

PROGRAMA TRANSPORTE SUSTENTABLE

Mejores prácticas para la medición del desempeño del transporte de carga

Sobre el Programa Transporte Sustentable

El Gobierno Federal Mexicano y el Gobierno de Alemania, a través de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) tienen la encomienda de ejecutar el proyecto de cooperación bilateral denominado Programa Transporte Sustentable, por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania.

El objetivo del proyecto es apoyar actores públicos y no gubernamentales en la implementación de instrumentos y medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y contaminantes atmosféricos del sector de transporte de carga, a través de tres ejes temáticos: (1) Marco regulatorio y diálogo político, (2) Capacitación e información y (3) Proyectos piloto a nivel subnacional.

Como empresa federal, la GIZ asiste al Gobierno de la República Federal de Alemania en su labor para alcanzar sus objetivos en el ámbito de la cooperación internacional para el desarrollo sostenible.

Publicado por
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Domicilios
Agencia de la GIZ en México
Torre Hemicor, PH, Av. Insurgentes Sur 826,
Col. del Valle, Juárez, 03100, Ciudad de México
México.

T +52 55 55 36 23 44
E giz-mexiko@giz.de
I <https://www.giz.de/en/worldwide/33041.html>

Elaborado por el Programa Transporte
Sustentable de GIZ México.

Autor/es del documento:
Enrique Rebolledo

Fotografías:
Wolfgang Hasselmann / Unsplash

Ciudad de México, 2021.

ÍNDICE

Introducción	7
Capítulo 1. Conceptualización de indicadores para el desempeño del transporte de carga	8
1.1 ¿Cómo medir el desempeño del transporte de carga por carretera?	11
1.2 ¿Cómo conseguir los datos para medir el desempeño?	13
1.3 ¿Qué podemos entender de los criterios de desempeño?	15
1.4 Retos para el desarrollo de indicadores	18
 Capítulo 2. Mejores prácticas para medir el desempeño operativo, ambiental y de seguridad en programas de mejora del transporte de carga	 20
2.1 ¿Por qué desarrollar programas de mejora operativa?	21
2.2 Mejores prácticas identificadas en la gestión del transporte de carga	23
Evaluación Internacional de Eficiencia Energética	24
Consejo Marco Global de Logística y Emisiones (GLEC)	25
Programa Europeo Lean and Green	27
Programa de Carga Verde Asia	28
Programa Smart Way	29
Programas de carga verde en Canadá	31
Iniciativa de carga verde en China	34
Programa FRET 21	35
Programa Objectif CO2	36
Esquema de Reconocimiento Eco Stars	37
Esquema logístico de reducción de carbono	38
Programa de logística verde en Brasil	38

Producción más limpia del Área Metropolitana de Medellín, Colombia	39
2.3 Herramientas de simulación y modelación de escenarios de transporte de carga	41
2.4 Conclusiones de los modelos analizados	42
Capítulo 3. ¿Qué se mide en México?	45
3.1 Programa de Transporte Limpio	46
3.2 Análisis de la base de información existente	47
¿Cómo se calculan las emisiones de GEI en México?	54
Capítulo 4. Conclusiones	55
4.1 Conclusiones sobre los programas y herramientas de modelación de transporte analizados	56
4.2 Conclusiones sobre la información existente y posibles sinergias	57
Incentivos para la integración y homologación de información	59
Sinergias entre bases de información existentes	59
4.3 Brechas de información	61
Herramientas y enfoques para mejorar la coordinación y el acceso a información	63
Glosario	65
Bibliografía	66
Personas entrevistadas	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Eficiencia energética sectorial por países seleccionados	9
Tabla 2. Criterios, indicadores y métodos para conocer el desempeño del transporte de carga	14
Tabla 3. Resumen del programa Global Logistics Emissions Council Framework	25
Tabla 4. Revisión de las fuentes de información en GLEC	26
Tabla 5. Resumen del Programa Europeo Lean and Green	27
Tabla 6. Resumen del programa Carga Verde Asia	29
Tabla 7. Resumen del programa Smart Way	30
Tabla 8. Resumen del programa de Carga Verde en Canadá	33
Tabla 9. Resumen de la Iniciativa de Carga Verde en China	34
Tabla 10. Resumen del programa FRET 21	35
Tabla 11. Resumen del programa Objectif CO2	36
Tabla 12. Resumen del programa Esquema de Reconocimiento Eco Stars	37
Tabla 13. Resumen del programa Esquema logístico de reducción de carbono	38
Tabla 14. Resumen del Programa de logística verde en Brasil	39
Tabla 15. Comparativa de herramientas de estimación y desarrollo de escenarios para transporte de carga	41
Tabla 16. Comparativa de la incidencia de los programas voluntarios para transporte de carga sobre los indicadores de desempeño	44
Tabla 17. Resumen del Programa Transporte Limpio	46
Tabla 18. Estadísticas de INEGI	48
Tabla 19. Uso de las estadísticas de SCT para valorar criterios de desempeño	51
Tabla 20. Uso de las estadísticas del IMT para valorar criterios de desempeño	52

Tabla 21. Uso de las estadísticas de SEMARNAT para valorar criterios de desempeño	53
Tabla 22. Consulta sobre el desempeño operativo de carga en la BIEE	52
Tabla 23. Clases de vehículo utilizadas en las estadísticas relativas al autotransporte de carga en México	60
Tabla 24. Comparativa de estadísticas en México para desarrollar indicadores de desempeño	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Información operativa como métrica hacia múltiples objetivos	18
Figura 2. Integrando la información del vehículo para crear escenarios y políticas públicas.	19
Figura 3. Resumen de los criterios de desempeño e indicadores asociados.	21
Figura 4. Criterios para la selección de mejores prácticas.	22
Figura 5. Datos obtenidos por sistemas telemáticos para la verificación.	32

Introducción

Entender los factores que ayudan a mejorar la competitividad del transporte de carga en México es fundamental para la definición de políticas públicas, principalmente las enfocadas a mejorar la calidad y cobertura de los servicios de transporte, facilitar la inversión, reducir la contaminación y contribuir a los compromisos del país en los objetivos de desarrollo sostenible, así como en la lucha contra el cambio climático.

En ese contexto, este estudio tiene como objetivo identificar mejores indicadores y métodos de medición para dar un seguimiento al desempeño del transporte de carga en México a nivel nacional, estatal y municipal. Para ello, se analizaron experiencias y mejores prácticas a nivel nacional e internacional en los rubros de desempeño operativo, de seguridad y ambiental.

Este análisis se desarrolla en cinco capítulos, desglosados a continuación:

En el **capítulo 1** se conceptualizan los indicadores para obtener un diagnóstico del desempeño del transporte de carga. Aquí se hace la vinculación entre un vehículo y su impacto en los indicadores agregados de competitividad del país. Este análisis incluye las necesidades de información para la medición y evaluación del desempeño.

El **capítulo 2** se enfoca en identificar las mejores prácticas a partir de la revisión documental de experiencias a nivel nacional e internacional, categorizando los indicadores, métricas y metodologías, de cara a su aplicación en México. También se presentan los puntos de entrada e indicadores clave que tienen un impacto en el sector y se contrastan las mejores prácticas identificadas.

En el **capítulo 3** se identifica la información existente sobre el transporte de carga en México, la forma en que se integra, las instituciones asociadas, así como una comparativa entre las bases de datos y métodos de compilación. Este análisis permite cerrar las brechas analíticas, de información o datos que actualmente no se recopilan o se integran, así como los obstáculos que limitan el cierre de dichas brechas. Para la preparación de este capítulo se realizaron entrevistas que permitieron obtener perspectivas de personal experto en la materia.

Finalmente, en el **capítulo 4**, se presentan las conclusiones del estudio, así como una serie de recomendaciones y posibilidades para mejorar las capacidades analíticas del sector. Aquí se incluye un análisis sobre la demanda de información para la mejora de la medición del desempeño y calidad en el sector de transporte de carga.



1

Capítulo 1. Conceptualización de indicadores para el transporte de carga

México está entre los primeros 12 países que más energía consumen en el mundo, de acuerdo con el *Estudio de Evaluación Internacional de Eficiencia Energética* elaborado por el American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE, 2018)¹. Este estudio clasifica a los países de acuerdo a las medidas que están tomando para mejorar la eficiencia energética a nivel nacional, pero también en los sectores de la edificación, industria y transporte.

Aunque México ha tomado medidas de eficiencia energética en el sector edificación e industria, presenta desventajas en su clasificación tanto con países emergentes comparables, como con sus socios comerciales, señala el estudio.

México clasifica con una posición muy competitiva en eficiencia energética en la edificación (8) e industria (6) frente a sus principales socios comerciales Canadá y Estados Unidos (como se muestra en la siguiente tabla). Sin embargo, en cuanto a eficiencia energética en el transporte y logística, fundamentales para la integración comercial, México (17) presenta una posición de desventaja frente a Canadá (9) y Estados Unidos (12). En este mismo rubro, México también se encuentra detrás de otras economías emergentes comparables, donde es notable la distancia con India (2) y Corea del Sur (6), incluso Brasil (12) e Indonesia (15).

	Posición total	Esfuerzo nacional	Edificios	Industria	Transporte
	(sobre 100)		(sobre 25)		
España	6	9	1	9	6
China	8	11	7	17	4
Canadá	10	5	14	18	9
Estados Unidos	10	8	12	14	12
México	12	19	8	6	17
Corea del Sur	13	18	16	7	6
India	15	14	21	13	2
Indonesia	17	15	19	15	15
Brasil	20	20	18	21	12

Tabla 1. Eficiencia energética sectorial por países seleccionados.

Fuente: American Council for an Energy-Efficient Economy, 2019

El transporte es un tema prioritario a nivel ambiental, social y económico, que requiere una acción integrada y que presenta importantes oportunidades de mejora. Por ejemplo, el Foro Económico Mundial identifica la inadecuada oferta de infraestructura, incluyendo transporte, como uno de los elementos más problemáticos para hacer negocios en México en su *Informe de*

¹ ACEEE (2019). *The 2018 International Energy Efficiency Scorecard*. American Council for an Energy-Efficient Economy Disponible en: <https://aceee.org/research-report/i1801> 13/02/2019

Competitividad Global.² México ha perdido puntos en este índice principalmente por una disminución en la conectividad vial colocándose en la posición 51 a nivel mundial en cuanto a calidad de la infraestructura de transporte.³

El informe de *Doing Business* elaborado por el Banco Mundial proporciona una medición de las regulaciones para hacer negocios y su aplicación en 190 economías. El informe presenta resultados positivos para México con una calificación cualitativa sobre la logística de exportación, con oportunidades principalmente en los controles aduanales.⁴ El *Índice de Desempeño Logístico*, también del Banco Mundial, identifica que México tiene oportunidades para mejorar en los ámbitos que afectan el transporte de carga, incluyendo sistemas logísticos, infraestructura, seguimiento y trazabilidad, así como entrega a tiempo.⁵

Se estima que las brechas de infraestructura de transporte por carretera ascienden a un total de 464 mil millones de dólares, equivalentes a cerca de 1.17% del Producto Interno Bruto (PIB), de acuerdo con el *Informe de Infraestructura Global del G20*.⁶ Cerrar estas brechas es fundamental para el crecimiento económico; esto requiere compatibilizar el desarrollo de la infraestructura con criterios de sostenibilidad ambiental, resiliencia climática y de bajas emisiones, conforme a la perspectiva de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).⁷

Sin embargo, los esfuerzos para reducir el impacto ambiental del transporte de carga han sido del todo exitosos en economías avanzadas. Por ejemplo, en la Unión Europea mientras las emisiones caían en un 20% entre 1990 y 2016, las emisiones del transporte aumentaron 27%, posiblemente explicado por el hecho que en 2018 únicamente 4 países a nivel global (Canadá, China, Japón y Estados Unidos) contaban con estándares de economía de combustible para vehículos pesados.⁸

Mientras el impacto de un transporte no eficiente se refleje en la competitividad de la economía, es valioso contar con información que permita incidir en la toma de decisiones para que la operación a nivel vehicular pueda ser vinculada con el desempeño ambiental y energético de la economía a nivel global.

² World Economic Forum (2019). *Global Competitiveness Report 2019-2020*. Disponible en: <https://www.weforum.org/reports>

³ World Economic Forum (2019). *Global Competitiveness Report 2019-2020*
http://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf

⁴ The World Bank. (2020). *Doing Business Report 2019*. Disponible en: <https://doingbusiness.org/>

⁵ The World Bank. (2018). *Logistics Performance Index*. Disponible en: <https://lpi.worldbank.org/>

⁶ G20. (2020) *Global Infrastructure Outlook*. Disponible en: <https://outlook.gihub.org/countries/Mexico>

⁷ OECD. (2020). Mexico Policy Brief. January 2020. Disponible en: <https://www.oecd.org/policy-briefs/Policy-Brief-Mexico-Building-infrastructure-compatible-with-climate-change-EN.pdf>

⁸ International Transport Forum. (2018). *Is Low-Carbon Road Freight Possible?*

1.1 ¿Cómo medir el desempeño del transporte de carga por carretera?

A nivel global, el movimiento de carga tiene múltiples ámbitos de análisis: desde el movimiento de la carga como un sector en la economía, la eficiencia y métodos con los que se mueve, los costos asociados, la competitividad de los mercados de carga, la calidad del servicio, el impacto ambiental y social, así como los factores de la seguridad en que se desenvuelve.⁹ Todos estos ámbitos presentan métricas que idealmente permiten valorar el desempeño del sector en su conjunto, formular indicadores específicos y construir una visión amplia conforme a estos ámbitos de análisis:

- 1. Intensidad de transporte.** Este indicador se refiere a la unidad de Producto Interno Bruto por tonelada de carga transportada en una distancia determinada (kilómetros). Por una parte, permite entender el valor agregado que aporta el transporte de carga a la economía, y al mismo tiempo su dependencia sobre el sector. En una economía con un buen desarrollo, la transición de sectores primarios (agricultura) y secundarios (industria) a servicios se reduce la intensidad de transporte al requerir movilizar una menor producción física.
- 2. Distribución modal.** Este indicador es importante porque nos permite discernir el impacto ambiental que tiene cada modo de transporte. Típicamente se distribuye en transporte aéreo, marítimo, ferroviario y por carretera. Normalmente la distribución modal también responde al tipo de carga que se transporta, de ahí que no se puedan realizar comparaciones directamente entre modos de transporte para valorar un mismo servicio.
- 3. Diversidad y competitividad del mercado.** Conceptualmente este indicador debería ofrecer información sobre la oferta de servicios y concentración de agentes en el mercado; sin embargo, ello implica entender y poder comparar la gran diversidad de servicios de transporte y logística de carga. De acuerdo con McKinnon (2015) pocos países recopilan esta información y se requiere un análisis más detallado sobre las licencias de servicio expedidas, informes de mercado y de asociaciones, pero, sobre todo, poniendo atención en peso y distancia transportada.
- 4. Eficiencia operativa.** Los indicadores asociados a este ámbito son la carga y los insumos que se utilizan para movilizarla en términos de costos operativos y de combustible, así como la capacidad utilizada sobre la capacidad total. Este tipo de indicadores incluyen también los kilómetros recorridos en vacío. McKinnon (2015) estima que en países en desarrollo es difícil definir la normatividad sobre pesos y dimensiones, así como la verificación del cumplimiento. En cambio, el consumo de combustible es posiblemente uno de los indicadores más utilizados gracias a que

⁹ McKinnon, A. (2015). *Performance measurement in freight transport: Its contribution to the design, implementation and monitoring of public policy*. Prepared for the Roundtable on Logistics Development Strategies and their Performance Measurements (9-10-March 2015, Queretaro). Disponible en: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/mckinnon.pdf>

puede dar una visión agregada sobre la eficiencia energética y puede trasladarse a un impacto en la generación de gases de efecto invernadero. Sin embargo, pocos países separan el consumo de combustible por tipo de vehículo y se requieren de instrumentos como encuestas o programas de reporte voluntario.

- 5. Calidad de servicio.** Este es posiblemente uno de los ámbitos menos explorados en cuanto al transporte de carga. McKinnon (2015) incluye tres métricas principales:
- a. tiempo de tránsito
 - b. fiabilidad en la entrega
 - c. condición en la que llega la carga

Típicamente esta información es utilizada en los sistemas de gestión del desempeño a nivel interno de las empresas operadoras, pero difícilmente es accesible por motivos de privacidad y estrategia comercial. Encuestas como las diseñadas por el Banco Mundial para elaborar los informes de *Doing Business* y el *Índice de Desempeño Logístico* buscan proveer información sobre la calidad del servicio, creando indicadores cualitativos del desempeño. Una métrica complementaria es la del *Índice de Conectividad Global de DHL* que en lugar de carga por volumen o peso se enfoca en entender el valor del comercio y la logística de mercancías tanto a nivel de profundidad de servicios como de cobertura. Es decir, se mide cuántas y cuáles opciones de servicio hay en una región (profundidad) y, al mismo tiempo, cuántas regiones tienen servicios (cobertura), ya sea a nivel nacional o internacional.¹⁰ Por último, la calidad del servicio también requiere de una definición específica, pues el servicio de transporte de carga puede estar integrado con otros elementos logísticos como manufactura y almacenaje.¹¹

- 6. Impacto ambiental.** El impacto ambiental del transporte puede calcularse a partir de información del desempeño de las unidades de carga –incluyendo las métricas mencionadas antes–, particularmente, el consumo de combustible, distancia recorrida y carga transportada, que tienen una incidencia sobre la emisión de contaminantes, gases de efecto invernadero (GEI), así como la generación de residuos pensando en un contexto más amplio. Sin embargo, existen factores adicionales que requieren un análisis, como el comportamiento en la conducción, el cumplimiento de la normatividad ambiental y operativa, incluyendo la calidad del combustible y el mantenimiento de los equipos de control de emisiones. McKinnon (2015) añade a la complejidad del impacto ambiental y la seguridad la necesidad de contextualizar el transporte de carga en zonas de tráfico específicas para valorar cómo impactan la calidad del aire y la salud.

¹⁰ DHL. (2019). *DHL Global Connectedness Index*. Disponible en: <https://www.dhl.com/content/dam/dhl/global/core/documents/pdf/g0-en-gci-2018-update-study-full.pdf>

¹¹ Blanquart, C., Burmeister, A. *Evaluating the performance of freight transport: a service approach*. Eur. Transp. Res. Rev. 1, 135–145 (2009). <https://doi.org/10.1007/s12544-009-0014-5>

- 7. Seguridad.** Un elemento que no es común en los análisis del sector es el relacionado con la seguridad, tanto en el contexto de seguridad vial que considera los accidentes, y la pública, relacionada con el robo de mercancías. La seguridad vial tiene que ver con la apropiada gestión de los vehículos siguiendo los protocolos mínimos de mantenimiento y una conducción adecuada, reduciendo la tasa de accidentes y los costos de operación. También tiene que ver con el entorno, en el que las vías de transporte pueden ser causas de accidente al no ser diseñadas, construidas, mantenidas y señalizadas de manera correcta. En cuanto a la seguridad pública en la operación, los transportistas se enfrentan a riesgos adicionales asociados a robos que impactan la integridad física del conductor, del vehículo y de la carga transportada.

