



INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

Estudio exploratorio sobre el movimiento de hidrocarburos por autotransporte de carga en México

Elizabeth de la Torre Romero
Eric Moreno Quintero
Jared Piña Barcenas
Cesar Montiel Moctezuma
José Elías Jiménez Sánchez

Publicación Técnica No. 689
San Fandila, Qro.
2022

ISSN 0188-7297

Esta investigación fue realizada en la Coordinación de Transporte Integrado y Logística del Instituto Mexicano del Transporte, por la Dra. Elizabeth de la Torre Romero, el Dr. Cesar Montiel, el Mtro. Jared Piña Barcenás y el Dr. Eric Moreno Quintero.

Esta investigación es el producto final del proyecto de investigación interna TI 16/21: "Estudio exploratorio sobre el movimiento de hidrocarburos por autotransporte en México".

Se agradece la revisión y aportaciones del Dr. Carlos Martner Peyrelongue, coordinador de Transporte Integrado y Logística del IMT, cuyas observaciones mejoraron la calidad de este documento.

Se reconoce también el apoyo brindado por el Laboratorio Nacional de Sistemas de Transporte y Logística (SiT-LOG Lab), cuyas capacidades tecnológicas facilitaron el desarrollo de la arquitectura de sistema propuesta, así como su difusión en el sitio web del SiT-LOG Lab.

Contenido

	Página
Sinopsis.....	v
Abstract.....	vii
Resumen ejecutivo.....	ix
Introducción.....	1
1. Fuentes de información sobre autotransporte de hidrocarburos.....	3
1.1 La información estadística oficial.....	3
1.2 La carta de porte como fuente de datos.....	12
1.3 Comparación de fuentes y esquema de síntesis.....	14
2. Análisis de muestras de cartas porte.....	15
2.1 Disponibilidad de información y características.....	16
2.2 El sistema de información de cartas porte IMT-DGAF.....	18
3. Análisis y caracterización del movimiento de hidrocarburos.....	25
3.1 Estadísticas.....	25
3.1.1 Kilómetros recorridos.....	27
3.1.2 Tonelada-kilómetro.....	29
3.1.3 Flete por tonelada-kilómetro.....	30
3.1.4 Tendencia y Pronósticos del Indicador Flete/tkm.....	32
3.1.5 Movimientos Transfronterizos.....	35
3.2 Casos de estudio.....	36
3.2.1 Gas Licuado.....	36
3.2.2 Gasolina.....	38
3.2.3 Diésel.....	40
4. Desarrollos potenciales de mejoras a la información.....	43

4.1	Fuentes disponibles	43
4.2	Sistematización de la información en PEMEX	43
4.2.1	Problemática actual	43
4.2.2	Recomendaciones	44
4.2.3	Uso o diseño de aplicaciones para dispositivos móviles	44
4.2.4	Construcción de matrices origen destino.....	45
4.2.5	Identificación de fuentes de interrupción en la red y fortalecimiento de la resiliencia en el suministro.	46
4.2.6	Análisis de nuevas tecnologías para incrementar la eficiencia y la seguridad en la operación.	46
	Conclusiones y recomendaciones.....	49
	Bibliografía	51
	Anexo 1. Encuesta	55

Sinopsis

El transporte de carga constituye un factor estratégico en el desarrollo económico y social de toda nación, gran parte de estos movimientos son posibles gracias al uso de vehículos que emplean combustibles fósiles. Aunque durante los últimos años existe una presión internacional por migrar a combustibles *limpios*; esto, al menos para el transporte de carga en México, se vislumbra lejano.

Si bien, durante los últimos años se han logrado avances considerables en el rubro de incrementar el número de unidades no contaminantes, éstas se usan principalmente en la distribución local, mientras que el recorrido de largo itinerario es realizado con unidades que funcionan a base de gasolina, diésel etc.

Se prevé que al menos en México, en el corto y mediano plazo, los combustibles fósiles seguirán siendo indispensables para el transporte de carga y la movilidad de pasajeros, de manera que, la distribución de hidrocarburos es un tema de gran importancia a nivel nacional. Por lo cual, es pertinente llevar a cabo estudios que permitan conocer mejor las características del movimiento de hidrocarburos e identificar problemáticas actuales, así como proponer estrategias que propicien el transporte seguro y eficiente de combustibles a fin de asegurar el abasto en el territorio nacional.

Abstract

Cargo transportation is a strategic factor in the economic and social development of any nation, a large part of these movements are possible due to the use of vehicles that use fossil fuels. Although in recent years exists an international pressure to migrate to clean fuels. This at least for cargo transportation in Mexico seems distant.

Although considerable progress has been made in recent years in order to increasing the number of non-polluting units, these are mainly used in local distribution, while long-distance travel is carried out with units that run on gasoline, diesel etc.

Seemingly, at least in Mexico, in the short and medium term, fossil fuels will continue to be essential for cargo transportation and passenger mobility, so that the distribution of hydrocarbons is a matter of great importance at the national level. Therefore, it is pertinent to carry out studies that allow a better understanding of the characteristics of the movement of hydrocarbons and to identify current problems, as well as to propose strategies that promote the safe and efficient transportation of fuels in order to ensure supply in the national territory.

Resumen ejecutivo

En la introducción se explica el panorama actual de la importancia que tienen los combustibles fósiles en el país y se plantea la necesidad de conocer más sobre las características de los movimientos de hidrocarburos a nivel nacional.

En el capítulo 1 se analizan las fuentes de información disponibles, como son las estadísticas oficiales de la Secretaría de Energía y de PEMEX. Adicionalmente se propone como fuente alternativa de información el complemento de carta porte para identificar el movimiento por autotransporte, ya que además de especificar orígenes y destinos, es la única fuente que incluye datos de fletes cobrados en el servicio y con información para estimar el factor de carga usado en los movimientos, por lo que se ha considerado una excelente fuente de información para generar indicadores del movimiento de hidrocarburos, y puede ser de gran utilidad para identificar las características, y tendencias del transporte de hidrocarburos en la república Mexicana.

Con base en la propuesta de emplear las cartas porte para la generación de indicadores del movimiento de hidrocarburos, en el capítulo 2 se presenta un análisis de una muestra de cartas porte en el periodo 2010 – 2018, en la cual se filtraron los embarques de hidrocarburos y se presentan diversos indicadores generados con la información de cartas porte.

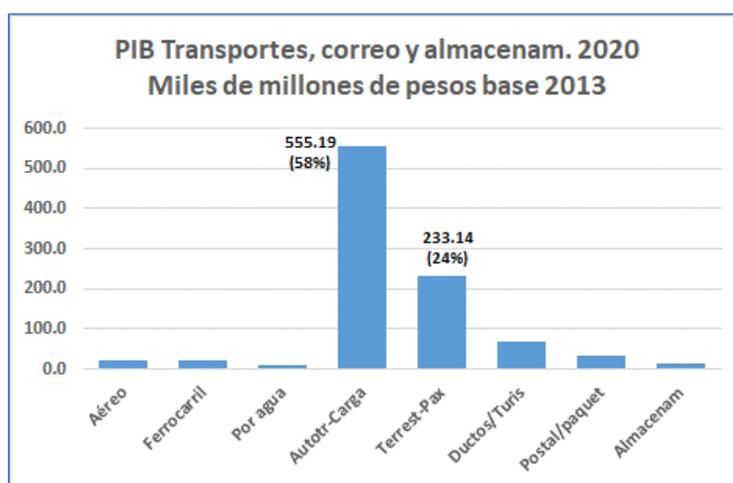
El capítulo 3 presenta un análisis y caracterización del movimiento de hidrocarburos empleando un software de análisis y visualización de datos (Tableau) donde se muestran algunos mapas, gráficos y pronósticos para evaluar el potencial que tiene la carta porte para conocer y analizar esos movimientos.

El cuarto capítulo incluye un compendio de propuestas de mejora con base en los análisis realizados, y la información obtenida de encuestas aplicadas a personal de PEMEX y portadores que brindan el servicio de transporte de hidrocarburos, además de lo observado durante la visita a tres instalaciones de distribución de hidrocarburos.

Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones resultado del estudio.

Introducción

El transporte terrestre de pasajeros y de carga, se hace por carretera y por ferrocarril; estos dos modos de transporte generan la mayor parte del PIB de la rama 48-49 Transportes, correo y almacenamiento que reporta el INEGI (INEGI, 2019). Así, en 2020 el autotransporte de carga y el transporte terrestre de pasajeros (taxi y autobuses) juntos, sumaron el 82% del total del PIB de la rama (INEGI, 2021). La distribución de aportaciones al PIB 2020 para cada sub rama se muestra enseguida (Figura I.1).



Fuente: Inegi. (2021). Sistema de Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto Trimestral. Año Base 2013. Inegi.

Figura I.1 PIB Transportes, correo y almacenamiento, 2020

La gran parte de estos traslados se hacen en vehículos que usan combustibles fósiles, ya sea por autotransporte o por ferrocarril.

Aunque durante los últimos años se ha tenido una constante presión internacional por migrar a combustibles “más limpios”; esto, al menos para México, no se observa como un escenario posible en el corto plazo, ya que en el país no hay suficiente flota adaptada a estos nuevos combustibles limpios; la mayoría de los vehículos de carga que utilizan combustibles no contaminantes en el país son principalmente para distribución local. Por lo tanto, al día de hoy, y al menos en un futuro cercano, los combustibles fósiles seguirán siendo indispensables para el transporte de carga en el entorno nacional, y la distribución de hidrocarburos seguirá siendo relevante para el país. En razón de esto, es pertinente realizar estudios para conocer mejor las características del movimiento terrestre de hidrocarburos y detectar problemáticas actuales, así como proponer estrategias que propicien el transporte seguro y eficiente de combustibles que aseguren el abasto en el territorio nacional.

Para la Dirección General de Autotransporte Federal (DGAF) de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes es de gran importancia la información estadística referente a los movimientos de carga por carretera y sus características en el territorio nacional, es por eso que promovió el desarrollo de indicadores económicos para evaluar a este subsector a través del estudio “Indicadores Económicos en el Autotransporte Federal de Carga” elaborado por el IMT. Este proyecto fue el punto de partida para proponer una serie de indicadores del autotransporte para diferentes tipos de carga, tales como: toneladas promedio, distancias recorridas, flete por tonelada-kilómetro, etc.

En dicho estudio se identificó que las cartas de porte, a diferencia de otras fuentes relacionadas con datos del autotransporte¹, era la única con datos de fletes cobrados en el servicio y con información detallada de los orígenes y destinos, además de que su obligatoriedad de uso da una cobertura nacional y en cualquier época del año. Estas características de la carta porte la destacan como una excelente fuente de información, de la que se han obtenido indicadores del autotransporte de carga, para dar seguimiento a sus cambios y tendencias.

En los análisis estadísticos de cartas porte que se han realizado anualmente entre 2010 y 2019 se han encontrado un importante número de registros de movimiento de hidrocarburos, por lo que, si bien las muestras de datos aún no logran buena representatividad, el volumen de registros de este subsector, puede aportar una primera panorámica, ya que es un volumen de datos suficiente para la caracterización de flujos.

Adicionalmente, la aprobación del nuevo modelo Carta de Porte o Comprobante para Amparar el Transporte de Mercancías Digital por Internet (CFDI) publicado en el año 2015 (DOF, 2015) y la incorporación del complemento de carta porte al CFDI, el cual inicia su vigencia el 1 de enero de 2022 (Servicio de Administración Tributaria, 2021) abre la posibilidad de que en un futuro se disponga de información de prácticamente la totalidad de los movimientos de carga al interior del país. Esto podría llevar a un panorama completo sobre el movimiento de carga, permitiendo análisis detallados para tipos de carga específicos, por ello la importancia de estudiar este tema e identificar los estudios potenciales que pudieran desarrollarse para apoyar la distribución de combustibles en el país.

El IMT, congruente con su misión de proveer soluciones al sector transporte y logístico en México a través de la investigación aplicada, propone esta investigación la cual incide en el objetivo: detonar el crecimiento, declarado en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) como primer compromiso del apartado de Economía, ya que la distribución de combustibles es crítica para el movimiento de carga y, por tanto, para la actividad económica del país.

¹ DGAF, DGST, INEGI, Canacar, Anpact, USA-BTS, Center for Transportation Research, UT Austin.

1. Fuentes de información sobre autotransporte de hidrocarburos

1.1 La información estadística oficial

“México ha enfrentado una paradoja durante varios años: es uno de los mayores productores de petróleo del mundo, pero sus reservas de hidrocarburos líquidos cubren solo el suministro de 3 a 5 días, dependiendo del combustible requerido, ya sea gasolina, diesel o turbosina. Petróleos Mexicanos (Pemex) tiene un espacio limitado para almacenar combustibles, y sus unidades de transporte y distribución son insuficientes. Además, la producción de sus refinerías aún no satisface la demanda interna” (Onexpo, 2019).

México es una gran fuente de recursos naturales no renovables, entre las que se destaca el petróleo, en este rubro, México ocupó al inicio del año 2020 el 12º lugar entre los principales productores de petróleo a nivel mundial (Secretaría de Energía [SENER], 2020) y situándose entre los cincuenta países del mundo con mayores reservas de gas (Rodicio, 2020).

De acuerdo con Santillán (2019), Pemex compra el 50% de los combustibles consumidos diariamente de los Estados Unidos, es decir, unos 390 mil barriles de gasolina. Los especialistas ven un riesgo para la seguridad interna del país, ya que cualquier variación en el flujo puede causar una escasez parcial o caótica, como ocurrió a principios del año 2019.

En México, combustibles como la gasolina, el diésel y la turbosina, son insumos clave para el transporte de personas y bienes. Las variaciones en el precio del combustible, así como su disponibilidad tienen importantes repercusiones en el desarrollo económico regional, el continuo crecimiento de la demanda de hidrocarburos, ha convertido a México en uno de los mercados más grandes de consumo de combustibles líquidos para el transporte. Para enfrentar el crecimiento de esta demanda, es urgente una mayor inversión en terminales de almacenamiento y logística de distribución.

En el año 2020 PEMEX, con la participación de privados, lograron posicionar a México como el líder del Continente en la perforación de pozos exploratorios en zonas marinas, incluso superando a los Estados Unidos de Norteamérica. (Onexpo, 2019).

La infraestructura de transporte, almacenamiento y distribución de productos petrolíferos, está compuesta por instalaciones propiedad de PEMEX Logística,

Comisión Federal de Electricidad (CFE), Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA), así como terminales de almacenamiento y distribución de empresas privadas.

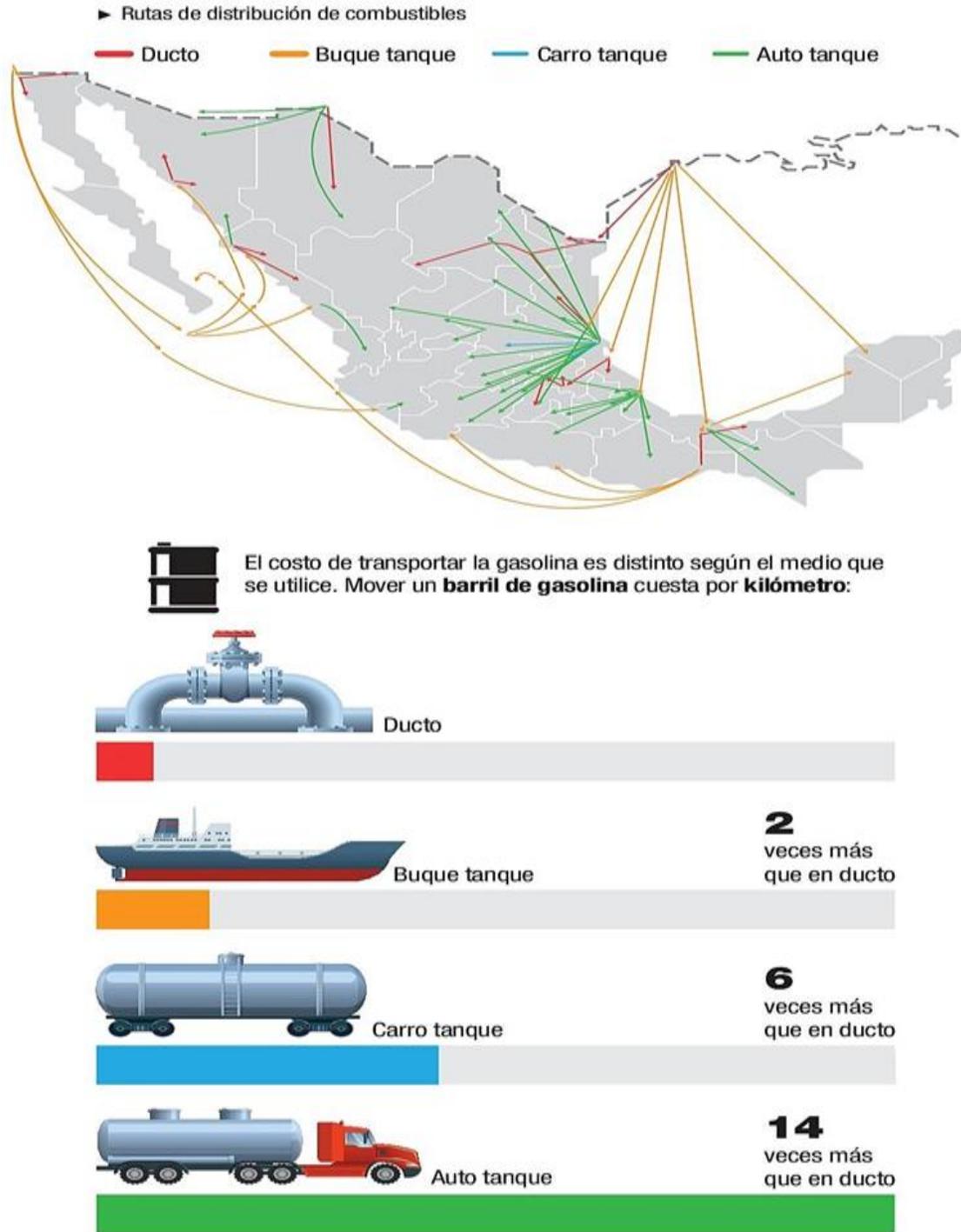
De acuerdo con datos de SENER (2020), la infraestructura de PEMEX Logística está conformada por 5 259 kilómetros de oleoductos y 8 883 kilómetros de poliductos, con una concentración importante en el Sistema Zona Sur-Golfo-Centro-Occidente. La red nacional de transporte de gas natural tiene actualmente 17 210 km. De este total, el Centro Nacional de Control del Gas Natural (CENAGAS) cuenta con 10 336 km y el resto pertenece a empresas privadas. En octubre de 2019 estaban en construcción 1 679 km: 86% al norte y 14% en la zona sur del país.

