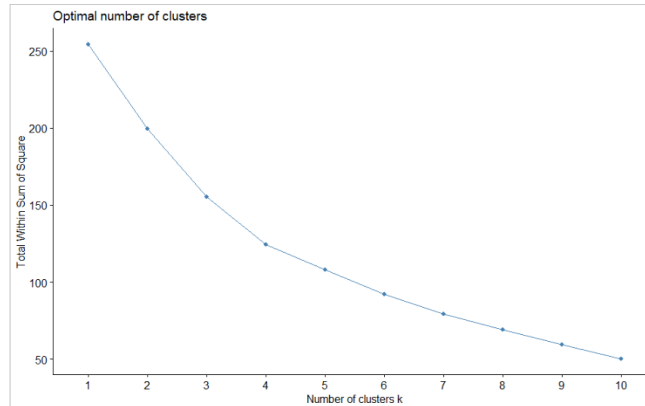
³³ No es objeto de esta investigación realizar una revisión de los métodos para determinar el número óptimo de *clusters*. Se refiere aquí de manera sucinta en qué consisten estas tres pruebas (Tibshirani, Walther y Hastie, 2001; Tan, Steinbach, Karpatne y Kumar, 2019).

WSS

Suma de las distancias al cuadrado entre una observación y el centroide al que pertenece. A mayor número de clusters, menor el WSS. Debe buscarse la última caída en el WSS que sea la más significativa.

Según se aprecia en el panel A de la Gráfica 5.6, en el primer método no queda claro si el número óptimo de *clusters* debe ser 4 o 5, en tanto que los métodos *silhouette* y *gap statistics* (paneles B y C, correspondientemente) sugieren 10 *clusters*. En tal virtud, para las particiones que representen a esta categoría, se utilizarán 4, 5 y 10 *clusters*.

Gráfica 5.6. Pruebas para obtener el número óptimo de *clusters* para la primera categoría.
Panel A



$$WSS = \sum_{i=1}^K \sum_{x \in C_i} \text{dist}(c_i, x)^2$$

con:

x : objeto / observación

c_i : el centroide del *cluster* C_i

K : número de *clusters*

Silhouette

$$\text{silhouette} = \frac{b(i) - a(i)}{\max\{a(i), b(i)\}} \text{ si } |C_i| > 1$$

con:

$$a(i) = \frac{1}{|C_i| - 1} \sum_{j \in C_i, i \neq j} d(i, j)$$

$$b(i) = \min_{k \neq i} \frac{1}{|C_k|} \sum_{j \in C_k} d(i, j)$$

Gap statistic

Se obtiene al realizar el siguiente algoritmo:

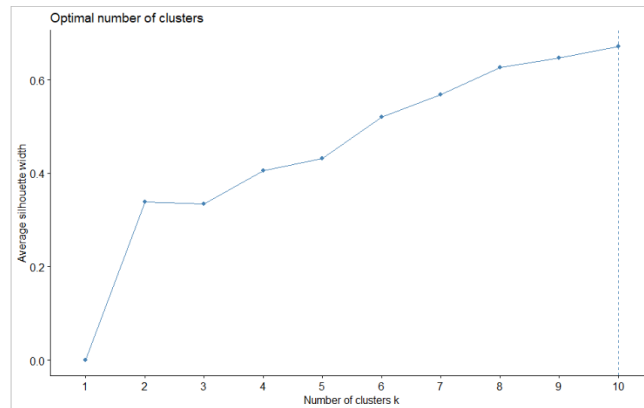
1. Agrupar los datos en *clusters* variando el número de k y computar la variación intracluster W_k .
2. Generar B conjuntos de datos de referencia con una distribución aleatoria uniforme. Agruparlos variando el número de k y computar la variación intracluster W_{kb} .
3. Calcular:

$$\text{gap}(k) = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B \log(W_{kb}^*) - \log(W_k)$$

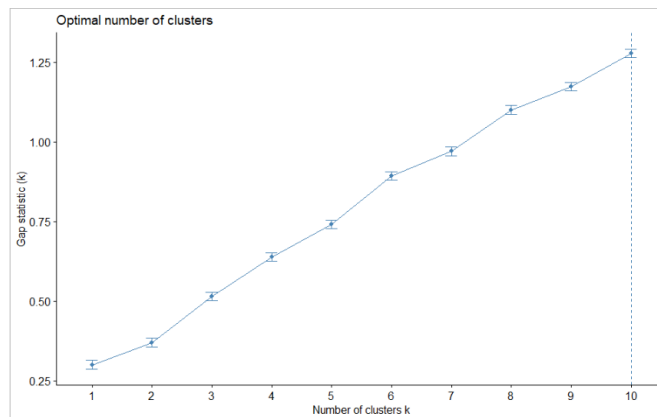
4. Elegir el número de *cluster* como el valor mínimo de k tal que el *gap statistic* se encuentre a una desviación estándar del gap en $k+1$, es decir:

$$\text{gap}(k) \geq \text{gap}(k+1) - s_{k+1}$$

Panel B



Panel C



Fuente: elaboración propia.

Para determinar el número óptimo de *clusters* para la segunda categoría —capacidades de almacenamiento— es posible utilizar más métodos, toda vez que se trata variables numéricas. El paquete NbClust del programa R permite realizar el análisis de más de una veintena de métodos para determinar el número óptimo de *clusters* (Charrad et al., 2014). En la siguiente tabla se muestran los resultados correspondientes a esta categoría:

Tabla 5.7. Pruebas para obtener el número óptimo de *clusters* para la segunda categoría.

Métodos	No. <i>clusters</i>
13 (KL, CH, Hartigan, Scott, Marriot, TrCovW, TraceW, DB, Silhouette, Beale, Ball, PtBiserial, Dunn)	3
4 (Duda, PseudoT2, Ratkowsky, McClain)	2
3	5

(CCC, Frey, SD)	
-----------------	--

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que una gran mayoría de los métodos de determinación de número de *clusters* recomienda agrupar estos datos en tres *clusters*. Dada esta información, para el ensamble de *clusters* se utilizarán tres *clusters* para esta categoría y se obtendrá variabilidad en ellos mediante otras técnicas.

La ubicación estratégica, que representa la tercera categoría, no requiere de un análisis del número apropiado de *clusters*. Esto se debe a que, conforme fue referido en la sección 5.1 Datos, cada observación (terminal de almacenamiento) de esta categoría pertenece a uno, y solo uno, de cuatro grupos: ubicada en el Golfo de México, ubicada en el Pacífico, ubicada en alguna zona metropolitana, no ubicada en ninguna de las tres anteriores. Por tanto, se utilizarán cuatro *clusters* para esta categoría y, al igual que la anterior, se buscará obtener variabilidad mediante otras técnicas.

La cuarta categoría se refiere a la distancia al punto de transporte o suministro más cercano. Para obtener el número óptimo de *clusters* puede seguirse una estrategia similar a la de la segunda categoría, al apoyarse en los métodos de identificación referidos. En este caso, los resultados fueron los siguientes:

Tabla 5.8. Pruebas para obtener el número óptimo de *clusters* para la cuarta categoría.

Métodos	No. <i>clusters</i>
7 (Silhouette, Duda, PseudoT2, Beale, PtBiserial, Frey, McClain)	2
4 (CH, CCC, DB, SD index)	5

Fuente: Elaboración propia.

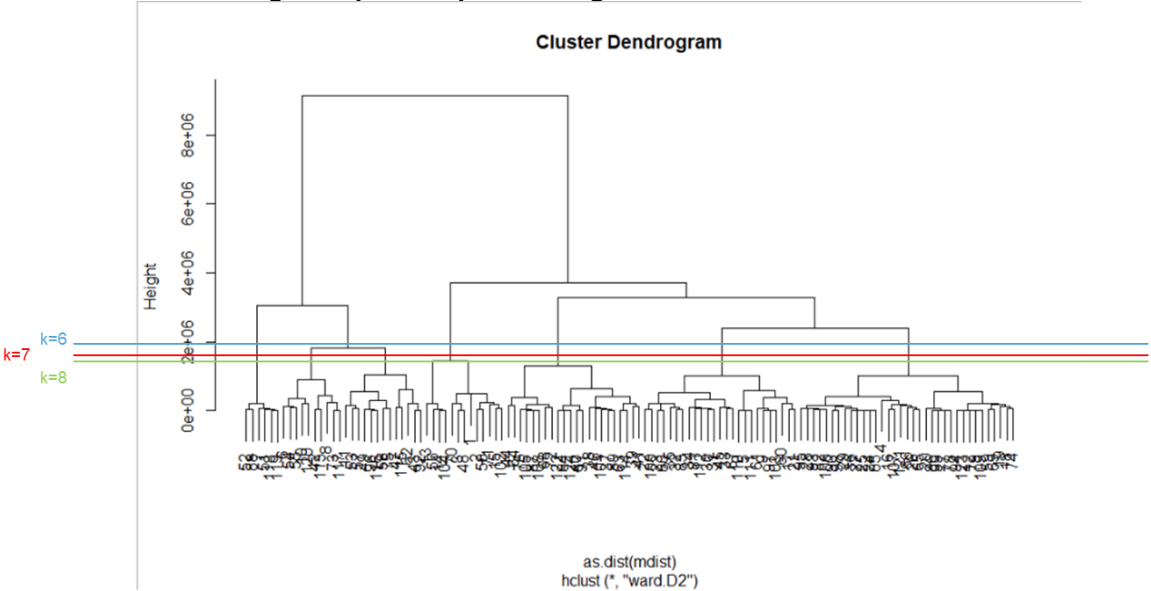
Se advierte que, a diferencia del caso de la segunda categoría, aquí existe menos consenso respecto a cuál debe ser el número óptimo de *clusters* para la cuarta categoría: siete métodos proponen que este número sea dos, en tanto que otros cuatro métodos sugieren que sean cinco *clusters*. Dado que no existe un consenso generalizado, se utilizarán ambos números de *clusters* para la conformación del ensamble.

Un análisis similar puede realizarse para determinar el número óptimo de *clusters* de la quinta categoría, la cual se refiere a la distancia que existe entre cada terminal. Los resultados son los siguientes:

de Energía y la CRE. PEMEX, de manera informal, divide sus terminales por cuestiones geográficas en seis grupos, en tanto que, según fue señalado en la sección 3.1, la Secretaría de Energía utiliza una clasificación en ocho grupos para la Política de Almacenamiento Mínimo.

También es posible utilizar como guía para la determinación del número de *clusters* la visualización del dendrograma correspondiente. Conforme se observa en la Ilustración 5.5, es natural que varios de los métodos hayan sugerido dos *clusters*, debido a la altura de las dos principales ramas; sin embargo, se advierte que un posible corte para determinar seis, siete u ocho *clusters* también es posible y que estos cortes no se encuentran demasiado abajo del dendrograma.

Ilustración 5.5. Dendrograma para la quinta categoría.

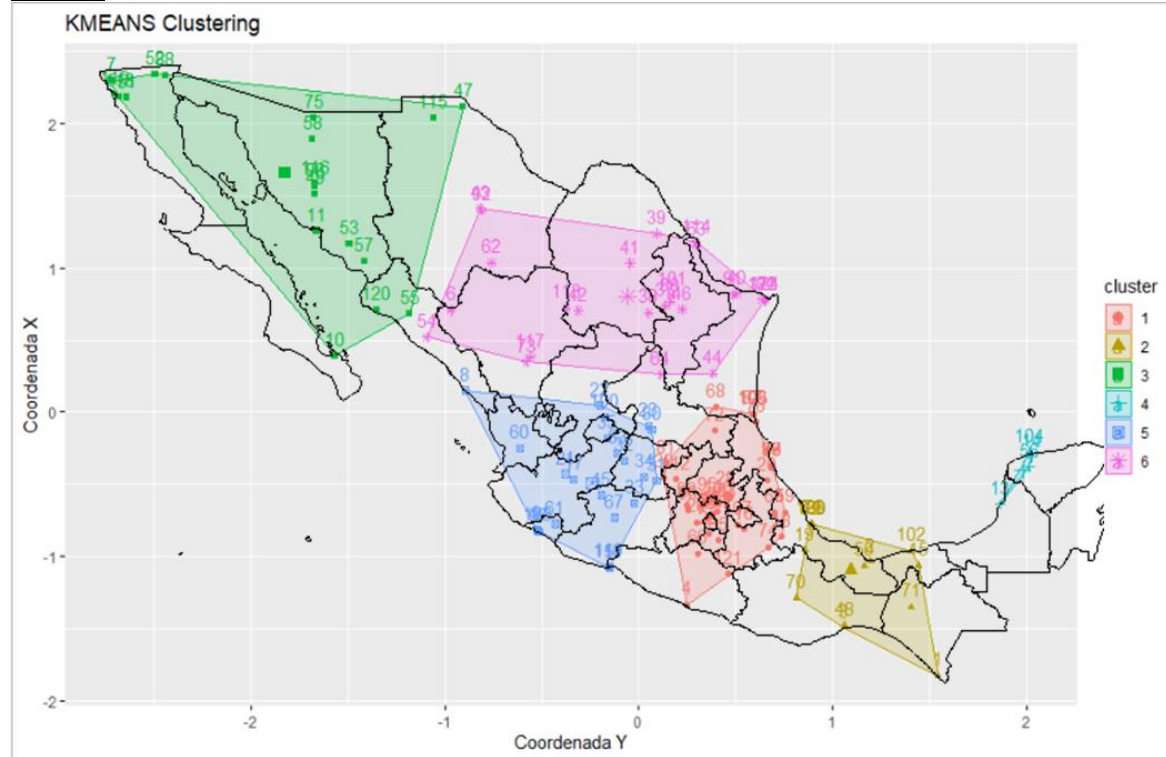


Fuente: Elaboración propia.