Para entender el desempeño del transporte de carga hay que definir a los actores que tienen un rol determinante. Los dos actores principales en la industria de transporte de carga terrestre suelen ser el **transportista proveedor**, que integra a operadores que pueden ser empresas o personas que ofrecen servicios de traslado de mercancías que no son parte de su cadena de suministro. Otras empresas internalizan este tipo de servicios en su cadena de suministro, como **transportista operador** trasladando sus propias mercancías y gestionando sus propias unidades de transporte. En otro nivel, se pueden considerar las entidades que se encargan de la definición y vigilancia de la regulación del sector, así como la provisión de infraestructura y servicios de apoyo que van más allá de los alcances de la operación propia de las unidades de carga.

1.2 ¿Cómo conseguir los datos para medir el desempeño?

La siguiente tabla muestra un resumen de las métricas e indicadores utilizados para entender el desempeño del transporte de carga, así como los métodos para la obtención de datos basados en el trabajo de McKinnon (2015).

En la mayoría de los casos las fuentes de información primaria son encuestas que requieren de un grado de confiabilidad alto en su diseño e implementación y que difícilmente permiten el uso de otras fuentes. Sin embargo, con la llegada de sistemas de diagnóstico a bordo y nuevas tecnologías de información con carácter obligatorio, se prevé que muchas de estas métricas e indicadores se automaticen y se puedan integrar bases de datos más confiables que las encuestas.¹²

¹² ICCT. (2019). *Modernizing data collection and reporting methods for the Smart Way Program*. Disponible en: <https://theicct.org/publications/smartway-data-collection-20190409>

Criterios de desempeño	Indicador	Datos (unidades)	Métodos de obtención de datos	Fuente
Intensidad de transporte	tkm = (t*km) / PIB	Toneladas transportadas (t). Distancia recorrida (km). Producto Interno Bruto del transporte de carga (USD).	Encuestas. Registro fiscal Sistemas de diagnóstico a bordo.	Operadores y proveedores de transporte. Tesorerías y cuentas nacionales
Distribución modal	tkm tkm / largo recorrido Ruta/(tkm)	Toneladas transportadas (t). Distancia recorrida (km). Tipo de vehículo (plataforma, caja, etc.). Tipo de carga. Mejores rutas para envío de carga.	Encuestas. Bases de datos de asociaciones.	Operadores y proveedores de transporte.
Competitividad en el mercado	Número de empresas y vehículos para cada segmento. Cobertura regional.	Número de vehículos y clase.	Encuestas. Bases de datos de asociaciones.	Operadores y proveedores de transporte.
Eficiencia operativa	tkm por vehículo % de km en vacío Capacidad de carga (m ³ , m ² , t) km/l l / (tkm)	Toneladas kilómetro (tkm) Combustible consumido (l) Capacidad utilizada Km en vacío (km vacío) Combustible consumido (l) Vehículos de carga (número)	Encuestas. Bases de datos de asociaciones. Registro fiscal Sistemas de diagnóstico a bordo.	Operadores y proveedores de transporte. Tesorerías.
Calidad del servicio	Puntualidad. Fiabilidad. Trazabilidad. Capacidad logística.	Puntualidad (Desviación tiempo). Fiabilidad (entrega realizada). Trazabilidad (% de tiempo rastreable). Capacidad logística (m3, m2, t).	Encuestas.	Informe de Desempeño Logístico y Doing Business del BM DHL Report
Impacto ambiental	CO _{2eq} / (tkm) Número de vehículos registrados en cumplimiento de estándares de emisión.	Factor de emisión (CO _{2eq} por l de combustible y tipo de vehículo) Toneladas kilómetro (tkm). Combustible consumido (l). Número de vehículos. Número de verificaciones.	Encuestas. Programas de verificación ambiental. Estándares ambientales. Sistemas de diagnóstico a bordo.	Departamentos de medio ambiente de gobiernos locales y estatales.
Seguridad	Accidentes causados por vehículos de carga. Robo de mercancías.	Número de accidentes de tráfico.	Sistemas de diagnóstico a bordo.	Asociaciones de empresas de seguros. Policía.

Tabla 1. Resumen de criterios, indicadores y métodos para conocer el desempeño del transporte de carga.

Fuente: Elaboración propia con base en McKinnon (2015)

El análisis realizado por McKinnon (2015) presenta una perspectiva amplia para caracterizar el desempeño del transporte de carga. Esta perspectiva contrasta con la forma en que se realizan los análisis para la toma de decisiones: con información típicamente atomizada y desconectada, gestionada por instituciones con distintos mandatos. El autotransporte de carga no sólo se puede considerar como un sector integrado en algunos puntos con otros sectores económicos, como el de la manufactura, sino que además tiene una complejidad dado el número y diversidad de jugadores en el mercado, con asimetrías de información técnica que dificultan la valoración del desempeño como sector aislado de la economía.

1.3 ¿Qué podemos entender de los criterios de desempeño?

La evaluación del desempeño requiere indicadores definidos a partir de información existente o relativamente accesible. Para los criterios de desempeño identificados por McKinnon (2015) se busca una evaluación que vincule lo económico, técnico, operativo y ambiental. El primer criterio, referente a la **intensidad de transporte** se puede entender como la dependencia que tiene una economía para generar valor, así como los recursos asociados para generar ese valor. De ahí que la métrica utilizada sea la resultante de dividir las toneladas kilómetro recorridas entre el Producto Interno Bruto o valor monetario de la industria de carga.

El segundo criterio referente a **distribución modal** es posiblemente uno de los más complejos, pues busca entender en qué medio de transporte se mueve la carga considerando también sus características físicas. La definición de distribución modal¹³ indica la proporción que cada modo de transporte (aéreo, autotransporte, ferrocarril, marítimo) moviliza en el transporte de carga y es medida en toneladas por kilómetro. Una de las principales limitaciones de esta definición es que no toma en cuenta la densidad de la carga,¹⁴ el reto es poder comparar la eficiencia en el movimiento de mercancías que, en realidad, no siempre pueden pasar de un modo a otro de forma intercambiable. Esto se ha estudiado a partir de la información que proveen las empresas sobre la carga transportada junto con el tipo de transporte utilizado. Uno de los problemas de este criterio es que la carga puede pasar por muchos medios de transporte (barco, tren, camión, grúa, montacargas), y es muy difícil poder dar un seguimiento físico a la carga.

La complejidad aumenta al valorar distintas rutas para mover la misma carga por distintos medios de transporte (por ejemplo, un contenedor movido parcialmente por ferrocarril contra una ruta seguida por un camión). Por lo tanto, para este criterio los indicadores se construyen con información que permite crear algunas inferencias, pero no necesariamente saber con precisión qué carga se mueve a través de qué medio específico y dentro de qué rangos de distancia. Este problema lleva a pensar que la carga puede trasladarse de forma intercambiable entre distintos

¹³ Jean-Paul Rodrigue (2020). *The Geography of Transport Systems*. The spatial organization of transportation and mobility. Disponible en: <https://transportgeography.org/glossary/>

¹⁴ McKinnon, A. (2015). *Performance measurement in freight transport: Its contribution to the design, implementation and monitoring of public policy*. Prepared for the Roundtable on Logistics Development Strategies and their Performance Measurements (9-10-March 2015, Queretaro). Disponible en: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/mckinnon.pdf>

medios de transporte, cuando la realidad es que para cada tipo de carga hay medios de transporte más adecuados, aunque los indicadores muestren lo contrario. Por ejemplo, en la entrega de un aerogenerador algunas partes se transportarían por carretera dado el volumen; pero es mejor por ferrocarril cuando el peso es excesivo.

Algunos de los indicadores que se utilizan contemplan las posibles rutas de distribución, sobre todo cuando se trata de vehículos con múltiples paradas sobre las toneladas kilómetro recorridas (tkm). Es decir, este indicador buscará conocer si la carga se ha movido por distintos medios (distribución modal) y si se hizo de la forma más eficiente. Por ejemplo, un contenedor puede bajar de un barco y subir a un tren, para después ser trasladado por un camión. Ese mismo camión podría haber realizado el mismo trabajo, teóricamente, pero las rutas habrían sido distintas y la eficiencia en la operación y los costos también.

El tercer criterio se refiere a la **competitividad y diversidad en el mercado**, que principalmente busca entender cómo los participantes del mercado ofrecen servicios, considerando las distintas necesidades de los usuarios. Uno de los problemas para desarrollar indicadores de competitividad es la dificultad para acceder a información sobre los diversos segmentos del mercado (carga ligera, pesada de corto y largo recorrido, nacional e internacional, multimodal) y el tipo de servicios que se demandan para cada uno de ellos. Por ejemplo, los servicios de correo tienen un peso limitado y se ofrecen a nivel local a través de flotas específicas, mientras que el correo foráneo requiere de otro tipo de vehículos. De esta forma, es complejo entender la cantidad de servicios demandados, la forma, el precio y la calidad con la que se sirve a través de cada segmento. Lo único que podemos saber es la cantidad de vehículos registrados y su cobertura regional en algunos casos. Otra información es la obtenida de forma cualitativa sobre encuestas a personas de negocios.

El cuarto criterio, **la eficiencia operativa**, es el más utilizado por la facilidad de acceso a la información. Para definir este indicador se toma la cantidad de combustible utilizado (litros), para transportar una carga específica por una determinada distancia (ton*km). En el caso del transporte por carretera, este tipo de indicador permite entender la eficiencia en la operación e identificar posibles mejoras en el desempeño, así como otras prácticas comerciales como reducir la carga en vacío, y aprovechar la capacidad de carga de los vehículos. Para ello, se utiliza la información sobre el consumo de combustible de una flota específica –por ejemplo, a través de las bases de datos de las tesorerías estatales–, así como la información reportada por las empresas o asociaciones sobre la carga y las distancias recorridas. Los registros fiscales también pueden tener información del consumo de combustible de una empresa o un operador específico, así como el número de vehículos en operación.

El quinto criterio, relativo a la **calidad del servicio**, va de la mano de la competitividad y diversidad del sector. Los indicadores utilizados son la puntualidad con la que se entrega un pedido y la fiabilidad definida como la confianza en que una entrega se hará conforme a lo acordado. Por ejemplo, si la carga llega a tiempo el 95% de las veces, esto mediría la fiabilidad y reflejaría la calidad del servicio. Otros indicadores son la trazabilidad que permite saber en todo

momento la situación de la carga, y la capacidad logística que permite utilizar un dato cuantitativo sobre la capacidad instalada en la industria para movilizar un volumen o peso determinado.

Desgraciadamente, la mayor parte de estos conceptos son subjetivos y se miden a través de indicadores cualitativos elaborados a partir de encuestas a usuarios. El Banco Mundial realiza dos estudios complementarios que buscan entender la opinión de personas sobre el ambiente de negocios en un país determinado y los servicios de apoyo a los negocios (*Doing Business Report*),¹⁵ la facilidad y costos para exportar, incluyendo el transporte, así como la opinión sobre el desempeño logístico en relación con procedimientos aduaneros, infraestructura de transporte, transporte internacional, competencia en el mercado, trazabilidad y tiempos de entrega (*Informe de Desempeño Logístico*).¹⁶

El criterio de medición del **impacto ambiental** está construido a partir de la información relativa a la generación de contaminantes y GEI, aunque el impacto ambiental del autotransporte de carga podría medirse de forma más completa a partir de un análisis de ciclo de vida de las partes que integran la industria. De cualquier forma, para fines de este estudio, los indicadores se centran en las emisiones de GEI, que suelen ser desarrollados a partir de información proporcionada por los departamentos de medio ambiente o transporte de los gobiernos locales, estatales o nacionales, dependiendo en buena parte de los programas existentes para el control de vehículos, así como los programas de verificación existentes en cada jurisdicción.

El último criterio es el relativo a la **seguridad**, que se centra en la siniestralidad asociada a la operación del transporte de carga, entendida tanto en los aspectos viales como la seguridad pública. La métrica utilizada suele ser el número de accidentes, pero no hay una convención sobre cuáles o de qué forma reportarlos. Lo mismo ocurre sobre los robos que, con frecuencia, no se reportan. La policía suele ser quien reporta los accidentes, aunque las empresas de seguros pueden contar con información más detallada.

Obtener información de calidad para la toma de decisiones requiere desarrollar capacidades técnicas, regulatorias y administrativas. Frecuentemente, los recursos disponibles para mejorar estas capacidades son escasos y compiten con otras prioridades que afectan al sector. Por una parte, las empresas tienen objetivos de negocio que son más inmediatos, por ejemplo, pagar los salarios; y, por otra, los programas públicos que pueden servir para crear indicadores de desempeño tienen objetivos también más inmediatos como asegurar una mejor coordinación fiscal.

De esta forma, se debe pensar que cualquier intento por mejorar la información del transporte de carga requerirá de coordinación entre las entidades encargadas de facilitar dicha información y que su uso tiene múltiples competencias.

¹⁵ <https://espanol.doingbusiness.org/es/data/exploreconomies/mexico>

¹⁶ <https://lpi.worldbank.org/>

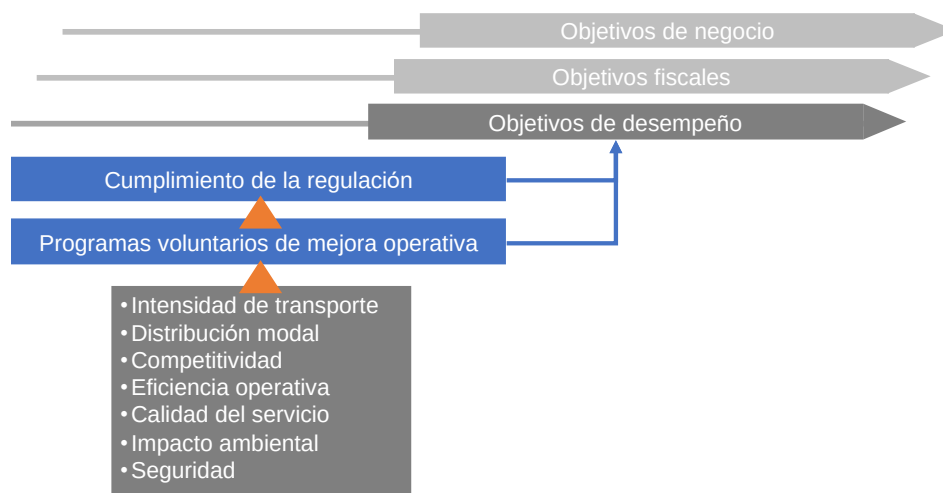


Figura 1. Información operativa como métrica hacia múltiples objetivos.

1.4 Retos para el desarrollo de indicadores

El desarrollo de indicadores requiere de un esfuerzo importante para obtener información primaria (en el vehículo) o secundaria (en lo reportado por un transportista), que pueda convertirse en datos útiles para la toma de decisiones. Autoridades utilizan esta información para fines de cumplimiento de la regulación y fiscales, mientras que las empresas la utilizan para definir sus estrategias de mercado.

Algunos gobiernos han optado por desarrollar encuestas e integrar sistemas de información detallados que incluyen datos sobre las características de las unidades de transporte, consumo y calidad de combustible utilizado, así como la carga reportada. Muchos países utilizan este enfoque en sus programas para medir el desempeño ambiental, ya sea a través de entidades públicas o privadas, generalmente con carácter voluntario.

Otro enfoque para conocer el desempeño en el uso de energía y la emisión de GEI es a través de la información que se obtiene de los programas de verificación de los vehículos, que incluye la inspección y mantenimiento de carácter obligatorio. Aunque estos pueden tener incentivos y desincentivos que limitan su efectividad, por ejemplo, que las multas por no cumplir sean más costo-efectivas que cumplir la regulación. Por eso también deben existir programas voluntarios, como el Programa de Transporte Limpio, que informan a los transportistas sobre cómo mejorar el desempeño operativo de sus unidades a través del equipamiento, uso de herramientas, cambios de conducta y combustibles para mejorar la eficiencia operativa. El cumplimiento de la regulación y los programas voluntarios de mejora deberían complementarse y ser útiles para los usuarios finales y no representar una carga para la industria.

Los enfoques anteriores se complementan con información sobre la seguridad laboral, vial y de la carga, el cumplimiento con la normatividad fiscal y la legitimidad de la propiedad de la carga para evitar el transporte de mercancías robadas. Esta información incluye bases de

datos sobre vehículos registrados en una jurisdicción específica, informes de accidentes y robos, frecuentemente en coordinación con entidades de seguros.

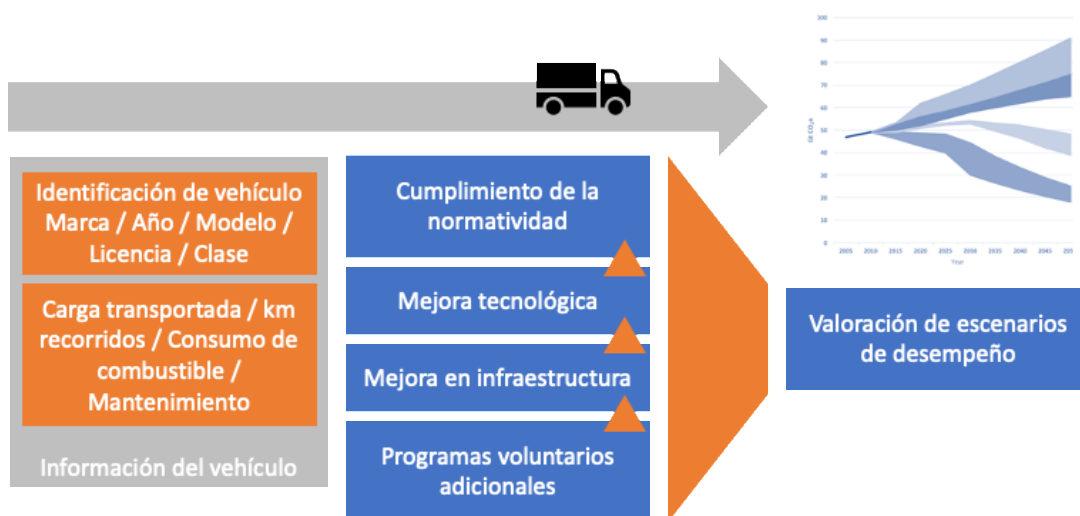


Figura 2. Integrando la información del vehículo para crear escenarios y políticas públicas.

Para poder tener una perspectiva completa del sector transporte de carga a nivel cuantitativo, se cuenta con información común que puede ser accesible de acuerdo con la entidad que la gestiona, sea pública o privada (Figura 2). Todas las unidades de carga se dan de alta al entrar al mercado, incluso las que son importadas y reportan a las autoridades información sobre el vehículo, año de fabricación, modelo con las características físico-mecánicas y clase de vehículo del que se trata.