En 2019, Pemex Logistics contaba con 77 terminales de almacenamiento y distribución (SDT), que suman una capacidad operativa de 11 971 619 barriles. Esto, junto con el hecho de que no están distribuidos estratégicamente en el país, aumenta la vulnerabilidad del suministro de combustible en las grandes ciudades y comunidades remotas. (Santillán, 2019)

Actualmente México transporta combustibles principalmente por autotransporte, lo cual resulta en un mayor costo con respecto al que implicaría el transporte por oleoducto. Como se observa en la Figura 1.1. El costo de transportar gasolina por autotransporte es 14 veces mayor que si se lleva a cabo por ducto, mientras que el transporte por buque cuesta el doble del transporte por ducto y el transporte por ferrocarril cuesta 6 veces más que el ducto.

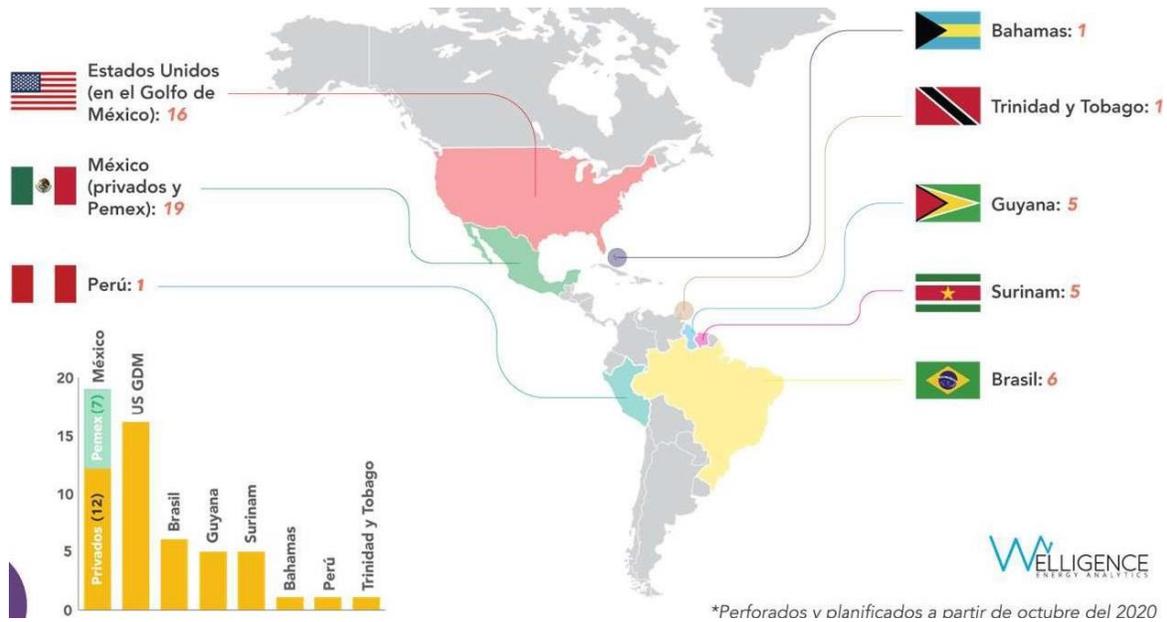
Aunque el transporte por carretera resulta ser el más costoso, su amplio uso en la distribución de combustibles puede responder a los siguientes factores:

- El costo que representa la construcción de nuevos oleoductos y la complejidad en la gestión de los trazos y derechos de paso.
- La flexibilidad que presenta el autotransporte al poder ajustar la distribución en cuanto a sus rutas y puntos de reparto, sin depender de infraestructura como los ductos o vías de ferrocarril.
- El riesgo de robo de combustible en los ductos, lo cual no solo representa una pérdida económica para el país, sino también un problema de seguridad.



Fuente: Comisión Reguladora de Energía (2017).

Figura 1.1 Rutas y costos de la distribución de combustibles



Fuente: Asociación Mexicana de Empresas de hidrocarburos (AMEXHI, 2020).

Figura 1.2 Pozos netamente exploratorios perforados y por perforar a octubre 2020

Como se observa en la Figura 1.2, México perforó 19 pozos en el 2020 colocándose como el país con mayor número de pozos perforados y colocándose por delante de Estados Unidos con 3 pozos más durante el mismo año (AMEXHI, 2020).

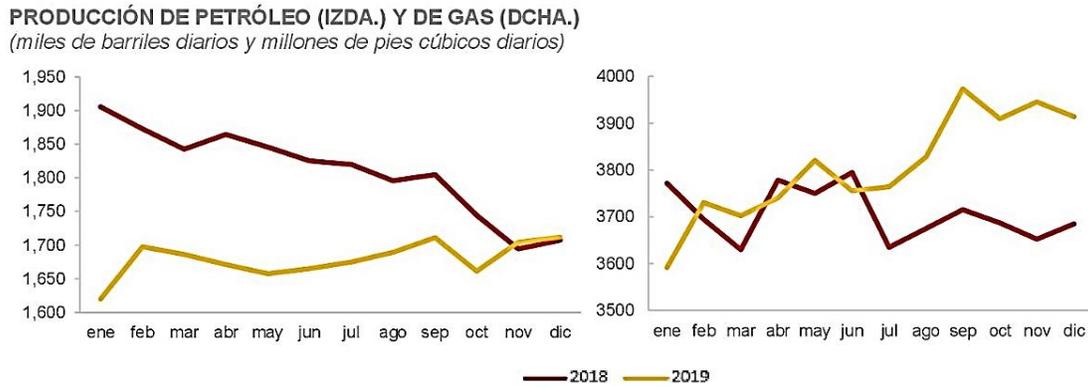
Actualmente se lleva a cabo en México una política de refuerzo tecnológico y operativo en Pemex; para refinación de combustible, transporte, almacenamiento y distribución. Muestra de ello son las negociaciones para la compra de la refinería “Deer Park” ubicada en Texas (EE.UU.) a la empresa Shell.

Además de estas grandes inversiones, también se han destinado recursos para completar las reconfiguraciones y el mantenimiento sin terminar en las refinerías de Pemex. Así como la mejora operativa de las cadenas de transporte, almacenamiento, distribución y venta.

Esta política energética tiene como finalidad aumentar la capacidad nacional de refinación para reducir las importaciones de gasolina y diésel. Para conseguirlo, se cuenta actualmente con 70 proyectos de almacenamiento privado, con una capacidad de 45.5 millones de barriles. (Onexpo, 2021)

Según la CNH (Comisión Nacional de Hidrocarburos), la producción de petróleo en México durante 2019 fue, en promedio, de 1 679 100 barriles diarios (97 % PEMEX, 3 % privados), un 7 % por debajo de los 1 810 100 barriles diarios de 2018. Como se aprecia en la Figura 1.3.

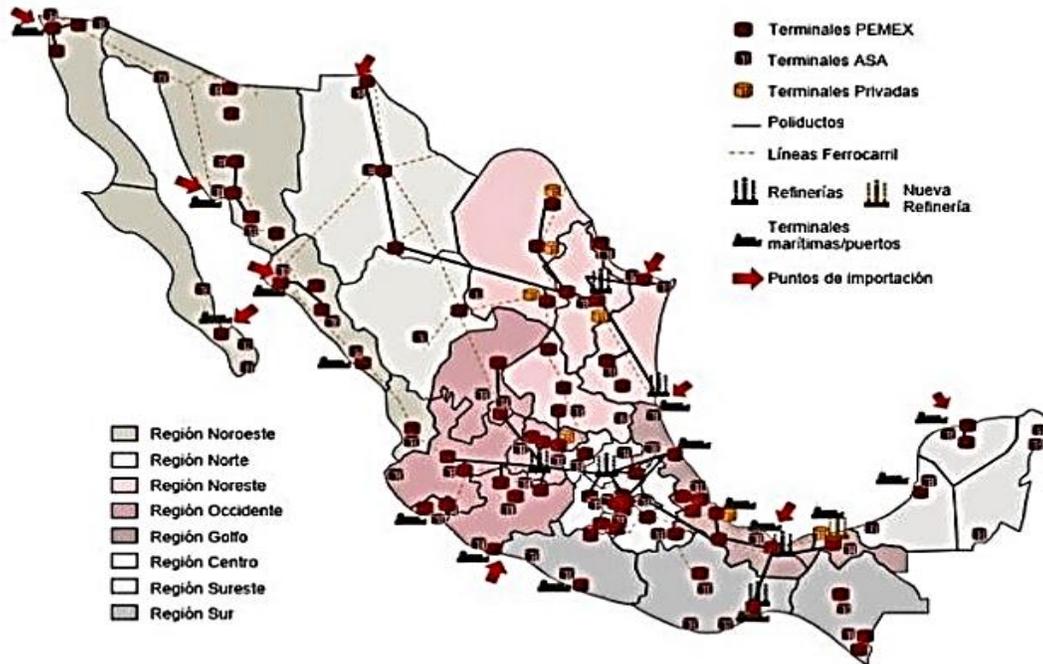
Mientras que la producción del gas aumentó un 3%, pasando de un promedio anual de 3 705 MMpcd en 2018 a un promedio anual de 3 806 MMpcd en 2019.



Fuente: Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH, 2020).

Figura 1.3 Producción de petróleo y gas en México (2018-2019)

En cuanto a la red de distribución de gas natural, en la Figura 1.4 se observa una alta concentración de nodos en la zona centro, en contraste con una escasa cobertura en los estados de Chihuahua y Durango (Región Norte).



Fuente: PWC, 2019.

Fuente: PricewaterhouseCoopers México (PWC, 2019).

Figura 1.4 Infraestructura de gas natural en México 2019

México destacaba anteriormente como productor de energía, especialmente en el rubro de los hidrocarburos; sin embargo, durante los últimos diez años, la producción ha caído a un ritmo acelerado del 4.03% en promedio, probablemente por la falta de inversión en este sector. Actualmente los hidrocarburos representan el 83.93% de toda la producción nacional, por lo que la reducción en esta producción representa un alto impacto en las finanzas del país. Se estima que de 2012 a 2019, la producción de hidrocarburos disminuyó 33.86%.

En la Tabla 1.1 se presentan datos publicados por la Secretaría de Energía (SENER) donde se observa el consumo de productos energéticos y no energéticos derivados del petróleo en 2018 y 2019. El consumo total no energético y energético son las dos variables que componen al consumo final de energía, mismo que en 2019 mostró una disminución de 10.05% al finalizar con 4 851.57 petajoules (PJ). Este flujo corresponde a la energía que se destina al mercado interno o a las actividades productivas de la economía nacional.

Tabla 1.1 Comparación de valores obtenidos de la predicción de 2019 (Petajoules)

	2018	2019	Variación porcentual (%) 2019/2018	Estructura porcentual (%) 2019
Consumo final total	5 393.45	4 851.57	-10.05	100
Consumo no energético total	109.74	90.59	-17.45	1.87
Petroquímica de Pemex	56.53	47.93	-15.20	0.99
Otras ramas	53.22	42.66	-19.84	0.88
Consumo energético total	5 283.70	4 760.98	-9.89	98.13
Transporte	2 454.70	2 027.05	-17.42	41.78
Industrial	1 680.77	1 589.45	-5.43	32.76
Residencial. Comer y pub	958. 97	952.59	-0.67	19.63
Agropecuario	189.27	191.89	1.39	3.96

Fuente: Sistema de información Energética, SENER (2020).

El consumo no energético total se refiere a aquellos productos no energéticos derivados del petróleo que son usados como insumos para la producción de diferentes bienes.

Durante el año 2019 la energía destinada para este fin tuvo una disminución de 17.45%. Los productos no energéticos representaron 72.18% de éste, los cuales incluyen: asfaltos, lubricantes, parafinas, azufre, negro de humo y otros, elaborados principalmente en las refinerías. El gas seco cubrió el 15.35%, las gasolinas y naftas el 7.37%.

Por otra parte, el consumo energético total se define como la energía destinada a la combustión para llevar a cabo procesos y actividades económicas, como el

transporte, así como la satisfacción de necesidades energéticas en la sociedad. Éste representó 54.03% del consumo nacional y 98.13% del consumo final.

En la Tabla 1.2 presenta el consumo final total por tipo de combustible para los años 2018 y 2019. Para el año 2019 las gasolinas y naftas fueron los combustibles de mayor consumo, con el 28.60%. Sin embargo, con respecto al año anterior mostraron una disminución de 13.73%, lo cual refleja la caída del consumo en el sector transporte.

El segundo energético de mayor consumo fue la electricidad con el 21.09% en 2019. El diésel representó el 12.98% de los requerimientos energéticos finales, seguido del gas seco con 11.32%.

Tabla 1.2 Consumo final total por tipo de combustible (Petajoules)

	2018	2019	Variación Porcentual (%) 2019/2018	Estructura Porcentual (%) 2019
Consumo final total	5 393.45	4 851.57	-10.05	100
Consumo no energético total	109.74	90.59	-17.45	1.87
Bagazo de caña	0.26	0.08	-70.94	0.00
Gas licuado	2.80	4.54	62.26	0.09
Gas seco	13.65	13.91	1.93	0.29
Gasolinas y naftas	5.59	6.67	19.48	0.14
Productos no energéticos	87.45	65.39	-25.22	1.35
Consumo energético total	5 283.70	4 760.98	-9.89	98.13
Carbón	186.93	121.69	-34.90	2.51
Solar	12.53	13.80	10.10	0.28
Combustóleo	11.61	15.96	37.47	0.33
Coque de carbón	47.43	57.03	20.25	1.18
Querosenos	189.77	174.96	-7.81	3.61
Coque de petróleo	132.72	116.77	-12.02	2.41
Biomasa	304.80	284.28	-6.73	5.86
Gas licuado	423.46	386.84	-8.65	7.97
Gas seco	583.11	549.35	-5.79	11.32
Electricidad	1 000.54	1 023.17	2.26	21.09
Diésel	782.59	629.77	-19.53	12.98
Gasolinas y Naftas	1 608.21	1 387.37	-13.73	28.60

Fuente: Sistema de información Energética, SENER (2020).

La Tabla 1.3 muestra el consumo de combustibles en el sector transporte fue de 2 027.05 PJ en 2019, lo cual fue un 17.42% menos que el consumo de 2018. El mayor consumo corresponde al autotransporte con un 89.15% de participación,

disminuyendo 16.61% con relación al año anterior, a excepción del eléctrico que aumento 3.08%, el resto presento reducción en su consumo.

Tabla 1.3 Consumo de energía en el sector transporte (Petajoules)

	2018	2019	Variación Porcentual (%) 2019/2018	Estructura Porcentual (%) 2019
Transporte	2 454.70	2 027.05	-17.42	100.00
Autotransporte	2 205.07	1 807.07	-18.05	89.15
Total de petrolíferos	2 202.34	1 836.62	-16.61	101.63
Gas licuado	63.07	61.08	-3.15	3.38
Gasolinas y naftas	1 606.06	1 385.19	-13.75	76.65
Diésel	533.20	390.35	-26.79	21.60
Gas seco	2.73	2.09	-23.57	0.12
Aéreo	190.74	175.85	-7.81	8.68
Total de petrolíferos	190.74	175.85	-7.81	100.00
Gasolinas y naftas	0.96	0.89	-7.18	0.51
Querosenos	189.77	174.96	-7.81	99.49
Marítimo	27.46	20.94	-23.75	1.03
Total de petrolíferos	27.46	20.94	-23.75	100.00
Diésel	24.56	18.56	-24.44	88.62
Combustóleo	2.90	2.38	-17.87	11.38
Ferrovioario	27.76	19.41	-30.08	0.96
Total de petrolíferos	27.57	19.21	-30.31	98.98
Diésel	27.57	19.21	-30.31	98.98
Electricidad	0.19	0.20	2.84	1.02
Eléctrico	3.67	3.78	3.08	0.19
Electricidad	3.67	3.78	3.08	100.00

Fuente: Sistema de información Energética, (SENER,2020).

La Tabla 1.4 en lo que se refiere al volumen transportado de hidrocarburos, según datos del anuario estadístico de Pemex 2020, comparando datos 2020 y 2019, se observa una disminución del 7.7% en el transporte marítimo, Entre los productos a la baja se encuentran el diésel, turbosina y el combustóleo. Mientras que en el transporte por ducto se registra una disminución del 7.9%, con gasolina, diésel y turbosina a la baja. En el transporte por carrotanque se registró un descenso del 16.1%; nuevamente con la gasolina y diésel; por último, en el transporte por autotanque se tuvo una disminución del 0.4% en el volumen de gasolinas y turbosinas transportadas.

Tabla 1.4 Volumen transportado de producto² (Miles de barriles)

						Variación (%)
	2016	2017	2018	2019	2020	2020/2019
Total	1 591 875	1 386 561	1 203 916	1 042 166	966 228	-7.30
Transporte marítimo	88 729	62 896	62 184	57 687	53 246	-7.70
Gasolinas	47 433	34 667	34 113	30 602	30 861	0.80
Diésel	22 402	18 411	14 539	16 042	13 014	-18.90
Turbosina	7 180	6 158	6 027	4 936	4 180	-15.30
Combustóleo	11 714	3 613	7 506	6 107	5 192	-15.00
Crudo	-	47	-	-	-	-
Transporte por ducto	1 410 150	1 214 484	1 026 108	872 922	804 387	-7.90
Gasolinas	380 999	375 377	328 837	263 207	207 168	-21.30
Diésel	147 292	134 301	120 617	86 743	64 668	-25.40
Turbosina	28 232	29 263	26 040	22 572	9 772	-56.70
Combustóleo	74 153	75 785	63 103	46 511	55 495	19.30
Crudo	779 474	599 757	487 511	453 889	467 285	3.00
Transporte por carrotanque	27 015	24 579	21 040	16 194	13 587	-16.10
Gasolinas	4 218	3 305	3 633	6 914	4 728	-31.60
Diésel	14 088	13 946	13 060	5 816	3 819	-34.30
Combustóleo	8 709	7 328	4 347	3 464	5 040	45.50

Fuente: PEMEX (2020).