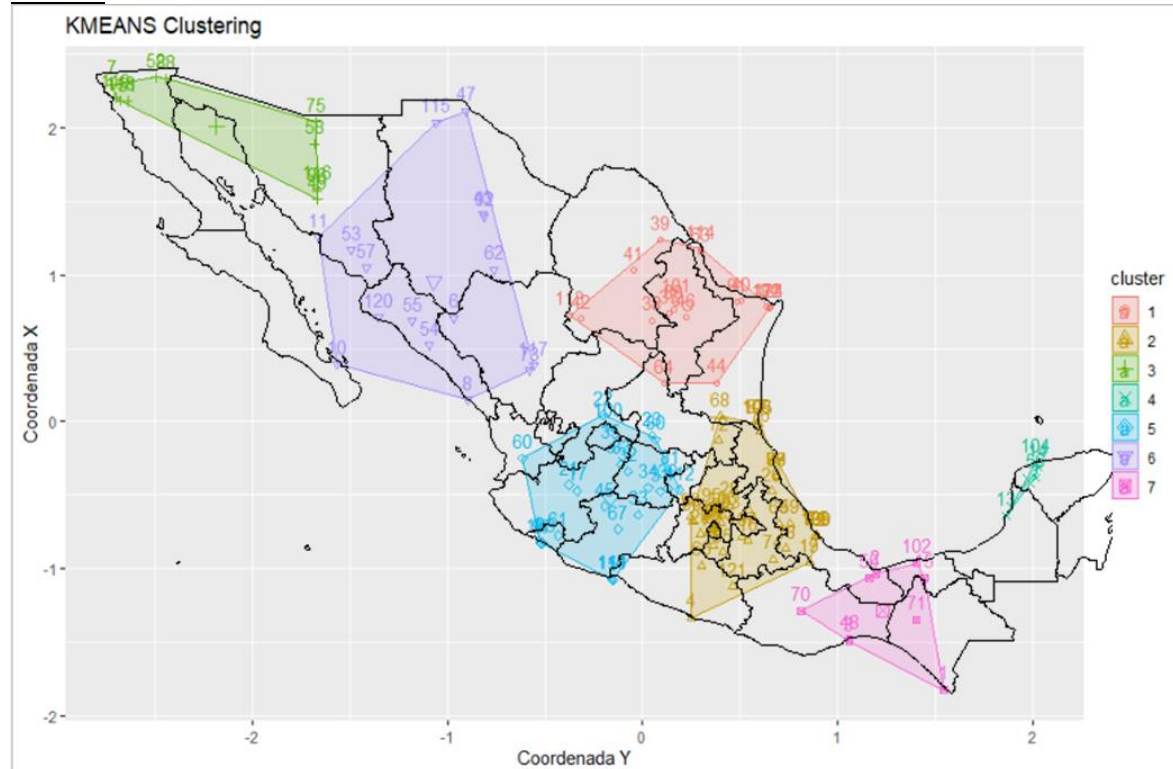
A continuación se muestran las visualizaciones al agrupar en seis, siete y ocho *clusters* la información de las quinta categoría:

Mapa 5.3. Diferente número de *clusters* para la quinta categoría.

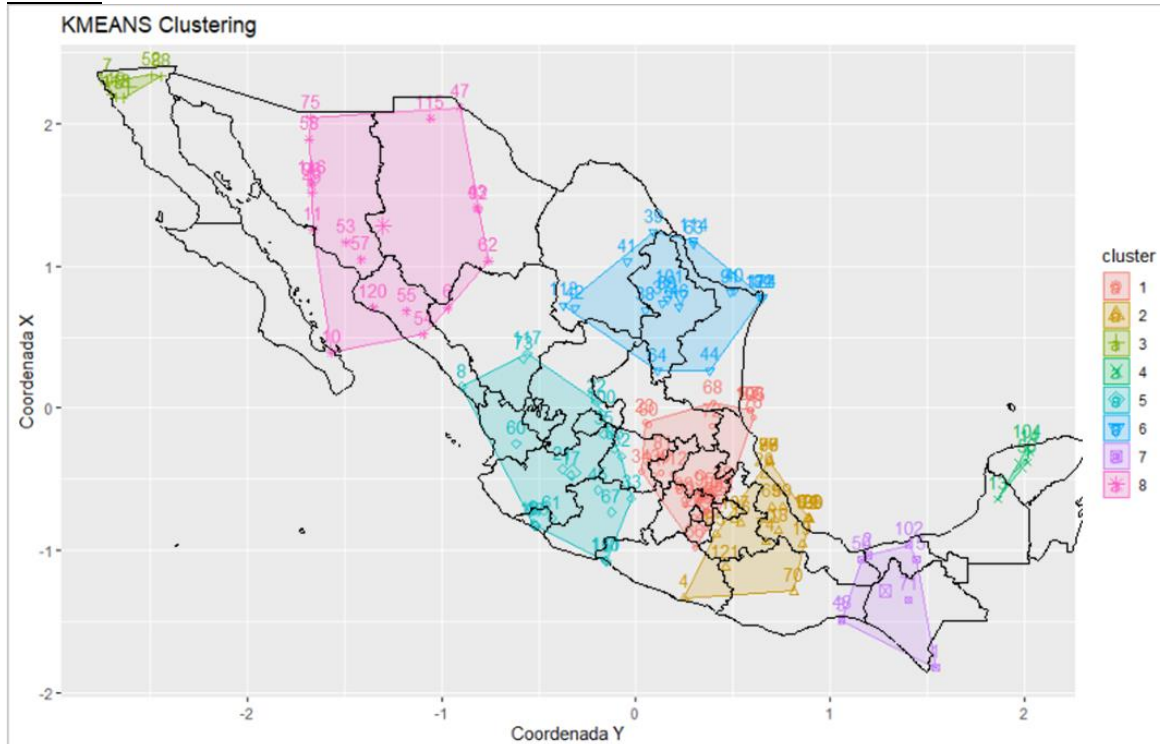
Panel A



Panel B



Panel C



Fuente: Elaboración propia.

Según se aprecia en el Panel A de los mapas anteriores, al dividir en seis *clusters* a las terminales según la quinta categoría, se aprecia cómo se escinde las terminales de la Península de Yucatán, en tanto que las ubicadas en Baja California lo hacen solo hasta que el número de *clusters* aumenta a ocho. A su vez, en la división en siete *clusters* se observa cómo se reducen drásticamente las distancias al interior de los grupos del norte del país. Cualquiera de estos grupos refleja de mejor manera la división en grupos de terminales por su distancia entre ellas que la agrupación en dos *clusters*, de manera que se utilizarán seis, siete y ocho grupos para esta categoría.

5.3.2 Clusters por categoría

Ya fue referido previamente que el método de ensamble de *clusters* requiere que los elementos que conforman dicho ensamble sean distintos. Para determinar las técnicas de *cluster* que serían utilizadas para cada categoría se tomaron en cuenta los siguientes criterios. Primero, no fueron utilizados las técnicas que tuvieran como resultado el mismo agrupamiento de las terminales en *clusters*. Esto se debe a que sin variación en los elementos de ensamble no hay información adicional que el método de ensamble pueda aprovechar. Segundo, se eligieron las técnicas cuyos resultados de agrupamiento tuvieran el menor WSS, a fin de que las particiones consideradas fueran las que tuvieran *clusters* cuyos elementos se encuentran más

cohesionados. Tercero, se tomó en cuenta el número de *clusters* óptimo que fue calculado y descrito en la sección anterior.

Tomando en cuenta los criterios anteriores, para la primera categoría se consideraron 4, 5 y 10 *clusters*. Por ser una variable binaria, se utilizó la técnica de *cluster* jerárquico, con una definición de distancia binaria y el método Ward.

Respecto a la segunda categoría, se buscó una mayor diversidad al variar tanto los métodos de agrupamiento como sus parámetros, ya que existe evidencia fuerte de que pueden agruparse en tres *clusters*. De esta manera, se utilizaron las siguientes variaciones:

Tabla 5.10. Variaciones para la segunda categoría.

Cluster jerárquico			Cluster partitivo	
Método Ward	Media aritmética ponderada	Método amalgamamiento completo	<i>k-means</i>	PAM
Distancia euclidiana	Distancia Manhattan	Distancia euclidiana	<i>seeds</i> = 1,...,50	<i>seeds</i> = 1,...,50

Fuente: elaboración propia.

Cabe mencionar que, conforme fue señalado en el capítulo anterior, las técnicas de *clusters* partitivos *k-means* y PAM son sensibles a la selección de los puntos iniciales. Por tanto, se realizaron 50 inicializaciones aleatorias distintas y se eligió aquella con un valor mínimo de la suma total de cuadrados intracluster, para el caso de *k-means*, y con mayor amplitud media de la silueta, para el caso de PAM.

Como se ha referido anteriormente, para la tercera categoría, por su naturaleza, no se requiere algún método de determinación de *clusters*, ya que cuenta, sin lugar a dudas, con cuatro grupos bien diferenciados.

Respecto a la cuarta categoría, y dado que se trata también de variables numéricas, es posible realizar diversas técnicas para asegurar la diversidad de los *clusters*. Asimismo, conforme fue analizado en la subsección anterior, para esta categoría no había un consenso respecto a si el número óptimo de *clusters* debía ser dos o cinco. En este caso se utilizaron las siguientes variaciones:

Tabla 5.11. Variaciones para la cuarta categoría.

Cluster jerárquico				Cluster partitivo
Método Ward		Método amalgamamiento completo		<i>k-means</i>
Distancia euclidiana	Distancia Manhattan	Distancia euclidiana		<i>seeds</i> = 1,...,50
k=2	k=5	k=2	k=5	

Fuente: elaboración propia.

Mediante la variación de tipo de *cluster*, tipo de método, tipo de distancia e inicializaciones para el caso de los *clusters* partitivos, puede asegurarse una suficiente diversidad para la cuarta categoría. Al igual que en la segunda categoría,

para el caso de *k-means*, fueron seleccionados los modelos con menor suma total de cuadrados intracluster, tras 50 inicializaciones aleatorias. Asimismo, se documenta que fue calculada la partición utilizando la metodología PAM, pero que esta resultó idéntica a la obtenida mediante *k-means*, por lo que no agrega diversidad al ensamble y no se utilizará para el mismo.

Finalmente, para la quinta categoría se consideraron variaciones en el tipo de método, distintas inicializaciones y tres diferentes números de *clusters* ($k = 6, 7, 8$). En la siguiente tabla se resumen dichas variaciones:

Tabla 5.12. Variaciones para la quinta categoría.

Cluster jerárquico	Cluster partitivo	
Método Ward	<i>k-means</i>	PAM
$k = 6, 7, 8$	$k = 6, 7, 8$	$k = 6, 7, 8$

Fuente: elaboración propia.

5.3.3 Ensamble de *clusters*

Como fue referido en el capítulo anterior, existe una gran diversidad de métodos para resolver el problema del ensamble de *clusters*. Para elegir uno de estos métodos se tomaron en cuenta sus características generales, las cuales fueron resumidas por Vega-Pons y Ruiz-Shulcloper (2011). En su comparación, estos autores consideraron seis características:

1. Número de *clusters* en cada partición (NC): esta propiedad determina si los métodos pueden combinar particiones con un número diferente de *clusters*.
2. Dependencia del mecanismo de generación (MG): una función de consenso ligada a un mecanismo de generación de *clusters* específico es menos flexible.
3. Consideración al conjunto original de objetos (COO): algunas funciones de consenso toman en cuenta los objetos originales, lo que podría ofrecer información adicional.
4. El número de *clusters* en la partición de consenso es un parámetro de la función de consenso (NCP): las funciones de consenso que funcionan sin la especificación del número de *clusters* son más flexibles.
5. Definición teórica (DT): los métodos de consenso basados en la partición mediana se encuentran teóricamente mejor definidos que los basados en la coocurrencia de los objetos.
6. Complejidad computacional (CC): los métodos más complejos pueden ser computacionalmente muy difíciles o tomar demasiado tiempo para calcularlos.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la comparación realizada por Vega-Pons y Ruiz-Shulcloper:

Tabla 5.13. Comparación de las características de las funciones de consenso.