También se puede tomar información existente o estimada sobre la carga, la distancia que recorre una unidad en un plazo de tiempo determinado, el consumo de combustible y el mantenimiento al vehículo. Esta información es la base para construir de lo particular a lo global la perspectiva del transporte de carga. Es decir, se pueden valorar cómo los distintos elementos que inciden en el desempeño operativo de un cierto tipo de vehículo tienen un impacto en el sector. Así, es posible crear escenarios de largo plazo bajo supuestos que permitan parametrizar el impacto de políticas públicas como incentivos y regulaciones, el cambio tecnológico, incluyendo dinámicas y características del propio mercado.

El fin último de la toma de decisiones es asegurar que la información con la que se realizan diagnósticos y se llegan a conclusiones sea contrastable con la realidad. Para el transporte de carga esto genera retos, sobre todo considerando la diversidad de actores, las diferencias de coberturas de servicios a nivel geográfico y la multiplicidad de autoridades incidentes en el sector. Por ello, la información frecuentemente se convierte en generalizaciones utilizadas para valorar cómo las políticas, el cambio tecnológico y la normatividad pueden incidir en distintos escenarios de desempeño. En las siguientes secciones se presentan herramientas y programas enfocados en entender mejor el sector de transporte de carga a partir de distintas metodologías de recopilación y explotación de datos.

2

Kane Taylor / Unsplash

Capítulo 2. Mejores prácticas para medir el desempeño operativo, ambiental y de seguridad en programas de mejora del transporte de carga

2.1 ¿Por qué desarrollar programas de mejora operativa?

A nivel nacional e internacional, el sector transporte es uno de los mayores emisores de contaminantes en los inventarios de contaminantes criterio y de GEI. Por ello, gremios, asociaciones, programas e iniciativas relacionadas con este sector están enfocadas en mejorar el desempeño operativo de los vehículos, incrementando el rendimiento de combustible, reduciendo los tiempos de traslado, haciendo más eficiente y rentable la entrega de productos, disminuyendo costos de capital y de operación, minimizando accidentes y la emisión de contaminantes y de GEI.

Para ello, se necesita contar con herramientas para valorar alternativas de políticas que permitan mejorar el desempeño operativo del transporte de carga, tanto por factores ambientales y energéticos como de seguridad. Es importante entender cómo los indicadores de desempeño nos ayudan a definir políticas y mejorar la operación de los vehículos.

En este capítulo se presenta un resumen de las mejores prácticas en la medición del desempeño operativo, energético, ambiental y de seguridad a partir de una revisión documental de experiencias a nivel nacional e internacional, categorizando los criterios, indicadores y metodologías para la obtención de datos.

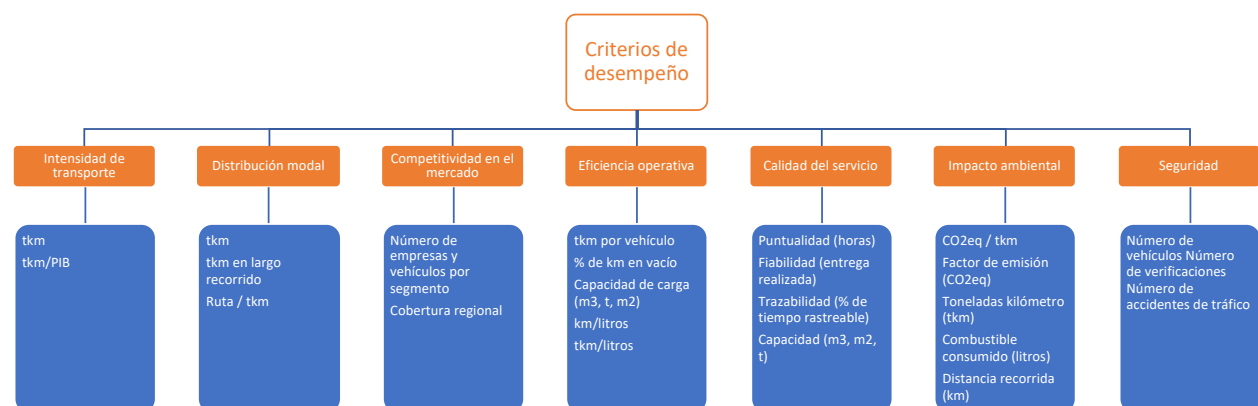


Figura 3. Resumen de los criterios de desempeño (en naranja) e indicadores asociados (en azul).

Tras una revisión de la literatura y el marco puesto por McKinnon (2015) se presenta, para cada herramienta, un resumen de los criterios e indicadores a los que aporta. Esto nos ayuda a identificar aquellos criterios de desempeño que tienen una metodología definida, así como las brechas tanto de información como de herramientas.

El criterio de mejores prácticas está basado en experiencias concretas de campo que buscan la mejora operativa y ambiental enfocada a resultados como la reducción de la contaminación o la emisión de GEI, un menor consumo de combustible y una menor tasa de accidentes. A través de las experiencias se analizan y promueven políticas, uso de tecnologías y mejores combustibles, así como otros elementos de cambio de comportamiento. Otro de los criterios es el funcionamiento en el terreno, que provee un diagnóstico y considera la viabilidad de aplicación en México.

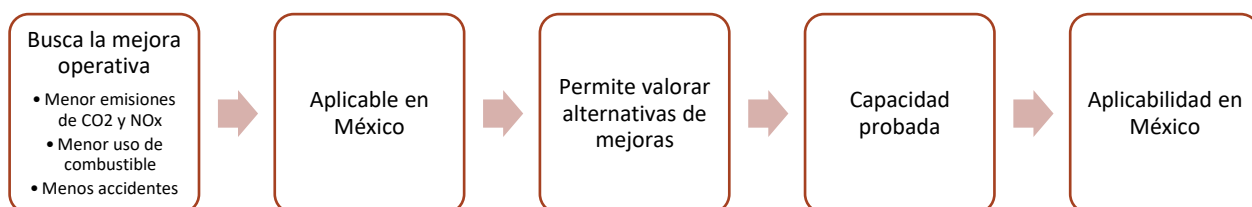


Figura 4. Criterios para la selección de mejores prácticas.

Las herramientas identificadas son parte de una serie de programas que buscan mejorar el desempeño operativo, ambiental y energético y con ello obtener un impacto medible: reducir emisiones, accidentes o el consumo de combustible. También se cuenta con herramientas enfocadas en valorar posibles escenarios a nivel teórico, simulando la realidad del transporte de carga, con fines de valoración de políticas. Por ejemplo, considerando restricciones horarias o impacto en la calidad del aire en una zona urbana.

En ambos casos, es importante destacar que las herramientas descritas pueden ser para uso público o privado, pero siempre están destinadas a regular a empresas y personas que operan vehículos. Enfocarlas en usuarios reales y no solo en ejercicios teóricos es fundamental para diseñar programas de mejora del desempeño operativo.

Dar mayor enfoque a programas dirigidos a empresas es importante por dos aspectos: a) son las empresas quienes toman las decisiones de inversión y mantenimiento para operar sus negocios, y quienes más información tienen sobre el desempeño de sus vehículos y b), para las empresas, el transporte es la fuente de costos más importante en la cadena de suministro.¹⁷

¹⁷ Global Supply Chain Institute. (2017). *Transportation 2025 Mega Trends and Current Best Practice*. Disponible en: <https://haslam.utk.edu/whitepapers/global-supply-chain-institute/transportation-2025-megatrends-and-current-best-practices>

2.2 Mejores prácticas identificadas en la gestión del transporte de carga

Conforme a la metodología descrita, se identificaron 13 programas y 3 herramientas de estimación principales, de las muchas disponibles en el mercado. De los 13 programas identificados, 2 son de alcance global, 2 de ellos de alcance regional en Asia y Europa, mientras que otros 9 son derivados de experiencias en Brasil, Canadá, China, Colombia, Estados Unidos, 2 en Francia y 2 del Reino Unido, que se suman a los programas realizados en México que se detallan en el siguiente capítulo.

Una parte muy importante de los programas revisados –y que fueron adaptados por cada país– tienen su origen en el programa *Smart Way* promovido por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, por lo que el funcionamiento del programa, como su seguimiento y evaluación son similares. En el contexto general, se observa que el método para el cálculo de emisiones¹⁸ es similar en todos los programas:

Emisiones = (Factor de emisión) x (consumo de combustible)

$$E_i = (Fe_i) \times (CC_j)$$

Donde:

E_i	= Emisiones totales del contaminante i	[g/año]
CC_j	= Consumo de combustible por categoría de vehículo j por año	[l/año]
Fe_i	= Factor de emisión específico a vehículo y combustible	[g/l]

El factor de emisión de un contaminante en específico depende en gran medida del tipo de vehículo, el combustible, año modelo del vehículo, tipo de tecnologías de control de emisiones, peso bruto, capacidad de carga, eficiencia de combustible con y sin carga, tipo de combustible requerido, altitud, temperatura, tipo de vía, así como condiciones y comportamiento de manejo, entre otros.

Hay herramientas que facilitan el procesamiento de información y la creación de modelos que nos digan cómo los elementos mencionados inciden en el factor de emisión; sin embargo, esto también implica un aumento de la incertidumbre de los resultados. Por ello no se debe olvidar que un modelo emula la realidad y que debe ser frecuentemente contrastado para asegurar que las conclusiones sean consistentes con la realidad percibida. En este punto existen dos desafíos: el de contar con información que permita crear factores de emisión y el tener el número y características de los vehículos en cuestión.

Las encuestas o programas voluntarios de reporte son las mayores fuentes de información, y son las mismas empresas y/o operadores quienes reportan datos, según los objetivos propios de la empresa y alineados a los objetivos del programa. Si bien hay evaluaciones por terceros y se pueden ejecutar auditorías, los resultados son confidenciales y

¹⁸ INECC. (2018). México, *Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Disponible en: <http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/handle/publicaciones/117>

exclusivos para los miembros del programa, además los medios para obtener los indicadores no son públicos. En algunos casos la información se pone a disposición para fines académicos a través de una declaración de confidencialidad. Sin embargo, la verificación y cruce de datos es poco frecuente, pues estas herramientas no tienen un carácter de cumplimiento obligatorio. Por ello, entidades externas a los programas (incluidos centros de investigación, la academia y entidades de gobierno) deben emplear otros métodos para estimar las emisiones con una menor incertidumbre, cruzar datos y llegar a resultados más confiables para la toma de decisiones.

A continuación, se describen los principales programas y metodologías enfocadas en mejorar el desempeño operativo, ambiental y de seguridad del transporte de carga.

Evaluación Internacional de Eficiencia Energética

El Consejo Americano para una Economía Energéticamente Eficiente (*American Council for an Energy-Efficient Economy, ACEEE*) utiliza una serie de parámetros que inciden en la intensidad energética de la economía para realizar el Estudio de **Evaluación Internacional de Eficiencia Energética**¹⁹. Parte de un indicador general y altamente comparable entre países y sectores definido como el cociente resultante de las unidades de energía primaria consumida entre las unidades de Producto Interno Bruto generado por el país en un año determinado en dólares. Una mayor intensidad energética indica que se requiere más energía para generar una unidad de producto, por lo tanto, representa una ineficiencia comparativamente.

Este estudio provee de una metodología cualitativa y cuantitativa. La parte cuantitativa la apreciamos en el uso de métricas sobre intensidad energética y unidad económica producida por carga transportada (eficiencia de combustible por tonelada transportada y unidades de valor en dólares por tonelada transportada) y distancias recorridas por viaje. Y la cualitativa, al asignar puntos sobre la existencia y grado de implementación de estándares de combustible para vehículos ligeros y pesados, incluyendo la existencia de iniciativas de transporte y logística de carga inteligente.

México recibe cero puntos en este estudio a la economía de combustible en vehículos pesados colocándolo en la última posición en transporte de carga sobre los indicadores analizados (Energía por tonelada / kilómetro transportado MJ/tonkm) y toneladas kilómetro por dólar de PIB en 2015. Esto, debido al alto consumo energético asociado al transporte de una tonelada de carga, la limitada normatividad sobre eficiencia energética en el transporte de carga y una débil verificación del cumplimiento de la misma.

La utilidad de esta metodología de la ACEEE yace en permitir comparar los avances de los países en ámbitos concretos de eficiencia energética y a entender el impacto de las políticas públicas en el desempeño ambiental y energético, entendido el transporte de carga.

¹⁹ ACEEE (2019). *The 2018 International Energy Efficiency Scorecard*. American Council for an Energy-Efficient Economy. Disponible en: <https://aceee.org/research-report/i1801> 13/02/2019

Consejo Marco Global de Logística y Emisiones (GLEC)

La metodología del Consejo Marco Global de Logística y Emisiones²⁰ (GLEC, por sus siglas en inglés) es reconocida a nivel mundial para el cálculo y presentación de informes armonizados de huella de carbono relacionada con la logística de la cadena de suministro multimodal. Es implementada por transportistas y proveedores de servicios logísticos.

El objetivo del marco GLEC es contabilizar todas las emisiones logísticas relevantes dentro de la operación de una empresa y su cadena de suministro. Por ello, el GLEC reporta la emisión de gases de efecto invernadero y carbono negro para el sector transporte con base en las metodologías establecidas por el Protocolo GEI (GHG Protocol)²¹, impulsado por el World Resources Institute. El protocolo emplea varios métodos: la herramienta de transporte de carretera *Smart Way* y Comité Europeo de Normalización EN 16258: metodología para el cálculo y declaración de consumo de energía y emisiones de GEI de los servicios de transporte (mercancías y pasajeros).

Al igual que en los lineamientos del Protocolo GEI, los alcances para el reporte de emisiones son: emisiones directas (alcance 1), emisiones por generación de energía (alcance 2) y emisiones en la cadena de suministro (alcance 3). La aplicación del GLEC tiene dos pasos clave: alinearse con los fundamentos básicos de contabilidad logística de carbono y un marco para el cálculo de emisiones. Las metodologías que destacan como la base del marco son: EcoTransIT, el Clean Cargo Working Group y la Carbon Emissions Accounting Methodology.

Global Logistics Emissions Council Framework	
Nombre del programa	
Tipo de programa	Voluntario
Indicadores utilizados (5 / 7)	Intensidad de transporte ✓ Distribución modal ✓ Competitividad del mercado ✓ Eficiencia operativa ✓ Calidad del servicio Impacto ambiental ✓ Seguridad
Medidas	Cálculo de emisiones de GEI asociado al transporte multimodal de carga Optimización de la cadena de suministro. Reducción de costos de operación y de emisión de GEI. Integración modal. Informar a clientes y consumidores sobre el desempeño ambiental.
Métricas registradas	Información sobre los vehículos: categoría de peso, clase de motor, volumen, año, tipo de combustible. Información sobre actividades: topografía, tipo de camino (urbano vs rural), distancia larga frente a una corta, condiciones del tráfico, desviaciones regulares de la distancia planificada.
Compuestos	GEI (CO ₂ , PFC, HFC, NF ₃ , CH ₄ , N ₂ O, SF ₆) y carbono negro
Monitoreo, reporte y verificación	Declaración B2B donde se reporta como mínimo: el servicio proporcionado, el año de reporte, el total de emisiones GEI, el peso por distancia transportada, el total de emisiones por peso-distancia, el medio de reporte y la existencia de controles de calidad.

Tabla 1. Resumen del programa Global Logistics Emissions Council Framework.

²⁰ <https://www.smartfreightcentre.org/en/how-to-implement-items/what-is-glec-framework/58/>

²¹ <https://ghgprotocol.org/about-us>

Recopilación de datos. Los datos y fuentes de información primarios son muy diversos, pueden incluir información muy específica desde recibos de combustible o gasto anual reportado, hasta valores agregados que reflejan la intensidad del combustible o de las emisiones durante un año, asociado al movimiento de los vehículos.

Datos del programa. Los programas de transporte ecológico tienen un papel importante pues sirven como una plataforma para acopiar y compartir datos confiables entre los operadores de transporte y sus clientes en un entorno amigable y neutral. Los datos del programa pueden orientar la selección de la empresa transportista e identificar posibles estrategias de ahorro de energía, costos y emisiones.

Datos modelados. Las empresas y los proveedores de herramientas hacen modelos del uso de combustible y las emisiones utilizando la información disponible sobre tipos de mercancías, tamaños de envío, origen del viaje, destino y ubicaciones de manipulación intermedia, y cualquier información sobre los vehículos utilizados, factores de carga, etc. La relevancia de los resultados del modelo dependerá del nivel de detalle disponible sobre la operación de transporte y las suposiciones realizadas, así como los algoritmos del modelo.

Datos predeterminados. Sin otros datos disponibles, el último recurso es utilizar datos predeterminados que representen las prácticas operativas promedio de la industria. Este tipo de datos pueden dar una idea general de las emisiones, resaltando los puntos críticos y ofreciendo una estructura para priorizar la recopilación de datos adicionales para mejorar la precisión.

Datos primarios	Datos precargados (del programa)	Modelación	Datos preestablecidos por defecto
Los informes del Alcance 1 deben basarse en datos primarios.	Datos de los programas de carga verde para informes del Alcance 3.	Los modelos combinan datos de envíos con información sobre vehículos y flotas para modelar el consumo de combustible y las emisiones.	Cifras promedio de la industria utilizando supuestos estándar de eficiencia del vehículo, factor de carga y funcionamiento en vacío.
Los datos primarios son mejores para el Alcance 3, generalmente expresados en promedios anuales.			
Ejemplo: Emisiones anuales totales o emisiones medias por tonelada-km.	Ejemplo: datos de rendimiento del operador de SmartWay. Datos del transportista del Clean Cargo Working Group.	Ejemplo: EcoTransIT	Ejemplo: factores de emisión por defecto de GLEC, bases de datos del ciclo de vida, estudios académicos o legislación nacional.

Tabla 2. Revisión de las fuentes de información en GLEC.