Como se observa, las fuentes oficiales aportan importantes datos sobre la producción, el consumo y el transporte de hidrocarburos, sin embargo, esta información se encuentra de manera agregada, por lo que brinda un panorama muy general del sector a nivel nacional. Además, no se dispone de datos específicos que permitan tipificar y evaluar la eficiencia del sistema actual de distribución de hidrocarburos, los cuales ayudarían a generar información útil para el diseño de estrategias encaminadas a la reducción de costos en la distribución de combustibles. Más aún, se lograría la identificación de puntos vulnerables y el diseño de planes de contingencia que permitan a la cadena de suministro de energéticos tener una mejor resiliencia, a fin de enfrentar de manera exitosa eventos disruptivos que pudieran presentarse y asegurar la no interrupción de suministros energéticos en el territorio nacional.

² Volúmenes reales transportados

1.2 La carta de porte como fuente de datos

El seguimiento del movimiento de carga en el autotransporte ha representado un reto para la generación de estadística del transporte, pues a diferencia de otros modos de transporte, este servicio es proporcionado por un amplio número de empresas permisionarias dispersas a lo largo del territorio nacional. Por esta razón, obtener información sobre el movimiento de carga por carretera, es una labor bastante difícil.

A finales de 2009, el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) entregó a la Dirección General de Autotransporte Federal (DGAF) el estudio TE-10/09: “Construcción de Indicadores Económicos del Autotransporte Federal. Fase 1. Carga”. Dicho trabajo, de interés para la DGAF en relación a sus políticas de fomento al buen desempeño del autotransporte de carga, llevó a una primera propuesta de generar indicadores para este subsector, siendo estos: De estructura, Macroeconómicos, Operativos, De productividad y De eficiencia. A raíz de este estudio la DGAF solicitó al IMT analizar una muestra de Cartas de Porte del año 2009 para examinar su potencial para originar indicadores del autotransporte federal de carga y así disponer de información estadística referente a los movimientos de carga por carretera y sus características en el territorio de México. El análisis confirmó la utilidad de este documento para obtener datos importantes.

En el año 2010 el IMT nuevamente recibe la solicitud de la DGAF para iniciar con un estudio de análisis de muestra de cartas de porte lo que da paso a una secuencia de estudios denominados “Análisis Estadístico de Cartas de Porte del Autotransporte Federal de Carga”.

Este requerimiento impulsó el desarrollo de indicadores económicos para evaluar a este subsector, en este sentido, el estudio “Indicadores Económicos en el Autotransporte de Federal de Carga” elaborado por el IMT, fue el punto de partida para proponer una serie de indicadores capaces de evaluar aspectos del autotransporte de carga, tales como: la evaluación de su desempeño, la identificación de tendencias, el avance hacia metas y objetivos predefinidos, la detección de problemas y la determinación del estado en que se encuentra, etc.

Las cartas de porte a diferencia de otras fuentes³, es el único documento con datos específicos por embarque como: flete cobrado por el servicio, descripción de la mercancía, toneladas, origen y destino, etc., por lo que resulta una excelente fuente de información, de la que se han venido generando indicadores relacionados con el movimiento de mercancías, como:

- Flete tonelada-kilómetro promedio por estado origen;
- Flete tonelada-kilómetro promedio por tipo de carga;
- Toneladas promedio por tipo de carga;

³ DGAF, DGST, INEGI, CANACAR, ANPACT, USA-BTS, TEXAS CENTER.

- Toneladas promedio por origen;
- Principales flujos origen-destino por tipo de mercancía;
- Distancia promedio por origen;
- Distancia promedio por tipo de mercancía.

Dichos indicadores entre otros, han permitido dar seguimiento a los cambios y las tendencias del autotransporte de carga en el país. Adicionalmente, se han realizado análisis exploratorios para aprovechar el potencial de la información obtenida. Un ejemplo de ello son los estudios de cohorte y los ensayos para la construcción de matrices origen destino, las cuales serían un apoyo importante para la planeación del transporte de carga.

La carta de porte es un documento obligatorio para el transporte de carga en territorio nacional. Los datos básicos que contiene se especifican en el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales. Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal y Servicios Auxiliares en el Art. 74 vigente, y estos son:

- Nombre de la empresa transportista;
- Origen y destino del movimiento (población y estado);
- Descripción de la carga, peso y en algunos casos el valor de la misma;
- Costo del flete cobrado por el servicio;
- Fecha del movimiento.

Las muestras de cartas de porte analizadas año con año, han sido recolectadas por la DGAF por medio de los Centros SCT, ya que estos centros tienen presencia en cada identidad federativa, mantienen vinculación con las empresas transportistas y disponen de un padrón de las empresas registradas en cada estado. La Carta de Porte también puede servir como factura, en cuyo caso debe cumplir requisitos fiscales señalados por el Servicio de Administración Tributaria (SAT).

Desde el año 2019, se ha realizado un esfuerzo de trabajo en conjunto con la DGAF y la secretaria de Hacienda y Crédito Público (SHCP) para lograr obtener cartas de porte en formato electrónico, e incluir un mayor número de cartas en el análisis estadístico, y así, poder caracterizar en mejor medida al autotransporte de carga en México.

Entre los tipos de carga recurrentes en la base de datos, corresponden a la categoría de hidrocarburos, destacando los movimientos de combustibles en pipas, por lo que resulta conveniente hacer uso de las bases de datos disponibles de cartas de porte para realizar un análisis del movimiento de este tipo de carga particular y abonar al conocimiento de dicho sector e identificar áreas de oportunidad para la realización de estudios futuros.

1.3 Comparación de fuentes y esquema de síntesis

Al comparar las diferentes fuentes estadísticas, en particular INEGI, PEMEX, DGAF y Cartas Porte, se determina que cada una cuenta con sus propias ventajas (Véase la Tabla 1.5). Con respecto a las dos primeras, permiten conocer los grandes totales y dimensionar la importancia del sector, así como conocer el volumen de la demanda existente.

Tabla 1.5 Cuadro comparativo

	INEGI(miles de litros)				PEMEX(miles de barriles)				C.P.(toneladas)		
	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019
Gas Licuado	970	591	471	342	129*	112*	100*	95*	37 294	7 683	3 125
Gasolinas	14 016 152	11 629 637	11 668 913	10 797 687	466 198	430 639	369 603	309 636	58 505	11 699	8 247
Diésel	8 950 331	6 765 037	7 607 877	6 607 362	197 543	176 737	134 807	108 748	13 824	4 915	2 772
Turbosina	2 206 368	2 012 249	1 706 289	1 019 308	35 432	32 432	27 654	13 988			
Combustóleo	12 604 850	10 725 521	8 737 560	9 905 494	87 583	87 583	56 213	66 572			

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (<https://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>), PEMEX(Anuario_Estadístico_2020), datos de registros de C.P. (Análisis Estadístico de Cartas de Porte).

Desafortunadamente, en datos abiertos no se sabe hasta qué nivel de detalle se maneja la información o si se realizan estudios para mejorar la distribución de energéticos. Tampoco se sabe si existe un conjunto de indicadores de desempeño a los cuales se dé seguimiento para conocer las tendencias y la eficiencia de las operaciones relacionadas con la distribución de hidrocarburos. En este sentido, el Análisis Estadístico de Cartas Porte podría aportar información fina que permitiría conocer detalles sobre el movimiento de hidrocarburos y generar indicadores para dar seguimiento a las tarifas, kilómetros promedio recorridos por embarque, tonelaje promedio, entre otros datos de interés.

Actualmente la principal deficiencia de usar la carta porte como fuente de información es la falta de muestras representativas, no obstante, esta situación podría subsanarse próximamente a través de la implementación del complemento carta porte que ya forma parte del CFDI como comprobante de ingresos.

2. Análisis de muestras de cartas porte

Las cartas de porte recolectadas cada año (a partir del 2011 hasta el 2021) con información de embarques del año inmediato anterior, han sido obtenidas gracias a la gestión de la Dirección de Planeación (DGAF-SICT), quienes se dan a la tarea de solicitar a los Centros SICT la recolección de cartas de porte sobre personas físicas y morales. De esta manera, el IMT recibe una muestra de cartas porte, de las cuales se realiza una depuración, seleccionando únicamente las que cuentan con los requerimientos mínimos para su captura, mientras que cierto porcentaje se descarta debido a que presentan información incompleta o ilegible.

La recolección se lleva a cabo de acuerdo con la metodología propuesta por el Instituto Mexicano del Transporte, con el objetivo de poder contar con una mayor cobertura y representatividad. Sin embargo, por distintos factores fuera del alcance de las instituciones involucradas, no se logra cumplir totalmente con el diseño muestral propuesto.

La colecta de cartas de porte se realiza con base en un muestreo estratificado donde los estratos propuestos son las flotas de carga en los estados de origen de los movimientos. De esta forma, resultan 32 estratos: $N_1, N_2, N_3, \dots, N_{32}$ donde N_k es el número de vehículos registrados en el estado k , y la suma de vehículos en los estratos $N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_{32} = N$ es el tamaño de la flota total registrada en el servicio de carga general y carga especializada.

Para el cálculo del tamaño total de la muestra n , se requiere que se especifique una cota B para el error de estimación del parámetro. A partir del valor de la cota de error B y conociendo el tamaño de cada uno de los estratos N_k , se procede a realizar el cálculo del tamaño n de la muestra total con la siguiente fórmula (Scheaffer y otros, 2007):

$$n = \frac{\sum_{k=1}^{32} N_k \sigma_k^2}{N \left(\frac{B}{1.96} \right)^2 + \frac{1}{N} \sum_{k=1}^{32} N_k \sigma_k^2}$$

Las varianzas σ_k^2 mostradas en la fórmula hacen referencia a las toneladas reportadas en las cartas de porte del año inmediato anterior. Usar la afijación proporcional implica asignar los tamaños de muestra a los estratos en proporción al tamaño de estos. Por lo tanto, con los 32 estratos correspondientes a las flotas vehiculares registradas en las 32 entidades federativas del país y con el tamaño de muestra n , se procede a calcular el tamaño de la muestra n_k en cada estrato de la siguiente forma:

$$n_k = n \left(\frac{N_k}{N} \right), \quad k = 1, 2, 3, \dots, 32$$

A partir de las muestras se determina una cuota de cartas a cada estrato y, a cada entidad federativa se le asigna una muestra con dos componentes. El primero corresponde a personas físicas y el segundo a personas morales, cada uno con un tamaño proporcional al número de permisionarios registrados por cada estado.

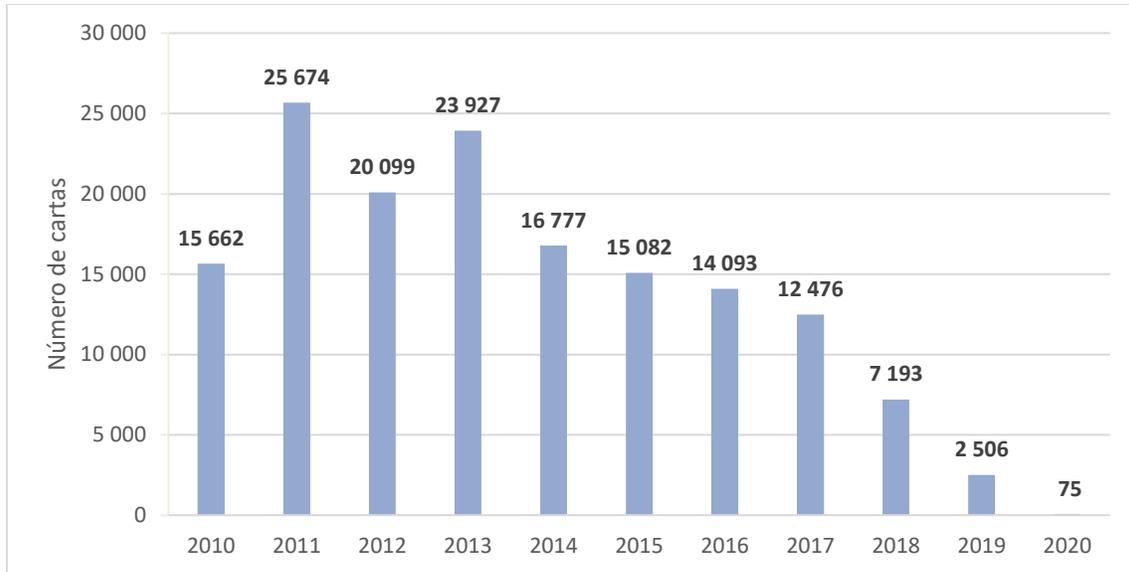
Finalmente, se indica un número de informantes de cada tipo (personas físicas y morales), de modo que cada informante aporte 5 cartas, a fin de limitar criterios discrecionales de permisionarios que aporten las cartas. Cabe señalar, que los informantes deben ser elegidos al azar.

Es importante mencionar que en el año 2021 el Servicio de Administración Tributaria (SAT) junto con la Dirección General de Autotransporte Federal (DGAF), impulsaron el nuevo formato digital denominado *Complemento carta porte*, el cual se tenía proyectado iniciara su aplicación obligatoria para todos los transportistas en el mismo año, sin embargo, esta medida fue postergada para el año 2022.

Para el año 2023 se espera que ya se cuente con información del complemento carta porte en su nuevo formato digital, correspondiente al ejercicio fiscal 2022 y se espera que esta misma sea proporcionada por parte del SAT para llevar a cabo el análisis estadístico de cartas porte. De lo contrario, es posible que sea complejo recabar información de la manera tradicional, ya que con este nuevo formato se busca que la misma carta porte se genere de manera digital y el conductor de la unidad pueda mostrar ésta en su dispositivo móvil, por lo que ya no se contaría con copias impresas, que son las que regularmente eran recolectadas.

2.1 Disponibilidad de información y características

En la base de datos del proyecto de cartas porte se dispone de información a partir del año 2010 hasta el 2020. Como se muestra en la Figura 2.1, en el primer año del estudio se contó con 15 662 cartas, aumentando el tamaño de la muestra para el año 2011 con 25 674 cartas, y siendo esta la colecta más grande hasta la fecha. En el año 2012 hubo una disminución con respecto al año anterior, ya que la muestra fue de 20,099 cartas y para el 2013 hubo otro aumento del tamaño de muestra a 23 927 cartas. A partir del 2014 se presenta una disminución del número de cartas hasta llegar al año 2020 que a causa de la pandemia de COVID19 la recolección de cartas de porte se vio afectada, ocasionando que en del año 2019 solo se pudieran recuperar 2 506 cartas y del año 2020 tan solo 75.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.1 Número de cartas de porte por año

En cuanto a la información disponible, en una carta de porte se puede consultar:

- El tipo de carga;
- peso;
- flete;
- dirección postal del origen y el destino;
- datos fiscales del transportista;
- fecha del viaje;
- y datos del vehículo (como las placas y el modelo).

Esta información permite realizar informes estadísticos anuales, en los cuales se incluyen indicadores como:

- Número de embarques por tipo de carga;
- Tonelada promedio por tipo de carga;
- Tonelada promedio por estado origen;
- Distribución anual de distancia promedio;
- Distancia promedio por estado origen nacional;
- Distancia promedio por tipo de carga;
- Tonelada-kilómetro promedio por estado origen nacional;
- Flete por tonelada-kilómetro promedio por estado origen;
- Flete por tonelada-kilómetro promedio por tipo de carga;
- Número de embarques por par, México-EUA;
- Tipo de carga con mayor número de embarques, México-EUA;
- Tonelada-kilómetro promedio por estado origen, México-EUA;
- Número de embarques por par, EUA-México;

- Número de embarques por tipo de carga, EUA-México.

También se aprovecha la información disponible para realizar análisis de matrices origen-destino, estudios de cohorte y series de tiempo.

2.2 El sistema de información de cartas porte IMT-DGAF

El proyecto de cartas de porte dio como producto un sistema de captura y consulta de la información de cartas de porte, el cual se encuentra disponible para algunos miembros de la DGAF e involucrados en el proyecto.

En primer lugar, el sistema cuenta con un módulo de captura de cartas de porte, el cual es utilizado para la digitalización de las cartas físicas recolectadas año con año. Dicho modulo permite al personal que realiza las capturas ingresar nuevas cartas, nuevos clientes y nuevos transportistas. En la Figura 2.2 se muestra la máscara para realizar la captura de cartas porte. El sistema permite al personal seleccionar el transportista de entre la lista de datos históricos y en caso de no existir registros anteriores, se puede agregar uno nuevo. De igual manera se puede seleccionar el cliente o agregarlo.

Después esta la sección para agregar la información correspondiente con el vehículo como son las placas (también de las cajas en caso de ser un vehículo articulado), número económico, posible configuración, modelo, y toneladas. Más adelante se encuentra la sección para los datos de la carga como son: el peso, tipo de carga, descripción, si se considera especializada y el flete declarado.

En cuanto a la ruta se ingresa el país, estado y localidad, tanto del origen como del destino y se captura la distancia estimada. La distancia para viajes nacionales se estima con el sistema de traza tu ruta de la SICT y para los viajes que presentan origen o destino fuera de México con el sistema MapQuest.

Por último, se ingresa la información del flete declarado, el cual se desglosa con el importe, IVA, IVA calculado, sub-total, IVA retenido, total, moneda y alguna nota adicional sobre la carta de porte en cuestión.

Datos del Transportista

R.F.C.

Nro. de carta

Fecha registrada

Datos del Cliente

Remitente

Domicilio

R.F.C.

Destinatario

Domicilio

R.F.C.