	NC	MG	COO	NCP	DT	CC
Reetiquetado y votación	Fijo	No	No	Sí	Coocurrencia de objetos	Depende de la heurística
Matriz de coasociación	Variable	No	No	No	Coocurrencia de objetos	Alto
Grafos e hipergrafos	Variable	No	No	Sí	Coocurrencia de objetos	Bajo
Distancia Mirkin	Variable	No	No	No	Partición mediana	Depende de la heurística
Teoría de la información	Variable	No	No	Sí	Coocurrencia de objetos	Bajo
Modelos de mezcla finita	Variable	No	No	Sí	Coocurrencia de objetos	Bajo
Algoritmos genéticos	Variable	No	No	No	Partición mediana	Depende de la heurística
Algoritmos LAC	Variable	Sí	Sí	Sí	Coocurrencia de objetos	Bajo
Algoritmos NMF	Variable	No	No	No	Partición mediana	Depende de la heurística
Métodos kernel	Variable	No	Sí	No	Partición mediana	Depende de la heurística
Métodos difusos	Variable	No	No	Sí	Coocurrencia de objetos	Bajo

Fuente: Vega-Pons y Ruiz-Shulcloper, 2011.

En este contexto, para realizar el ensamble de *clusters* en esta investigación, se utilizó el método de mínimos cuadrados euclidianos, el cual forma parte de los algoritmos NMF bajo la clasificación anterior, o bien del acercamiento basado en características propuesto por Boongoen e Iam-On. Se advierte que los algoritmos NMF poseen características deseables dentro del conjunto de funciones de consenso. Por ejemplo, son capaces de trabajar con *clusterers* con diferente número de *clusters* y dichos *clusterers* pueden ser obtenidos mediante distintas técnicas de agrupamiento. Asimismo, al estar basado en la partición mediana, se encuentra teóricamente mejor definido y es lo suficientemente flexible para considerar un número distinto de *clusters* resultado del ensamble. Dos son las desventajas principales de este tipo de algoritmos. La primera consiste en que la complejidad computacional no es baja, sino que depende de la heurística utilizada; no obstante, dado que el universo del conjunto de datos no es de grandes dimensiones, la complejidad computacional no es prohibitiva. La segunda radica en que los algoritmos NMF suelen hallar óptimos locales. Esta desventaja es posible superarla al correr un número suficiente de realizaciones, por lo que tampoco representa un mayor obstáculo.

De manera formal, la partición de consenso euclidiana se define como la partición que minimiza la siguiente función (Hornik, 2005a; Hornik, 2005b; Hornik y Böhm, 2007):

$$\sum_{b=1}^B w_b d(P, P_b)^2$$

donde P_1, \dots, P_B son los *clusterers* que conforman el ensamble y $\sum_{b=1}^B w_b = 1$.

De manera equivalente, el problema puede ser establecido como:

$$\sum_b w_b \|M - M_b \Pi_b\|_F^2 = \sum_b w_b \|M - M_b \Pi_b\|_F^2$$

donde:

- M son las matrices estocásticas de pertenencia entre las que se busca la que minimice la función anterior.
- M_1, \dots, M_B son las matrices pertenencia de los elementos del ensamble (de los *clusterers*).
- w_b son los ponderadores que se le pueden otorgar a cada partición que conforma el ensamble.
- $\|\cdot\|$ es la norma de Frobenius³⁴.
- Π_1, \dots, Π_B son las matrices de permutación.

De esta manera, y tomando en cuenta lo calculado y descrito a lo largo de esta sección, el ensamble de *clusters* de las terminales de almacenamiento estaría conformado por los siguientes *clusterers*:

Tabla 5.14. Ensamble de *clusters*.

Categoría 1	C_1	<i>Cluster</i> jerárquico, método Ward, distancia binaria, k=4
	C_2	<i>Cluster</i> jerárquico, método Ward, distancia binaria, k=5
	C_3	<i>Cluster</i> jerárquico, método Ward, distancia binaria, k=10
Categoría 2	C_4	<i>Cluster</i> jerárquico, método Ward, distancia euclidiana, k=3
	C_5	<i>Cluster</i> jerárquico, método media aritmética ponderada, distancia Manhattan, k=3
	C_6	<i>Cluster</i> jerárquico, método amalgamamiento completo, distancia euclidiana, k=3
	C_7	<i>Cluster</i> partitivo, método <i>k-means</i> , 50 inicializaciones aleatorias, k=3
	C_8	<i>Cluster</i> partitivo, método PAM, 50 inicializaciones aleatorias, k=3
Categoría 3	C_9	Sin incertidumbre de clasificación, por lo que no es necesario utilizar algún método
Categoría 4	C_{10}	<i>Cluster</i> jerárquico, método Ward, distancia euclidiana, k=2
	C_{11}	<i>Cluster</i> jerárquico, método Ward, distancia euclidiana, k=5
	C_{12}	<i>Cluster</i> jerárquico, método Ward, distancia Manhattan, k=2

³⁴ Esto es: $\|A\|_F = \sqrt{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |a_{ij}|^2}$.

	C_{13}	Cluster jerárquico, método Ward, distancia Manhattan, k=5
	C_{14}	Cluster jerárquico, método amalgamamiento completo, distancia euclidiana, k=5
	C_{15}	Cluster partitivo, método <i>k-means</i> , 50 inicializaciones aleatorias, k=5
Categoría 5	C_{16}	Cluster partitivo, método <i>k-means</i> , 50 inicializaciones aleatorias, k=6
	C_{17}	Cluster partitivo, método <i>k-means</i> , 50 inicializaciones aleatorias, k=7
	C_{18}	Cluster partitivo, método <i>k-means</i> , 50 inicializaciones aleatorias, k=8
	C_{19}	Cluster partitivo, método PAM, 50 inicializaciones aleatorias, k=6
	C_{20}	Cluster partitivo, método PAM, 50 inicializaciones aleatorias, k=7
	C_{21}	Cluster partitivo, método PAM, 50 inicializaciones aleatorias, k=8
	C_{22}	Cluster jerárquico, método Ward, distancia euclidiana, k=6
	C_{23}	Cluster jerárquico, método Ward, distancia euclidiana, k=7
	C_{24}	Cluster jerárquico, método Ward, distancia euclidiana, k=8

Fuente: Elaboración propia.

Una vez conformado el ensamble, es necesario proponer la ponderación que a cada uno debe otorgársele. Ha sido señalado a lo largo de esta investigación que comúnmente el análisis de este tipo de mercado se concentra en la distancia entre las terminales, esto es, dichos análisis son un caso particular en el que la quinta categoría posee un ponderador igual a uno, en tanto que el resto de las categorías se omiten. Es la contribución más relevante de esta investigación llevar al análisis de competencia el resto de las variables que caracterizan a las terminales, por lo que resulta fundamental que las demás categorías posean un ponderador positivo.

Resulta complicado asignar una ponderación objetiva a cada categoría, ya que se trata de características que, por su naturaleza, son poco compatibles entre sí. Por ello, se proponen aquí cinco escenarios. El primer escenario refleja los análisis tradicionales de este tipo de mercados, en donde únicamente se consideran las distancias geográficas de las instalaciones; en este caso, el ponderador de la quinta categoría es igual a uno y es cero para el resto de las categorías. El resto de los escenarios se constituyen incrementado en 0.25 el ponderador de las categorías asociadas a la dimensión logística (primera a cuarta categorías) en detrimento del ponderador de la quinta categoría. Los ponderadores están calculados de la siguiente manera:

Sea:

$$w_G + w_L = 1$$

donde w_G representa al ponderador correspondiente a la dimensión geográfica (es decir, a la quinta categoría) y w_L a las categorías relacionadas con la dimensión logística (categorías primera a cuarta). Este ponderador varía conforme a lo señalado en el párrafo anterior, a fin de establecer diversos escenarios. Los ponderadores de los *clusterers* están dados por:

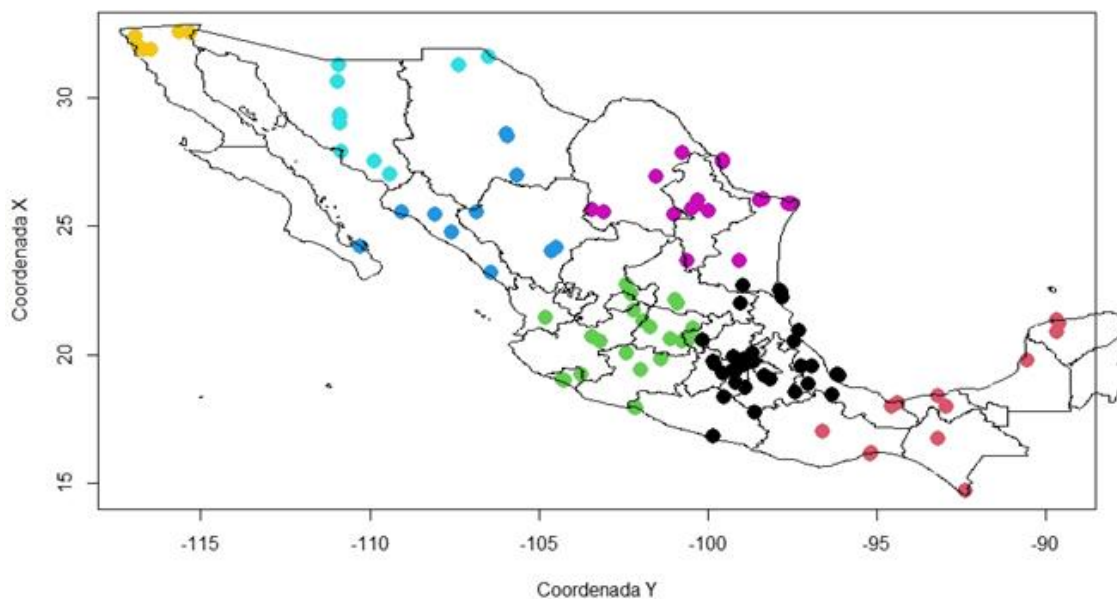
$$w_i = \begin{cases} \frac{w_G}{QL} & \text{si se refiere a la dimensión geográfica} \\ \frac{w_L}{QL} & \text{si se refiere a la dimensión logística} \end{cases}$$

donde Q es igual al número de categorías en esa dimensión (esto es, cuatro para la dimensión logística y una para la dimensión geográfica) y L representa al número de *clusterers* de cada una de las categorías. De esta manera, las categorías que poseen un mayor número de *clusterers* no se encuentran sobrerrepresentadas respecto a las que poseen un menor número de estos.

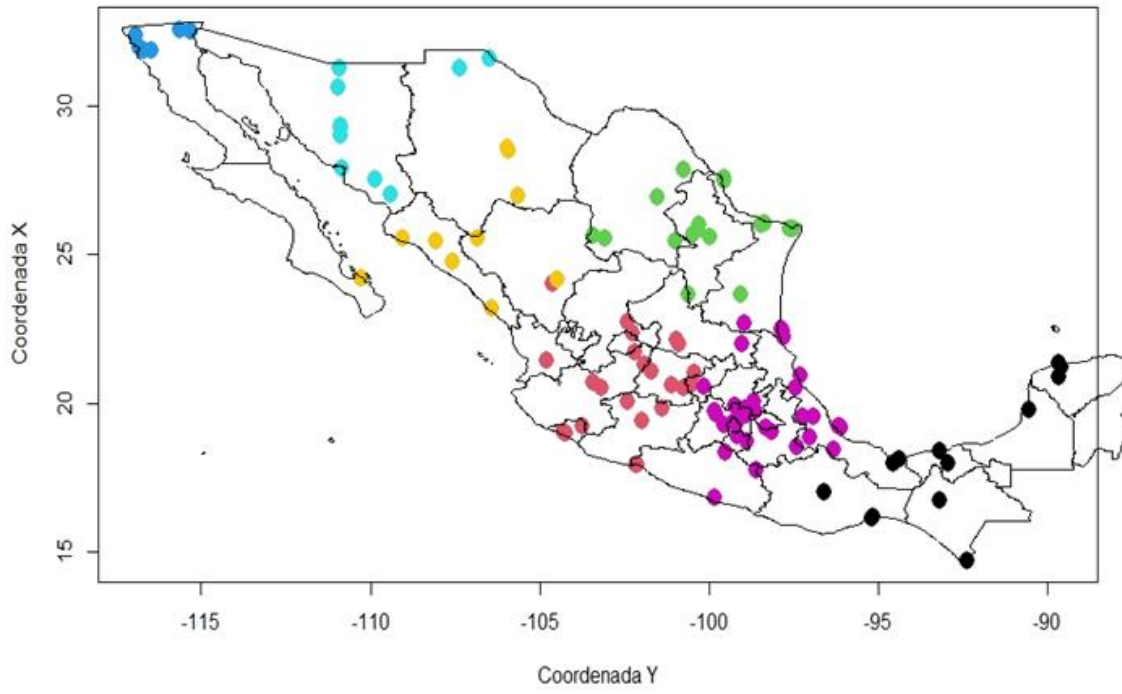
5.4 Resultados

En el Mapa 5.4 se muestran los resultados del ensamble de *clusters* correspondientes a los diferentes escenarios basados en una distinta combinación de ponderadores:

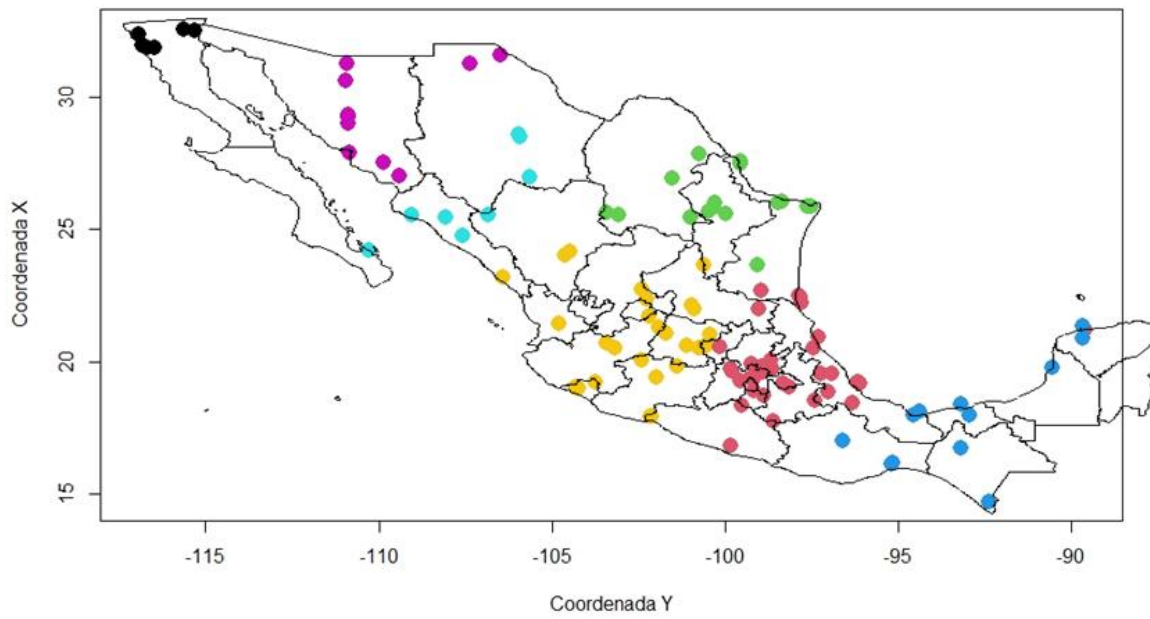
Mapa 5.4. Determinación de mercados relevantes basados en distintas ponderaciones.
Panel A: $w_G = 1$



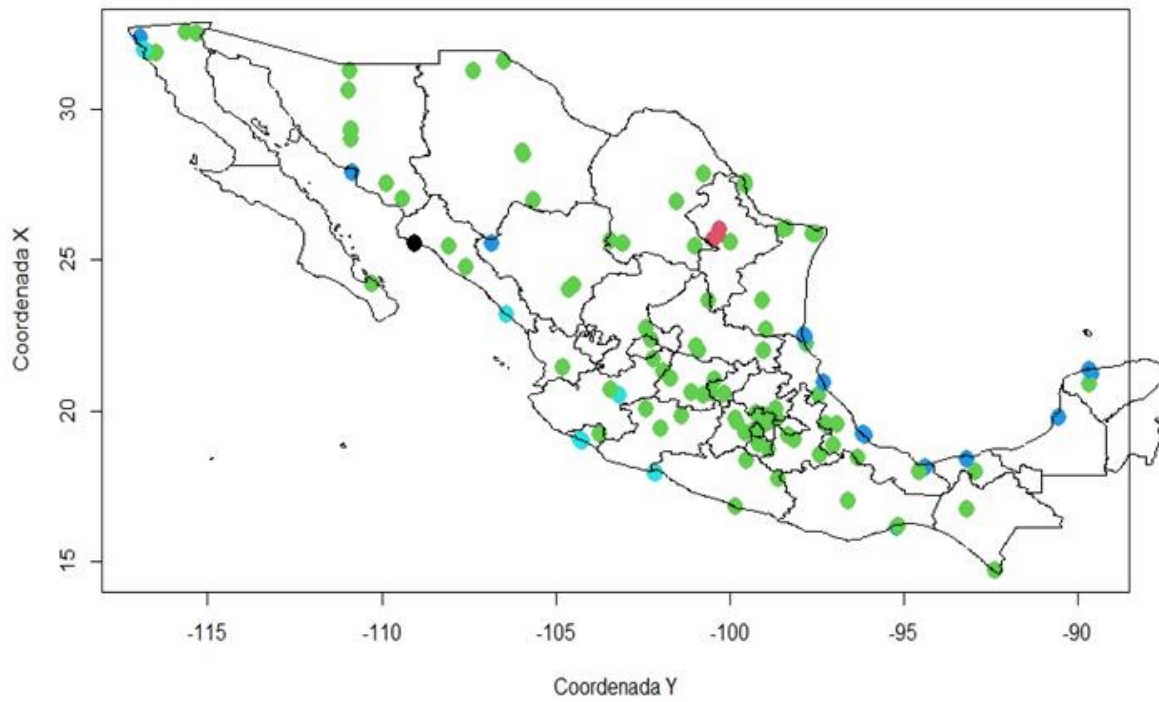
Panel B: $w_G = 0.75$



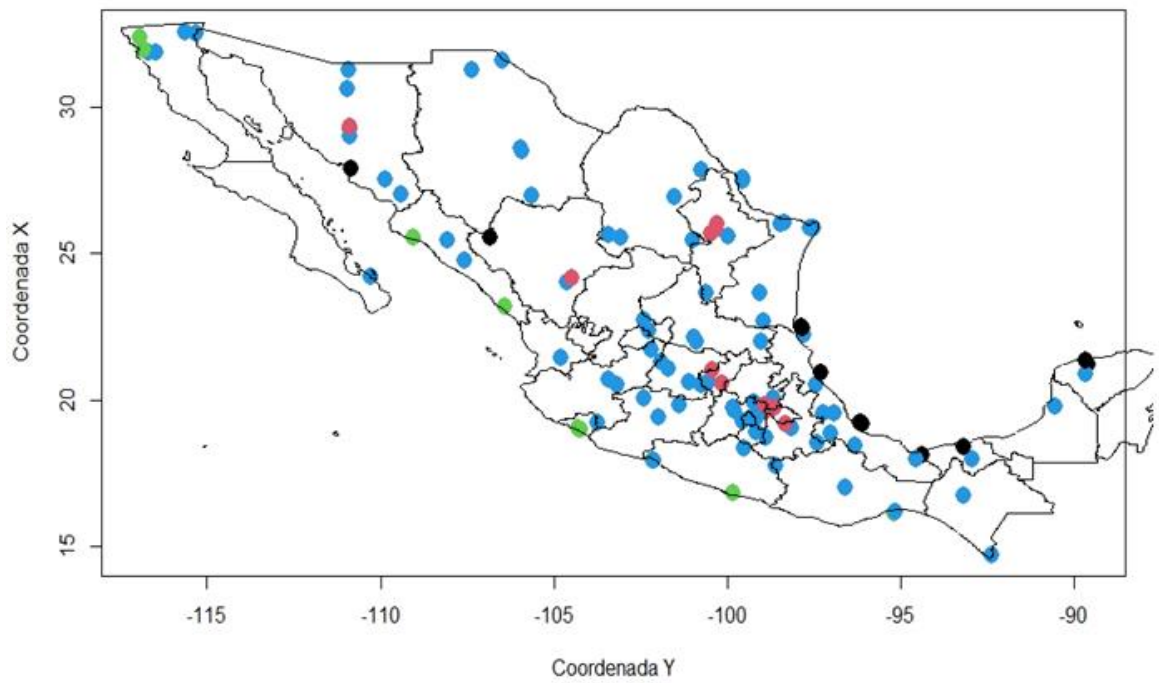
Panel C: $w_G = 0.5$



Panel D: $w_G = 0.25$



Panel E: $w_G = 0$



Según se observa en los diferentes paneles del conjunto de mapas anterior, los resultados del ensamble varían conforme el vector de ponderadores pasa de dar

mayor peso a la dimensión geográfica a dársele a la dimensión logística. Esto resulta evidente al comparar directamente los paneles A y E, en los cuales no solo se observan diferencias en la pertenencia de las terminales a los *clusters*, sino también varía el número de *clusters* en que estas se agrupan. De igual manera, se observa que siempre que $w_g \geq 0.5$, el componente geográfico es fácilmente identificable y en esos tres casos el número de *clusters* es el mismo.

A fin de determinar las condiciones de competencia, es necesario elegir alguno de estos escenarios. Es contribución de esta investigación incluir como parte fundamental del análisis de este mercado la dimensión logística; sin embargo, no es posible elegir, desde una perspectiva objetiva, el grado de relevancia que esta dimensión tiene en contraposición con la dimensión geográfica. Por tanto, para los análisis posteriores, se considerará el escenario donde $w_g = 0.5$, pues presenta dos ventajas. La primera consiste en que de esta manera se logra un balance entre ambas dimensiones. La segunda se refiere a que este es el escenario con el vector de ponderadores mínimos para la dimensión geográfica en donde todavía es posible reconocer la relevancia de esta en la conformación de *clusters*. Según se aprecia en el Panel D del Mapa 5.4, cuando $w_g = 0.25$, ya no es posible reconocer algún componente geográfico en la determinación de *clusters*.

Tomando en cuenta el escenario donde $w_g = 0.5$, la Tabla 5.10 refiere el cálculo del IHH. La elección de este método, frente al resto de métodos señalados en la sección 4.1, se justifica porque, a pesar de derivarse de un cálculo sencillo, es el método que las autoridades de competencia en el mundo utilizan por *default*. Asimismo, es relevante señalar que, para los cálculos mostrados en la siguiente tabla, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Para el cálculo del índice, se tomó como variable relevante la capacidad de almacenamiento total de cada terminal. Esta variable es un *proxy* del poder de mercado que cada terminal puede tener al interior de cada mercado relevante definido, ya que, por lo señalado anteriormente, no es posible contar con información de ingresos o cantidades para una buena parte de las terminales.
- Las terminales propiedad de PEMEX, para el cálculo del IHH, fueron consideradas como parte de una misma empresa, de manera que el porcentaje de participación es conjunto, es decir, resulta de la suma de la totalidad de las terminales propiedad de PEMEX al interior de cada mercado relevante definido (*cluster*).

Tabla 5.15. IHH para cada mercado relevante definido.

Cluster	IHH	% PEMEX
1	3,550.83	46.6%
2	1,116.33	26.6%
3	2,553.80	43.1%
4	6,936.04	82.3%

5	4,631.96	48.0%
6	3,899.66	53.4%
7	1,757.74	33.8%

Fuente: elaboración propia.

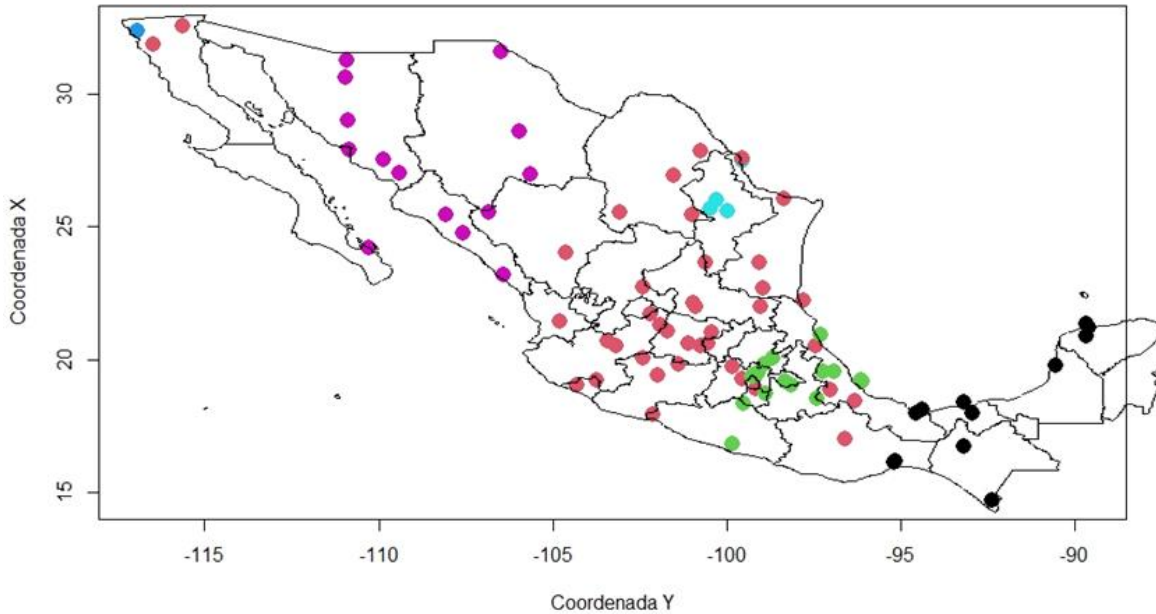
Según se advierte de la tabla anterior, los *cluster 2* —conformado por las terminales ubicadas en el Valle de México y extendiéndose hasta Acapulco al sur y el norte de Veracruz al norte— y 7 —integrado por las terminales ubicadas en el Bajío, sur de Sinaloa, Michoacán, San Luis Potosí y Durango— son los que menor IHH tienen. Este índice es menor al que las autoridades de competencia consideran el límite para determinar que existe poder de mercado, esto es, un valor del índice igual a 2,500 unidades. Esto significa que en estos dos mercados es posible decir que PEMEX ya no ostenta poder sustancial y, en consecuencia, puede haber indicios de competencia efectiva.