Fuente: “Global Logistics Emissions Council Framework for Logistics Emissions Accounting and Reporting. Version 2.0”. <https://www.smartfreightcentre.org/en/how-to-implement-items/>

La experiencia ganada por el GLEC ha sido de gran valor para el desarrollo de iniciativas como la Alianza de Carga Inteligente en China. La Alianza en China ha aprovechado la estructura del GLEC en la creación de foros de discusión y encuentros empresariales para mejorar la operación de la industria de carga, con el objetivo de ampliar la proporción de transporte

ferroviario y fluvial en la distribución modal a costa del transporte carretero, mejorar el cálculo de emisiones del sector, desarrollar estrategias logísticas en el ámbito urbano, y mejorar la seguridad y cumplimiento de la normatividad de los sistemas de transporte.²²

Programa Europeo Lean and Green

Este programa,²³ puesto en marcha en 2017, promueve la transición hacia la sostenibilidad en los procesos logísticos, reduciendo costos e impactos en el medio ambiente. El programa se implementa en Alemania, Bélgica, Luxemburgo, Suiza, República Checa, Eslovaquia, España e Italia. Los datos recopilados para el cálculo de emisiones de CO₂ dependen del tipo de actividad (transporte o almacenamiento) para la cual se requiere realizar la estimación de emisiones de CO₂. Este programa se coordina con el GLEC para armonizar metodologías de estimación de emisiones. Además, es el impulsor del Lean Global Analytics, o Análisis Global Ligero, que mide la productividad en la logística de carga con base a la huella de carbono a través de toda la cadena de suministro como medida para su mejora operativa.²⁴

Nombre del programa	Programa Europeo Lean and Green
Tipo de programa	Voluntario
Indicadores utilizados (3 / 7)	Intensidad de transporte ✓ Distribución modal Competitividad del mercado Eficiencia operativa ✓ Calidad del servicio Impacto ambiental ✓ Seguridad
Medidas	El programa es el más ambicioso al incluir todas las operaciones logísticas de la carga más allá del transporte carretero, facilitando información de los asociados de forma anónima para aumentar el nivel de ambición, incluyendo datos auditados a nivel de empresa.
Métricas registradas	Estimaciones de la reducción de CO ₂ , combustible consumido, peso transportado, distancia recorrida.
Compuestos	CO ₂
Monitoreo, reporte y verificación	Los cálculos se realizan con metodologías propias o con el uso de protocolos para el cálculo del GEI (EN 16258). Se reporta dos veces al año, y una vez que se cumplen los objetivos se deben confirmar por un tercero.

Tabla 3. Resumen del Programa Europeo Lean and Green.

El método para llevar a cabo el análisis se divide en 4 etapas: alcance, compilación de datos, determinación de emisiones y definición de indicadores clave de desempeño. Se detalla a continuación:

- a. **Alcance:** Se seleccionan las actividades que se reportarán. En este caso las relacionadas con el transporte.

²² <https://www.smartfreightcentre.org/en/smart-freight-shippers-alliance-china/>

²³ *Introduction to the calculation of CO₂ emissions for participation in Lean & Green*. Disponible en: <https://lean-green.eu/app/uploads/2017/08/4-Introduction.pdf>

²⁴ *Lean and Green Europe. (2017). Carbon Productivity in Global Supply Chains*. Disponible en: <https://lean-green.eu/app/uploads/2017/08/5-Carbon.pdf>

- b. Compilación de datos:** Consiste en acopiar los datos necesarios para calcular las emisiones de CO₂. Los datos deben ser consistentes para cumplir con el alcance seleccionado en el paso previo y deben abarcar un año completo. Los datos incluyen el consumo de combustible, la energía consumida por instalación, más emisiones GEI por refrigerantes, en caso de almacenes acondicionados, y mercancías transportadas o manipuladas. Los datos anteriores normalmente se encuentran en la facturación por combustible, mientras que la mercancía transportada se rastrea a través de sistemas de manejo pedidos o en las facturas enviadas a los clientes (la unidad a usar son toneladas, m³, paquetes, pallets u otra y, por último, la distancia recorrida se obtiene en los odómetros o las distancias planeadas con base en el origen y destino de los trayectos.
- c. Determinación de emisiones de CO₂.** Se pueden hacer por actividad (gCO₂/ton-kg) o por unidad de mercancía (gCO₂/pieza). Para realizar el cálculo, se pueden hacer mediciones directas o emplear factores de emisión.²⁵
- d. Cálculo de indicadores clave de desempeño.** Para este punto se puede emplear el cálculo de CO_{2eq} realizado previamente y dividirlo por el número de piezas producidas; con ello se obtiene la estimación de la huella de carbono de la pieza, solamente por el transporte utilizado para entregarla.

Programa de Carga Verde Asia

Carga Verde Asia (CVA)²⁶ es una asociación sin fines de lucro fundada en 2012 por líderes de la industria (IKEA, DHL, UPS, HP y Heineken) comprometidos con el desarrollo de operaciones ecológicas; en 2020, el programa de CVA contó con 59 miembros en 22 países de Asia Pacífico. Cualquier organización, tipo industria o sector puede ser parte del programa para trabajar en la descarbonización y desarrollo de soluciones.

El programa ofrece una muestra estadística de informes de GEI que parametrizan el alcance factible de la mayoría de las empresas y estima los inventarios de gases de efecto invernadero de la industria. El programa se enfoca en la recopilación y análisis de datos de todas las operaciones²⁷: Alcance 1, Alcance 2 y Alcance 3, y áreas de materialidad específicas de la empresa. Esto da como resultado informes de GEI que proporcionarán la línea base para mejoras y planes de inversión. El programa recopila datos con la metodología del Protocolo GEI: Consumo de combustibles, generación de energía y emisiones en la cadena de suministro.

²⁵ <https://www.co2emissiefactoren.nl/lijt-emissiefactoren/>

²⁶ <https://www.greenfreightasia.org/>

²⁷ Green Freight Asia. En: <https://www.greenfreightasia.org/mrv-programme>

Nombre del programa		Carga Verde Asia
Tipo de programa		Voluntario
Indicadores utilizados (4 / 7)		Intensidad de transporte ✓ Distribución modal Competitividad del mercado ✓ Eficiencia operativa ✓ Calidad del servicio Impacto ambiental ✓ Seguridad
Medidas		El programa busca mejorar la eficiencia energética, la economía de combustible, reducir las emisiones de GEI y los costos operativos en toda la cadena de suministro, a través de seis programas específicos: a) monitoreo, reporte y verificación, b) creación de alianzas, c) etiquetado y certificación, d) conducción eficiente, e) compensación de emisiones y f) premios anuales por logros.
Métricas registradas		Las empresas transportistas reportan: número y tipos de vehículos, estándares de emisión de vehículos, tecnologías de ahorro de combustible y CO ₂ empleadas, programa de mantenimiento de flota, volumen de carga anual, distancia total, combustible total consumido. Los conductores informan qué porcentaje de las empresas transportistas empleadas cuentan con sello GFA.
Compuestos		CO ₂
Monitoreo, reporte y verificación		No hay una metodología establecida o sistema para el MRV. Se tienen planes de desarrollar uno en un futuro.

Tabla 4. Resumen del programa Carga Verde Asia.

Las herramientas para el acopio y manejo de datos incluyen bases de datos disponibles en la intranet de cada empresa o en Internet. El programa recomienda la metodología GLEC para calcular las emisiones del transporte de mercancías por carretera y utiliza dos pasos:

- 1. Recopilación de datos.** Los datos de actividad que se recopilan en el sitio y se calculan a nivel corporativo.
- 2. Cálculo de emisiones del transporte de mercancías por carretera.** Los transportistas brindan información sobre el número y tipo de vehículos, normas de emisión, tecnologías aplicadas para el ahorro de combustible y CO₂, datos del mantenimiento de la flota, volumen de carga anual, distancia total y combustible total consumido.

Programa Smart Way

El Programa Smart Way²⁸ inició en 2004 como una iniciativa público-privada. En Canadá lo implementa el Departamento de Recursos Naturales, mientras que en Estados Unidos lo gestiona la Agencia de Protección Ambiental en colaboración con la Asociación Americana de Camioneros (*American Trucking Association*) y la organización de Negocios por la

²⁸ <https://www.epa.gov/smartway>

Responsabilidad Social (*Business for Social Responsibility*).²⁹ El monitoreo, reporte y verificación (MRV) del programa requiere que las compañías agremiadas envíen sus reportes de desempeño a una base de datos centralizada utilizando un formato específico. El programa obtiene sus datos del reporte que proporcionan los transportistas. En paralelo, la Encuesta Quinquenal de Inventario y Uso de Vehículos (*Vehicle Inventory and Use Survey – VIUS*) ayuda a completar la información y sirve como contraste de la fiabilidad de la información reportada. Esta encuesta se aplica a una muestra representativa de más de 150,000 camiones, camionetas, vans, minivans y vehículos utilitarios, considerando millas recorridas, economía de combustible, peso, configuración (ejes, remolque, pesos), equipo postventa, entre otros.

Esta encuesta se realiza a través de envíos masivos de correo. En su última versión a nivel nacional (2002) recabó información sobre tecnologías incluyendo sistemas para reducir la marcha mínima, sistemas de diagnóstico a bordo, control de velocidad (gobernador) y llantas de baja fricción. Se prevé que la siguiente aplicación de la encuesta se realice en el año 2022.³⁰ Con la información recabada se hacen simulaciones sobre el impacto en el desempeño derivado de la aplicación de tecnologías de ayuda a la conducción, modelación de la calidad del aire, modelos de demanda de transporte de carga, eficiencia de combustible, asignación de precios de peaje en las autopistas y exposición a riesgos de seguridad vial.³¹

El programa Smart Way compila información sobre kilómetros recorridos para cada clase de vehículo y carga, diferenciando los de uso urbano o carretera. La agrupación por categorías es relevante porque permite una comparación entre vehículos con características similares. Otras herramientas, como el modelo Fleet (Fleet Emissions and Efficiency Tracking), que se describirá más adelante, están diseñadas para entender el desempeño de una flota de transporte de lo particular a lo general. También hay herramientas de inferencia estadística para valorar la capacidad y calidad de la infraestructura de carga en el país.

Nombre del programa		Smart Way
Indicadores utilizados (3 / 7)		Intensidad de transporte ✓ Distribución modal Competitividad del mercado Eficiencia operativa ✓ Calidad del servicio Impacto ambiental ✓ Seguridad
Tipo de programa		Voluntario
Medidas		Proporcionar información para la toma de decisiones y la mejora del desempeño ambiental y eficiencia de combustible. Identificación de tecnologías y estrategias para el ahorro de energía y reducción de emisiones y de costos.
Métricas registradas		Distancia recorrida, carga enviada, tipo de combustible, tipo y peso de vehículo, año-modelo del motor, tipo de vías de circulación, velocidad promedio, tiempo en ralentí.

²⁹ EPA. (2020). *Smart Way Vision 2020*. Smart Way. Disponible en: https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-05/documents/smartway_2020_vision_report.pdf

³⁰ <https://www.bts.dot.gov/vius>

³¹ BTS. Vehicle Inventory and Use Survey (VIUS). Visitado el 5 de octubre de 2020 en: <https://www.bts.gov/vius>

Compuestos	Contaminantes criterio (CO ₂ , NO _x and PM) y carbono negro.
Monitoreo, reporte y verificación	Se hace a través de una herramienta de simulación creada por la US-EPA, basada en lo reportado por los transportistas.

Tabla 5. Resumen del programa Smart Way.

Uno de los principales retos para los transportistas es recopilar de manera sencilla la información acerca de la operación de los vehículos, a pesar de que esto representa la posibilidad de reducir costos operativos con una mayor sostenibilidad ambiental. La gran diversidad de unidades de transporte de carga en el mercado y las restricciones en el acceso a información inhiben la comparación entre unidades de negocio y empresas, lo que dificulta la creación de puntos de referencia (*benchmarks*) ambientales y energéticos del sector.³²

El impacto del Programa Smart Way se puede cuantificar gracias a que los asociados se marcan un objetivo de eficiencia operativa que, desde 2004, ha evitado el consumo de más de 44,240 millones de litros de combustible equivalentes a más de \$37.5 mil millones de dólares asociados, evitando la emisión de más de 134 millones de toneladas de contaminantes (NO_x, PM y CO₂). Estos resultados son gracias a la eficiencia de combustible lograda en el programa, el desarrollo de tecnología y un ambiente de negocios para la eficiencia energética que beneficia a más de 3,700 empresas; también, por el desarrollo de herramientas de monitoreo y documentación exportable a través de la cadena de suministro sin costo para los participantes, y la facilitación de informes de sostenibilidad ambiental.³³ El desempeño medido por el Programa Smart Way ha definido distintos criterios para todas sus métricas (contaminantes criterio, tanto en gramos por kilómetro recorrido, como en gramos por tonelada-kilómetro recorrido).

Programas de carga verde en Canadá

Canadá implementa tres iniciativas para mejorar la eficiencia del autotransporte en su programa de carga verde:³⁴

- **Entrenamiento Smart Driver.** Programa para aprender a conducir de manera eficiente, desde el punto de vista energético, reduciendo costos operativos y emisiones asociadas.
- **Asociación de transporte Smart Way.** Programa que ofrece a sus afiliados la alianza con el programa Smart Way, basado en la mejora tecnológica e información para una mejor gestión en la cadena de suministro.

³² Holguin-Veras, J. et al (2017). *Innovative Approaches to Improve the Environmental Performance of Supply Chains and Freight Transportation Systems*. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/321954768_Innovative_approaches_to_improve_the_environmental_performance_of_supply_chains_and_freight_transportation_systems

³³ EPA. (2019). SmartWay Program Successes. Disponible en: <https://www.epa.gov/smartway/smartway-program-successes>

³⁴ <https://www.nrcan.gc.ca/energy-efficiency/energy-efficiency-transportation/greening-freight-programs/21044>

- **Evaluación ecológica de carga.** Apoya a empresas a reducir costos de combustible y emisiones. Contribuye a la toma de decisiones e inversiones en evaluaciones de energía de la flota, actualizaciones y cambio de combustible.

Como parte del programa de carga verde en Canadá, las empresas de transporte presentan un informe anual al Departamento de Recursos Naturales a través de una página web, indicando principalmente información sobre consumo de combustible, carga transportada, clase de vehículo, año modelo, estándar ambiental, tipo de carretera utilizada típicamente y tiempo en marcha mínima (ralentí).³⁵

Esta información se integra al modelo utilizando factores de emisión predeterminados por el programa conforme a los estudios realizados para caracterizar las flotas, así como información proveniente de encuestas. Uno de los medios por el cual se obtienen datos que permiten evaluar la eficiencia y veracidad del programa es mediante el uso de herramientas de detección a distancia. La siguiente figura muestra tres tipos de obtención de datos.

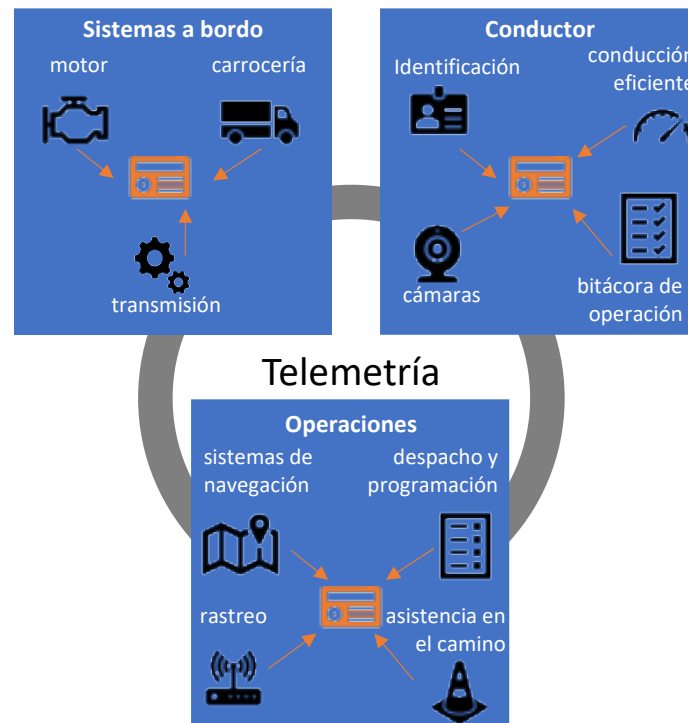


Figura 5. Datos obtenidos por sistemas telemáticos para la verificación.
Fuente: ICCT. (2019). Telematics in the Canadian trucking industry. Disponible en:
<https://theicct.org/publications/telematics-canadian-trucking-industry>

³⁵ Natural Resources Canada. (2020). Truck Carrier Tool.

Nombre del programa		Carga Verde en Canadá
Tipo de programa		Voluntario
Indicadores utilizados (3 / 7)		Intensidad de transporte ✓ Distribución modal Competitividad del mercado Eficiencia operativa ✓ Calidad del servicio Impacto ambiental ✓ Seguridad
Medidas		Capacitar a los conductores. Apoyar a empresas a reducir costos de combustible y emisiones. Contribuir a la toma de decisiones e inversiones en evaluaciones de energía de la flota, actualizaciones y cambio de combustible.
Métricas registradas		Distancia recorrida, carga enviada, tipo de combustible, tipo y peso de vehículo, año-modelo del motor, tipo de caminos que circula, velocidad promedio, tiempo en ralentí.
Compuestos		Contaminantes criterio (CO ₂ , NO _x and PM.) y otros, como carbono negro.
Monitoreo, reporte y verificación		Se hace a través de una herramienta de evaluación creada por la US-EPA. Los transportistas deben reportar los datos de actividad. Se pueden conseguir datos con herramientas de detección a distancia.

Tabla 6. Resumen del programa de Carga Verde en Canadá

El Departamento de Recursos Naturales de Canadá³⁶ colabora desde 2012 con la Agencia Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA) y monitorea los datos del transporte de carga, el cálculo de emisiones y la funcionalidad de la base de datos. Los datos de emisiones de ambos países se incluyen en una base de datos global de Smart Way. En Canadá, el Smart Way promueve el desarrollo de capacidades y la implementación de mejores prácticas en el sector transporte y las cadenas de suministro. Impulsa la competencia entre transportistas al comparar operaciones, y monitorea el consumo de combustible con el objetivo de mejorar su rendimiento. El desempeño ambiental del sector transporte forma parte de las metas empresariales, mientras que las empresas afiliadas al programa se comprometen con un objetivo de reducción de emisiones.

Las acciones para lograr la reducción de emisiones se basan en la revisión del desempeño, implementación de mejores prácticas operativas, instalación de tecnologías/ equipos de ahorro de combustible y la compra de vehículos de combustible alternativo. Para pertenecer al programa, un operador tiene que cumplir con una metodología que incluye la elaboración de un inventario de unidades de servicio, un análisis y validación de datos, evaluación del consumo de combustible y definición de una línea de base. Las medidas tomadas se basan en ahorros potenciales de combustible, estudios sobre retorno de la inversión, reducciones potenciales de GEI y otros beneficios operativos.

³⁶ <https://www.nrcan.gc.ca/energy-efficiency/energy-efficiency-transportation/greening-freight-programs/smartway-fuel-efficient-freight-transportation/21050>

Iniciativa de carga verde en China

La Iniciativa de Carga Verde en China es un programa³⁷ voluntario lanzado en 2012 para ahorrar energía y reducir emisiones, mediante la mejora y actualización del sector de transporte de carga. El programa funciona como una asociación pública-privada entre la Asociación China del Transporte por Carreteras y el Ministerio de Transporte, en colaboración con otros ministerios. El programa contempla tres componentes:

- **Gestión verde.** Moderniza la flota y la gestión a través de mejores prácticas de carga, de bajada y enganche con vehículos articulados.
- **Tecnología verde.** Promueve la adopción de estos avances para camiones ligeros a través de estándares y la emisión de un catálogo de tecnologías verdes y productos de ahorro de energía.
- **Conducción verde.** Establece programas de formación de conductores y promueve una conducción eficiente y ecológica.