Datos del Vehículo de transporte

Peso transportado

Toneladas

Configuración

modelo

Número económico

Tractocamión

Caja 1

Caja 2

Placa(s)

Tractocamión

Caja 1

Caja 2

Datos de la Carga transportada

Tipo de carga

Descripción

Seleccione una medida

Clase de carga

General

Especializada

Costo declarado

Costo

Tipo de Divisa

Datos de la Ruta

Punto de origen

Punto de destino

Distancia

 Kms

Datos del Flete declarado

Importe	IVA	IVA Calculado	subTotal	IVA Retenido	Total	
<input type="text" value="\$00000.00"/>	<input type="text" value="Selec"/>	<input type="text" value="\$00000.00"/>	<input type="text" value="\$00000.00"/>	<input type="text" value="\$0000.00"/>	<input type="text" value="\$00000.00"/>	<input type="radio"/> MXN <input type="radio"/> USD

Notas adicionales

Fuente: Sistema de información de cartas porte IMT-DGAF.

Figura 2.2 Máscara de captura de cartas de porte

En la sección de consulta los usuarios cuentan con cinco opciones: origen-destino, tipo de carga, tonelada promedio, origen y otros. En la opción por origen-destino se puede seleccionar el año de los datos a consultar, el origen y/o el destino (véase la Figura 2.3). En la Figura 2.4 se presenta un ejemplo de consulta, los datos corresponden al año 2018 y se estableció como origen el estado de Querétaro y como destino San Luis Potosí. En la gráfica se muestra el total de toneladas intercambiadas por tipo de producto entre los estados seleccionados.

Consulta por **ORIGEN - DESTINO**

2018

por Origen
 por Origen-Destino

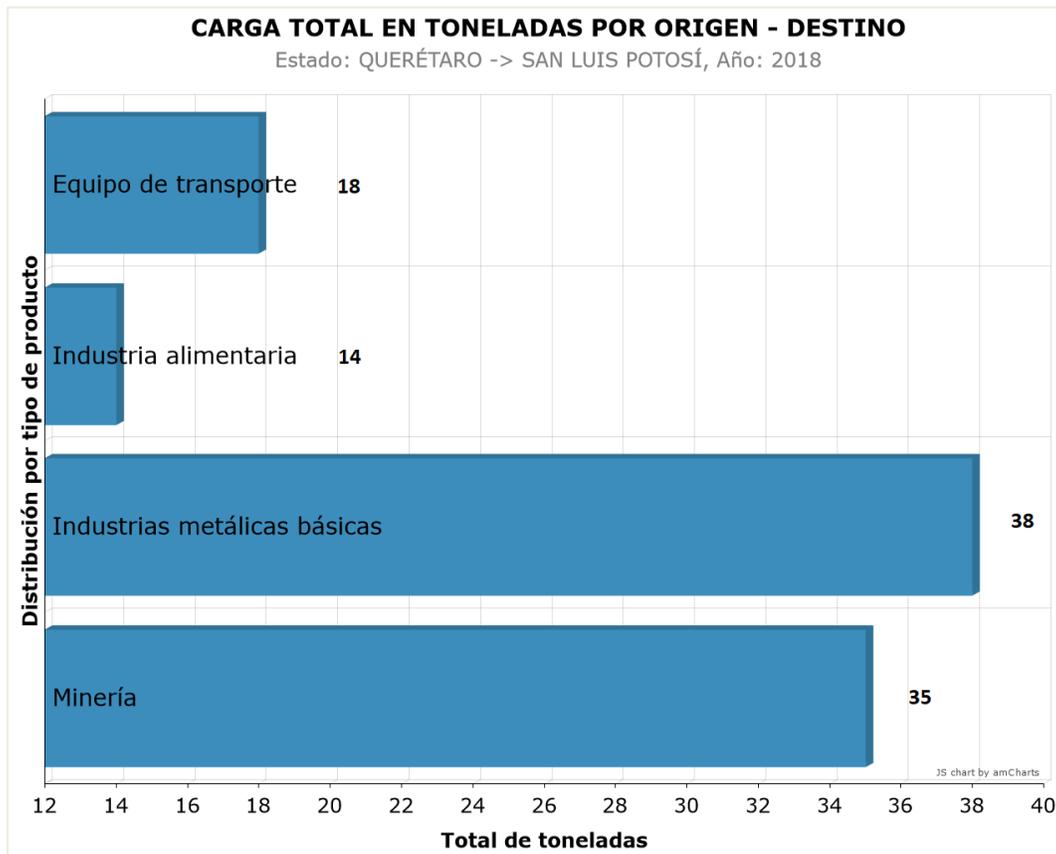
ORIGEN

MÉXICO

QUERÉTARO

Fuente: Sistema de información de cartas porte IMT-DGAF.

Figura 2.3 Menú de la opción de consulta por origen-destino



Fuente: Sistema de información de cartas porte IMT-DGAF.

Figura 2.4 Ejemplo de consulta por origen-destino, Qro-SLP

En la opción por tipo de carga se permite seleccionar el año de los datos, el tipo de producto y elegir una de los tres indicadores: tonelada total por estado, tonelada total por mes y distancia promedio por estado (Figura 2.5). En la Figura 2.6 se presenta como ejemplo la distancia promedio por estado del tipo de carga clasificada como equipo de transporte. En este caso se muestran solo los estados que presentaron registros del tipo de carga en el año en cuestión.

Consulta por **TIPO DE CARGA**

Seleccione un año

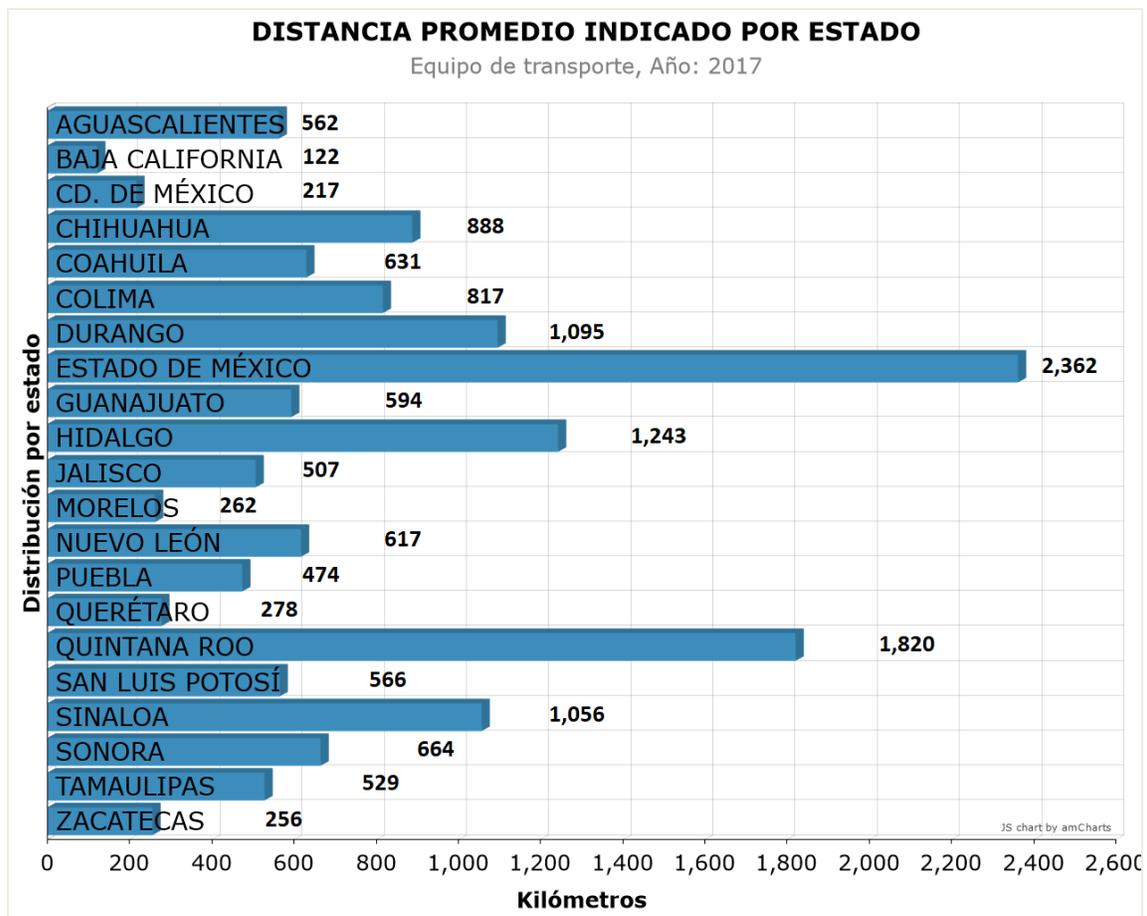
Tonelada Total por Estado
 Tonelada Total por Mes
 Distancia Promedio por Estado

CLASIFICACIÓN

Seleccione la categoría de carga

Fuente: Sistema de información de cartas porte IMT-DGAF.

Figura 2.5 Menú de la opción de consulta por tipo de carga



Fuente: Sistema de información de cartas porte IMT-DGAF.

Figura 2.6 Ejemplo de consulta por tipo de carga "Equipo de transporte"

La siguiente opción disponible es la consulta por tonelada promedio, la cual permite visualizar el indicador por estado origen o tipo de carga (Figura 2.7). En la Figura 2.8 se muestra la consulta de ejemplo de los productos derivados del petróleo y del carbón del año 2017.

Consulta por: **TONELADA PROMEDIO**

2017

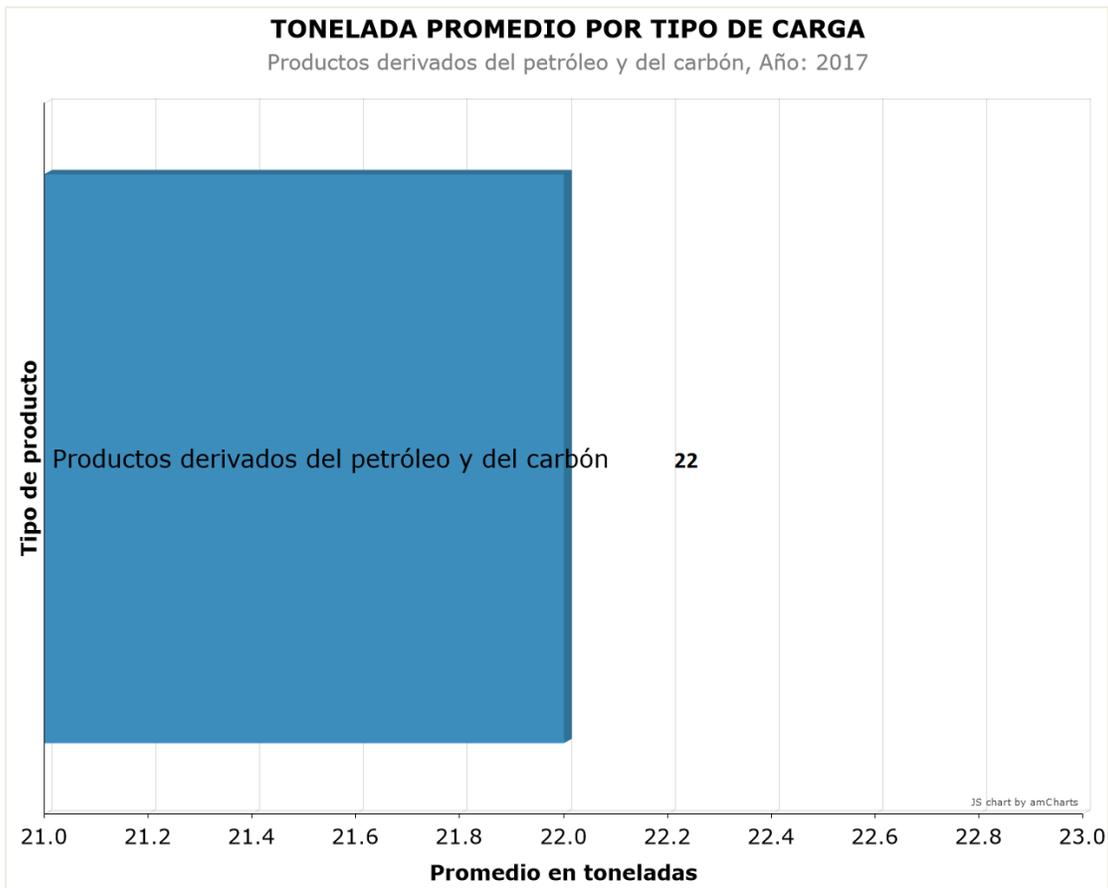
Por Estado de Origen
 Por Tipo de Carga

ORIGEN

País

Fuente: Sistema de información de cartas porte IMT-DGAF.

Figura 2.7 Menú de la opción de consulta por tonelada promedio



Fuente: Sistema de información de cartas porte IMT-DGAF.

Figura 2.8 Ejemplo de consulta por tonelada promedio por tipo de carga

La tercera opción de consulta es por origen y permite generar gráficas de un año en específico, ya sea para el caso nacional o internacional de seis diferentes indicadores, los cuales son: número de cartas, distancia promedio, flete promedio, tonelada promedio y flete por tonelada-kilómetro (Figura 2.9). En la Figura 2.10 se muestra el ejemplo de consulta por origen internacional del total de cartas del año 2018.

Consulta por **ORIGEN**

2018

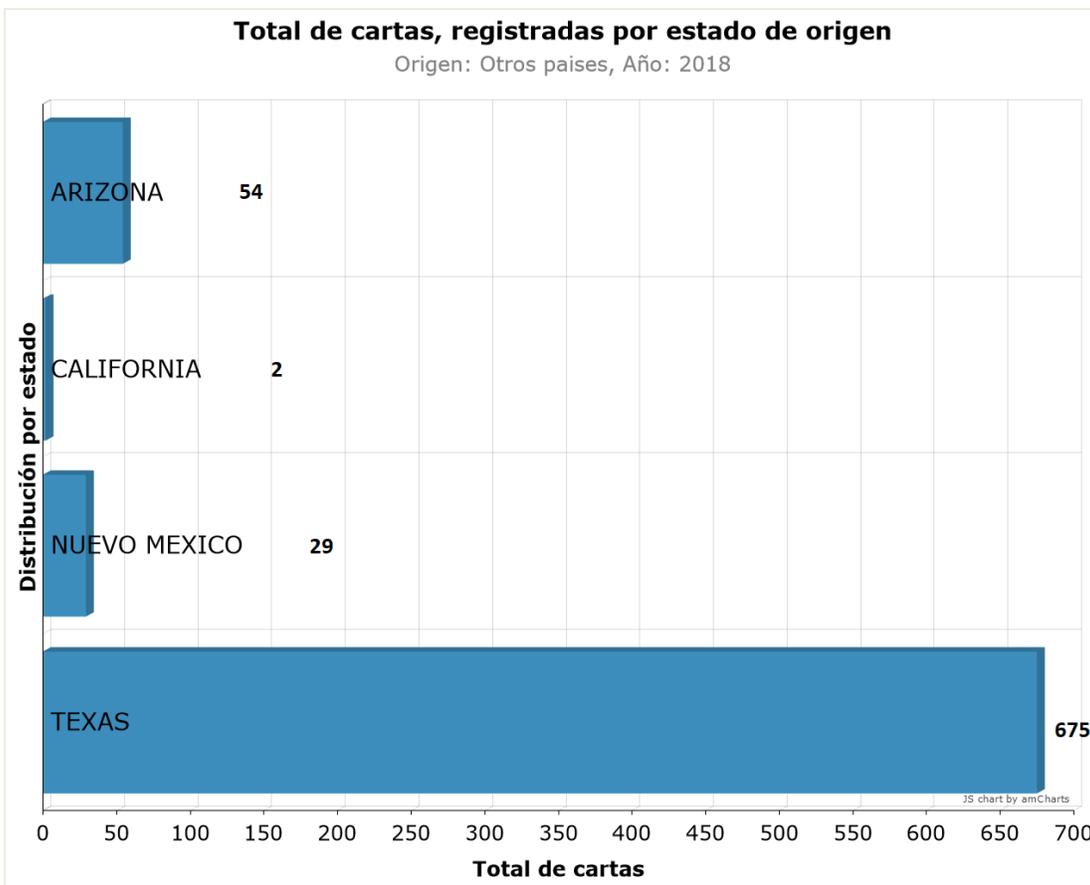
Nacional
 Extranjero

NÚMERO DE CARTAS
 DISTANCIA PROMEDIO
 FLETE PROMEDIO

TONELADA PROMEDIO
 FLETE POR TON-KM

Fuente: Sistema de información de cartas porte IMT-DGAF.

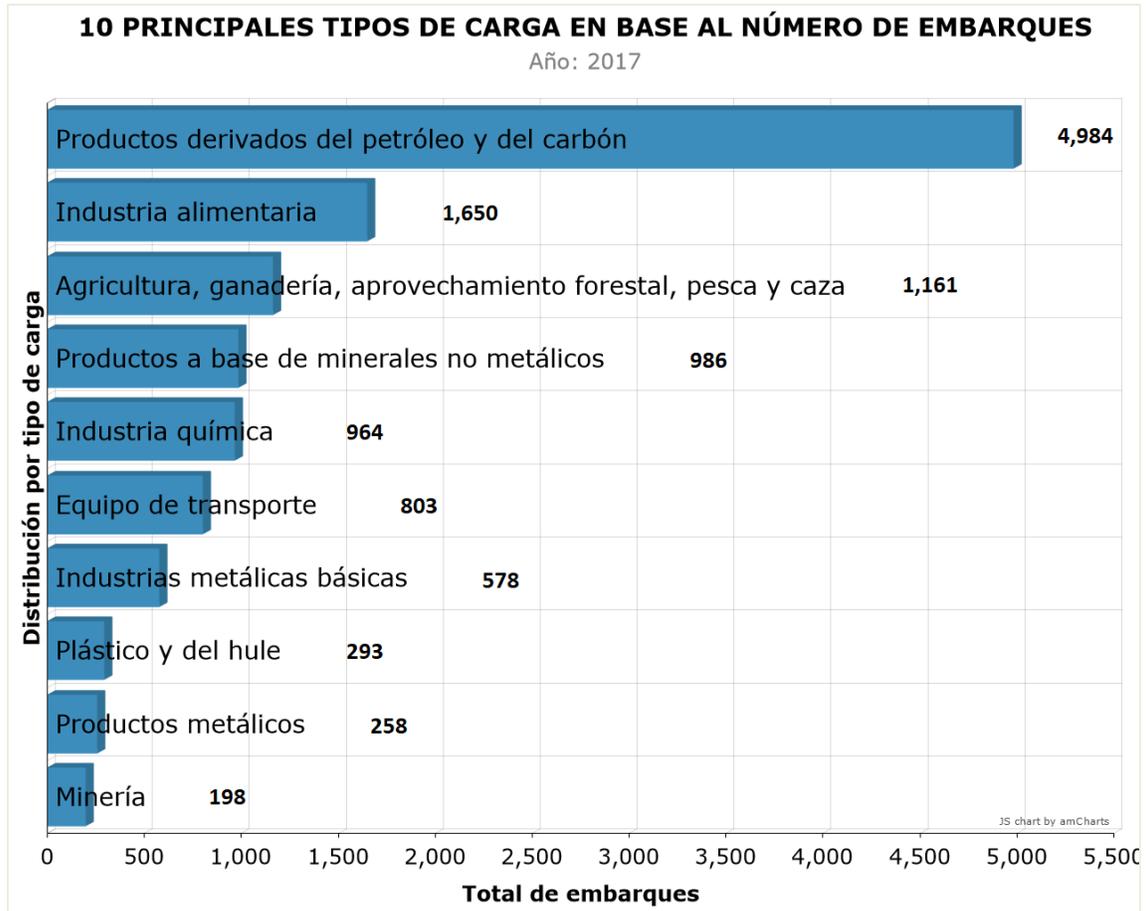
Figura 2.9 Menú de la opción de consulta por origen



Fuente: Sistema de información de cartas porte IMT-DGAF.