Por otra parte, el IHH del resto de los *clusters* se encuentra por encima del umbral anteriormente referido. El *cluster 3* —conformado por las terminales ubicadas al noreste del país— apenas supera dicho umbral, por lo que puede considerarse, de manera práctica, dentro de los mercados en donde existe competencia. A su vez, los *clusters 1* —las terminales localizadas en Baja California—, 4 —sureste del país y la Península de Yucatán—, 5 —norte de Sinaloa y Chihuahua— y 6 —Sonora y norte de Chihuahua— muestran que estos mercados no cuentan aún con posibles condiciones de competencia, especialmente el *cluster 4*, en donde todavía el 82.3% de la capacidad de almacenamiento es propiedad de PEMEX.

Una cuestión fundamental en los cálculos anteriores resulta el haber considerado la totalidad de las terminales de almacenamiento que cuentan con un permiso otorgado por la CRE. No obstante, la mayoría de estas terminales, aun cuando cuentan con el permiso correspondiente, todavía no inician operaciones. Hasta ahora, únicamente doce terminales de propiedad distinta a Pemex Logística han iniciado operaciones. Por tanto, resulta necesario conocer si las condiciones de competencia anteriormente halladas se mantienen al considerar únicamente las terminales actualmente en operación.

A continuación, se muestran los resultados al considerar únicamente las terminales que se encuentran actualmente operando. Es importante señalar que los *clusterers* y sus agrupaciones no son idénticos al primer ejercicio, ya que fue necesario realizar algunas modificaciones conforme las diversas pruebas de cálculo de número óptimo de *clusters* señalaban un número distinto al obtenido con todas las terminales. En particular, la cuarta categoría utilizó las mismas técnicas que la segunda, en virtud de que fueron detectados tres *clusters* como el número óptimo de estos. Asimismo, para la quinta categoría se modificó el número de *clusters*, para pasar de ocho a cinco (dejando igual las pruebas con seis y siete *clusters*). En los siguientes mapa y tabla se resumen los resultados obtenidos bajo este escenario.

Mapa 5.5. Determinación de mercados relevantes considerando únicamente terminales actualmente en operación.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 5.16. IHH para cada mercado relevante definido: escenario de solo terminales en operación.

Cluster	IHH	% PEMEX
1	6,987.65	82.6%
2	4,256.70	61.9%
3	4,072.14	60.5%
4	10,000.00	100.0%
5	5,181.67	59.5%
6	10,000.00	100.0%

Fuente: elaboración propia.

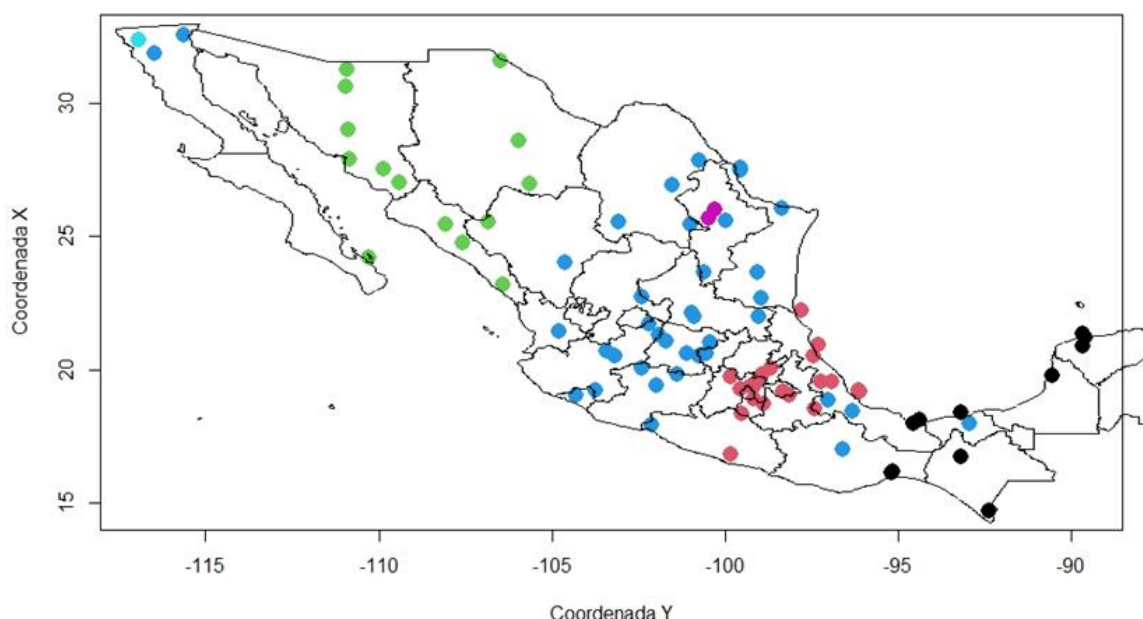
Se observan varias diferencias entre ambos escenarios. En primer lugar, el número de mercados relevantes se reduce a seis, lo cual es consistente con la reducción en el número de terminales. Asimismo, a diferencia del primer escenario, en el segundo existen dos mercados en los que PEMEX posee la totalidad de la capacidad de almacenamiento. De igual manera, a diferencia del escenario que contempla todas las terminales permitidas, en este segundo escenario no puede decirse que existan condiciones de competencia en ninguno de los mercados relevantes, pues en todos ellos el valor del IHH es muy superior al umbral de 2,500.

Un tercer escenario de interés consiste en conocer si la entrada de alguna o algunas terminales en operación daría como resultado que existieran condiciones de competencia en al menos uno de los mercados relevantes definidos. Para ello, se consideraron dos terminales como candidatos a ser el pivote necesario para que

esta situación pueda ocurrir. Las terminales seleccionadas fueron las correspondientes a los permisos PL/21140/ALM/2018 y PL/19395/ALM/2016, los cuales cuentan con capacidades de 2,960,850 y 2,670,520 barriles, respectivamente. Estas terminales resultarían las de mayor capacidad entre todas las terminales, una vez que inicien operaciones. Además, ambas terminales se encontrarían ubicadas en la región de Tuxpan, lo que incrementaría las posibilidades de que pertenecieran al mismo mercado relevante.

Bajo este escenario, tampoco se obtienen condiciones de competencia para algún mercado relevante. Esto ocurre porque ambas terminales poseen algunas diferencias que son suficientes para ubicarlas en distintos *clusters*. Los resultados se muestran en el mapa y tabla siguientes:

Mapa 5.6. Determinación de mercados relevantes considerando únicamente terminales en actualmente en operación y dos candidatos adicionales.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 5.17. IHH para cada mercado relevante definido: escenario de solo terminales en operación y dos candidatos adicionales.

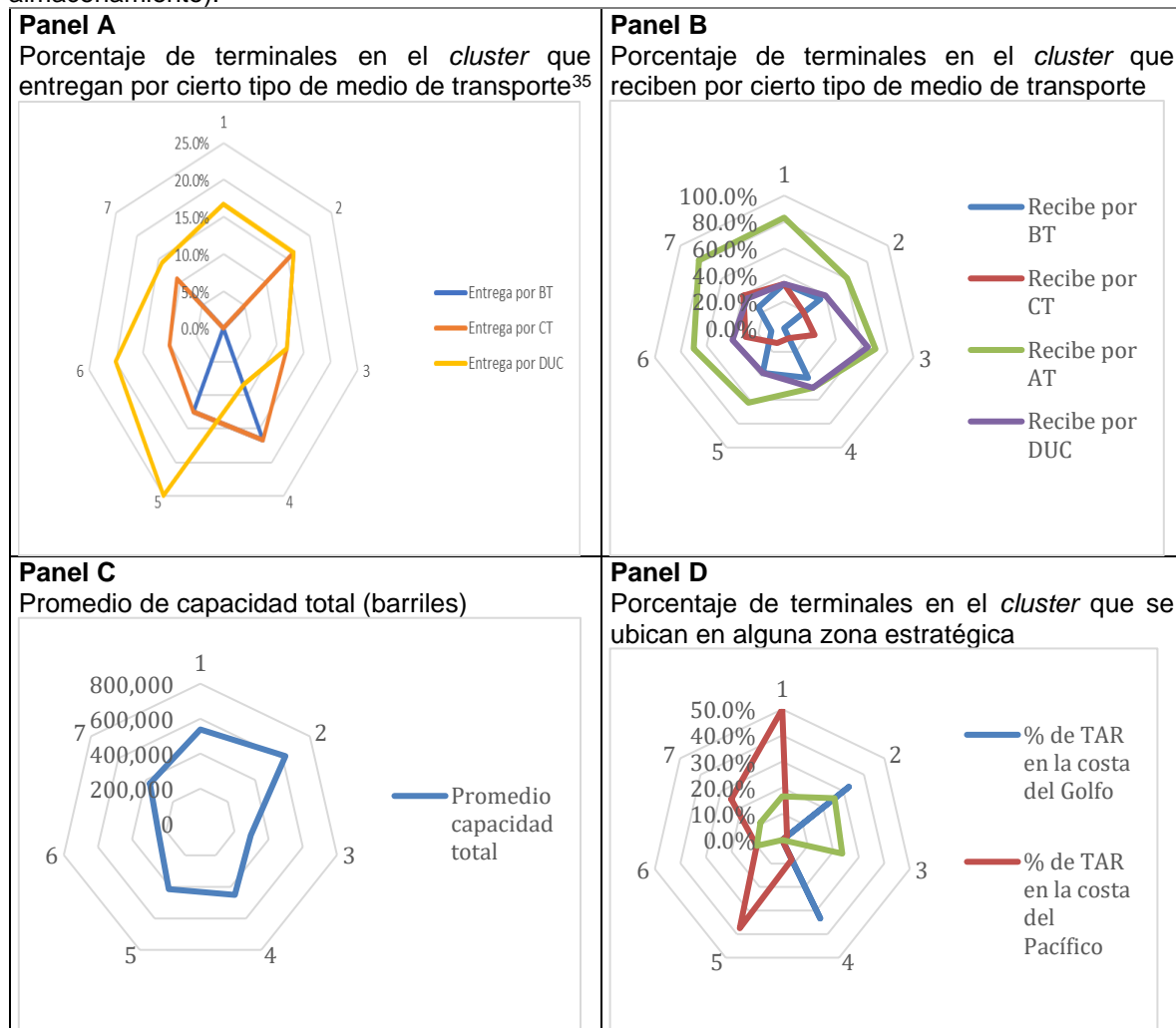
Cluster	IHH	% PEMEX
1	5,706.38	73.1%
2	2,963.51	48.6%
3	10,000.00	100.0%
4	3,340.44	48.7%
5	10,000.00	100.0%
6	5,800.00	70.0%

Fuente: elaboración propia.

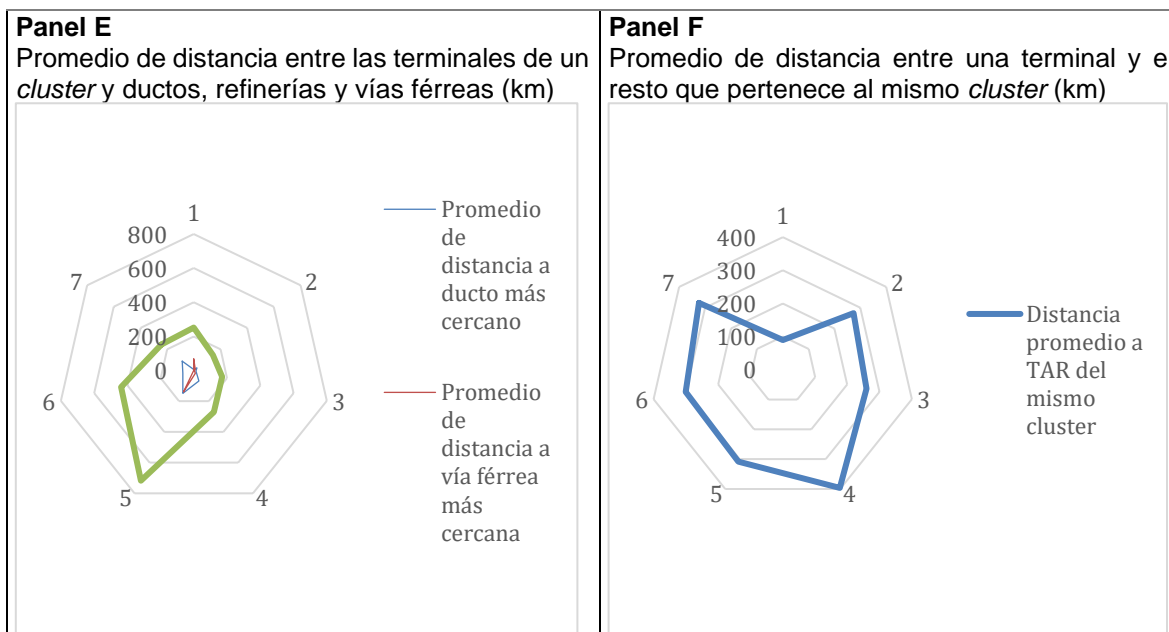
Se advierte, no obstante, que el inicio de operaciones de estas dos terminales podría disminuir considerablemente el valor del IHH en el mercado relevante número dos (con terminales ubicadas en el Valle de México, Guerrero, Puebla y norte de Veracruz). Si bien el valor del IHH aún no es suficiente para inferir la existencia de competencia, sí se encuentra en un nivel cercano al umbral correspondiente.