Nombre del programa	Iniciativa de Carga Verde en China
Tipo de programa	Voluntario
Indicadores utilizados (3 / 7)	Intensidad de transporte Distribución modal Competitividad del mercado Eficiencia operativa ✓ Calidad del servicio Impacto ambiental ✓ Seguridad ✓
Medidas	Reducir las brechas institucionales y de políticas para bajar el consumo de combustible y la contaminación asociada al transporte de carga. Establecer estándares de operación a nivel nacional para mejorar la eficiencia de combustible y mejorar la coordinación en la cadena de suministro. Apoyar al sector con expertos técnicos, financieros y de gestión logística.
Métricas registradas	El programa recolecta datos de las flotas vehiculares, consumo de combustible, mercancía transportada, trayectos realizados, compañías registradas, así como políticas de seguridad vial.
Compuestos	Contaminantes criterio (CO ₂ , PM, NO _x , SO _x).
Monitoreo, reporte y verificación	No hay una metodología establecida o sistema para el MRV. Se tienen planes de desarrollar uno en un futuro. El programa CGFI desarrollará una metodología MRV para calcular las emisiones de carga por carretera en paralelo con otros medios de transporte: aéreo, marítimo, ferroviario, vías navegables interiores y centros de transbordo.

Tabla 7. Resumen de la Iniciativa de Carga Verde en China

La iniciativa forma parte de Clean Air Asia y está asociada al Programa Global de Transporte Verde. Trabaja en tres niveles: ciudad, regional y nacional. Se inició como un proyecto demostrativo para una ciudad con el co-financiamiento del Fondo Mundial para el Medio Ambiente. En su fase de madurez, el programa se enfoca en desarrollar e implementar estándares vehiculares, involucrar a los transportistas en proyectos piloto locales, y desarrollar y aplicar herramientas de cuantificación y comunicación. Esta iniciativa ha sido pionera en la introducción de vehículos eléctricos para distribución de mercancías y sistemas de apoyo para carga refrigerada.³⁸

³⁷ <http://www.crt.org.cn/details.html?id=22&contentId=2381>

³⁸ ICCT. (2018). *China Green Freight Assessment: Enabling a cleaner and more efficient freight system in China*. Disponible en: <https://theicct.org/publications/china-freight-assessment>

Programa FRET 21

FRET 21³⁹ es uno de los programas franceses de transporte y es promovido por la Agencia Ambiental Francesa (ADEME) y el Ministerio de Ecología, Desarrollo Sostenible y Energía. FRET 21 es una iniciativa que busca reducir el impacto del transporte en el medio ambiente junto con las empresas transportistas. Este programa da continuidad a la iniciativa Objectif CO₂ lanzada por el Ministerio de Ecología y la ADEME en 2008. Con casi 100,000 vehículos involucrados (alrededor del 18% de los vehículos pesados en Francia), este esfuerzo redujo la emisión de CO₂ en más de un millón de toneladas desde 2009.⁴⁰ La ADEME y las empresas adheridas al Programa FRET 21 firman un acuerdo en el que se comprometen a emprender acciones para reducir emisiones GEI. A la fecha, cerca de 1,000 empresas podrían estar participando en la iniciativa. Las compañías firmantes pueden implementar diferentes tipos de acciones, divididas en cuatro ejes:

- **Nivel de carga:** mejor llenado de las unidades de transporte.
- **Distancia recorrida:** optimización de recorridos.
- **Medios de transporte:** elección y optimización de transporte limpio o energías alternativas.
- **Compra responsable:** trabajar con proveedores de servicios que son especialmente conscientes de los problemas del desarrollo sostenible.

Las empresas tienen a su disposición las herramientas que les permiten evaluar y monitorear sus emisiones y los resultados de las acciones realizadas a través de un catálogo de hojas de acción, una herramienta de seguimiento que proporciona la suma de los ahorros de CO₂ generados y una calculadora que permite valorar las ganancias de CO₂ vinculadas a la ejecución de una acción.

Nombre del programa		FRET 21
Tipo de programa		Voluntario
Indicadores utilizados (5 / 7)		Intensidad de transporte ✓ Distribución modal ✓ Competitividad del mercado ✓ Eficiencia operativa ✓ Calidad del servicio Impacto ambiental ✓ Seguridad
Medidas		Incentivar a los transportistas a tener un mejor perfil de desarrollo sostenible y reducir las emisiones de GEI. Utiliza metodologías para mejorar la forma en que se mueve la carga, incluyendo el uso de plataformas logísticas, evitar viajes vacíos, aumentar el uso de camiones de remolque y doble piso, combustibles alternativos, integración modal, gestión de eco-conducción, y opciones de último kilómetro en vehículo eléctrico o bicicleta.
Métricas registradas		Datos de consumo de combustible, distancia recorrida y peso transportado para determinar las emisiones totales de CO _{2eq} .

³⁹ <http://fret21.eu/>

⁴⁰ Global Green Freight. Disponible en: <http://www.globalgreenfreight.org/node/409>

Compuestos	Emisiones GEI (CO _{2eq})
Monitoreo, reporte y verificación	El esquema de MRV se basa en el reporte de hojas de acción predefinidas y una herramienta que permite el seguimiento y registro de los ahorros de CO ₂ generados por las distintas acciones realizadas. Estas herramientas se utilizan para reportar la emisión de CO ₂ de las empresas transportistas al Ministerio de Transición Ecológica ⁴¹ .

Tabla 8. Resumen del programa FRET 21.

Programa Objectif CO₂

Objectif CO₂⁴² es un programa francés de participación voluntaria que busca reducir las emisiones de CO₂ en las operaciones del transporte de carga. Desde 2008, más de 1,400 empresas (1,170 empresas de transporte de mercancías y 240 empresas de transporte de viajeros por carretera) se han adherido al programa, que es administrado por ADEME (Agencia pública francesa para la gestión del medio ambiente y energía) y organizaciones profesionales (AUTF, CGI, FNTR, FNTV, OTRE, Unión TLF); además, cuenta con el apoyo del Ministerio de Transición Ecológica e Inclusiva y del Ministerio de Transporte. El programa está financiado por Total Marketing France como parte del esquema de Certificados de Ahorro de Energía.

Esta iniciativa busca ayudar a los operadores de transporte a cumplir con su obligación de reportar su desempeño ambiental como dispone el Artículo 228 de la ley francesa del 12 de julio de 2010 sobre el compromiso nacional ambiental y su integración en el código de transporte. Este requisito obligatorio está basado en los estándares europeos que definen las metodologías para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero en el transporte.

El programa incluye una herramienta para la medición y monitoreo de emisiones de GEI y contaminantes atmosféricos, así como indicadores de desempeño ambiental, una vez que los usuarios introducen información sobre sus unidades vehiculares. Si el nivel de desempeño ambiental de la empresa de transporte de mercancías es lo suficientemente alto puede solicitar la Etiqueta de Objectif de CO₂. 300 empresas de transporte de mercancías han obtenido esta distinción desde mayo 2016, lo que equivale a 1.6 millones toneladas de GEI no emitidas para finales de 2016 gracias al programa, es decir, una media de casi 400,000 toneladas al año.

Nombre del programa	Objectif CO ₂
Tipo de programa	Voluntario
Indicadores utilizados (4 / 7)	Intensidad de transporte ✓ Distribución modal ✓ Competitividad del mercado Eficiencia operativa ✓ Calidad del servicio Impacto ambiental ✓ Seguridad
Medidas	El programa se centra en la mejora de vehículos, de la capacidad de los conductores y del uso de combustibles; también, en reestructurar la cadena de suministro para reducir las emisiones de GEI.

⁴¹ <http://fret21.eu/fret-21/>

⁴² <http://www.objectifco2.fr>

Métricas registradas	A través de un sistema-web se registran los siguientes datos: consumo de combustible, peso vehicular, empresa transportista, distancias recorridas, tipo de vehículo. Se calculan (método francés Grenelle): gCO ₂ /km, gCO ₂ /t-km, reducciones en consumo de combustible y emisiones.
Compuestos	Reducciones de CO ₂ , con base en gCO ₂ /km y gCO ₂ /ton-km
Monitoreo, reporte y verificación	Seguimiento, reporte y rastreo de emisiones de CO ₂ por 3 años

Tabla 9. Resumen del programa Objectif CO₂.

Esquema de Reconocimiento Eco Stars

El Esquema de Reconocimiento Eco Stars (Eco Stars Fleet Recognition Scheme)⁴³ lanzado en 2009 en Reino Unido, hoy es replicado en España y Holanda. Su objetivo inicial es efficientar el consumo de combustible con la implementación de mejores prácticas y la introducción de vehículos con tecnologías limpias. El resultado esperado es la reducción del consumo de combustible, de los costos y de las emisiones. El programa es administrado en el Reino Unido por la empresa Transport Research Laboratory Ltd. (TRL).

Nombre del programa	Esquema de Reconocimiento Eco Stars
Tipo de programa	Voluntario
Indicadores utilizados (3 / 7)	Intensidad de transporte ✓ Distribución modal Competitividad del mercado Eficiencia operativa ✓ Calidad del servicio Impacto ambiental ✓ Seguridad
Medidas	El programa busca mejorar la eficiencia operativa, reducir el consumo de combustible y de GEI, mejorar la calidad del aire, así como la disminución de costos. Destaca por considerar la selección de vehículos y el mantenimiento como elementos para lograr sus resultados.
Métricas registradas	Especificaciones de la flota, capacitación en conducción ecológica, sistemas de mantenimiento preventivo, consumo de combustible, distancia recorrida. Los datos no son públicos.
Compuestos	Contaminantes criterio (CO ₂ , PM ₁₀ and NO _x)
Monitoreo, reporte y verificación	Se aplican controles para asegurar la calidad y se verifican datos reportados a través de los modelos de estimación de emisiones.

Tabla 10. Resumen del programa Esquema de Reconocimiento Eco Stars.

Eco Stars fijó sus objetivos en línea con Europa buscando una reducción del 60% de CO₂ para 2050 en comparación con los niveles de 1990. El objetivo es lograr una logística urbana prácticamente libre de CO₂ en las principales ciudades para 2030. A través de Eco Stars se han dado a conocer propuestas novedosas relacionadas con el transporte urbano de mercancías, como el uso de drones, la electrificación de flotas de transporte y el uso de vehículos no contaminantes como bicicletas para transportar pequeños paquetes. El programa también se ha ampliado a vehículos de alquiler y taxis.

⁴³ www.ecostars-uk.comwww.ecostars-europe.eu

Esquema logístico de reducción de carbono

El Esquema logístico de reducción de carbono (Logistics Carbon Reduction Scheme) es un programa voluntario del Reino Unido,⁴⁴ liderado por la industria del transporte de carga desde 2009. Nace como respuesta a la política de cambio climático y para reducir las emisiones de GEI en 80% para 2050. El programa es administrado por Logistics UK⁴⁵ que pertenece a un grupo empresarial del Reino Unido, que trabaja por un proceso de logística eficiente y sustentable.

El Esquema logístico de reducción de carbono ayuda al sector logístico del Reino Unido a informar públicamente sobre su contribución a los objetivos nacionales de reducción de emisiones (NDC). Actualmente, el esquema tiene más de 130 miembros y representa a más de 88,000 vehículos comerciales. El esquema es gratuito y está abierto a cualquier empresa con al menos un vehículo comercial.

Nombre del programa		Esquema logístico de reducción de carbono
Tipo de programa		Voluntario
Indicadores utilizados (4 / 7)		Intensidad de transporte ✓ Distribución modal ✓ Competitividad del mercado Eficiencia operativa ✓ Calidad del servicio Impacto ambiental ✓ Seguridad
Medidas		Programa enfocado en cumplir los compromisos nacionales de cambio climático, registrando, informando y reduciendo las emisiones de GEI, para lograr un mejor desempeño que los pares que no participan del programa.
Métricas registradas		Kilómetros por vehículo, consumo de combustible, características de flota vehicular, cálculo de CO _{2eq} .
Compuestos		CO _{2eq}
Monitoreo, reporte y verificación		Los indicadores y reportes sirven para determinar las emisiones con base en el Protocolo GEI. Los datos se reportan anualmente.

Tabla 11. Resumen del programa Esquema logístico de reducción de carbono.

Programa de logística verde en Brasil

El Programa de logística verde en Brasil⁴⁶ es una iniciativa de empresas privadas cuyo objetivo es gestionar el conocimiento para reducir emisiones GEI y otros contaminantes, y mejorar la eficiencia logística del transporte de mercancías. El programa desarrolla información para promover la capacitación y difundir conocimientos que mejoren la eficiencia logística y la sostenibilidad, enfocado en aprovechar programas similares ya existentes en empresas socias y establecer un Sistema de Reconocimiento a través de una Etiqueta Verde de Transporte de Carga.

El programa basa sus metodologías de estimación de emisiones en la iniciativa GLEC y considera 22 mejores prácticas a nivel vehicular (mejora de combustibles, aerodinámica,

⁴⁴ <http://lers.org.uk/>

⁴⁵ <https://logistics.org.uk/road>

⁴⁶ <https://plvb.org.br/en/>

telemetría, vehículos eléctricos), a nivel de flota (optimización de rutas y cargas), a nivel de transferencia modal, entre otras para reducir la contaminación del aire, los GEI, así como aumentar la eficiencia operativa del sector.

Programa de logística verde en Brasil	
Nombre del programa	
Tipo de programa	Voluntario
Indicadores utilizados (4 / 7)	Intensidad de transporte ✓ Distribución modal ✓ Competitividad del mercado Eficiencia operativa ✓ Calidad del servicio Impacto ambiental ✓ Seguridad
Medidas	Promover medidas de eficiencia energética para reducir la contaminación del aire, la emisión de GEI y aumentar la eficiencia operativa.
Métricas registradas	No especificado pues el programa está en desarrollo
Compuestos	GEI (CO ₂ /CO _{2eq} y carbono negro) y contaminantes criterio (CO, SO _x , NO _x , PM e HC).
Monitoreo, reporte y verificación	En desarrollo.

Tabla 12. Resumen del Programa de logística verde en Brasil.

El programa se apoya de la Guía para Inventario de Emisiones cuyo objetivo es orientar a las organizaciones públicas y privadas en la preparación de inventarios de emisión de GEI de actividades logísticas en una cadena de suministro, ya sea nacional o global. Después de seleccionar la metodología de cálculo y establecer las actividades se prepara un inventario GEI, la empresa u organización debe seleccionar y recopilar datos de actividad coherentes con la metodología y los factores de emisión que pueden estar predefinidos.

Para contabilizar las emisiones de GEI de las actividades logísticas en la cadena de suministro, se recomienda usar la herramienta del Protocolo GEI (GHG Protocol)⁴⁷ y herramientas de cálculo como el EcotransIT que calcula las distancias de transporte, el consumo de energía, GEI, CO₂ y CO_{2eq}, y contaminantes como SO_x, NO_x, NMHC⁴⁸ y PM₁₀. Algunas de las variables que se ingresan a esta herramienta para el cálculo son: el peso de la carga en toneladas, la ciudad de origen y destino y el modo de transporte.⁴⁹

Producción más limpia del Área Metropolitana de Medellín Colombia

El Grupo Nutresa a través de la Compañía Galletas Noel S.A.S. desarrolló el Proyecto Transporte Limpio que permitió estimar por primera vez el volumen de GEI que emitían los vehículos de transporte primario de la compañía. El proyecto recibió asesoría ambiental de una empresa colombiana dedicada a la prestación de servicios ambientales, con respaldo de la Cámara de Logística, Transporte e Infraestructura y la Cámara Ambiental de la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI). El proyecto incluyó tres fases: la formación y

⁴⁷ GHG Protocol: Disponible en: <https://ghgprotocol.org/calculation-tools>

⁴⁸ Hidrocarburos no metano (Non-Methane Hydrocarbons, NMHC, por sus siglas en inglés). La suma de todos los hidrocarburos contaminantes del aire excepto el metano; precursores significativos a la formación de ozono. (EPA)

⁴⁹ EcoTransIT. Disponible en: <https://www.ecotransit.org/methodology.en.html>

cálculo de la huella de carbono de proveedores de servicios de transporte, la creación de un Manual de Transporte Limpio y el desarrollo de un sistema de gestión ambiental.

El **Manual de Transporte Limpio** busca ser una guía para calcular la huella de carbono de empresas de transporte terrestre y logístico y en la elaboración de planes y proyectos de reducción de emisiones. Para su conformación, se recopiló información relacionada con el transporte terrestre de carga del país como: composición y tipo de vehículos, calidad de los combustibles, topografía de la región, infraestructura vial y patrones de manejo. El manual aborda temas como cambio climático, efecto invernadero y huella de carbono y contiene un apartado de buenas prácticas para reducir la huella de carbono en el subsector transporte terrestre de carga por carretera, agrupando las actividades como a) operación logística, b) conducción eficiente, c) vehículos eficientes y d) mantenimiento preventivo. Este manual fue difundido por la Organización Defencarga, el Consejo Privado de Competitividad, en el XIX Encuentro de Gerentes de Logística de la ANDI y los Ministerios del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Transporte de Colombia.

Para el cálculo de emisiones de GEI de cada uno de los viajes se utilizaron factores de emisión para los combustibles colombianos publicados por la Unidad de Planeación Minero-Energética, que permiten calcular emisiones de CO₂ y utilizando factores de emisión internacionales para otros gases de combustión como metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), se consideraron también datos de actividad de cada proveedor recolectados a partir de un formulario enviado.

Las variables registradas fueron:

- | | |
|--|--|
| ▪ Fecha en la cual se realizó el viaje. | ▪ Cantidad de combustible por viaje (Gal/viaje). |
| ▪ Tipo de producto transportado. | ▪ Rendimiento por viaje (km/Gal). |
| ▪ Ciudad de origen. | ▪ Placa. |
| ▪ Ciudad de destino. | ▪ Modelo. |
| ▪ Distancia recorrida por viaje (km/viaje). | ▪ Combustible. |
| ▪ Categoría (nacional, importación o exportación). | ▪ Tipo de vehículo. |
| ▪ Peso de la carga (t). | ▪ Tipo de flota. |

Los principales logros del proyecto se resumen en el monitoreo de más de 18,000 viajes, asociados a un consumo total de combustible de 713,076 gal/año equivalente a 5,700 millones de pesos colombianos, con una carga de 209,009 t/año, transportada a través de 5,045,906 de km, equivalente a un total 7,410 tCO₂/año.

2.3 Herramientas de simulación y modelación de escenarios de transporte de carga

Además de los programas, existen múltiples herramientas de modelación y estimación de la actividad del transporte de carga que definen algoritmos, basados en parámetros e indicadores derivados de la información estadística recabada a través de encuestas en iniciativas voluntarias y obligatorias o ciclos de prueba. Así es como el software Fleet es la base de modelación para monitorear el avance de los programas de mejoras operativas derivados del Programa Smart Way a cargo de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, mientras que otros programas para valorar escenarios de política como EcoLogistics están basados en parámetros obtenidos de programas como el Global Logistics Emissions Council Framework (GLEC), antes descrito.