Figura 2.10 Ejemplo de consulta por origen en el extranjero y total de cartas

La última opción de consulta disponible se nombró como “otros” y presenta dos opciones específicas: la primera muestra las 10 principales clasificaciones con base en las toneladas totales; y la otra opción son las 10 principales clasificaciones con base en el número de embarques. En la Figura 2.11 se presenta la consulta de ejemplo del número de embarques por tipo de carga del año 2017.



Fuente: Sistema de información de cartas porte IMT-DGAF.

Figura 2.11 Ejemplo de consulta por principales tipos de carga

El sistema de consulta se mantiene en continua actualización incluyendo nuevos indicadores a petición de los usuarios. El tener acceso a las cartas porte recolectadas por el SAT representará un reto para este sistema, ya que se tendrá que adaptar los algoritmos para brindar un buen desempeño en las consultas que realicen los usuarios, dada la cantidad de datos que se tiene contemplado recibir. Y también abre la puerta a considerar nuevos análisis e indicadores para los tomadores de decisiones.

3. Análisis y caracterización del movimiento de hidrocarburos

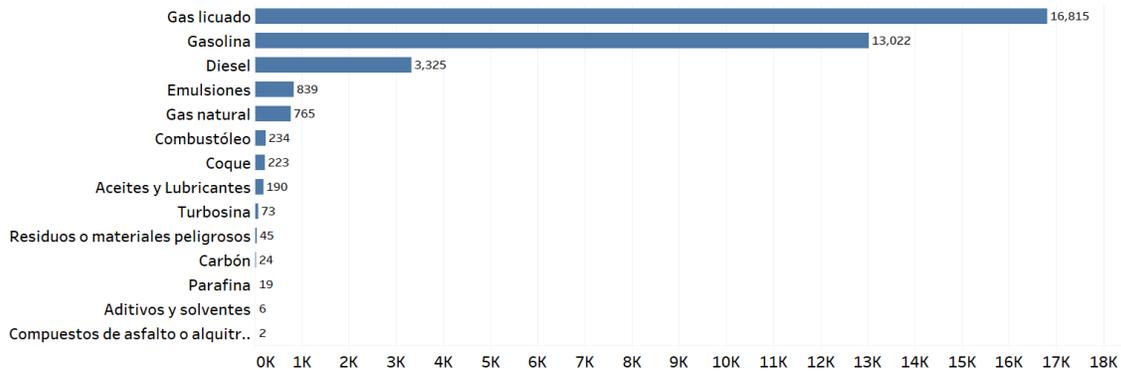
A continuación, se presentan los indicadores más importantes relacionados a la descripción de los movimientos internos y externos de los hidrocarburos. Dentro de estos indicadores se seleccionaron las variables relevantes de las cartas porte, tales como la cantidad de embarques, el peso promedio, la distancia recorrida, el flete, así como la clasificación de las cartas de acuerdo a si eran importaciones, exportaciones, o traslados dentro del país.

El análisis de las cartas porte con información de hidrocarburos utiliza tres enfoques: un análisis desde el indicador de flete por tonelada-kilómetro; un análisis temporal, considerando las cartas existentes del 2010 al 2019⁴ y generando algunos pronósticos; y finalmente un análisis de los movimientos transfronterizos y traslados dentro del país; con el objetivo de identificar el comportamiento de este tipo de productos desde diferentes perspectivas. (De la Torre, E., Barrón M. y Piña, J., 2019)

3.1 Estadísticas

Los datos de cartas porte han mostrado que los “Productos derivados del petróleo y del carbón” son el tipo de carga con mayor número de embarques registrados en las muestras obtenidas a lo largo de los años, exceptuando el año 2020; dentro de este tipo de carga, se identificaron 3 tipos y 14 subtipos/clases, de los cuales, la mayor cantidad de registros se identifican en el traslado de Gas Licuado con una cantidad de 16 815 viajes, y la “Gasolina” con 13 022 viajes, tal como se muestra en la Figura 3.1. Esta última clase, representa los registros que incluían en su información “Gasolina” incluyendo las categorías Magna y Premium.

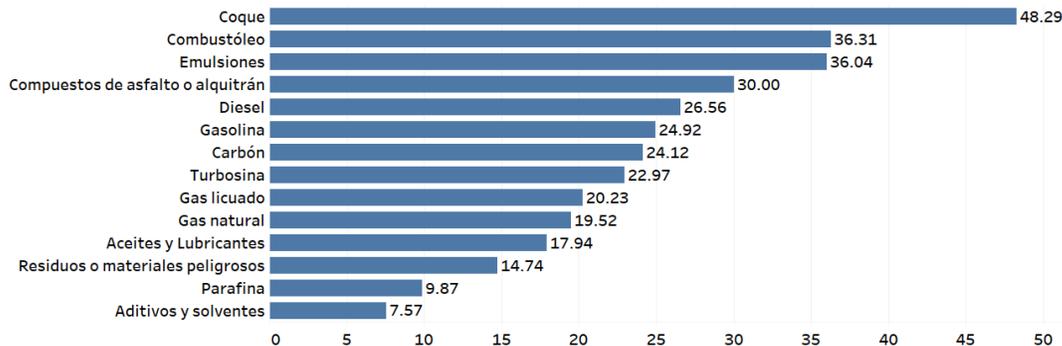
⁴ En el año 2020 no se identificó ninguna Carta Porte con información referente a Hidrocarburos, debido a esto, los gráficos mostrados en esta investigación no incluyen este año.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.1 Número de embarques por clase

Además, para identificar si existe relación entre la cantidad de embarques con respecto a las toneladas movidas, se elaboró la Figura 3.2, con la cual se puede observar que la mayor cantidad de toneladas movidas son de “Coque”, “Combustóleo” y “Emulsiones”; por otro lado, el “Gas Licuado” y la “Gasolina” no están entre los primeros cinco, aunque son los que tienen más viajes realizados. Una razón que podría explicar esto, es que las clases con mayor valor en toneladas promedio, pueden estar usando camiones doblemente articulados; ya que la mayoría de las cartas porte analizadas no tienen el dato de configuración vehicular, por ahora no se puede verificar esta hipótesis, sin embargo, esto resalta la importancia de contar en un futuro con la información digitalizada de la carta porte que ya se ha comentado.

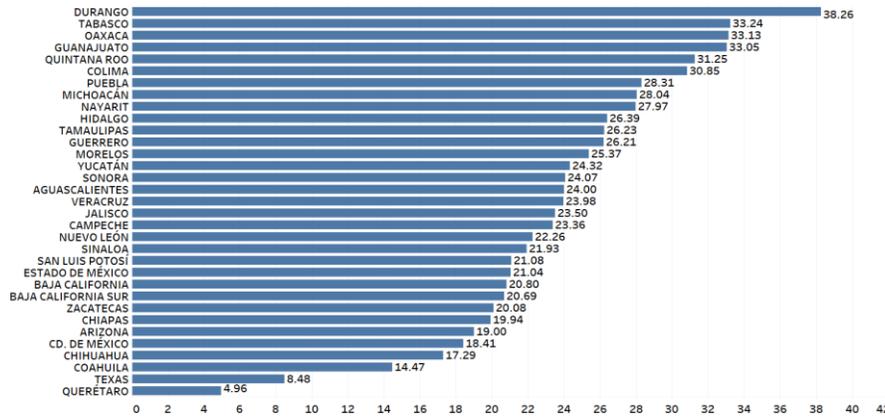


Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.2 Toneladas promedio por clase

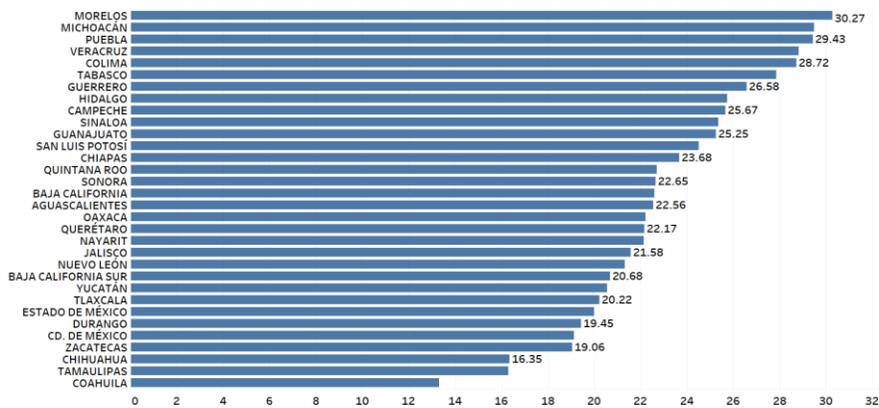
Por otro lado, interesa también conocer la información de las toneladas movidas por estado, para eso se puede identificar en la Figura 3.3 cuál fue la distribución de las toneladas promedio por estado origen, y en la Figura 3.4 la distribución por estado destino. Con esta información se pueden identificar los estados donde salen más “Productos derivados del petróleo y del carbón”, los cuales son Durango, Tabasco y Oaxaca; y los destinos correspondientes son Morelos, Michoacán y Puebla. Todos los estados analizados tienen valores promedio de dos dígitos, con el máximo de

38.26 en Durango, salvo Querétaro como origen, con menos de 5 toneladas promedio.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.3 Toneladas promedio por estado origen

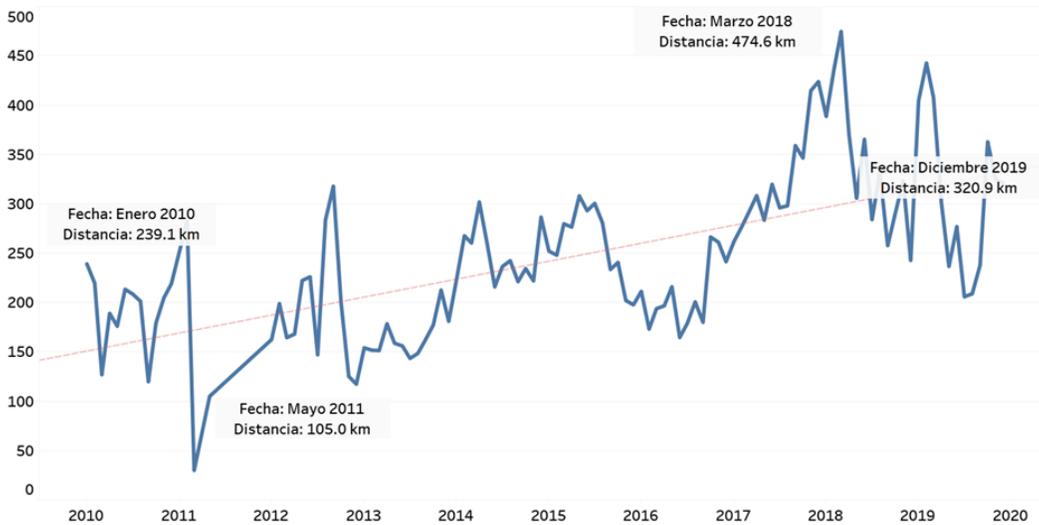


Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.4 Toneladas promedio por estado destino

3.1.1 Kilómetros recorridos

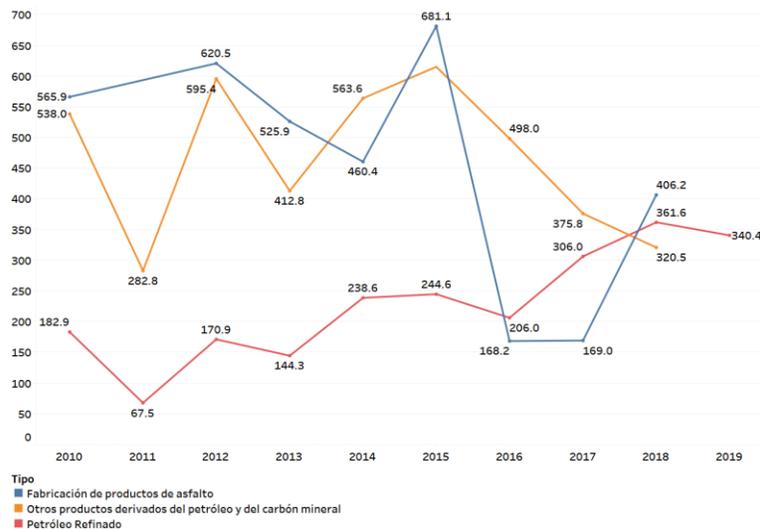
Otro análisis realizado con la información de hidrocarburos fue la distancia recorrida en los viajes, esta información se puede visualizar en la Figura 3.5 donde se muestra que los primeros registros analizados tenían un recorrido promedio de 239.1 km en enero de 2010, y la distancia registrada para diciembre del 2019 fue de 320.9 km.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.5 Distribución mensual de la distancia promedio

De los tres tipos identificados dentro de la información perteneciente a “Productos derivados del petróleo y del carbón”, la distancia promedio anual para cada tipo se puede visualizar en la Figura 3.6, en la cual se observa que los productos de “Petróleo Refinado” tienen una tendencia de un incremento anual, “Otros productos derivados del petróleo y del carbón mineral” tienen un patrón descendiente a lo largo de los años, y los productos derivados de la “Fabricación de productos de asfalto”, hasta el año 2015 mostraban una tendencia incremental, pero hubo un declive en el 2016 y 2017, y hasta el 2018 se puede observar que comienzan a incrementar los traslados nuevamente.

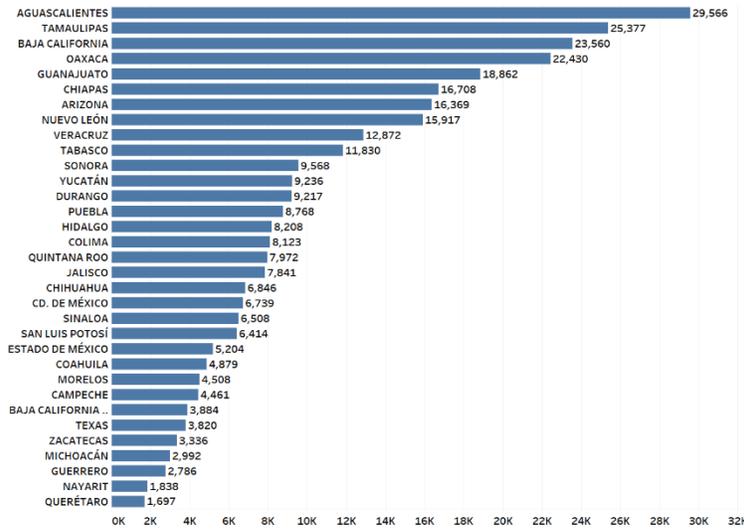


Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.6 Distribución anual de la distancia por tipo

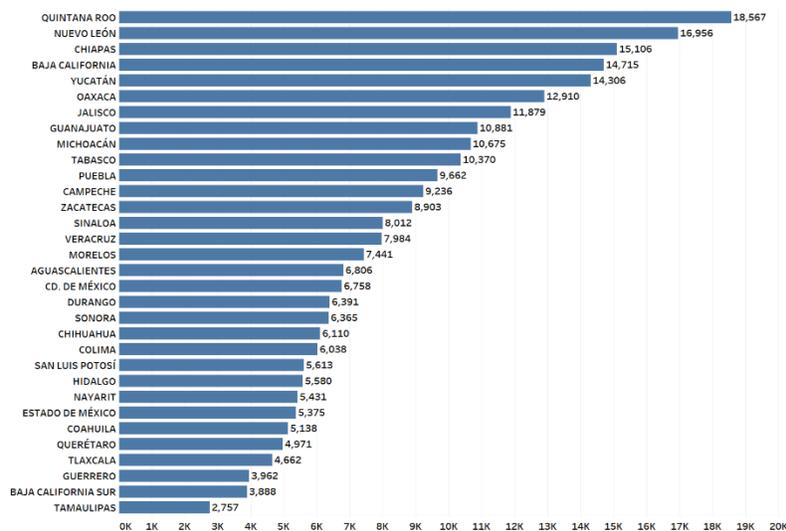
3.1.2 Tonelada-kilómetro

Otro de los indicadores importantes a considerar con la información de cartas porte es el indicador tonelada-kilómetro (tkm), utilizado para dimensionar el flujo de mercancías a lo largo del país. Tal como se puede visualizar en la Figura 3.7 y en la Figura 3.8, los promedios desde los orígenes y destinos respectivamente, el estado con mayor tkm promedio como origen de cargas derivadas del petróleo y el carbón es Aguascalientes con un promedio de 29 566 tkm. Por otro lado, el destino para este tipo de productos es Quintana Roo con un promedio de 18 567 tkm.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.7 Tonelada – kilómetro promedio por estado origen



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.8 Tonelada – kilómetro promedio por estado destino

3.1.3 Flete por tonelada-kilómetro

Otro indicador relevante para el análisis de las cartas porte, es el flete cobrado para la carga movida, por tonelada-kilómetro (flete/tkm), que además podría apoyar para identificar cuáles son las tarifas promedio por clase de producto movido.