Por otra parte, los resultados también permiten caracterizar a cada uno de los mercados relevantes identificados. Considerando el escenario de todos los permisionarios de almacenamiento de petrolíferos, a continuación se muestran algunas visualizaciones que permiten realizar dicha caracterización. Resulta para ello útil observar los diferentes paneles de la Gráfica 5.7.

Gráfica 5.7. Caracterización de los mercados relevantes identificados (todos los permisionarios de almacenamiento).



³⁵ Para esta gráfica en particular se obviaron los resultados de entrega por autotank, ya que en seis *clusters* este porcentaje es superior al 95%. El mercado relevante 4 presentó un porcentaje de 83% en esta característica.



De esta manera, por ejemplo, se puede caracterizar al mercado relevante 1 como un conjunto de terminales predominantemente localizadas en la costa del Golfo de México (Panel D) con una alta capacidad de almacenamiento (Panel C), cuyo medio de entrega más utilizado —sin contar a los autotanques— es el ducto y existe un equilibrio en los medios de recepción, pues una tercera parte de las terminales de este mercado recibe por ductos, otra tercera a través de buquetanques y una tercera parte adicional lo hace vía carrotanques. Asimismo, este mercado se caracteriza por ser el más compacto, es decir, el que cuenta con un mínimo de distancia entre las terminales que lo conforman, así como encontrarse a poca distancia de ductos y comparativamente lejos de vías férreas y refinерías. Un análisis análogo de caracterización puede realizarse al resto de los mercados relevantes identificados.

5.4.1 Limitaciones de los resultados y futuras líneas de investigación

Los resultados de la presente investigación son, en general, robustos; sin embargo, pueden identificarse tres limitaciones relacionadas con el uso del método de ensamble de *clusters*. La primera limitación consiste en que la definición de los mercados relevantes es relativa y no absoluta. Esto es, la delimitación de cada mercado depende del número y características de un conjunto de terminales de almacenamiento. Como consecuencia, la introducción de nuevas terminales puede modificar la definición de los mercados relevantes hallados en la investigación. Aunque a primera vista parece esta una desventaja del modelo, es importante recordar la naturaleza misma de lo que se entiende por mercado relevante: el mercado relevante considera las opciones que los consumidores identifican como sustitutos. Así, es natural que cuando el número de opciones se modifica, las opciones que se perciben sustitutas también cambian.

Una segunda limitación consiste en que el ensamble de *clusters* aquí utilizado es sensible a los ponderadores que se asignan a cada *clusterer*. Como se indicó en el capítulo 5, no es posible asignar ponderadores específicos a cada categoría del ensamble. Esta dificultad podría superarse al considerar alguna variable que pudiera hacer comparables las distintas dimensiones del servicio de almacenamiento. Es evidente que una variable con esta característica no existe; no obstante, la inversión requerida puede ser una variable que podría aproximarse a conseguirlo. Tres inconvenientes resultan de utilizar la inversión requerida como ponderador: i) los montos de inversión para realizar adecuaciones a una terminal pueden variar mucho entre cada instalación; ii) es poco realista calcular la inversión requerida para mudar una terminal de ubicación, iii) la disponibilidad de datos sobre la inversión requerida para realizar modificaciones a las terminales es muy limitada.

La tercera limitación del uso de la metodología aquí expuesta consiste en que se trata de una definición de mercados basada en la oferta. Para definir mercados es importante también incluir los factores de la demanda, ya que estos últimos brindan información acerca de las terminales que efectivamente podrían considerar sustitutas los comercializadores. Desafortunadamente, los datos que se requieren para conocer información de la demanda son de carácter confidencial, por lo que únicamente se encuentran disponibles para las autoridades gubernamentales correspondientes. Aunque explícitamente el modelo de ensamble de *clusters* no considera el lado de la demanda, de manera implícita lo hace al analizar las características de las terminales que son propiedad de inversionistas privados. Las características de estas terminales —especialmente la capacidad, la ubicación y los medios de entrega y recepción— están determinadas de manera previa a su construcción por el proceso de temporada abierta que realizan, en donde recaban información acerca de la demanda para que su proyecto cuente con las características que mejor se adecuen a ella.

Con relación a algunas futuras líneas de investigación, caben destacar las siguientes. La primera busca comparar los resultados de esta investigación con los obtenidos por otros métodos basados en el análisis de las transacciones que efectivamente tuvieron lugar, es decir, por métodos abocados a investigar las terminales que abastecen a ciertas estaciones de servicio. Una comparación de esta naturaleza podría validar los resultados de esta investigación o, en su caso, determinar por qué las características de las terminales no influyen de manera efectiva en su demanda. De igual manera, esta comparación podría servir para calibrar los ponderadores de las categorías del modelo empleado en esta investigación.

La segunda línea de investigación consiste en aplicar el ensamble de *clusters* en la definición de otro tipo de mercados que posean características similares a las del almacenamiento de petrolíferos, como las terminales de almacenamiento de gas licuado de petróleo que cuentan con características similares a las de petrolíferos y forman parte de una cadena de valor bastante parecida. De igual manera, esta

metodología puede ser útil para analizar mercados distintos al del almacenamiento pero que cumplen con la característica de que sus productos o servicios presentan diferenciación en varias de sus características. Es el caso de los servicios de telefonía celular, los cuales varían en el número de minutos de tiempo aire, de datos para navegar por internet y el número de mensajes gratuitos que pueden ser enviados.

6. Conclusiones y recomendaciones de política pública

La entrada de nuevos agentes al mercado del almacenamiento de petrolíferos obliga a las autoridades a evaluar las condiciones de competencia para asegurar la fijación correcta de las tarifas a los participantes. El objeto de esta investigación consistió en realizar dicha evaluación mediante la selección de una metodología orientada a definir correctamente los mercados relevantes de dicha actividad, revisar el funcionamiento de la industria en México, así como su regulación, e identificar la existencia de poder sustancial en los mercados relevantes. La hipótesis inicial de esta investigación planteó que no existen actualmente condiciones de competencia suficientes en el almacenamiento de petrolíferos.

El análisis de las condiciones de competencia en este mercado presenta dificultades de dos órdenes: teórico y práctico. Entre las primeras destacan dos complicaciones: i) a pesar de que las terminales ofrecen el servicio genérico de almacenamiento, existen diferencias entre ellas tales que pueden afectar el grado de sustitución, y ii) no es posible utilizar el análisis basado en el test del monopolista hipotético o un análisis de sustitución mediante el cálculo de elasticidades cruzadas entre terminales —métodos más habituales para el análisis de condiciones de competencia—. En las de orden práctico, la dificultad estriba en que no es pública la información correspondiente a la facturación del servicio de almacenamiento por cada terminal.

La selección de la metodología de ensamble de *clusters* supera las restricciones anteriormente referidas y arroja resultados más robustos que los derivados de los estudios de *clusters* simples. Asimismo, esta metodología contribuye decisivamente al examen de mercados, al añadir una dimensión adicional a los análisis tradicionales.

Para la prueba de hipótesis, se definieron, primeramente, los mercados relevantes en que se divide el país, utilizando el ensamble de *clusters* con la información logística y geográfica de las terminales de almacenamiento. Posteriormente, se calculó el IHH correspondiente basado en la capacidad de almacenamiento de cada terminal y se comparó el valor obtenido en cada mercado relevante con el valor de referencia.

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación, no existen condiciones de competencia en el mercado de almacenamiento de petrolíferos, por lo que no es posible determinar que actualmente puedan levantarse las disposiciones regulatorias que dependen de la existencia de condiciones de competencia. Esto se debe a que las terminales que actualmente se encuentran operando no son suficientes para contrarrestar el poder sustancial que posee

Pemex en cada uno de los mercados relevantes definidos. Esta situación podría extenderse todavía durante algunos años, ya que la incorporación de las dos terminales de mayor capacidad al mercado no generaría presión suficiente para contrarrestar el poder de Pemex en ningún mercado. No obstante, el plazo necesario para que existan condiciones de competencia podría no ser demasiado largo, ya que bastaría con que las terminales que actualmente cuentan con el permiso correspondiente de la CRE iniciaran operaciones para que en algunos mercados existieran condiciones de competencia. En particular, esto es cierto para una región amplia del centro del país, que se extiende de una a otra costa.

La importancia de este trabajo radica no solo en los resultados obtenidos sino, también, en el hecho de que discute la suficiencia de competencia en este mercado y plantea la primera identificación de mercados relevantes en la industria del almacenamiento de petrolíferos en México con base en el ensamble de *clusters*. De igual manera, esta investigación es importante porque propone una solución para identificar mercados relevantes en casos en donde el bien o servicio posee un conjunto de características que pueden ser distintas entre sí. Esta aportación resulta especialmente útil para mercados en competencia monopolística, donde la diferenciación del bien o servicio de estudio es una variable importante para definir el mercado relevante.

Por otra parte, a la luz de los resultados obtenidos en esta investigación pueden realizarse algunas recomendaciones a las autoridades relacionadas con este mercado. Por una parte, esta investigación sirve de posible antecedente a una eventual evaluación de condiciones de mercado que realice la Cofece sobre este mercado. Cabe recordar que es dicha comisión la autoridad que tiene la facultad para determinar si existen o no condiciones de competencia efectiva. Esta investigación puede ser retomada por la Cofece y complementada con la información que, mediante sus facultades de autoridad, puede obtener. Sin embargo, es importante remarcar que cualquier evaluación que realice la Cofece sobre este mercado no podrá eludir el análisis correspondiente a la dimensión logística propuesta en esta investigación. Esto se debe, principalmente, a que, como fue demostrado, dicha dimensión robustece los resultados y modifica la pertenencia de las terminales a cada mercado relevante.

De igual manera, los resultados de esta investigación llaman a la CRE y a la Secretaría de Energía a realizar los esfuerzos necesarios para incentivar la inversión en instalaciones de almacenamiento en mercados en donde existe una menor participación de agentes diferentes a Pemex ya conocer las causas por las que la mayoría de las terminales permisionadas aún no inician operaciones. Esta investigación brinda información útil al respecto, ya que identifica las regiones en donde es mayor la necesidad de estas instalaciones. Esta información es de particular interés para los inversionistas interesados en incursionar en este

mercado. Finalmente, es importante señalar que resultaría útil realizar los ejercicios aquí mostrados dentro de un par de años, a fin de conocer los cambios en el mercado y si estos dan lugar a nuevas condiciones de competencia.

Fuentes bibliográficas

Acuerdo por el que la Comisión Reguladora de Energía expide la Norma Oficial Mexicana NOM-016-CRE-2016, Especificaciones de calidad de los petrolíferos. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, 29 de agosto de 2016.

Acuerdo por el cual la Comisión Reguladora de Energía interpreta las definiciones de petroquímicos y petrolíferos, comprendidas en el artículo 4, fracciones XXVIII y XXIX, de la Ley de Hidrocarburos. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, 9 de junio de 2015.

Acuerdo por el que la Comisión Reguladora de Energía interpreta, para efectos administrativos, la Ley de Hidrocarburos, a fin de definir el alcance de la regulación en materia de petrolíferos y petroquímicos. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, 24 de noviembre de 2015.

Acuerdo por el que se emite la Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 12 de diciembre de 2017.

Agencia Regulatoria del Transporte Ferroviario. (2021). *Sistema Ferroviario Mexicano*. Recuperado de <http://artf.centrogeo.org.mx/mviewer/sfm>

Akimaya, M., Dahl, C. (2018). Estimating the Cross-price Elasticity of Regular Gasoline with Respect to the Price of Premium Gasoline. *Journal of Transport Economics and Policy* 52(2), 157-180.

Akman, O., Comar, T., Hrozencik, D., Gonzales, J. (2019). Data Clustering and Self-Organizing Maps in Biology. En Raina, R. y Matthew, M. (editores). *Algebraic and Combinatorial Computational Biology*. (pp. 351-374). Londres: Academic Press.