Parámetros de entrada y salida	Fleet	Copert	EcoLogistics
Intensidad de transporte	✓	✓	✓
Distribución modal			✓
Competitividad del mercado			
Eficiencia operativa	✓	✓	✓
Calidad del servicio			
Impacto ambiental	✓	✓	✓
Seguridad			

Tabla 13. Comparativa de herramientas de estimación y desarrollo de escenarios para transporte de carga.

EcoLogistics es un programa que se utiliza para hacer simulaciones en entornos urbanos, valorando dos enfoques:

- consumo de combustible
- nivel de actividad de transporte.

El primero se centra en obtener el consumo de combustible en una ciudad o territorio determinado al que le asigna un factor de emisión predeterminado. De esta forma se asume que todos los vehículos tienen un desempeño ambiental promedio, medido en CO₂. El segundo enfoque se centra en la actividad del vehículo de carga, incluyendo las distancias recorridas, el tipo de vehículo y la eficiencia de combustible. Desgraciadamente, este segundo método puede requerir un mayor esfuerzo para conseguir la información necesaria.⁵⁰

Copert fue desarrollado por la Agencia Ambiental Europea y es ampliamente utilizado para valorar las emisiones en el transporte de carga. Es la herramienta más usada para reportar el avance en los inventarios de emisiones de contaminantes criterio y de GEI de acuerdo con los lineamientos del IPCC de 2006. Utiliza información pública disponible como población, kilometraje de las unidades, velocidad, temperatura ambiente para estimar la emisión de GEI y consumo de combustible. Como la mayoría de los modelos de estimación, Copert se basa en algoritmos que utilizan factores de emisión predefinidos y que pueden ser actualizados con información real; por ejemplo, con pruebas de ciclos de conducción o programas de

⁵⁰ ICLEI. (2019). EcoLogistics self-monitoring tool user guide.

verificación.⁵¹ Otros programas de simulación valoran cambios en la configuración de los vehículos, con lo que se puede cambiar las características de los motores, transmisión, ejes, fricción aerodinámica, peso del vehículo y equipos adicionales, como son Vecto y GEM.⁵²

FLEET es el programa de simulación de emisiones empleado por el Programa Smart Way de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. El acrónimo Fleet quiere decir Rastreo Ambiental y Energético de Logística de Carga (Freight Logistics Environmental and Energy Tracking, en inglés). Utiliza la información reportada por los socios del Programa Smart Way, incluyendo datos como carga transportada, peso, distancias recorridas, operación de los camiones (consumo de combustible, tiempo en ralentí y operaciones intermodales) entre otros, para calcular la emisión de CO₂, NO_x y PM a nivel de empresa.⁵³ El modelo está basado en una hoja de cálculo, por lo que, posiblemente, es el más sencillo de aplicar y adoptar tecnológicamente. Hay que resaltar que FLEET es una derivación del modelo MOVES que permite la modelación a nivel de vehículo en lugar de nivel de flota, por lo que pueden introducirse más datos de actividad según la disponibilidad de información, o bien, utilizar datos de una librería preexistente en los manuales.

Por ello, es importante valorar si la información que se quiere obtener es para tener una caracterización de la realidad del sector transporte, o bien, una simplificación para valorar el potencial impacto de una medida de política pública o de un programa voluntario. Existen múltiples modelos que buscan facilitar la toma de decisiones a partir de información compleja. Así es como modelos y software como Aimsun, MARS, Legion, Visum, EMME, TransCAD, CUBE, WITNESS, HC, y Viriato, pueden ayudar a entender mejor el tráfico de una ciudad, la demanda inducida por una carretera o nueva vía, conocer defectos de diseño o trazados que reduzcan la seguridad para un vehículo, entre otros problemas asociados al transporte de carga.

2.4 Conclusiones de los modelos analizados

Los programas relacionados con el sector de transporte de carga fueron diseñados originalmente para reducir costos y minimizar sus emisiones. La mayor parte de estos programas y las herramientas de simulación ofrecen soporte para contar con indicadores de desempeño principalmente enfocados en la eficiencia operativa y el impacto ambiental y, en menor medida, a conocer la intensidad del transporte. Los programas de simulación permiten modificar parámetros como la eficiencia operativa y la distribución modal para valorar el impacto de cambios regulatorios y de políticas; sin embargo, no necesariamente son consistentes con la realidad percibida.

⁵¹ EMISIA (2020). COPERT Data. Disponible en: <https://www.emisia.com/utilities/copert-data/>

⁵² Delgado, O., & Muncrief, R. (2015). *Heavy-duty vehicle fuel-efficiency simulation: A comparison of US and EU tools*. Disponible en: <http://www.theicct.org/heavy-duty-vehicle-fuel-efficiency-simulation-comparison-us-and-eu-tools>

⁵³ Department of Transportation. (2017) *Freight Management and Operations*. Disponible en: <https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop10024/sect2.htm>

La mayor parte de los programas tienen una importante contribución de medidas con base tecnológica y una limitada vinculación con la verificación del cumplimiento de la regulación. Destaca que solo los programas de carga verde en Canadá hacen una comparación entre la información obtenida en campo con lo reportado, mejorando la efectividad del programa y los sistemas de obtención de datos para generar indicadores.

En tanto, los programas británicos están enfocados tanto en mejorar la eficiencia operativa como en registrar de manera vinculante las medidas de la industria para cumplir con los compromisos climáticos. Los programas analizados más exitosos son los que se integran fácilmente en la cadena de suministro y que tienen objetivos cuantificables de eficiencia operativa. Asimismo, el factor humano tanto a nivel de empresas de logística como de operadores de vehículo es poco utilizado, a pesar de que es una de las fuentes más importantes para mejorar en todos los criterios de desempeño.

La siguiente tabla hace una comparación sobre cómo los programas de reporte voluntario tienen una incidencia en los indicadores de desempeño, y describe las particularidades y fortalezas de cada uno de ellos, con la intención de valorar los elementos que podrían ser aplicables a México. Por ejemplo, es claro que el Programa Lean and Green tiene un alto grado de automatización, pues reporta dos veces al año y tiene una verificación realizada por un tercero. Otro programa que hace una verificación es el Esquema de Reconocimiento Eco Stars, pero a partir de procesos de aseguramiento de calidad y modelos de estimación, de tal forma que los costos son controlables.

El programa más relevante, en términos de cumplimiento de la normatividad, posiblemente es el Esquema logístico de reducción de carbono, desarrollado para reportar el avance del cumplimiento de los compromisos nacionales de cambio climático a través de un registro público. El Programa de Carga Verde Asia facilita la comunicación entre proveedores y demandantes de transporte con un etiquetado y una marca reconocible en el mercado. Si bien esta característica es común a nivel teórico en todos los programas, la realidad es que pocos lo utilizan de manera efectiva.

Smart Way y los programas de Carga Verde en Canadá son intensivos en el uso de sistemas de telemetría, incluyendo los sistemas de diagnóstico a bordo. Pocos programas hacen una consideración sobre el tema de seguridad como la Iniciativa de Carga Verde en China, que también es el único que busca hacer una integración de la cadena de suministro al vincular otros medios de transporte, incluyendo las vías interiores de navegación, los centros de transferencia modal, así como el transporte aéreo, ferroviario y marítimo. FRET 21 es de los programas que más indicadores utiliza y, posiblemente, el más ambicioso en términos de las metas de reducción de emisiones, pues buscaba alcanzar en 2020 una reducción a los niveles de 1990.

	Estadísticas de INEGI				Estadísticas de SCT			IMT			
Criterios de desempeño	VMRC	RAIAPV	Censo económico	Accidentes de tráfico	Estadística Básica	Verificación	Agenda Económica	SICAM	EECAN	OMTL	Accidentes
Intensidad de transporte			✓		✓	✓	✓	✓	✓		
Distribución modal		✓	✓		✓	✓	✓			✓	
Competitividad del mercado		✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓	
Eficiencia operativa			✓		✓	✓	✓	✓			
Calidad del servicio											✓
Impacto ambiental	✓		✓		✓	✓	✓	✓			✓
Seguridad				✓							✓

Tabla 14. Comparativa de la incidencia de los programas voluntarios para transporte de carga sobre los indicadores de desempeño.

Las iniciativas analizadas dependen en gran medida de las capacidades técnicas para reportar consumos de combustibles, carga transportada, distancias recorridas, tipo de vehículo, entre otros. El factor humano da pie a que se cometan errores desde problemas en la captura, como omisiones de registros, resultando en un análisis basado en datos incorrectos. Al no haber obligatoriedad específica para este fin, los datos tienen un grado alto de incertidumbre.

Por ello, es necesario contar con datos estadísticamente más representativos y que sigan una metodología confiable de captura y ordenamiento. En este contexto, en México se pueden obtener datos en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el Instituto Mexicano del Transporte (IMT), el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), la Secretaría de Energía (SENER), la Cámara Nacional del Autotransporte de Carga (CANACAR), la Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones (ANPACT), el Capítulo Mexicano del Consejo Internacional de Transporte Limpio (ICCT-México), el Instituto de Recurso Mundiales en México (WRI-México), así como las distintas agencias de cooperación que colaboran en México como la GIZ.

3



Leonardo Corral / Unsplash

Capítulo 3. ¿Qué se mide en México?

3.1 Programa de Transporte Limpio

El Programa de Transporte Limpio (PTL)⁵⁴ nació como un esfuerzo bilateral entre México y Estados Unidos en 2006. Su objetivo fue reducir la contaminación del aire asociada al transporte de mercancías que tenían como destino las ciudades en la frontera México – Estados Unidos. El referente del programa en Estados Unidos se denomina Programa Smart Way, enfocado en mejorar la eficiencia en el uso de combustible y en la operación de los sistemas de carga terrestre a partir de mejoras aerodinámicas, inflado automático de llantas, uso de llantas que reduzcan la superficie de fricción, motores de apoyo para calefacción y refrigeración, mejoras en el mantenimiento y sistemas de diagnóstico a bordo, por lo que era necesario contar con información sobre el desempeño de los vehículos. Al PTL le antecedieron programas que buscaban reforzar la seguridad transfronteriza, mejorando los tiempos de inspección y aumentando la seguridad de las aduanas, creando fronteras interiores de revisión de mercancías. Estos esfuerzos tenían el potencial de incluir información más detallada de las características de la carga, sin embargo, no se llevaron a cabo.

El PTL está constituido por organizaciones que voluntariamente reportan a SEMARNAT datos sobre la actividad de sus unidades de transporte. La dependencia recopila dicha información y la introduce en el modelo Fleet, que se encarga de hacer un modelo de las emisiones a nivel de empresas. La información recabada se usa para desarrollar modelos y escenarios que permitan entender el impacto en la calidad del aire a partir de intervenciones específicas y así facilitar la toma de decisiones en cuanto al desarrollo de los programas de gestión de la calidad del aire y, en su caso, de reducción de GEI. Los datos contenidos en los informes recibidos por SEMARNAT se limitan al consumo de combustible de los vehículos en una flota, la cantidad de vehículos, los kilómetros recorridos, la carga promedio y el posible registro de horas de operación en marchas mínimas.

Nombre del programa		Programa Transporte Limpio
Tipo de programa		Voluntario
Indicadores utilizados		Intensidad de transporte ✓ Distribución modal Competitividad del mercado Eficiencia operativa ✓ Calidad del servicio Impacto ambiental ✓ Seguridad
Medidas		Mejora en la operación y enfoque en reducir la contaminación del aire y GEI.
Métricas registradas		Consumo de combustible, km recorrido, carga transportada, categoría de vehículo.
Compuestos		Contaminantes criterio y gases de efecto invernadero.
Monitoreo, reporte y verificación		No existe verificación.

Tabla 15. Resumen del Programa Transporte Limpio.

⁵⁴ <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programa-transporte-limpio-190236>

El PTL, como todos los programas de mejora de desempeño, tiene un carácter adicional al cumplimiento de la normatividad ambiental y energética. Sin embargo, en contextos como el de México, donde la normatividad y la verificación del cumplimiento son laxos, iniciativas como el PTL se convierten en un programa de promedios, en lugar de un programa de máximos. Es decir, dado que la normatividad no es vigilada y es laxa los vehículos se mantienen en circulación sin ser verificados, por lo que solamente las organizaciones con una capacidad mínima tendrán la posibilidad de participar en iniciativas como el PTL. Así, para la mayor parte de los vehículos, la normatividad no es un factor que les ayude a mejorar el desempeño, sobre todo una vez puestos los vehículos en circulación. Ejemplo de esto son los incipientes esfuerzos por integrar indicadores que mejoren la eficiencia operativa y la seguridad, como los reflejados en la Norma Oficial Mexicana NOM-068-SCT-2-2014, sobre condiciones físico-mecánica y de seguridad en vehículos de carga, que, si bien menciona algunos parámetros a observar, no cuenta con métodos para valorar su cumplimiento.

3.2 Análisis de la base de información existente

INEGI. El Instituto Nacional de Estadística Geografía (INEGI) tiene como principales fuentes de información integradas los Censos de Población y la Estadística de vehículos de motor registrados en circulación, así como el Registro Administrativo de la Industria Automotriz de Vehículos Pesados (RAIAVP). La mayor parte de la información recopilada por el INEGI incide en el desarrollo de indicadores de intensidad de transporte, y de alguna forma en la distribución modal de la carga, la estructura competitiva del mercado, la eficiencia operativa y el impacto ambiental y de seguridad.

Esta información es muy amplia, pero de relativa poca profundidad para entender el transporte de carga en su conjunto. A continuación, se detalla la forma en que cada fuente de información puede servir para construir indicadores, así como algunos elementos que permitirían mejorar la misma.

- **La Estadística de Vehículos de Motor Registrados en Circulación (VMRC)** está enfocada en el número de unidades vehiculares por tipo de servicio (público o privado), así como una clase genérica que distingue entre automóviles, camiones y camionetas para pasajeros, camiones y camionetas para carga y motocicleta. Esta estadística se compila a través de los registros de las Secretarías de Finanzas de los gobiernos estatales, tesorerías municipales u organismos reguladores del transporte en los estados. Permite conocer la distribución geográfica de los vehículos a nivel estatal. Una de sus debilidades es la limitada desagregación por año modelo y tipo de vehículo; podría tener una mayor utilidad para un análisis a profundidad. De acuerdo con la última edición

de esta estadística, México tenía 10,584,007 vehículos de carga en 2019.⁵⁵ En este caso sería factible aprovechar el intercambio de información con autoridades estatales para ampliar el cuestionario aplicado y así tener una mayor desagregación por tipo de vehículo registrado, tecnología de control de emisiones y distancias recorridas.

Criterios de desempeño	VMRC	RAIAVP	Censo económico	Accidentes de tráfico
Intensidad de transporte	✓		✓	
Distribución modal	✓	✓	✓	
Competitividad del mercado	✓	✓	✓	
Eficiencia operativa	✓		✓	
Calidad del servicio				
Impacto ambiental	✓		✓	
Seguridad				✓

Tabla 16. Estadísticas del INEGI.

- Los **Censos Económicos**⁵⁶ contienen información relativa al transporte de carga recabada a través del **Cuestionario para Empresas de Transporte y Mensajería**. Este incluye información fiscal sobre la organización o empresa; pero, excluye a empresarios individuales (hombre-camión), remuneraciones, consumo de combustibles y lubricantes para el funcionamiento de los vehículos empleados para proporcionar el servicio de transporte de carga y mensajería. Tampoco incorpora gastos de peajes, seguros y servicios logísticos, reparaciones y refacciones, ingresos por venta de servicios de transporte de carga, valor de los vehículos, tipo y capacidad de carga, características de las tecnologías integradas en los vehículos (GPS, telemetría, rastreo, refrigeración de carga, etc.), kilómetros recorridos, distancia promedio de viaje, principales puntos de origen y destino. A diferencia de la estadística de Vehículos de Motor Registrados en Circulación VMRC en los Censos Económicos los vehículos de carga son desagregados a nivel de: Camión ligero o mediano de hasta 3.5 toneladas, camión pesado de más de 3.5 toneladas, tractocamión, remolque y semirremolque.

Destaca que el cuestionario busca conocer la inversión realizada en protección al medio ambiente, incluyendo la reducción en el consumo energético, ruido y contaminantes atmosféricos y el cumplimiento con la normativa ambiental. El **Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas** (DENUE) cuenta con más de 11,972 empresas dedicadas al transporte en general y se actualiza a partir de la información generada por los Censos Económicos y por la Encuesta Anual de Transportes. El DENUE ofrece datos de identificación, ubicación, actividad económica y tamaño de los negocios activos en el territorio nacional,

⁵⁵ INEGI. (2019). *Estadística de vehículos de motor registrados en circulación*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/vehiculosmotor>

⁵⁶ INEGI. (2019). *Censos Económicos 2019*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2019/>

actualizados. Este directorio puede ser una herramienta útil para obtener datos y construir indicadores sobre la estructura del mercado. Desgraciadamente, la cobertura del DENU se enfoca en empresas grandes y organizaciones formalmente constituidas, por lo que un importante número de jugadores como aquellos empresarios individuales conocidos como hombre-camión quedan fuera de la definición del universo objetivo de este directorio. Los Censos Económicos permiten obtener datos que se pueden utilizar para conocer de manera indirecta, a través de un análisis avanzado de la información, la intensidad de transporte, teóricamente la distribución modal, la estructura y competitividad del mercado, la eficiencia operativa y el impacto ambiental y de seguridad.

- **El Registro Administrativo de la Industria Automotriz de Vehículos Pesados** refleja las dinámicas de mercado en relación con la venta al menudeo y mayoreo, producción, importación y exportación de vehículos nuevos, sin especificar valores monetarios. El nivel de desagregación del INEGI es clase tractocamión y resto. Esta información se obtiene de las ventas reportadas, así como de la producción nacional elaborada por la ANPACT.⁵⁷ Esta hace un análisis detallado de las ventas con las categorías de clase 3, 4, 5, 6, 7 y 8, y de tractocamiones de quinta rueda. Con esta información, es posible realizar inferencias sobre la distribución modal en la industria al analizar las tendencias de ventas de nuevos vehículos pesados y cómo se integran al parque vehicular existente. Este análisis requiere entender cómo otros medios de transporte como el ferrocarril modifican su capacidad y cobertura de servicios para también realizar inferencias sobre las dinámicas que afectan la competitividad del mercado.⁵⁸
- **La Estadística de Accidentes de Tránsito Terrestre en Zonas Urbanas y Suburbanas** del INEGI es un compendio de información sobre accidentes que resultaron en daños a personas o propiedad. Los datos de los vehículos se desagregan de la siguiente forma: clase camioneta de carga, camión de carga, tractor con o sin remolque y contribuye con los indicadores de seguridad.⁵⁹

Por último, el INEGI y CANACAR comunican las prioridades y la estructura de mercado del transporte de carga en México, a través de una publicación conjunta, parte de la colección de estudios sectoriales y regionales, *Conociendo la Industria del Autotransporte de Carga*,⁶⁰ un primer intento para vincular información entre instituciones y asociaciones empresariales.