En la Figura 3.9 se puede observar que el estado con mayor flete/tkm promedio para productos derivados del petróleo o del carbón es Yucatán con un valor de \$8.37 MXN por tkm, seguido por Querétaro, Nayarit, Guerrero y Coahuila, con valores promedio mayores a \$4.00 MXN; por otro lado, el estado con el menor indicador es Puebla con un flete de \$1.03 MXN por tkm, seguido por Aguascalientes, Chiapas, Guanajuato, Durango y Tamaulipas, los cuales no sobrepasan un flete de \$1.30 MXN por tkm.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.9 Flete por tkm de acuerdo a su origen

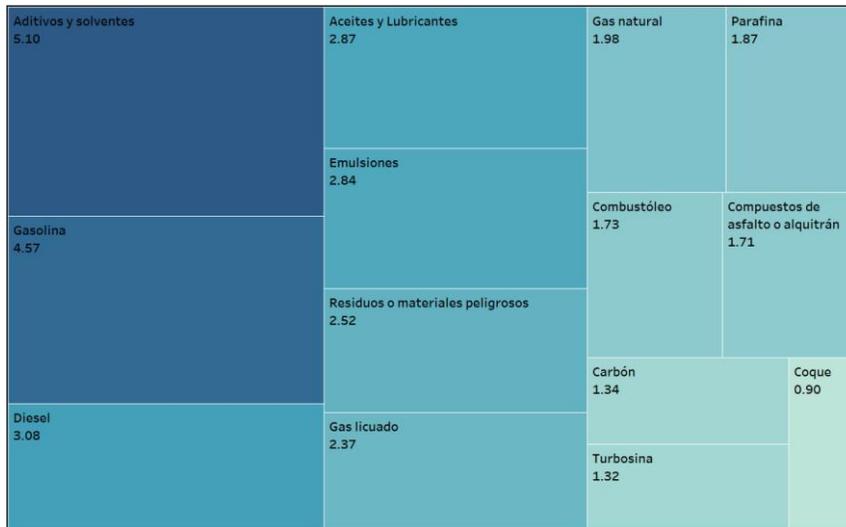
Con el objetivo de identificar cuáles son los estados con mayor valor del indicador de flete por tkm cuando son el destino del embarque, en la Figura 3.10 se identifica que los estados más relevantes son Baja California Sur, Coahuila, Baja California y Guerrero con \$3.95, \$3.87, \$3.47 y \$3.37 MXN respectivamente con los mayores valores; y los estados con menor valor son Puebla con \$0.80 MXN, Yucatán y Querétaro con \$1.19 MXN.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.10 Flete por tkm de acuerdo a su destino

También se puede identificar cuáles son los valores del indicador flete por tkm de acuerdo a las clases de productos, tal como se muestra en la Figura 3.11, donde se puede observar que los “Aditivos y Solventes” tienen el indicador más alto con un valor de \$5.10 MXN por tkm, seguido por la “Gasolina” y el “Diésel” con \$4.57 y \$3.08 MXN respectivamente.



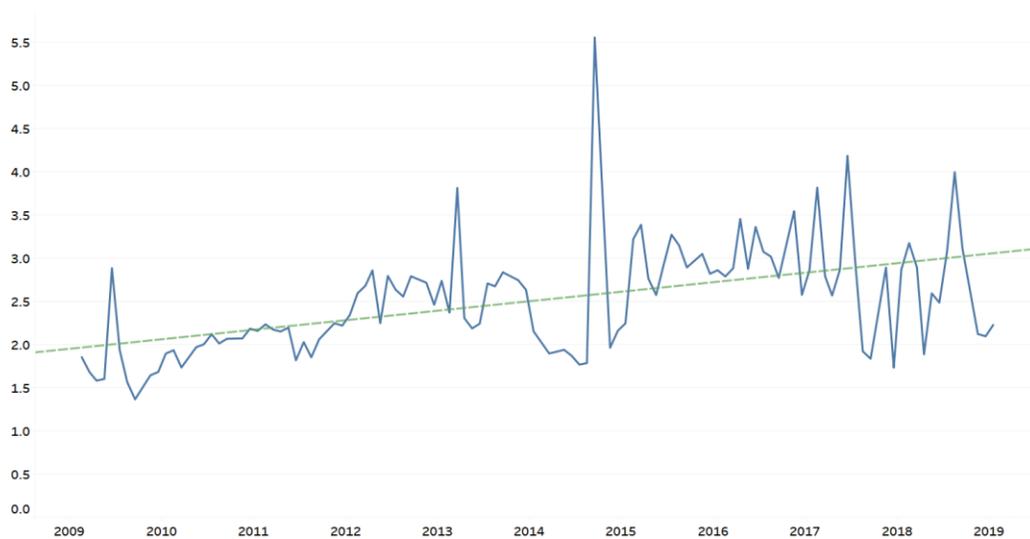
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.11 Flete por tkm por clase

3.1.4 Tendencia y Pronósticos del Indicador Flete/tkm

Finalmente, se calculó el promedio del indicador flete/tkm de todos los productos de hidrocarburos de 2010 a 2019, como se muestra en la Figura 3.12.

En esta gráfica se filtraron los meses con valores atípicos derivados de errores en la captura de información; los meses filtrados fueron marzo 2011 (\$105.90/tkm), enero 2015 (\$24.60/tkm) y marzo 2015 (\$16.40/tkm).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.12 Evolución del indicador flete por tkm en los últimos 10 años

La gráfica de la Figura 3.12 muestra amplias variaciones en el indicador, pero con tendencia creciente en todo el periodo. Las medidas de precisión del análisis de tendencia lineal indican un error porcentual absoluto promedio (MAPE) de 14.82% y un error absoluto promedio (MAD) de \$0.36/tkm, la amplia dispersión de los datos alrededor de la línea de tendencia limita el uso del modelo lineal para pronósticos de meses futuros.

Una primera aproximación para pronóstico se hizo con un promedio móvil de longitud $n = 3$, correspondiente a promedios trimestrales. La Tabla 3.1 muestra los resultados. Las medidas de precisión son: MAPE = 10.84%, MAD = \$0.28/tkm y un error cuadrático medio (MSD) de 0.20 que mide la dispersión de los datos.

Con el promedio móvil se pronosticaron tres periodos: dic/2019 (dato conocido), ene/20 y feb/20, obteniendo \$2.15/tkm para los tres meses. El intervalo de confianza al 95% de los tres pronósticos es: [1.28, 3.02].

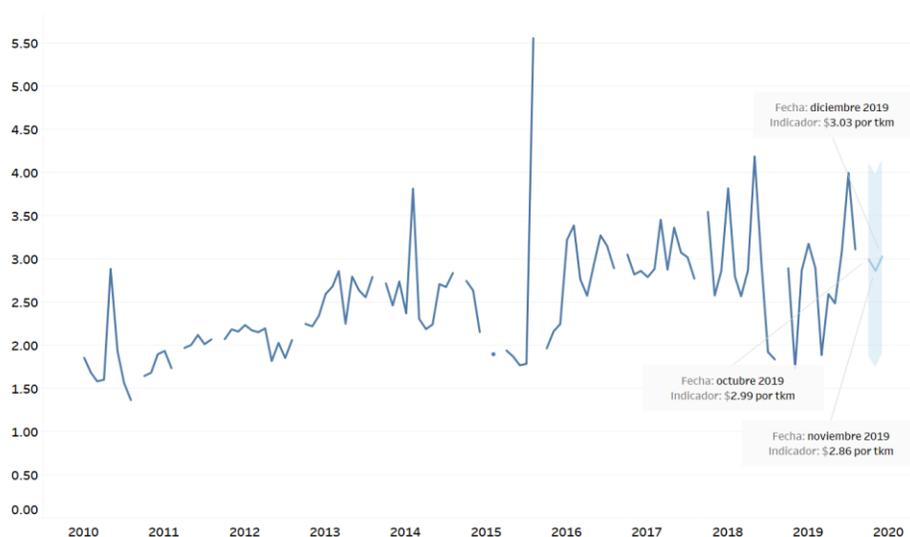
Ya que el valor real en dic/2019 fue \$ 2.23/tkm, el error porcentual del pronóstico para dic/2019 es: $(2.15 - 2.23) / 2.23 = -3.59\%$, que es mejor que las estimaciones del primer modelo lineal.

Tabla 3.1 Promedio móvil n = 3 para el indicador flete por tkm

Moving Average for Indic_ \$/tkm			
Data	Indic_ \$/tkm		
Length	117		
NMissing	0		
Moving Average			
Length	3		
Accuracy Measures			
MAPE	10.8428		
MAD	0.2802		
MSD	0.1954		
Forecasts			
Period	Forecast	Lower	Upper
dic-19	2.15	1.28	3.02
118	2.15	1.28	3.02
119	2.15	1.28	3.02

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se realizó un pronóstico con la información del 2010 hasta el tercer trimestre de 2018, y para verificar si el modelo era adecuado para la información, los resultados fueron comparados con la información de las cartas porte del 2019, el diagrama que muestra los resultados está en la Figura 3.13 (Winters, 1960). La información resultante por mes obtenida de la base de datos con respecto a la predicción se puede observar en la Tabla 3.2. El periodo usado para generar el modelo fue ene/2010 a sep/2019, para pronosticar el último trimestre de 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.13 Predicción de indicador flete por tkm para 2019

Los pronósticos obtenidos fueron a través de un algoritmo de pronóstico de Holt-Winters el cual considera tres exponentes suavizantes: nivel, tendencia y estacionalidad de la serie de tiempo (Holt, 2004). Este método tiene dos principales modelos, dependiendo del tipo de estacionalidad:

- **Modelo multiplicativo estacional:** Este modelo presupone que a medida que se incrementan los datos, también se incrementa el patrón estacional. La mayoría de las gráficas de series de tiempo muestran este patrón. En este modelo, la tendencia y los componentes de estación se multiplican y luego se suman al componente de error.
- **Modelo aditivo estacional:** Un modelo de datos en el que los efectos de los factores individuales se diferencian y se agrupan para modelar los datos. Un modelo aditivo es opcional para los procedimientos de descomposición y para el método de Winters.

La homogenización exponencial asigna ponderaciones y valores decrecientes exponencialmente a datos históricos para reducir el valor de la ponderación correspondiente a los datos más antiguos. Es decir, a los datos históricos más recientes se les asigna una ponderación mayor en el pronóstico que a los resultados más antiguos. Holt-Winters utiliza la homogenización exponencial para codificar grandes cantidades de valores del pasado y utilizarlos para pronosticar valores “típicos” correspondientes al presente y al futuro (IBM, 2020).

Se corrió el modelo aditivo Holt-Winters con: nivel = 0.95, tendencia = 0.25 y estacionalidad = 1, dando los resultados de la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Comparación de valores obtenidos del pronóstico

Mes de análisis	Pronóstico	Real	Error %
Octubre 2019	2.36	2.12	11.5%
Noviembre 2019	2.10	2.10	0.2%
Diciembre 2019	2.04	2.23	-8.3%

Fuente: Elaboración propia.

Los pronósticos para ene/2020 y feb/2020 con el modelo de Holt-Winter fueron 2.15 y 1.97, respectivamente. Considerando los resultados del modelo de promedio móvil, se promediaron los respectivos valores, para obtener como aproximación a los valores de enero y febrero de 2020, como se muestra en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Aproximación de los valores de enero y febrero de 2020

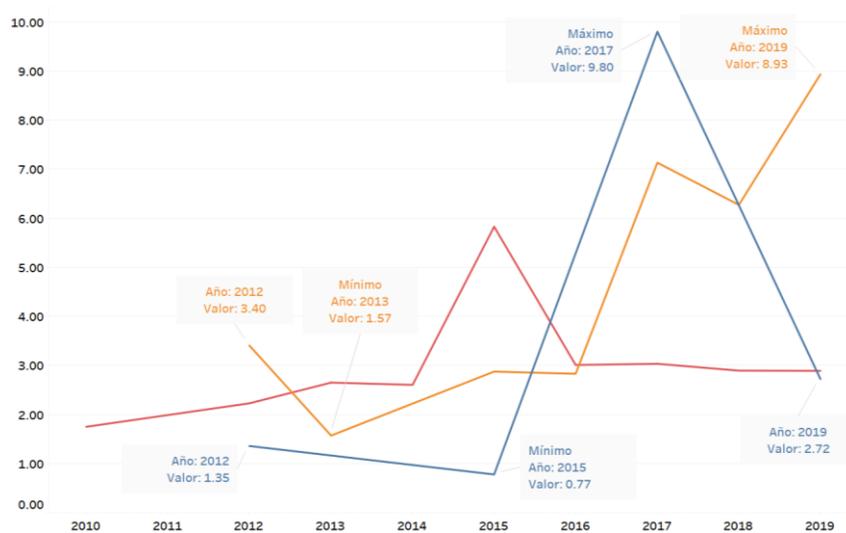
Mes	Holt-Winter	Prom Móvil (3)	Prom Total
Enero 2020	2.15	2.15	2.15
Febrero 2020	1.97	2.15	2.06

Fuente: Elaboración propia.

3.1.5 Movimientos Transfronterizos

En los registros se pueden observar movimientos entre México con otros países como Estados Unidos y Belice, y debido a la poca cantidad de datos para importaciones y exportaciones con respecto a los traslados dentro del país, los análisis realizados se hicieron de acuerdo al promedio de cada indicador.

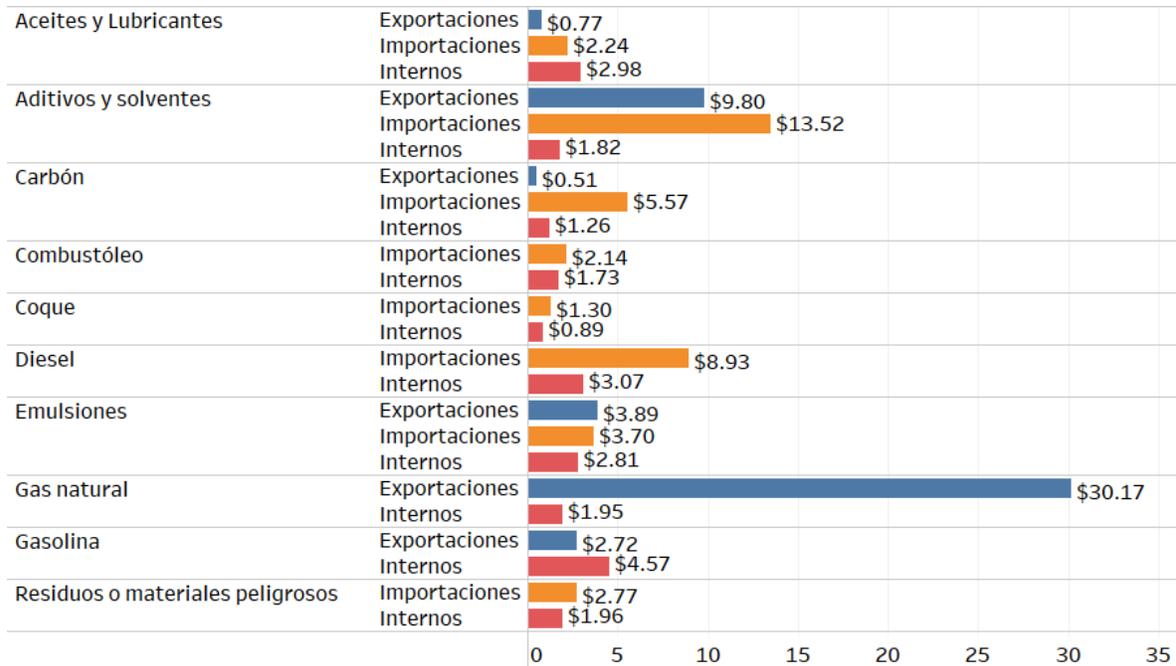
Para el caso del indicador flete por tonelada-kilómetro, en la Figura 3.14 se visualiza que las exportaciones del 2012 al 2015 tendían a ir disminuyendo (véase la línea azul), hasta alcanzar un mínimo de \$0.77 MXN por tkm, pero en 2017 cambió radicalmente hasta un máximo de \$9.80 MXN por tkm, aunque a partir del 2018 comenzó otra vez la tendencia decreciente. Para las importaciones (línea de color naranja en la gráfica), el efecto es totalmente lo contrario, a lo largo de los años ha tenido una tendencia incremental hasta un máximo de \$8.93 MXN por tkm en el año 2019. Finalmente, para los traslados de carga internos del país (línea roja en la gráfica), se ha mantenido a lo largo de los años, y los valores máximos y mínimos históricos no han tenido mucha diferencia, pero se puede visualizar una tendencia incremental de 22% en el último año con respecto al promedio anual, muy baja comparado con el incremento del 89% de incremento en las importaciones.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.14 Indicador por movimientos nacionales e internacionales

En la Figura 3.15 se muestra el indicador promedio de flete por tkm de acuerdo a cada una de las clases de “Productos derivados del petróleo y del carbón” involucrados en exportaciones e importaciones, y su comparación con el flete de sus movimientos nacionales. En esta gráfica se puede visualizar que los productos con el mayor flete por tkm promedio es el gas natural para las exportaciones y los aditivos y solventes para las importaciones.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.15 Indicador flete por tkm transfronterizos por clase

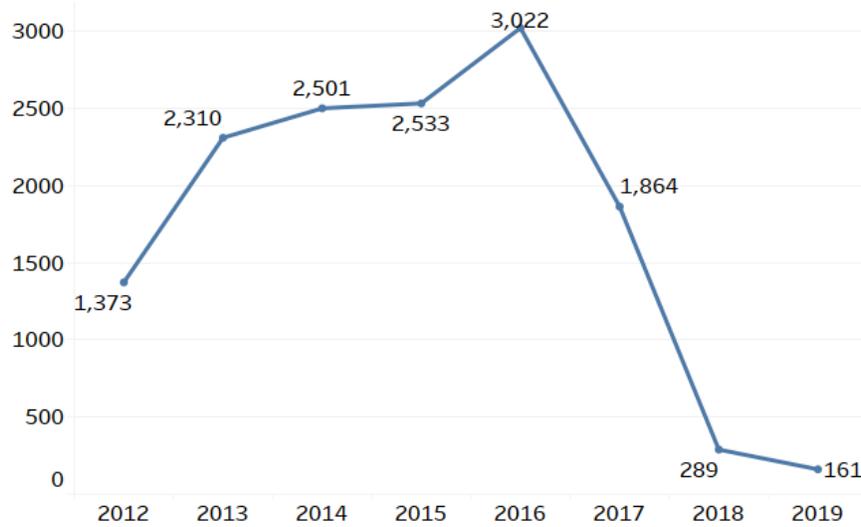
3.2 Casos de estudio

Considerando las clases de carga con mayor número de embarques (más de 1 000) que se observan en la Figura 3.1, se hicieron análisis específicos para cada una de ellas: Gas Licuado, Gasolina y Diésel. Para el segundo caso se agruparon datos tanto de Gasolina Magna como de Premium. Todos los registros añadidos a la clase de Gasolina más los de Gas Licuado y Diésel permitieron realizar el análisis del 93.2% del total de las Cartas Porte⁵.