Arevalo, et al. (2020). A Memory-Efficient Encoding Method for Processing Mixed-Type Data on Machine Learning. *Entropy* 22, 1391-1412.

Basu, S. (2019). Are price-cost markups rising in the United States? A discussion of the evidence. *Journal of Economic Perspectives* 33(3), 3-22.

Biscaia, R., Mota, I. (2011). Models of spatial competition: A critical review. *FEP Working Papers* 411. Universidad de Porto.

Boongoen, T., lam-On, N. (2018). Cluster ensembles: A survey of approaches with recent extensions and applications. *Computer Science Review* 28: 1-25.

Calvano, E., Polo, M. (2020). Market power, competition and innovation in digital markets: A survey. *Information Economics and Policy*. En prensa.

Carlton, D., Perloff, J. (2016). *Modern Industrial Organization*. Essex, Inglaterra: Pearson.

CartoCrítica. (2021). *Ductos, ¿por dónde circulan los hidrocarburos en México?* Recuperado de <https://cartocritica.org.mx/2017/ductos/>

CFC. (2002a). *Sos Aerocarga Mexicana / Grupo de Desarrollo del sureste.* Recuperado de <https://www.cofece.mx/CFCResoluciones/docs/INVESTIGACIONES/V123/16/1283964.pdf>

CFC. (2002b). *Pepsi-Cola Mexicana / Coca Cola de México / Otros agentes económicos.* Recuperado de <https://www.cofece.mx/CFCResoluciones/docs/INVESTIGACIONES/V123/16/1283953.pdf>

CFC. (2002c). *Gas de Cuernavaca, S.A. de C.V. y otras. Resolución. Expediente número DE-65-2000.* Recuperado de <https://www.cofece.mx/CFCResoluciones/Docs/Asuntos%20Juridicos/V37/23/1342568.pdf>

CFE. (s.a.). *Acerca de CFE.* Recuperado de <https://www.cfe.mx/acercacfe/Quienes%20somos/Pages/historia.aspx>

Cha, S., Yoon, S., Tappert, C. (2005). Enhancing Binary Feature Vector Similarity Measures. *CSIS Technical Reports*. Ivan G. Seidenberg School of Computer Science and Information Systems.

Charrad, M., Ghazzali, N., Boiteau, V., Niknafs, A. (2014). NbClust: An R Package for Determining the Relevant Number of Clusters in a Data Set. *Journal of Statistical Software* 61(6).

Chen, X., Koebel, B. (2017). Fixed cost, variable cost, markups and returns to scale. *Annals of Economics and Statistics*, (127), 61-94.

Choi, S., Cha, S., Tappert, C. (2010). A Survey of Binary Similarity and Distance Measures. *Systemics, Cybernetics and Informatics*, 8(1), 43-48.

Criterios técnicos para el cálculo y aplicación de un índice cuantitativo para medir la concentración del mercado. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 14 de mayo de 2015.

COFECE. (2013). Resolución. PEMEX-Refinación y otro. Expediente DE-024-2010 y acumulado. Recuperado de <https://www.cofece.mx/CFCResoluciones/docs/Asuntos%20Juridicos/V75/9/1761112.pdf>

Comisión Europea. (2009). Commission Decision of 18 III 2009 relating to a proceeding under Article 82 of the EC Treaty and Article 54 of the EEA Agreement (Case COMP/39.402 – RWE Gas Foreclosure). Recuperado de https://ec.europa.eu/competition/antitrust/cases/dec_docs/39402/39402_576_3.pdf

Comisión Europea. (2010). Commission Decision of 4.5.2010 relating to a proceeding under Article 102 of the Treaty on the Functioning of the European Union and Article 54 of the EEA Agreement (Case COMP/39.317 – E.ON Gas). Recuperado de https://ec.europa.eu/competition/antitrust/cases/dec_docs/39317/39317_1942_3.pdf

Comisión Europea. (2018). CASE AT.39816 – Upstream gas supplies in Central and Eastern Europe. Recuperado de https://ec.europa.eu/competition/antitrust/cases/dec_docs/39816/39816_10148_3.pdf

Comisión Europea. (s.a.). Merger control procedures. Recuperado de https://ec.europa.eu/competition/mergers/procedures_en.html

Comisión Europea. Communication from the Commission — Guidance on the Commission's enforcement priorities in applying Article 82 of the EC Treaty to abusive exclusionary conduct by dominant undertakings. Official Journal of the European Union, 24 de febrero de 2009.

Comisión Europea. Comunicación de la Comisión relativa a la definición de mercado de referencia a efectos de la normativa comunitaria en materia de competencia. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 9 de diciembre de 1997.

Comisión Nacional de Mejora Regulatoria. (2021). Catálogo Nacional de Trámites y Servicios. Trámite CRE-20-005-A. Recuperado de <https://catalogonacional.gob.mx/FichaTramite?traHomoclave=CRE-20-005-A>

Comisión Reguladora de Energía. (2016a). Resolución por la que la Comisión Reguladora de Energía expide las disposiciones administrativas de carácter general en materia de acceso abierto y prestación de los servicios de transporte por ducto y almacenamiento de petrolíferos y petroquímicos. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 12 de enero de 2016.

Comisión Reguladora de Energía. (2016b). Acuerdo por el que la Comisión Reguladora de Energía expide la Norma Oficial Mexicana NOM-016-CRE-2016, Especificaciones de calidad de los petrolíferos. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 29 de agosto de 2016.

Comisión Reguladora de Energía. (2016c). Resolución por la que la Comisión Reguladora de Energía modifica la disposición séptima transitoria de las

Comisión Reguladora de Energía. (2016d). Mercado de Petrolíferos en México. Recuperado de <http://www.cre.gob.mx/documento/6528.pdf>

Disposiciones Administrativas de carácter general en materia de acceso abierto y prestación de los servicios de transporte por ducto y almacenamiento de petrolíferos

y petroquímicos. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 30 de marzo de 2016.

Comisión Reguladora de Energía. (2017). Flexibilización de mercado de gasolinas y diésel. Estados del centro y sur del país. Recuperado de https://www.cre.gob.mx/documento/Infografi%cc%81ainversionontransporte1_2.pdf

Comisión Reguladora de Energía. (2018a). Resolución de la Comisión Reguladora de Energía por la que se da por terminado de forma anticipada el permiso PL/19672/DIS/OM/2016 y otorga a Hidrocarburos del Sureste, S. A. de C. V., un permiso de almacenamiento de petrolíferos. Recuperado de <https://drive.cre.gob.mx/Drive/ObtenerResolucion/?id=MzdiYmZhZWYtYzU3Ni00M2YxLTE2MzQyLTI5YjJmNmQ4ODBhYw==>

Comisión Reguladora de Energía. (2018b). Resolución de la Comisión Reguladora de Energía que aprueba a Hidrocarburos del Sureste, S. A. de C. V., la propuesta de temporada abierta para el sistema de almacenamiento de petrolíferos amparado por el permiso PL/21359/ALM/2018. Recuperado de <https://drive.cre.gob.mx/Drive/ObtenerResolucion/?id=M2RIZjIzOTUtYjE2NS00OGYzLTE2NzkxLTc0OWY1YTEwMzFkMg==>

Comisión Reguladora de Energía. (2021a). Regulación y permisos CRE Hasta 28 de Febrero 2021. Recuperado de <https://www.gob.mx/cre/documentos/cre-permisos-otorgados-2014-2020>

Comisión Reguladora de Energía. (2021b). Registro público del Órgano de Gobierno. Búsqueda de permisos. Recuperado de <https://www.cre.gob.mx/Permisos/index.html>

Comisión Reguladora de Energía. (2021c). Registro público del Órgano de Gobierno. Buscador de Resoluciones. Recuperado de <https://www.cre.gob.mx/Resoluciones/index.html>

Comisión Reguladora de Energía. (2021d). Solicitudes de almacenamiento admitidas a trámite. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/537561/Solicitudes_de_permiso_admitidas_a_tramite_de_almacenamiento_de_petroli_feros.pdf

Comisión Reguladora de Energía. (2021e). Actividades reguladas en materia de petrolíferos, petroquímicos y bioenergéticos. Recuperado de <https://www.gob.mx/cre/acciones-y-programas/micrositio-para-solicitudes-de-permisos-de-transporte-distribucion-almacenamiento-expendio-y-gestion-de-p-pl-pq-y-be>

Comisión Reguladora de Energía. (2021f). Formato de obligaciones de almacenamiento de petrolíferos, petroquímicos y bioenergéticos. Recuperado de

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/346679/Formato_de_obligaciones_de_almacenamiento_de_petroli_feros_petroqu_micos_y_bioenerg_ticos.pdf

Comisión Reguladora de Energía. (2021g). Lista de permisos otorgados en materia de petrolíferos. Recuperado de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/permisos-otorgados-por-la-comision/resource/93424bcf-6120-4e62-9e72-d9a31986aaf5>

Davis, P., Garcés, E. (2010). *Quantitative Techniques for Competition and Antitrust Analysis*. Nueva Jersey, Estados Unidos de América: Princeton University Press.

Davydov, D., Weber, S. (2016). A simple characterization of the family of diversity indices. *Economics Letters* 147, 121-123.

De Loecker, J., Eeckhout, J. (2017). The rise of market power and the macroeconomic implications. NBER Working Papers.

Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones del Reglamento del Servicio Ferroviario. Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México, México, 18 de agosto de 2016.

Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley de Hidrocarburos. Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México, México, 4 de mayo de 2021.

Departamento de Justicia de los Estados Unidos de América, FTC. (2010). Horizontal Merger Guidelines. Recuperado de <https://www.ftc.gov/sites/default/files/attachments/mergers/100819hmg.pdf>

Desgraupes, B. (2017). Clustering Indices. Recuperado de <https://cran.r-project.org/web/packages/clusterCrit/vignettes/clusterCrit.pdf>

Deza, M., Deza, E. (2009). *Encyclopedia of Distances*. Londres, Inglaterra: Springer.

Dichiara, R. (2005). *Economía industrial. Conceptos y aplicaciones*. Bahía Blanca, Argentina: Editorial de la Universidad Nacional del Sur.

Disposiciones Regulatorias de la Ley Federal de Competencia Económica. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 10 de noviembre de 2014.

Domowitz, I., Hubbard, R., Petersen, B. (1988). Market structure and cyclical fluctuations in U.S. manufacturing. *The Review of Economics and Statistics*, 70(1), 55-66.

Donthu, N., Cherian, J. (1993). Differences in consumer perceptions of similarity and dissimilarity. *Marketing Letters*, 4(1), 31-38.

D'Orazio, M. (2021). Distances with mixed type variables some modified Gower's coefficients. Working paper. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/348320805_Distances_with_mixed_type_variables_some_modified_Gower's_coefficients

El Banco Mundial, OCDE. (1999). *A framework for the design and implementation of competition law and policy*. Washington D.C., Estados Unidos de América y París, Francia.

Encaoua, D., Jacquemin, A. (1980). Degree of monopoly, indices of concentration and threat of entry. *International Economic Review*, 21(1), 87-105.

Espinoza, L. (2014). Evolución de las teorías de regulación económica. Instituto de Investigaciones Socio Económicas. Documento de trabajo No. 07/14. Recuperado de http://www.iisec.ucb.edu.bo/assets/iisec/publicacion/Dt_07-14_Evolucion_de_Teorias_de_Regulacion_1.pdf

Frech III, H., Lagenfeld, J., McCluer, R. (2004). Elzinga-Hogarty tests and alternative approaches for market share calculations in hospital markets. *Antitrust Law Journal* 71(3), 921-947.

FTC. (2016). Analysis of agreement containing consent orders to aid public comment. In the matter of ArcLight Energy Partners Fund VI, L.P. File No. 151-0149, C-4563.

FTC. (2017). Analysis of agreement containing consent orders to aid public comment. In the matter of Enbridge Inc. and Spectra Energy Corp. File No. 161-0215. Recuperado de <https://www.ftc.gov/system/files/documents/cases/170216enbridgeanalysis.pdf>

FTC. (2018). Analysis of agreement containing consent orders to aid public comment. Recuperado de https://www.ftc.gov/system/files/documents/cases/1810152_marathon_analysis.pdf

FTC. (s.a.). Monopolization defined. Recuperado de <https://www.ftc.gov/tips-advice/competition-guidance/guide-antitrust-laws/single-firm-conduct/monopolization-defined>

Gallardo, J. (2011). Métodos jerárquicos de análisis cluster. *Curso de Diplomatura Estadística Teórico Práctico*. Universidad de Granada: Granada. Recuperado de <https://www.ugr.es/~gallardo/pdf/cluster-3.pdf>

Garcia, H., Sevilha, M. (2021). Cluster Analysis in Practice: Dealing with Outliers in Managerial Research. *Revista de Administração Contemporânea* 25(1).

Ginevičius, R., Čirba, S. (2009). Additive measurement of market concentration. *Journal of Business Economics and Management* 10(3), 191-198.

Gower, J. (1971). A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics* 27, 623-637.