⁵⁷ ANPACT. (2020). *Reporte Estadístico Mensual de la Industria de Vehículos Pesados en México*. Disponible en: <http://www.anpact.com.mx/documentos/reportes/200811%20Reporte%20Estadistico%20ANPACT%20Julio%202020.pdf>

⁵⁸ INEGI. (2020). *Registro Administrativo de la Industria Automotriz de Vehículos Pesados*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavp/>

⁵⁹ INEGI. (2019). *Accidentes de tránsito terrestre en zonas urbanas y suburbanas*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/accidentes/>

⁶⁰ INEGI. (2019) *Conociendo la Industria del Autotransporte de carga*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825187798>

SCT. La Dirección General de Autotransporte Federal de la **Secretaría de Comunicaciones y Transportes** (SCT) recopila la **Estadística Básica del Autotransporte Federal**⁶¹ con detalles sobre el tipo de unidades, año y modelo de vehículos de carga a partir de los registros iniciales de vehículos con placa federal, es decir, cuando un vehículo se pone en circulación por primera vez con el fin de transitar por vías federales. Este registro se actualiza con la llegada de nuevas unidades; sin embargo, no hay una forma de saber si las unidades siguen en funcionamiento, cambian de características o si se han retirado del servicio, debido a los limitados incentivos para mantener actualizada la información, desde el punto de vista del usuario. Esta estadística también recopila información sobre el volumen de carga y el número de personas morales del autotransporte de carga por clase de servicio a partir del reporte que hacen las empresas. Según dicha estadística, las unidades motrices de carga ascendían a un total de 561,061 para 2019,⁶² lo cual representaba menos del 5% de transporte de carga identificado por el INEGI en la estadística de vehículos de motor registrados en circulación (VMRC). La diferencia entre ambas figuras se explica por dos razones: por la dificultad que tiene la SCT para actualizar su registro de permisionarios y que algunos de ellos migran a placas estatales. Además, la definición utilizada como vehículo de carga es distinta para SCT y para el INEGI, siendo esta última sustantivamente más amplia y menos detallada. A su vez, las empresas (persona moral) registradas por la SCT alcanzan 28,121 unidades, mientras que el INEGI estima este número en 11,972. Esta diferencia estadística se puede entender en el contexto que las empresas acuden a SCT a obtener permisos de operación y quedan registradas, mientras que el INEGI hace encuestas con fines estadísticos y no de control.

La SCT también informa sobre el número de verificaciones físico-mecánicas a vehículos de placa federal; en 2019 reportó más de 22 mil. Es importante señalar que dicha verificación incluye el transporte de pasajeros y carga, por lo que menos del 3% de los vehículos de placa federal registrados tienen algún tipo de verificación físico-mecánica a lo largo del año. La información sobre la **verificación vehicular** se compila en el sistema de información de autotransporte federal de la SCT, que no está disponible al público por contener información de empresas y personas; sin embargo, es posible acceder a esta información a través de una solicitud formal con fines de investigación, siempre y cuando no se revele información de personas o empresas. En conjunto con CANACAR, la SCT elabora la **Agenda Económica del Autotransporte de Carga**⁶³ que vincula la información de la carga transportada por los asociados a la primera, y que se reparte de forma normal entre la flota registrada por la segunda. Por último, la SCT hace una recopilación de los accidentes ocurridos en vías federales en la **Estadística de Accidentes de Tránsito**, con información desagregada a nivel estatal y por tipo de vehículo, utilizando las categorías camión sencillo y combinado, furgoneta y pick-up.⁶⁴

⁶¹ SCT. (2020). *Estadística Básica del Autotransporte Federal*. Disponible en: <http://www.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/autotransporte-federal/estadistica/>

⁶² SCT. (2020). *Estadística Básica del Autotransporte Federal*. Disponible en: <http://www.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/autotransporte-federal/estadistica/>

⁶³ CANACAR. (2020). *Agenda Económica del Autotransporte de Carga*. Disponible en: <https://canacar.com.mx/servicios/estadistica/agenda-economica-del-autotransporte-carga-2020/>

⁶⁴ SCT. (2017). *Estadística de Accidentes de Tránsito*. Disponible en: <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/estadistica-de-accidentes-de-transito/ano-2017/>

Criterios de desempeño	Estadística Básica	Verificación de la normatividad	Agenda Económica	Estadística de Accidentes de Tránsito
Intensidad del transporte	✓	✓	✓	
Distribución modal	✓	✓	✓	
Competitividad del mercado	✓		✓	
Eficiencia operativa	✓	✓	✓	
Calidad del servicio				
Impacto ambiental	✓	✓	✓	
Seguridad				✓

Tabla 17. Uso de las estadísticas de SCT para valorar criterios de desempeño.

IMT. El **Instituto Mexicano de Transporte** tiene como objetivo realizar investigación, innovación tecnológica, formulación de normas técnicas y actualización post-profesional para contribuir a la mejora de la seguridad, sustentabilidad y competitividad del transporte y funciona como brazo técnico de la SCT. El IMT desarrolla y mantiene las siguientes fuentes de información:

- El **Sistema de Costos del Autotransporte de Mercancías (SICAM)**⁶⁵ funciona como calculadora para ayudar al transportista a llevar un mejor control de los costos asociados a las operaciones de transporte de carga, y así entender la rentabilidad del negocio. La herramienta funciona principalmente con información proporcionada por el interesado, así que el SICAM únicamente facilita datos sobre posibles configuraciones de los vehículos. La herramienta también permite definir objetivos de operación. Aunque los usuarios aportan la información, se podrían extraer datos valiosos con una consulta a los sistemas de información de apoyo.
- El **Estudio Estadístico de Campo del Autotransporte Nacional (EECAN)**⁶⁶ es una herramienta que suspendió su operación recientemente. Su objetivo era generar estadísticas del autotransporte federal. Se prevé que este tipo de estudios se vuelvan conforme los presupuestos federales lo permitan.
- El **Observatorio Mexicano de Transporte y Logística (OMTL)**⁶⁷ busca contribuir a mejorar la competitividad del sistema de transporte nacional, mediante el desarrollo de indicadores de desempeño estratégicos que apoyen a los tomadores de decisiones en la evaluación de los planes y políticas de transporte, la priorización de acciones e inversiones en infraestructura y el análisis de tendencias. El observatorio abarca transporte carretero, marítimo, ferroviario y aéreo. Incluye indicadores de competitividad e información del sector autotransporte y podría aportar datos a múltiples indicadores de desempeño una vez que se realicen los trabajos de integración de información.

⁶⁵ <https://imt.mx/sicam>

⁶⁶ <https://www.gob.mx/imt/articulos/estudio-estadistico-de-campo-del-autotransporte-nacional>

⁶⁷ <https://imt.mx/micrositios/integracion-del-transporte/observatorio-mexicano-de-transporte-y-logistica.html>

- El IMT también realiza pruebas dinámicas a vehículos de carga y pasajeros, por lo que se recopila información sobre el desempeño de unidades de carga bajo condiciones de operación en campo utilizando ciclos de prueba específicos. Si bien esta información no es una estadística publicada, puede ser accesible mediante solicitudes con fines de investigación.

El **Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales**⁶⁸ analiza las tendencias del informe de **Estadística de Accidentes de Tránsito** de SCT, la base de datos de accidentes en zonas urbanas elaborado por el INEGI y que incluye los vehículos de jurisdicción estatal. La información también está en las Estadísticas de Transporte de América del Norte.⁶⁹

La información recabada por el IMT es útil para analizar tendencias de la industria, sin embargo, requieren de un análisis adicional para obtener conclusiones. Por ejemplo, conceptualmente, el SICAM ayudaría a conocer la intensidad del transporte, competitividad del mercado, eficiencia operativa e impacto ambiental; sin embargo, al ser una herramienta estática, no permite su uso extensivo. Para aprovechar más la información del SICAM se podría alojar en la nube y hacer comparativas analíticas entre distintos perfiles de usuarios, generando indicadores que actualmente no se toman en forma de muestras, ni que se sistematizan. Si un número representativo de usuarios accediera al SICAM y estuviera integrado con herramientas para actualizar de rutas de transporte, información de seguridad, entre otras, sería previsible que generara información para conocer los Tkm y el movimiento de la carga en tiempo real.

El EECAN también era de los pocos recursos existentes para conocer el origen y destino de la carga, pero su desactivación impacta en múltiples criterios de desempeño. Por su parte, el Anuario de Accidentes de Tráfico presenta información útil sobre la vía donde ocurre el accidente y permitiría un análisis a profundidad entendiendo el tipo de vehículo involucrado en un accidente para obtener conclusiones sobre la calidad del servicio. Por ejemplo, en una ruta donde hay accidentes se puede concluir que hay una menor puntualidad y fiabilidad. Por último, el IMT desarrolla el Observatorio Mexicano de Transporte y Logística, representando una oportunidad importante para homologar conceptos de cara a la integración de bases de datos.

	SICAM	EECAN	OMTL	Anuario de accidentes de tráfico
Intensidad de transporte			✓	
Distribución modal			✓	
Competitividad del mercado	✓	✓	✓	
Eficiencia operativa	✓	✓	✓	
Calidad del servicio			✓	✓
Impacto ambiental	✓		✓	
Seguridad				✓

Tabla 18. Uso de las estadísticas del IMT para valorar criterios de desempeño.

⁶⁸ IMT. (2018). *Anuario estadístico de accidentes en carreteras federales*. Disponible en: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/DocumentoTecnico/dt77.pdf>

⁶⁹ <http://www.imt.mx/micrositios/seguridad-y-operacion-del-transporte/estadisticas/consulta-del-eeacan.html>

SEMARNAT. La **Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales** a través de la Dirección General de Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (DGARETC) coordina el programa de Transporte Limpio. Este programa voluntario hace un análisis de los informes presentados por los asociados al programa. Cuenta con 442 empresas transportistas que son las operadoras de unidades de carga, que representaron en 2020 un total de 75,783 unidades tractoras. Es decir, el PTL tiene un registro de cerca de 13% de los vehículos registrados por la SCT. El formulario para recabar información es muy semejante al utilizado por el INEGI en los Censos Económicos.

Programa de Transporte Limpio	
Intensidad de transporte	
Distribución modal	
Competitividad del mercado	
Eficiencia operativa	✓
Calidad del servicio	
Impacto ambiental	✓
Seguridad	

Tabla 19. Uso de las estadísticas de SEMARNAT para valorar criterios de desempeño.

El **Registro Nacional de Emisiones (RENE)** obliga a reportar a aquellas empresas que tengan emisiones directas e indirectas de gases de efecto invernadero superiores a 25,000 tCO_{2eq} anuales, incluyendo el sector transporte. Esta regulación está enfocada en la creación de un mercado de comercio de emisiones –en etapa piloto—, del que la mayor parte de las empresas de transporte posiblemente quedarán excluidas por tener un volumen de emisión menor al umbral fijado. La información con la que cuenta SEMARNAT es de carácter secundario, pues es una entidad que utiliza información de otras secretarías e instituciones públicas y privadas para desarrollar indicadores relativos a la eficiencia operativa y al impacto ambiental.

La Secretaría de Energía (SENER) realiza anualmente el Balance Nacional de Energía que refleja el consumo de energía en el sector transporte a partir de la información provista por distintas entidades a través del Sistema de Información Energética. El consumo de transporte se calcula a través de los canales de venta de combustibles (autotransporte, aéreo, ferroviario, marítimo y eléctrico).

Como entidad dependiente de la SENER, la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía (CONUEE) desarrolla la **Base de Indicadores de Eficiencia Energética (BIEE)**⁷⁰ que vincula indicadores contenidos en el catálogo de rendimientos, información sobre consumo de combustible del Balance Nacional de Energía y vehículos de carga de acuerdo con la estadística de vehículos de motor registrados en circulación provista por el INEGI. Específicamente la BIEE permite conocer el consumo energético total de los camiones, bajo la clasificación de vehículos a diésel destinados exclusivamente al transporte de carga como vehículos de tracción diseñados para el remolque, tractocamiones, autotanques, panel, cabinas, pipas, redilas, volteo y grúas.

⁷⁰ CONUEE. (2019). *Base de Indicadores de Eficiencia Energética*. Disponible en: <https://www.biee-conuee.net/site/index.php>

	Unidad	2014	2015	2016	2017	2018
Consumo de diésel en transporte	PJ	597	652	637	615	585
Consumo energético total de los camiones	PJ	494	532	524	507	488
Stock de camiones a diésel	Miles	938	924	955	999	1,007
Toneladas kilómetro por carretera	Millones de tkm	266,766	272,618	279,537	285,598	290,562

Tabla 20. Consulta sobre el desempeño operativo de carga en la BIEE. Fuente: BIEE, Disponible en <https://www.biee-conuee.net/site/index.php>

3.3 ¿Cómo se calculan las emisiones de GEI en México?

México hizo un cálculo de emisiones de GEI asociadas al transporte en el **Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015**, publicado en 2018. Este inventario, desarrollado con las metodologías del IPCC, incluye la estimación de dióxido de carbono, metanos y óxido nitroso.

El sector transporte se divide en las categorías: aviación civil, autotransporte, ferrocarriles, navegación y otro transporte. El autotransporte fue el sector que más aporta al inventario nacional, con un total de 17.98% de las emisiones totales de CO_{2eq}. En este inventario se utiliza la siguiente metodología para conocer el total de emisiones de GEI procedentes de la subcategoría transporte:

$$E_{GEI} = \sum CC_{Fi} \times FE_{GEI,Fi}$$

Donde:

E_{GEI}	=	emisiones totales de gases de efecto invernadero (kg GEI)
CC_{Fi}	=	consumo de combustible i= cantidad de combustible i quemado (TJ)
$FE_{GEI,Fi}$	=	factor de emisión de GEI por tipo de combustible (GEI/TJ)
GEI	=	gases de efecto invernadero
F_i	=	combustible i

Se utiliza un factor de emisión único para el consumo de diésel como combustible y suponiendo que todos los vehículos tienen un control de contaminantes. Los factores utilizados son 72,850.77 kg/TJ para dióxido de carbono y 3.9 kg/TJ tanto para metano como óxido nitroso.⁷¹ Este factor de emisión se basa en una modelación de la flota vehicular realizada en 2013, que incluye características tecnológicas de la flota, mantenimiento y velocidad de recorrido. Mientras que el volumen de la flota vehicular y datos de actividad (distancia recorrida) se estimaron de las ventas históricas de unidades nuevas, importación de unidades usadas, tasa de permanencia del parque vehicular registrada en 13 ciudades mexicanas, ventas de combustible registradas y estimación de consumo de combustible distribuido de forma ilegal y encuestas sobre el uso de automotores en el país.⁷²

⁷¹ INECC. (2018). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015*. Disponible en: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/MEXNIR_Revisada_0.pdf

⁷² INECC. (2015). *Primer Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Disponible en: <https://unfccc.int/resource/docs/natc/mexbur1.pdf>

4



Capítulo 4. Conclusiones

4.1 Conclusiones sobre los programas y herramientas de modelación de transporte analizados

Los programas que mejor funcionan son los que ofrecen un valor añadido al transportista. Valor añadido quiere decir que los miembros de los programas vean utilidad no sólo a nivel operativo, si no que puedan acceder a herramientas fáciles de integrar en su operación diaria, así como al reporte del cumplimiento de los compromisos de la industria en el contexto nacional, como en el caso de los programas británicos que buscan reportar el avance de cara a los compromisos del país en materia de cambio climático. En el caso de México, el RENE fija un umbral de reporte relativamente alto, pero abre una ventana para el acceso al financiamiento climático, así como al uso del impuesto del carbono, creando un incentivo para las empresas que participen en el sistema de comercio de emisiones, aunque estuvieran debajo del umbral de reporte. Adicionalmente, el RENE probablemente incorpora ya a muchas de las empresas que cuentan con una flota propia que podría tener un rol en las finanzas del clima.

Una vertiente que se ha utilizado de forma limitada son los **sellos verdes** para integrar operaciones de transportistas en la cadena de valor. El Programa Transporte Limpio facilita un sello de pertenencia del programa, pero los demandantes de servicio de carga no lo usan de manera extensiva. El Programa SmartWay y el GLEC son altamente demandados porque ayudan a los proveedores de servicios a integrarse en la cadena de suministro, utilizando plataformas logísticas físicas y virtuales de manera compartida. Un mayor uso de herramientas de información y facilitación del encuentro entre oferta y demanda tendría un impacto sustantivo en la industria y también facilitaría la verificación del cumplimiento de la regulación al proveer incentivos a los transportistas por estar al día en todos los ámbitos operativos.

Los programas voluntarios revisados tienen en común que son compatibles con la verificación del cumplimiento ambiental. La participación de los transportistas en estos programas debería también tener un incentivo regulatorio. Típicamente los programas basan su comunicación en los beneficios de pertenecer al programa para lograr mejoras en la operación y reducir contaminantes. Sin embargo, y para el caso de México, muchas de las herramientas disponibles no son accesibles ni operativas para la base de usuarios. Por ejemplo, el SICAM es una calculadora disponible en una página web, sin posibilidad de exportar o importar información. La información reportada a SEMARNAT de manera anual es difícilmente accesible para un transportista, por lo que realmente es difícil conseguir los objetivos de comparar el desempeño con sus pares. Se requieren herramientas que puedan ayudar al transportista a monitorear su propia operación, posiblemente a través de aplicaciones móviles, y que después puedan utilizarse para reportar de forma anónima la información de los vehículos.

Las tecnologías y enfoques utilizados para mejorar el desempeño operativo tienen que estar muy bien vinculadas con las necesidades del mercado. Dentro del Programa SmartWay se

encontró desinformación sobre la efectividad de las tecnologías y el conocimiento para aprovechar aquellas que realmente son relevantes para el tipo de vehículo operado.⁷³ Esto se debe, en parte, a que no hay un acuerdo sobre cómo se mide el desempeño dentro de la industria, por lo que la creación de productos, así como la investigación y desarrollo son relativamente escasos. A esto se suman las características operativas del mercado, donde frecuentemente los propietarios de las unidades tractoras y las de arrastre son diferentes, reduciendo los incentivos para mejorar las prácticas operativas. Por esto, es tan importante que los programas de apoyo a la industria sean consistentes en la comunicación y métricas utilizadas para asegurar que se adopten la efectividad de las tecnologías y enfoques de gestión.