3.2.1 Gas Licuado

Esta es la clase con más Cartas Porte registradas, con un total de 16 815. Su distribución anual se muestra en la Figura 3.16.

⁵ En el año 2011 solo se tienen 2 cartas con información de Gas Licuado, para no causar conflicto con los diagramas correspondientes a esta clase, el análisis se realizó descartando la información de los primeros 2 años.

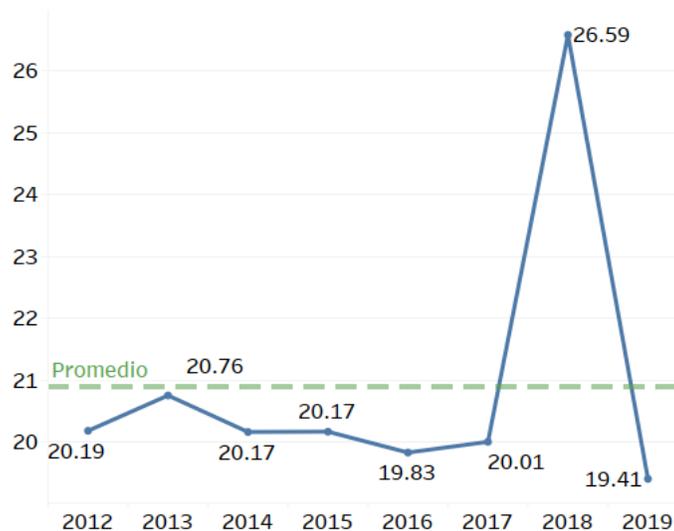


Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.16 Número de embarques distribuidos anualmente (gas licuado)

La evolución de los movimientos de Gas Licuado en los últimos ocho años se puede observar en la Figura 3.17 donde se muestran las toneladas promedio de los embarques en el periodo, donde resalta 2018 en el que se movía más producto con 26.59 toneladas por viaje, comparado con el promedio de 20.76 toneladas anuales.

La Figura 3.17 da una idea acerca de si los vehículos que mueven la carga cumplen con la NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2017 (DOF, 2017) que limita el peso que pueden llevar, y en este caso, el máximo valor registrado en 2018 con 26.59 toneladas, no excede el límite dentro de la norma.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.17 Toneladas promedio por embarque (gas licuado)

Finalmente, además de la carga por embarque, se calculó el indicador flete/tonelada-kilómetro, mostrado en la Figura 3.18.

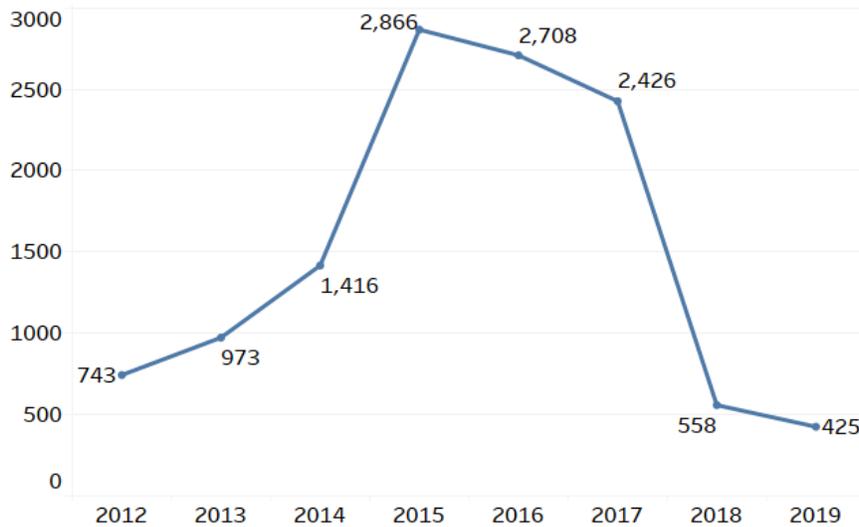


Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.18 Indicador flete/tonelada-kilómetro promedio por embarque (gas licuado)

3.2.2 Gasolina

En el caso de la Gasolina, se cuenta con 12 113 Cartas Porte, distribuidas anualmente como se ve en la Figura 3.19.

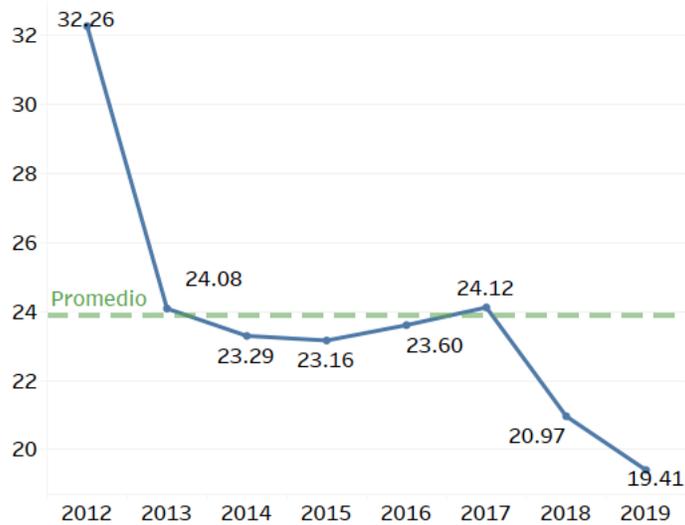


Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.19 Número de embarques distribuidos anualmente (gasolina)

En cuanto a las toneladas promedio anuales movidas por embarque, la Figura 3.20 muestra la gráfica correspondiente de los cambios anuales, se espera que en el nuevo formato digital de cartas porte, el dato de configuración vehicular permita

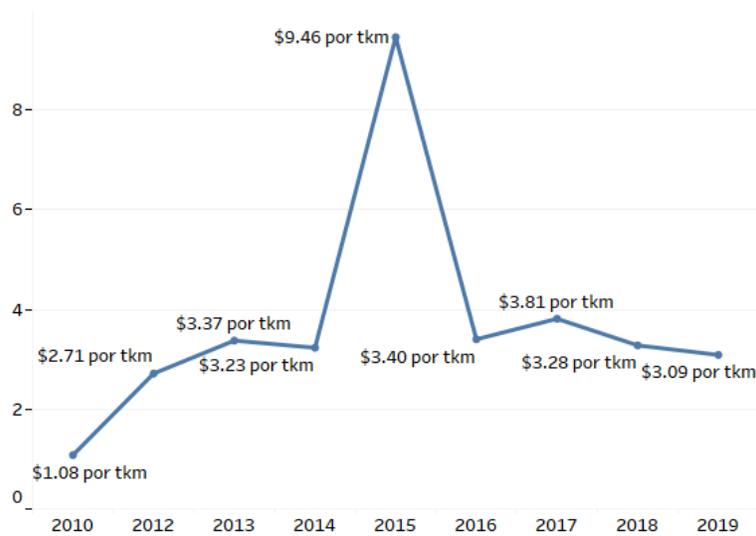
aclarar la información de las toneladas promedio movidas por embarque con la configuración vehicular correcta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.20 Toneladas promedio por embarque (gasolina)

Finalmente el indicador flete/tonelada-kilómetro por embarque de Gasolina en la Figura 3.21 muestra una tendencia creciente en el promedio.

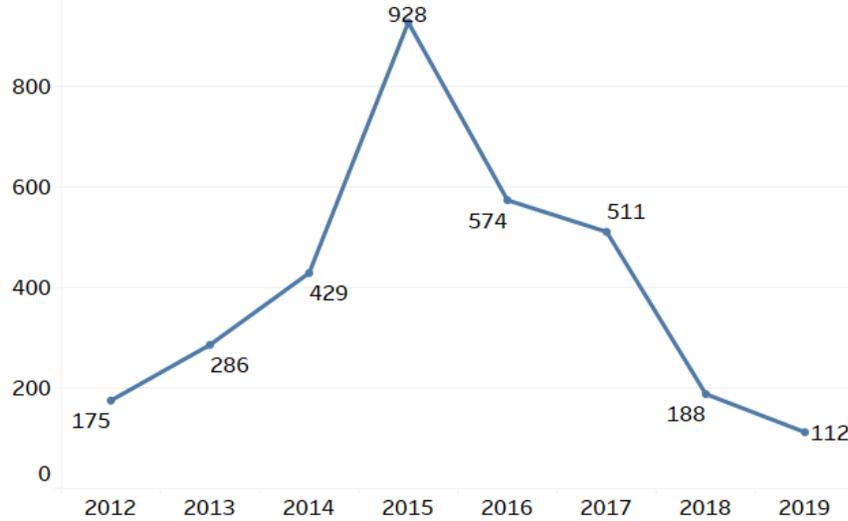


Fuente: Elaboración propia, con información de cartas porte.

Figura 3.21 Indicador flete/tonelada-kilómetro promedio por embarque (gasolina)

3.2.3 Diésel

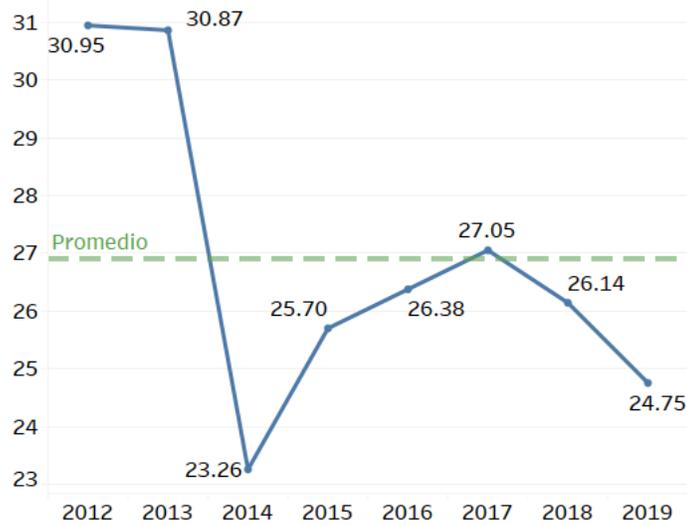
En el caso del Diésel, como con la Gasolina, las cartas distribuidas anualmente fueron suficientes para los análisis, como se ve en la Figura 3.22.



Fuente: Elaboración propia con información de cartas porte.

Figura 3.22 Número de embarques distribuidos anualmente (diésel)

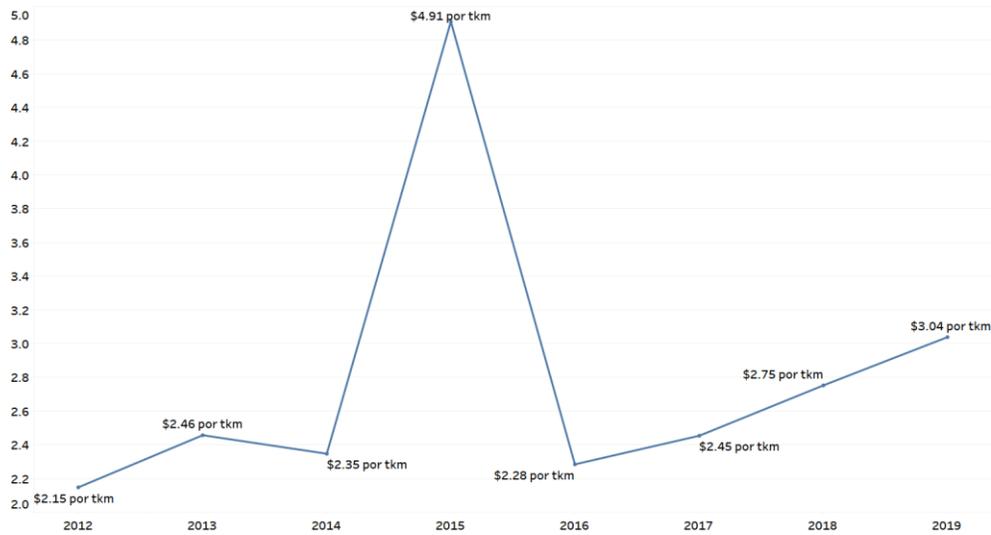
Para las toneladas promedio movidas por embarque del periodo, se observa que 2012 y 2013 fueron los años con el mayor valor, con capacidades entre 30 y 31 toneladas.



Fuente: Elaboración propia con información de cartas porte.

Figura 3.23 Toneladas promedio por embarque (gasolina)

Finalmente, en el año 2015 también se observa que el valor del flete por tonelada-kilómetro fue mayor comparado a los demás años, tal como lo muestra la Figura 3.24.



Fuente: Elaboración propia con información de cartas porte.

Figura 3.24 Indicador flete/tonelada-kilómetro promedio por embarque (diésel)

4. Desarrollos potenciales de mejoras a la información

4.1 Fuentes disponibles

A través de una investigación documental y de algunas entrevistas realizadas al personal de áreas operativas de Petróleos Mexicanos (PEMEX), se identificó la existencia de fuentes de información que pueden aportar datos suficientes para realizar algunos estudios, así como para la implementación de diversas metodologías que mejoren la eficiencia del sistema de distribución.

Actualmente, la mayor parte de la información del transporte de hidrocarburos que PEMEX genera tiene como finalidad la conciliación entre volumen despachado en el origen y el volumen recibido en destino. No obstante, se ha identificado que existen datos adicionales que pueden emplearse para construir indicadores de eficiencia para establecer metas de desempeño.

Además de los datos que PEMEX actualmente almacena y analiza, es posible apoyarse en la información del complemento carta porte, el cual surge de un proyecto conjunto de la Dirección General del Autotransporte Federal, el Servicio de Administración Tributaria y el Instituto Mexicano del Transporte. El principal objetivo del complemento es generar información estadística confiable que apoye a la planeación del transporte y a la toma de decisiones, además de incidir en otros temas de ordenamiento del transporte, como la obligación de incluir el número de licencia del operador de la unidad o el número de seguro.

La información del complemento carta porte puede servir para elaborar matrices origen-destino del movimiento de hidrocarburos en el país. Estas matrices, al compararse con los datos de oferta y demanda de la red de distribución de PEMEX ayudaría a ver en qué medida las operaciones se ajustan a la demanda, si los viajes realizados son los idóneos, o si existe una mejor manera hacer la distribución en el país.

4.2 Sistematización de la información en PEMEX

4.2.1 Problemática actual

Al visitar las instalaciones de PEMEX, se observó que existen diversos niveles de automatización, ocurriendo notables diferencias en la comunicación y eficiencia de las terminales. Mientras que en algunas terminales los registros de llegada y otras operaciones son inscritos en un sistema informático diseñado para ello; otras terminales, con menor automatización, tienen problemas tanto para la comunicación

elemental con el operador como para dar seguimiento a sus operaciones, ya que en estas terminales no hay sistemas informáticos, y el registro de las operaciones se hace con una “hoja viajera” que es un formato impreso, llenado a mano por cada responsable en las diferentes actividades. Al final del proceso, este registro físico es lo único que queda y para guardar y procesar los datos, éstos deben capturarse.

Emplear estas “hojas viajeras”, además de dificultar su registro y procesamiento para el seguimiento y la generación de estadísticas, también implica un riesgo para el personal, ya que, considerando la actual pandemia de COVID-19, el documento al pasar por varias manos, incrementa el riesgo de contagios.

4.2.2 Recomendaciones

El principal motivo por el cual aún no están automatizadas algunas terminales es la actual política de austeridad, que dificulta la autorización de recursos para implantar la automatización. Las políticas de reducción de costos resultan lógicas y comprensibles en entornos con muchas necesidades y recursos limitados, sin embargo, es común que, al no destinar recursos suficientes en rubros críticos se termine incurriendo en pérdidas mayores que el monto de la inversión requerida para llevar a cabo la automatización.

Ante este escenario, es recomendable efectuar un análisis costo beneficio para un proyecto de modernización del sistema de control del despacho y recepción de las unidades de transporte en la distribución de hidrocarburos. Así, se podrían identificar ahorros dotando a las terminales rezagadas con la tecnología necesaria para estar a la par del resto, ya que durante la visita a las instalaciones se observó una diferencia notable entre la eficiencia de las terminales automatizadas contra las no automatizadas. Los sobrecostos de las terminales no automatizadas pueden representar un monto considerable que Pemex podría eliminar, e incluso incrementar sus ingresos al incrementar la eficiencia de sus operaciones.

Asimismo, la incorporación de nueva tecnología informática puede traer beneficios adicionales en otras etapas de la distribución de hidrocarburos, como los que a continuación se mencionan.

4.2.3 Uso o diseño de aplicaciones para dispositivos móviles

Actualmente se pueden identificar al menos tres diferentes actores entre las unidades que ingresan:

Los clientes directos: Unidades propiedad de empresas particulares que acuden directamente a la terminal de Pemex a comprar producto.

SEDENA: Unidades para distribución, operadas y custodiadas por la SEDENA.

Porteadores: Unidades para distribución operadas por particulares contratados por PEMEX.

En las terminales visitadas se encontró dificultad para mantener el contacto y llevar un seguimiento adecuado a los operadores de empresas privadas que brindan el servicio de transporte de hidrocarburos a PEMEX, los llamados porteadores.