Grabmeier, J., Rudolph, A. (2002). Techniques of Cluster Algorithms in Data Mining. *Data Mining and Knowledge Discovery* 6(1), 303-360.

Gupta, B., Lai, F., Pal, D., Sarkar, J., Yu, C. (2004). Where to locate in a circular city? *International Journal of Industrial Organization* 22, 759-782.

Hajnal, I., Loosveldt, G. (1998). An evaluation of some clustering methods for mixed mode variable data sets. *Bulletin de Méthodologie Sociologique* 58, 16-30.

Halkidi, M., Batistakis, Y., Vazirgiannis, M. (2001). On Clustering Validation Techniques. *Journal of Intelligent Information Systems* 17, 107-145.

Han, J., Kamber, M., Pei, J. (2012). *Data Mining. Concepts and Techniques*. Waltham, Estados Unidos de América: Elsevier.

Hartono et al. (2016). Finding an appropriate equation to measure similarity between binary vectors: case studies on Indonesian and Japanese herbal medicines. *BMC Bioinformatics* 17, 520-539.

Hexmoor, H. (2015). *Computational Network Science. An Algorithmic Approach*. Estados Unidos de América: Morgan Kaufmann.

Hennessy, D., Lapan, H. (2007). When different market concentration indices agree. *Economics Letters* 95(2), 234-240.

Hornik, K. (2005a). Cluster ensembles. En Weihs, C. y Gaul, W. (editores). *Classification – the ubiquitous challenge*. (pp. 65-72). Berlín: Springer.

Hornik, K. (2005b). A CLUE for CLUster Ensembles. *Journal of Statistical Software* 14(12), 1-25.

Hornik, K., Böhm, W. (2007). Hard and soft Euclidean consensus partitions. En Preisach, C., Burkhardt, H., Schmidt-Thieme, L., Decker, R. (editors). *Data Analysis, Machine Learning and Applications*. (pp. 147-154). Berlín: Springer.

Huff, D. (1963). A probabilistic analysis of shopping center trade areas. *Land Economics* 39(1), 81-90.

Hüschelrath, K. (2009). *Competition Policy Analysis. An integrated approach*. Mannheim, Alemania: Physica-Verlag.

IBM. (2020). Clustering binary data with K-Means (should be avoided). Recuperado de <https://www.ibm.com/support/pages/clustering-binary-data-k-means-should-be-avoided>

Instituto Nacional de Geografía y Estadística. (2018). Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2015. Recuperado de https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvini/egi/productos/nueva_estruc/702825006792.pdf

Instituto Nacional de Geografía y Estadística. (2021). Encuesta mensual de la industria manufacturera. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/#D104000500170010000100010>

Jacquemin, A., Berry, C. (1979). Entropy measure of diversification and corporate growth. *The Journal of Industrial Economics*, 27(4), 359-369.

Jiménez-Pérez, A. Ortiz-Arango, F. (2021). How much is Mexico really paying for the regulation in oil products transportation? Working paper.

Kaufman, L., Rousseeuw, P. (1990). *Finding groups in data. An introduction to cluster analysis*. Nueva Jersey, Estados Unidos de América: Wiley-Interscience.

Legendre, P., Legendre, L. (2012). Cluster analysis. *Developments in Environmental Modelling*, 24, 337-424.

Lesot, M., Rifqi, M. (2009). Similarity measures for binary and numerical data: a survey. *International Journal of Knowledge Engineering and Soft Data Paradigms* 1, 63-84.

Ley de Hidrocarburos. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 11 de agosto de 2014.

Ley de Puertos. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 19 de julio de 1993.

Ley Federal de Competencia Económica. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 23 de mayo de 2014.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 28 de enero de 1988.

Lijesen, M. (2004). Adjusting the Herfindahl index for close substitutes: an application to pricing in civil aviation. *Transportation Research Part E* (40), 123-134.

Limón, A. (2018). Factores que inciden en la industria de refinación en México. Recuperado de <https://ciep.mx/factores-que-inciden-en-la-industria-de-refinacion-en-mexico/>

Lindenberg, E., Ross, S. (1981). Tobin's q ratio and Industrial Organization. *The Journal of Business*, 54(1), 1-32.

Lindquist, J. (2015). *Proceedings of the 1984 Academy of Marketing Science (AMS) Annual Conference Developments in Marketing Science: Proceedings of the Academy of Marketing Science*. Nueva York, Estados Unidos de América: Springer.

Lis-Gutiérrez, J. (2013). Medidas de concentración y estabilidad de mercado: una aplicación para Excel. *SSRN Electronic Journal*

Mackenrodt, M. (2008). *Abuse of dominant position: New interpretation, new enforcement mechanisms*. Munich, Alemania: Springer.

Melnik, A., Shy, O., Steinbacka, R. (2008). Assessing market dominance. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 68, 63-72.

Monroy, J. (21 de enero de 2019). Gobierno de AMLO cierra compra en EU de 571 pipas por 85 millones de dólares. *El Economista*. Recuperado de <https://www.economista.com.mx/politica/Gobierno-de-AMLO-cierra-compra-en-EU-de-571-pipas-por-85-millones-de-dolares-20190121-0054.html>

Motta, M. (2004). *Competition Policy: Theory and Practice*. Nueva York, Estados Unidos de América: Cambridge University Press.

Naish, L. (2016). Similarity to a single set. *PeerJ PrePrints* 4, e1713v1.

Niels, G., Jenkins, H., Kavanagh, J. (2011). *Economics for competition lawyers*. Nueva York, Estados Unidos de América: Oxford University Press.

OCDE. (s. a.). Glossary of Industrial Organisation Economics and Competition Law. Recuperado de <http://www.oecd.org/regreform/sectors/2376087.pdf>

OCDE. (2012). Policy Roundtables: Market Definition. Recuperado de <http://www.oecd.org/daf/competition/Marketdefinition2012.pdf>

OCDE. (2016). Defining geographical markets across national borders. Recuperado de [https://one.oecd.org/document/DAF/COMP/WP3\(2016\)5/en/pdf](https://one.oecd.org/document/DAF/COMP/WP3(2016)5/en/pdf)

ONEXPO. (2019). Fotografía del sector gasolinero en México. Recuperado de <https://www.onexpo.com.mx/documentos/fotografia-sector-dic19.pdf>

Pang, T., Steinbach, M., Kumar, V. (2005). *Introduction to Data Mining*. Pearson.

Parra, E. (2003). *Petróleo y gas natural: industria, mercados y precios*. Madrid, España: Ediciones Akal.

Perloff, J., Karp, L., Golan, A. (2007). *Estimating Market Power and Strategies*. Nueva York, Estados Unidos de América: Cambridge University Press.

Petróleos Mexicanos. (2021). Temporadas abiertas. Recuperado de <https://www.PEMEX.com/nuestro-negocio/logistica/TemporadasAbiertas/Paginas/default.aspx>

Pirrong, S. (1959). *The economics, law, and public policy of market power manipulation*. Nueva York, Estados Unidos de América: Springer-Science+Business Media, LCC.

Pividori, M. (2016). *Ensamble de agrupamientos con aplicaciones en Bioinformática*. [Tesis de doctorado no publicada]. Universidad Tecnológica Nacional.

Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México, México, 12 de junio de 2019.

Pons, P., Latapy, M. (2005). Computing Communities in Large Networks Using Random Walks. En: Yolum ., Güngör T., Gürgen F., Özturan C. (eds) Computer and

Information Sciences - ISCIS 2005. ISCIS 2005. Lecture Notes in Computer Science, vol 3733. Springer, Berlin, Heidelberg.

Porter, R. (1983). A study of cartel stability: The Joint Executive Committee, 1880-1886. *The Bell Journal of Economics* 14(2), 301-314.

Raper, K., Love, H. (2007). Distinguishing the source of market power: An application to cigarette manufacturing. *American Journal of Agricultural Economics*, 89(1), 78-90.

Reglamento de la Ley de Puertos. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 21 de noviembre de 1994.

Reglamento de las actividades a que se refiere el Título Tercero de la Ley de Hidrocarburos. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 31 de octubre de 2014.

Rotemberg, J., Saloner, J. (1986). A supergame-theoretic model of price wars during booms. *The American Economic Review* 76(3), 390-407.

Sacristán Roy, E. (2006). Las privatizaciones en México. *Economía UNAM*, 3(9), 54-64.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2016). Reglas de Carácter General en Materia Portuaria. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 22 de noviembre de 2016.

Secretaría de Energía. (2017). Acuerdo por el que se emite la Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 12 de diciembre de 2017.

Secretaría de Energía. (2018a). Infraestructura nacional de petrolíferos, 2018. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/416897/Mapa_logistica_Sener_8_Reg_31-10-2018_Nueva_numeracion_VF.pdf

Secretaría de Energía. (2018b). Diagnóstico de la Industria de Petrolíferos en México. Parte 1. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/416899/Parte_1_vf.pdf

Secretaría de Energía. (2018c). Diagnóstico de la Industria de Petrolíferos en México. Parte 1. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/417437/Parte_2_vf.pdf

Secretaría de Energía. (2018d). Acuerdo que modifica al diverso por el que se emite la Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 29 de noviembre de 2018.

Secretaría de Energía. (2018e). Acuerdo por el que se emiten las Disposiciones Administrativas de Carácter General sobre la Evaluación de Impacto Social en el Sector Energético. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 1º de junio de 2018.

Secretaría de Energía. (2019a). Título de permiso de refinación de petróleo para la Refinería Dos Bocas. Permiso SENER-REF-007-2019. Recuperado de https://dosbocas.energia.gob.mx/Documentos/permiso_para_refinacion_de_petroleo.pdf

Secretaría de Energía. (2019b). Prontuario estadístico de petrolíferos. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/536539/Prontuario_Petroliferos_diciembre_2019_accesible_vf.pdf

Secretaría de Energía. (2019c). Acuerdo que modifica al diverso por el que se emite la Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 6 de diciembre de 2019.

Secretaría de Energía. (2021a). Sistema de Información Energética. Balance Nacional de Energía: Diésel. Recuperado de <https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=E319>

Secretaría de Energía. (2021b). Sistema de Información Energética. Balance Nacional de Energía: Gasolinas y naftas. Recuperado de <https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=E317>

Secretaría de Energía. (2021c). Permisos vigentes de importación y exportación de petrolíferos e hidrocarburos. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/625843/PERMISOS_VIGENTES_IMPORTACION_Y_EXPORTACION_DE_PETROLIFEROS_E_HIDROCARBUROS.xlsx.pdf

Secretaría de Energía. (2021d). Sistema de Información Energética. Volumen total de importación de petrolíferos. Recuperado de <https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&subAction=applyOptions>

Secretaría de Energía. (2021e). Elaboración de productos petrolíferos por refinería gas licuado; gasolina “b”; Querosenos; turbosina; Diésel; Combustóleo y otros. Recuperado de <https://www.datos.gob.mx/busca/dataset/elaboracion-de-productos-petroliferos-por-refineria-gas-licuado-gasolina-b-querosenos-turbosina>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2002). Guía para la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental del sector industrial. Modalidad: Particular. Recuperado de

<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/gindustrial.pdf>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). Norma Oficial Mexicana NOM-006-ASEA-2017, Especificaciones y criterios técnicos de seguridad industrial, seguridad operativa y protección al medio ambiente para el diseño, construcción, pre-arranque, operación, mantenimiento, cierre y desmantelamiento de las instalaciones terrestres de almacenamiento de petrolíferos y petróleo, excepto para gas licuado de petróleo. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 27 de julio de 2018.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). DISPOSICIONES Administrativas de carácter general que establecen los Lineamientos para el requerimiento mínimo de los seguros que deberán contratar los regulados que realicen las actividades de transporte, almacenamiento, distribución, compresión, descompresión, licuefacción, regasificación o expendio al público de hidrocarburos o petrolíferos. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 23 de julio de 2018.

Tan, P., Steinbach, M., Karpatne, A., Kumar, V. (2019). *Introduction to Data Mining*. Nueva York, Estados Unidos de América: Pearson.

Tibshirani, R., Walther, G., Hastie, T. (2001). Estimating the number of clusters in a data set via the gap statistic. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Statistical Methodology)* 63(2), 411-423.

Van der Bergh, R. (2017). *Comparative Competition Law and Economics*. Northampton, Estados Unidos de América: Edward Elgar Publishing.

Vega-Pons, S., Ruiz-Shulcloper, J. (2011). A survey of clustering ensemble algorithms. *International Journal of Pattern Recognition* 25(3), 337-372.

Wårell, L. (2005). Defining geographical coal markets using price data and shipments data. *Energy Policy* 33, 2216-2230.

Wauquier, J. (2007). *El refine del petróleo: petróleo crudo, productos petrolíferos, esquemas de fabricación*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.

Wittek, P. (2014). *Quantum machine learning*. Suecia: Elsevier.

Zhang, H., Zhou, Y., Feng, D. (2014). Mahalanobis distance similarity measure based distinguisher for template attack. *Security and Communication Networks* 8, 769-777.