El esquema de porteadores puede ser el más complejo en su manejo, y por eso convendría buscar soluciones que faciliten y mejoren su gestión. La principal complejidad se debe al gran número de empresas que ofrecen sus servicios a PEMEX, por lo cual, la comunicación con los operadores de las unidades puede ser difícil. Aunque en algunas terminales se ha resuelto teniendo representantes de la empresa quienes son el enlace con el operador de la unidad, triangular la comunicación implica retrasos y posibles errores; adicionalmente, no todas las empresas pueden asignar personal que permanezca en la terminal.

Una alternativa para aminorar este problema sería crear aplicaciones en Android para dispositivos móviles como medio para identificar y comunicarse con los operadores asignados al servicio; esto también sería útil para tener un padrón de operadores activos y autorizados por la empresa porteadora que se encuentran en la terminal y la fase del proceso en que están.

Ya sea con aplicaciones existentes, o creando alguna aplicación específica para los procesos que realiza PEMEX, es importante señalar que, al diseñarse una aplicación, ésta podría responder a las necesidades de operación de PEMEX y además dar más seguridad a la información. La aplicación descargable en dispositivos móviles, permitirá al chofer saber cuándo se le solicita y a qué punto dirigirse.

Pues conforme a lo observado, no hay espacio suficiente para todas las unidades que acuden a la terminal, y algunos operadores esperan fuera de ella. Otros choferes, ya dentro de la terminal dejan la unidad para ir a comer y suele ocurrir que cuando la unidad es requerida el operador está ausente.

En otros casos, la asignación de unidades se hace verbalmente por personal de PEMEX desde una caseta; afuera de la cual los operadores esperan a ser llamados; esto implica demoras de horas, con grandes conglomeraciones que tienen mayor riesgo de contagio. En esta modalidad, los operadores deben esperar junto a la caseta bajo cualquier condición climática que se presente, lo que les causa un desgaste físico previo a emprender su ruta. Esta situación sugiere que los operadores no están en óptimas condiciones para manejar, situación preocupante al tratarse del transporte de productos peligrosos.

4.2.4 Construcción de matrices origen destino

Como ya se ha mencionado, la información disponible actualmente resulta útil para el análisis de datos que apoyen la toma de decisiones sobre el uso óptimo de recursos; un ejemplo de ello, es la elaboración de matrices origen destino, que relacionan los nodos de suministro con los de consumo, para diseñar estrategias de cobertura de la demanda a costo mínimo; para esto último, con la información de la

matriz origen destino, se aplican modelos de asignación con criterios de reducción de costo, reducción del tiempo o una mezcla de ambos.

Dichas metodologías estarían operando bajo ciertos supuestos de comportamiento de los usuarios de la red, de un modelo de congestión y serían aplicables en condiciones de una operación típica. En el caso de tener escasez de producto en un centro de abastecimiento, el modelo planteado puede ser modificado a fin de cubrir la demanda en situaciones extraordinarias, encontrando nuevas rutas de costo óptimo. Una ventaja de llevar registros históricos, es la posibilidad de identificar posibles interrupciones y preparar planes para afrontar las situaciones que se presenten de la mejor manera posible, lo que aporta para una mayor resiliencia en el suministro de hidrocarburos.

4.2.5 Identificación de fuentes de interrupción en la red y fortalecimiento de la resiliencia en el suministro.

El registro histórico de incidencias es muy importante en la elaboración de análisis de riesgos para identificar los puntos vulnerables en la red y, con base en una correcta identificación de riesgos y su evaluación, posibilitan una adecuada gestión de riesgos que garantice el abasto de hidrocarburos en el territorio nacional. Una interrupción en algún punto de la red de transporte puede aislar a una región dañando severamente no solo a la zona aislada sino a las zonas colindantes; de igual manera el desabasto en hidrocarburos puede provocar una crisis a nivel nacional poniendo en riesgo la seguridad alimentaria y la disponibilidad de servicios básicos.

Es por ello que el tratamiento que se debe de brindar al abasto de hidrocarburos debería de ser desde una perspectiva de seguridad nacional, ya que su importancia es estratégica para el país.

4.2.6 Análisis de nuevas tecnologías para incrementar la eficiencia y la seguridad en la operación.

Conforme al resultado de las entrevistas realizadas, según el contrato de prestación de servicio, una vez que la unidad sale de las instalaciones de PEMEX, el porteador es responsable de la seguridad del embarque; y, por supuesto, es de interés general que no sucedan accidentes, pues, por la naturaleza de la carga transportada, un incidente puede no solo implicar pérdidas económicas, sino también pérdidas humanas y daño al medio ambiente. Sobre este punto, resulta conveniente llevar a cabo una revisión de las tecnologías que pudieran incidir en mejorar la seguridad en el transporte de hidrocarburos.

La tecnología más utilizada en las unidades que transportan hidrocarburos es el sistema de rastreo; Pemex solicita a los porteadores que sus unidades cuenten con tal sistema para dar seguimiento a las unidades durante el movimiento de hidrocarburos. Desafortunadamente, la frecuencia del envío de señal no es homogénea en todas las empresas y unidades; adicionalmente, para que un

sistema de rastreo sea efectivo, se requiere que existan protocolos de reacción y procedimientos de respuesta rápida en colaboración con las autoridades correspondientes.

Además de las tecnologías de rastreo, también existen dispositivos que pueden evitar el robo de mercancía a través de sensores de apertura o sellos magnéticos que solo pueden abrirse a distancia por una persona autorizada para ello.

En el rubro de la prevención de accidentes es posible el uso de dispositivos que llevan un seguimiento más cercano del operador para detectar si el operador está alerta, o incluso, detalles de la conducción que pudieran indicar una señal de alarma.

Todas estas tecnologías referidas ofrecen opciones diversas a considerar para mejorar la seguridad del transporte de hidrocarburos, y es recomendable revisarlas en los ejercicios de costo-beneficio.

Conclusiones y recomendaciones

El movimiento de hidrocarburos es de gran importancia, pues del abasto de combustibles depende un alto porcentaje de las actividades económicas. Ya sea para el transporte de pasajeros, para el transporte de carga, o para la distribución de gas LP, los hidrocarburos son parte esencial de la movilidad y del consumo doméstico en México.

Si bien se fomenta en gran medida el desarrollo de energías verdes, aún se requiere avanzar en diversos campos a fin de terminar con la dependencia de combustibles fósiles, por lo tanto, se prevé que al menos México durante los próximos años tendrá que seguir dependiendo de dichos combustibles.

Actualmente en México, hay un ambicioso plan de inversiones para la exploración y extracción de hidrocarburos, con importantes esfuerzos para impulsar la industria petroquímica y generar beneficios tangibles. Adicionalmente, es urgente implementar un programa de seguridad nacional para el transporte seguro de combustibles y reducir el robo en las carreteras, ya sea mediante la implementación de sistemas inteligentes de transporte, tecnología de video vigilancia etc.

Para alcanzar esta visión resulta conveniente analizar la producción, almacenaje y distribución de hidrocarburos en el país para identificar áreas de oportunidad y de mejora en el transporte de hidrocarburos. En este sentido, la información del movimiento de hidrocarburos en México que está disponible en el formato digital de las cartas porte, ofrece una muy buena oportunidad de hacer estos análisis y llevar seguimiento al comportamiento del transporte de hidrocarburos en el país.

De la información obtenida de la Secretaría de Energía se observa que, del consumo energético total (Tabla 1.1), los tres principales consumos se dan en: sector transporte con el 41.78%, el industrial con 32.76% y el residencial-comercial-público con 19.63%; en cuanto a tipos de combustible consumidos en 2019 (Tabla 1.2), del consumo energético total, los dos principales son: gasolinas y naftas con 28.60% y diésel, con 21.09%, lo que confirma la relevancia del movimiento de carga y de pasaje en el país.

El análisis de movimientos de hidrocarburos realizado en este trabajo se basó en muestras de cartas porte colectadas entre 2010 y 2019, como se explicó en el capítulo 3. Estas muestras se han conseguido a través de la DGAF con la colaboración de los Centros SCT en el país, y aunque en general no son representativas, tienen suficiente información para dar una primera imagen del transporte de hidrocarburos.

La información de cartas porte analizada mostró que la mayoría de embarques registrados correspondieron a gas licuado, seguido de gasolina y diésel (Figura 3.1).

En cuanto a toneladas promedio transportada a nivel estatal, los tres principales orígenes fueron: Durango (38.26 t), Tabasco (33.24 t) y Oaxaca (33.13 t), mientras que los tres principales destinos fueron: Morelos (30.27 t), Michoacán (29.43 t) y Puebla (29.40 t). Para las ton-km estimadas a nivel estatal, los tres principales orígenes fueron: Aguascalientes (29 566 tkm), Tamaulipas (25 377 tkm) y Baja California (23 560 tkm).

Un dato de gran interés que contiene la carta porte es el flete cobrado por el servicio (en pesos mexicanos), con este dato se calculó el precio promedio por ton-km a nivel estatal, para el movimiento de hidrocarburos, resultando que, para el origen del movimiento, los tres estados con mayores costos fueron: Yucatán (\$8.37/tkm), seguido por Querétaro, Nayarit, Guerrero y Coahuila, con valores mayores a \$4.00/tkm; por otro lado, el estado con el menor es Puebla con \$1.03/tkm,

Para los estados destino se encontró a los mayores costos en Baja California Sur, Coahuila, Baja California y Guerrero con \$3.95, \$3.87, \$3.47 y \$3.37 por ton-km; y los estados con menor valor son Puebla con \$0.80 MXN, Yucatán y Querétaro con \$1.19 por ton-km.

Finalmente, se exploraron los datos de tres productos en particular: Gas licuado, Gasolina y Diésel, encontrando que en general el peso promedio por embarque se mantuvo en valores permitidos para las configuraciones de vehículos articulados usados en el transporte, con valores de flete por ton-km entre \$2.02 y \$2.72 para el gas licuado y valores entre \$2.15 y \$4.91 para el diésel.

El análisis que se ha presentado con estas muestras de cartas porte es una primera aproximación a un análisis más extenso que se espera desarrollar una vez que se pueda tener acceso a los formatos digitales de cartas porte que se encuentra en proceso de negociación entre la SICT y el SAT. Con este acceso, se podrá diseñar un muestreo apropiado de esos formatos digitales para obtener una muestra representativa que mejore los resultados y permita pronósticos más precisos.

Bibliografía

Asociación Mexicana de Empresas de Hidrocarburos [AMEXHI]. (2020, 30 de noviembre). *Retos y resultados de los contratos petroleros 2020* [Archivo PDF]. https://www.amexhi.org/wp-content/uploads/2020/11/Doc_2020_11_30-AMEXHI_Resultados_2020.pdf

Comisión Reguladora de Energía [CRE]. (2017, 11 mayo). *Más inversión en transporte*. Sitio: gob.mx. <https://www.gob.mx/cre/documentos/mas-inversion-en-transporte>

De la Torre, E., Barrón M. y Piña, J. (2019). *Proyecto TE 21/19: Análisis Estadístico de Cartas de Porte del Autotransporte Federal de Carga 2019 (Datos 2018). Informe de investigación para la DGAF*. México: Instituto Mexicano del Transporte.

Diario Oficial de la Federación [DOF]. (2015, 15 de diciembre). *CIRCULAR por la que se aprueban los modelos de Carta de Porte-Traslado o Comprobante para Amparar el Transporte de Mercancías pre-impresa y Carta de Porte o Comprobante para Amparar el Transporte de Mercancías Digital por Internet (CFDI) que autoriza el servicio de autotransporte federal de carga en los caminos y puentes de jurisdicción federal, así como indicaciones generales, formato e instructivo de requisitos y condiciones de transporte y anexos*. México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes. <https://bit.ly/3x6khtp>

Diario Oficial de la Federación [DOF] (2017, 26 de diciembre). *NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2017, Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal*. México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes. <https://bit.ly/3t6TEDt>

Dirección General de Autotransporte Federal [DGAF]. (2021). *Estadística Básica del Autotransporte Federal*. Consultado el 19 de febrero de 2021 desde <https://www.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/autotransporte-federal/estadistica/2019/>

Holt, C. C. (2004). Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages. *International Journal of Forecasting*, 20(1), 5–10. <https://doi.org/10.1016/J.IJFORECAST.2003.09.015>

International Business Machines Corporation [IBM]. (2020). *IBM Cloud Brokerage - Cost and Asset Management*. IBM Corporation. Consultado el 21 de diciembre de 2021 desde <https://ibm.co/3O7N5sv>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (2019). *Conociendo la Industria del Autotransporte de carga*. Consultado el 05 de diciembre del 2021 desde <https://bit.ly/3Nhe1pu>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2021). *Sistema de Cuentas Nacionales de México*. Consultado el 10 de diciembre de 2021 desde <https://www.inegi.org.mx/temas/pib/>

Onexpo (2019) Transporte y almacenamiento de combustible, los caminos estratégicos hacia la seguridad energética. Recuperado el 18 de noviembre 2021. <https://bit.ly/3m3JJuf>

Petróleos Mexicanos [PEMEX]. (2020). Anuario estadístico 2020 [Archivo PDF]. Consultado el 18 noviembre 2021. https://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Anuario%20Estadistico%20Archivos/Anuario-Estadistico_2020.pdf

PricewaterhouseCoopers México [PWC]. (2019). *Infraestructura de abasto para los mercados de gasolina y diésel en México*. Consultado el 10 noviembre 2021 desde <https://www.pwc.com/mx/es/industrias/oil-and-gas/infraestructura-abasto-mercados-gasolina-diesel.html>

Rodicio Álvarez, O. (2020). *Ficha sector. Hidrocarburos en México 2020*. Oficina Económica y Comercial de España en Ciudad de México. ICEX España Exportación e Inversiones. <https://bit.ly/3Nbq2wJ>

Santillán Alonso, A. (2019, 20 de noviembre). *Transporte y almacenamiento de combustibles, las vías estratégicas hacia la seguridad energética*. Energy & Commerce. <https://energyandcommerce.com.mx/transporte-y-almacenamiento/>

Scheaffer, R. L., Mendenhall, W., y Ott, L. (2007). *Elementos de muestreo* (6ª edición). Madrid, España: Thomson.

Secretaría de Energía [SENER]. (2020, 10 de junio). *México ocupa el lugar 12 como productor petrolero en el mundo* [video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=edDV3PIdwBI>

Servicio de Administración Tributaria [SAT] (2021). *Complemento Carta Porte*. Sitio sat.gob.mx. Consultado el 30 de mayo de 2021 desde http://omawww.sat.gob.mx/tramitesyservicios/Paginas/complemento_carta_porte.htm

Tableau (2021). *Añadir líneas de tendencia a una visualización*. Sitio help.tableau.com. Consultado el 2 de junio de 2022 desde <https://tabsoft.co/3Mqnmu5>

Winters, P. R. (1960). Forecasting Sales by Exponentially Weighted Moving Averages. *Management Science*, 6(3), 324–342.
<https://doi.org/10.1287/mnsc.6.3.324>

Anexo 1. Encuesta

 <p>Instituto Mexicano del Transporte</p>	<p>Coordinación de Transporte Integrado y Logística</p> <p>TE-21/21 Estudio para el desarrollo de una metodología de actualización tarifaria para el autotransporte tercerizado por PEMEX</p>
--	---

Encuesta para la Identificación de áreas de oportunidad Autotransporte PEMEX

Página 1 de 2

Preguntas:

1.- ¿Qué método utilizan para diseñar su distribución?

1.1.- ¿Considera que este método podría mejorar?

2.- ¿Qué tipo de mediciones llevan de los embarques?

3.- ¿Cuáles son los principales problemas que enfrentan en el almacenaje y transporte de hidrocarburos?

4.- Desde la perspectiva de estándares de prevención, ¿Qué medidas de seguridad tienen implementadas para el traslado de hidrocarburos?

4.1.- ¿Tienen identificado como dichas medidas, impactan en el costo del servicio?

5.- ¿Han considerado implementar alguna medida de seguridad adicional?

6.- ¿En caso de un accidente vial, creen que estarían preparados para situaciones de alto riesgo al momento de trasladar los hidrocarburos?

7.- ¿Qué protocolo debe seguir el conductor en caso de sufrir algún accidente que ocasione un derrame de la sustancia transportada?



Instituto
Mexicano
del
Transporte

Coordinación de Transporte Integrado y Logística

TE-21/21 Estudio para el desarrollo de una metodología de actualización
tarifaria para el autotransporte tercerizado por PEMEX

Encuesta para la Identificación de áreas de oportunidad Autotransporte PEMEX

Página 2 de 2

8.- ¿Se le da alguna capacitación al personal para el manejo de los productos que se almacenan y transportan?

8.1.- En caso de ser afirmativa la anterior pregunta. ¿En qué consiste la capacitación?

9.- Tomando en cuenta las largas jornadas de trabajo de un operador de transporte ¿Se lleva algún control para saber si el conductor necesita descanso?

10.- Si en el transcurso de un viaje el chofer empieza a presentar síntomas que puedan poner en riesgo su vida, ¿La empresa cuenta con algún tipo de método o dispositivo para rastrear estas situaciones?

11.- En el sector transporte se tiene conocimiento de que algunos choferes utilizan sustancias tóxicas y nocivas para la salud, esto con el fin de poder laborar jornadas pesadas o muy largas, ¿Qué tipo de medidas toma su empresa para detectar si alguno de sus choferes se encuentra en esta situación?

12.- ¿Qué tipo de prácticas sustentables tienen actualmente para ser una empresa socialmente comprometida con el medio ambiente?

13.- ¿Qué tipo de protocolos (medidas de seguridad) tienen implementadas para el traslado de hidrocarburos a zonas altamente peligrosas? Esto con la finalidad de proteger la carga, el transporte y al conductor.



COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



Km 12+000 Carretera Estatal 431 “El Colorado Galindo”
Parque Tecnológico San Fandila, Mpio. Pedro Escobedo,
Querétaro, México. C.P. 76703
Tel: +52 (442) 216 97 77 ext. 2610
Fax: +52 (442) 216 9671

publicaciones@imt.mx

<http://www.imt.mx/>