El uso de información y reconocimiento debería llevarse también a flotas pequeñas o incluso al hombre-camión. Ello es posible a través de la difusión de información y de las ventajas de participar en los programas de mejora operativa, incluyendo la capacitación a proveedores a lo largo de la cadena de suministro. Para ello es necesaria la información sobre cómo los transportistas establecen relaciones comerciales, dónde y cómo hacen el consumo de refacciones, servicios de mantenimiento y otros elementos que puedan ayudar a crear una fidelización con los programas como Transporte Limpio. Por ejemplo, el PTL tiene principalmente a empresas con flotas relativamente grandes por lo que se podría valorar de qué forma las empresas formales transmiten información a través de la comunidad transportista respecto a las mejores prácticas.

Por último, un mejor y mayor acceso a información sobre la operación de un vehículo es la base para estimar los ingresos y rentabilidad del negocio. Esta información es clave para el acceso al financiamiento, por lo que podría incluirse en una aplicación de celular que permitiera mostrar recorridos, sistemas de gestión de negocios, carga transportada, entre otros. Este tipo de aplicaciones, principalmente basadas en teléfonos celulares, se utilizan con frecuencia en instituciones financieras enfocadas en segmentos de bajos ingresos.

4.2 Conclusiones sobre la información existente y posibles sinergias

A partir de la información analizada se pueden identificar posibles cambios en la forma de recopilar información, y la vinculación entre las fuentes de información para tener un diagnóstico consistente del transporte de carga. Este análisis nos permite identificar las brechas de información para construir una serie de indicadores de desempeño robustos, conforme al marco analítico de McKinnon.

El cruce de información es fundamental para crear mejores programas de apoyo al sector; sin embargo, no existe una correlación entre los programas de verificación del cumplimiento de la normatividad con la tasa de accidentes, con el uso de indicadores de seguridad y cumplimiento ambiental. Por ejemplo, los estados de Baja California y Querétaro

⁷³ Bynum, C. (2018). *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. Transportation Research Volume 61, Part A, June 2018, Pages 19-32. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.11.018>

tienen la mayor tasa de inspecciones de verificaciones de peso y dimensiones (55,270 y 34,736 respectivamente) mientras que el Aguascalientes (25) o Estado de México (74) tuvieron una de las más bajas tasas de verificación en 2019 de acuerdo con la Estadística Básica del Autotransporte Federal de la SCT.

Sería previsible que estados con una mayor tasa de verificación tuviera una menor tasa de siniestralidad y accidentes reflejada en el índice de accidentes por vehículo kilómetro; pero esto no es así. Baja California y Querétaro presentan una tasa de 0.116 y 0.068 respectivamente, frente a Aguascalientes (0.112) y Estado de México (0.044). Se puede concluir que la verificación establecida por la SCT no tiene un impacto sobre los accidentes en vías federales. Un análisis detallado de las causas del accidente permitiría entender si los accidentes se deben a fallas del vehículo o conductor, lo que ayudaría a diseñar programas de verificación más efectivos.

Actualmente, el volumen de carga es estimado (no reportado) por la SCT por lo que es necesario contar con otras fuentes de información que permitan validar los supuestos de dichas estimaciones. La carga se estima a partir de un modelo de regresión múltiple tomando como variables explicativas el PIB, el Índice Nacional de Precios al Productor (INPP) y el Consumo de Combustible (diésel) como único elemento de vínculo con la infraestructura física de carga (unidades de transporte). Por ejemplo, en la Estadística Básica del Autotransporte Federal de la SCT, se estima que más de 351 mil vehículos (Clase T3 – tractocamión de 3 ejes), que representan el 63% de la flota de carga federal, movilizan más del 90% de la carga en el país, dejando el 10% restante a cerca de 209 mil vehículos clases C2, C3 y T2 (camiones de 2 y 3 ejes y tractocamiones de 2 ejes).

En resumen, una gran cantidad de vehículos tienen una baja eficiencia operativa; sin embargo, no se puede saber si esto se debe a una mala gestión, una reducida ocupación de la capacidad o la cobertura geográfica de los servicios. Una mejor integración de la información sobre la intensidad del transporte y eficiencia operativa mejoraría la forma en que se distribuye la carga, conociendo también la distribución modal.

En tanto, la eficiencia operativa es uno de los indicadores que pueden darnos pistas sobre cómo el consumo de combustible tiene un impacto sobre la generación de contaminantes y de GEI. No obstante, uno de los principales problemas es que la información con la que se desarrollan estos indicadores nos hace llegar a conclusiones diferentes. Por ejemplo, el PTL utiliza la información reportada por los miembros del programa y permite encontrar niveles de eficiencia operativa de 2.4 km/litro en tractocamiones y 3.5 km/litro para camiones, mientras que la BIEE estima una eficiencia operativa de 2.49 km/litro para toda la flota que utiliza diésel en México.⁷⁴ Claramente, esto presenta un problema conceptual, pues indica que los vehículos en el PTL son igual o menos eficientes que lo considerado por la BIEE, lo cual no es razonable.

⁷⁴ Sandoval, R. (2019). *Indicadores de Eficiencia Energética del Transporte de Carga por Carretera para el Desarrollo de una Política Integral de Transporte en México*. ENERLAC. Volumen III. Número 2. Diciembre, 2019 (26-43).

Se requieren algunos incentivos para mejorar el intercambio y cruce de información sobre el sector. Estos tendrían dos objetivos: mejorar la forma en que se recaban datos y su análisis, y considerar el horizonte de interacción con otras dependencias y organizaciones. El acceso a mejor y más información consistente entre jurisdicciones tiene beneficios para las autoridades y también para mejorar la competitividad del sector lo que resulta en dar un mejor servicio en las cadenas de suministro.

Incentivos para la integración y homologación de información

La información disponible está dispersa entre instituciones que buscan alcanzar diferentes objetivos. Esta situación se puede explicar por la falta de incentivos para lograr la homologación e integración de bases de datos comparables. Para cambiar esta situación sería necesario un liderazgo sobre la forma en que se utilizaría la información que se compartiría entre distintas instituciones, posiblemente con el IMT a la cabeza. Ello implica hacer que la demanda de información sea más útil, alineando incentivos entre los programas de registro, verificación y cumplimiento de la normatividad ambiental, técnica y fiscal. Esta alineación permitiría asegurar que un vehículo tiene un número único y que puede ser verificado tanto en operativos de diferentes cuerpos de policía, sistemas de rastreo de vehículos, autoridades encargadas de la verificación ambiental y técnica, así como el pago de obligaciones fiscales. Este enfoque tendría una serie de beneficios, principalmente para el sector público, pues mejoraría la efectividad de sus funciones, principalmente en cuanto a la verificación del cumplimiento de la regulación.

Si se piensa en la creación de incentivos para el sector privado, compartir y homologar información puede ser útil para integrar y optimizar cadenas de suministro que hoy son dispersas y que no tienen un medio para el intercambio de información. A diferencia de los beneficios para el sector público, este enfoque implicaría un rol activo y de promoción para alguna entidad pública, privada, o pública privada, donde las asociaciones empresariales y gobiernos pudieran desarrollar un centro de información del mercado de carga donde los transportistas pudieran hacer negocios. En cualquier caso, el éxito de un enfoque de esta naturaleza depende asegurar múltiples beneficios a los transportistas para justificar el acceso a información operativa.

Sinergias entre bases de información existentes

Una de las primeras conclusiones de este análisis es que no existe una definición única de transporte de carga, dificultando la integración de bases de datos pues no son realmente consistentes entre sí.

Para el INEGI, la definición de vehículos de carga en el VMRC se refiere a camiones y camionetas para carga, en el cuestionario que alimenta el Censo se refiere a camión ligero o mediano de hasta 3.5 toneladas, camión pesado de más de 3.5 toneladas, tractocamión, remolque y semirremolque. Mientras que para SCT un vehículo de carga se divide en cuatro clases (camión o tractocamión; de dos o tres ejes), y un largo y detallado número de tipos de vehículo clasificados por su uso. Esta diferencia de definiciones implica que las unidades

realmente no son comparables incluso al interior de las mismas instituciones. La siguiente tabla presenta una descripción del objeto estudiado a través de múltiples organizaciones que responden a diferentes usos y que dificultan el cruce de información:

	Referencia documental	Clase
INEGI	Censos económicos.	Camión ligero o mediano de hasta 3.5 toneladas, camión pesado de más de 3.5 toneladas, tractocamión, remolque y semirremolque.
	Estadística de Vehículos de Motor Registrados en Circulación.	Camiones y camionetas para carga.
	Registro Administrativo de la Industria Automotriz de Vehículos Pesados.	Tractocamión, resto.
	Estadística de Accidentes de Tránsito Terrestre en Zonas Urbanas y Suburbanas.	Camioneta de carga, camión de carga, tractor con o sin remolque.
SCT	Estadística Básica del Autotransporte Federal.	Camión de dos o tres ejes, tractocamión de dos o tres ejes y otros.
	Estadística de Accidentes de Tránsito.	Camión sencillo y combinado, furgoneta y pick-up.
IMT	Anuario estadístico de accidentes en carreteras federales.	Camión unitario, articulado y doble articulado.
ANPACT	Reporte Estadístico Mensual de la Industria de Vehículos Pesados en México.	Categorías clase 3, 4, 5, 6, 7 y 8, tractocamiones de quinta rueda.
SEMARNAT	Programa Transporte Limpio.	Camión de dos o tres ejes, tractocamión de dos o tres ejes y otros
CONUEE	Base de Indicadores de Eficiencia Energética	Tractocamiones, autotanques, panel, cabinas, pipas, redilas, volteo y grúas.

Tabla 21. Clases de vehículo utilizadas en las estadísticas relativas al autotransporte de carga en México.

A pesar de las diferencias conceptuales se pueden crear sinergias, que son más de proceso que de carácter estructural. Los esfuerzos que ya se realizan en prácticamente todas las iniciativas de recopilación de información podrían desagregarse y lograr una mejor coordinación. El nivel de definición de la SCT es suficientemente profundo para conocer cómo se mueven las mercancías si fuera aplicable también al ámbito estatal. No tener un acuerdo claro sobre si todos los vehículos deberían ser de placa estatal o federal cuando se trata de carga, o cuando la carga pasa de un estado a otro, dificulta la comparación de información.

Al mismo tiempo, el trabajo del INEGI en la Encuesta Anual, alimentada por los censos, podría ser más detallada en el tipo de unidades que tienen las empresas encuestadas. Una fortaleza de esta encuesta es que ayuda a conocer los principales insumos de la industria, esto ayudaría a crear un modelo que vinculara el valor agregado neto de la industria con los costos operativos. El INEGI y la SCT tienen diferentes definiciones de empresa. Mientras que la SCT se enfoca en empresas que tienen como objetivo el transporte de carga en su razón social, el INEGI también incorpora empresas que tienen al transporte como parte de su cadena de suministro, por ejemplo, una empresa que produce y distribuye alimentos. La diversidad y complejidad del transporte de carga será mayor debido a la integración de los mercados globales y el aumento en la demanda de servicios de entrega de mercancías a domicilio por el incremento en el comercio electrónico, el teletrabajo y, recientemente, fenómenos como las restricciones de movilidad de personas por eventos como ocurrió con la COVID-19.⁷⁵

⁷⁵ Frost & Sullivan. (2020) *Digitalization, Infrastructure, and Connectivity Set to Transform the GCC Logistics Industry*. Disponible en: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5141709>

La información sobre el registro y verificación del cumplimiento de la normatividad podría ser abierta para conocer los resultados y el estado en que están las unidades vehiculares. Si el registro de la SCT no se actualiza ni tiene vínculos con los registros estatales hay una gran incertidumbre que podría indicar que una parte sustantiva de vehículos con placa federal sigue en circulación bajo la misma licencia, cuando probablemente esté prestando servicio a nivel estatal. Es importante conocer el estado de los vehículos cuando son verificados, por ello se debe poder conectar las bases de datos de verificación de SCT con las del registro de vehículos, para luego cruzarlas con las del INEGI.

Por muchos años, solo se han tenido estimaciones del nivel de carga promedio que mueven los vehículos. Los datos existentes sobre toneladas kilómetro recorridas son estimaciones de la SCT. Aunque se comenzó a usar cartas porte para saber con más detalle el tipo, origen, destino y peso de la carga, esto es principalmente aplicable a empresas de transporte formales. El reto es poder estimar la forma en la que las empresas y proveedores informales trabajan para conocer el desempeño operativo y refinar los programas de apoyo a este segmento del autotransporte.

En cuanto a cobertura estadística de los vehículos, uno de los problemas principales de la estadística analizada en todos los casos es que se centra en empresas y profesionales en el sector formal, por lo que se conoce menos sobre las características del llamado hombre-camión, aun cuando parte sustantiva de este segmento es el que más apoyo necesita para la renovación vehicular, y quien menos información tiene sobre el desempeño operativo y de seguridad. Además, el hombre-camión tiende a estar registrado a nivel estatal, por lo que, con la información existente, no se puede conocer la forma en que opera.

4.3 Brechas de información

Criterios de desempeño	Estadísticas del INEGI				Estadísticas de SCT			IMT			
	VMRC	RAJVP	Censo económico	Accidentes de tráfico	Estadística Básica	Verificación	Agenda Económica	SICAM	EECAN	OMTL	Accidentes
Intensidad de transporte			✓		✓	✓	✓	✓		✓	
Distribución modal		✓	✓		✓	✓	✓			✓	
Competitividad del mercado		✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓	
Eficiencia operativa			✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Calidad del servicio										✓	✓
Impacto ambiental	✓		✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓
Seguridad				✓							✓

Tabla 22. Comparativa de estadísticas en México para desarrollar indicadores de desempeño.

Después de analizar las distintas bases de datos y esfuerzos para recopilar información, se puede decir que la información existente es útil para conocer la intensidad de transporte, así como el impacto ambiental y de seguridad. A partir de algunos análisis secundarios y combinación de información con otras bases de datos, es posible conocer un mayor detalle de la distribución modal. Sin embargo, las áreas donde menos información hay disponible para definir indicadores son la de competitividad del mercado y calidad del servicio, esta última es prácticamente inexistente.

A pesar de que la información existente puede utilizarse para hacer inferencias o cruzarse con otras bases de datos específicas, la realidad es que las bases de datos no permiten saber con exactitud los siguientes elementos que son fundamentales para conocer el desempeño del sector por segmento:

1. No se sabe con precisión cuántos vehículos hay en circulación, el estado en que se encuentran, ni el mantenimiento que reciben. Esta información es clave para conocer la intensidad del transporte, así como la eficiencia operativa. No basta con conocer la distribución a nivel estatal, principalmente porque la información para vehículos de placa federal se registra donde se encuentra la sede de la empresa, pero no hay datos sobre el área geográfica que cubre, impactando los indicadores de competitividad en el mercado y distribución modal.
2. Es prácticamente imposible conocer cómo perciben los usuarios la calidad del servicio, debido a la limitada información que no permite crear indicadores relevantes. Las asociaciones empresariales tienen incentivos dispersos para conocer la opinión de los usuarios, pues conocer la calidad del servicio requiere de recursos. Esta información podría incluirse en los Censos Económicos dada la expectativa de una mayor integración comercial que requerirá de más capacidad de transporte con servicios más especializados.⁷⁶
3. Existe un amplio campo de mejora para conocer la distribución modal, así como la competitividad del mercado de transporte de carga, pues con la información existente se pueden hacer estudios secundarios, pero no necesariamente concluyentes. La información existente permite realizar análisis detallados y realizar modelaciones o estimaciones en lugar de mediciones o rastreo de información. Un caso específico es la estimación que hace la SCT sobre la carga que se mueve por el país estimada. Estos indicadores no son confiables, pues la información no se contrasta periódicamente con una muestra representativa de la realidad que dicha estimación prevé emular. La SCT y la CANACAR estiman la carga que se mueve por el país, por lo que la información que se empieza a recabar en las cartas portes podrá aportar en este contexto, apoyadas en sistemas de telemetría y *blockchain*, como se explica más adelante.

⁷⁶ Kovács, G. (2016). *New logistics and production trends as the effect of global economy changes*. Disponible en: DOI: 10.17512/pjms.2016.14.2.11

4. La información sobre seguridad y accidentes está sesgada por la limitada cantidad de eventos que se reportan. Pero podría integrarse de mejor manera con reportes oficiales de policía, así como de empresas de seguros a través de la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (AMIS). Ello implica también trabajar con las autoridades estatales, pues la mayor parte de los accidentes reportados son de carácter federal. El acceso a la información de las empresas aseguradoras podría mejorar el conocimiento no sólo de accidentes, sino de vehículos en operación, incluyendo algunas de sus características físico-mecánicas, así como ubicación en donde operan.

Herramientas y enfoques para mejorar la coordinación y el acceso a información

En las entrevistas, diversos actores enumeraron una serie de herramientas que permitirían conocer mejor la información sobre el desempeño operativo del sector. Estas herramientas se pueden clasificar en dos categorías principales: las herramientas que están integradas en los propios vehículos y que pueden ser de asistencia en la operación, y las que se enfocan más en el cumplimiento de la normatividad, pero que también sirven para comprobar que los sistemas de información son consistentes con los datos reales. Las herramientas o enfoques identificados generalmente requieren de un marco de colaboración y coordinación con objetivos claros. Por ejemplo, una de las opciones para mejorar el intercambio de información es facilitar el cumplimiento de la regulación desde la perspectiva pública, pero también podría ayudar a mejorar el ambiente de negocios y la competitividad de las cadenas de valor. Ello implicaría un esfuerzo amplio para integrar partes, con oportunidades concretas con beneficios de corto plazo en su mayoría.

Los sistemas de apoyo a la operación, como son sistemas de diagnóstico a bordo, bitácoras electrónicas de operación, sistemas de información geográfica para planificar y reorganizar recorridos, entre otros que permiten acceder con telemetría a la información de un vehículo, también podrían aportar datos.

Con las herramientas basadas en blockchain, que permiten crear sellos digitales a la carga, las operaciones de carga quedarían asentadas en el registro contable (ledger) de forma anónima y transparente. El uso de blockchain se ha extendido a instituciones financieras pues permite verificar la fiabilidad de la información reduciendo el riesgo de crédito. Por ejemplo, una empresa transportista podría explorar nuevos mercados al integrarse a cadenas de suministro que funcionen bajo demanda y que utilicen inteligencia artificial para simplificar procesos como asignación de choferes, vehículos, rutas, facturación, gastos y pago de impuestos, incluso creando cartas porte basadas en esta tecnología. El blockchain puede ayudar a una gran cantidad de entidades involucradas en el transporte de carga si se presenta como una herramienta útil y no necesariamente como herramienta de control.

Otro tipo de herramientas son las que requieren de algún tipo de vinculación con infraestructura física para conocer y verificar el cumplimiento de la normatividad. Por ejemplo, la verificación de pesos y medidas, así como asegurar el uso de tecnologías de control de emisiones en las carreteras tanto federales como estatales, o los arcos de medición para conocer la emisión de contaminantes. Complementaría esta información conocer el flujo de los peajes de las carreteras del país, esto permitiría obtener datos sobre el origen y destino de la carga, los vehículos utilizados, e idealmente los pesos y dimensiones. Los vínculos entre las bases de datos existentes ayudarían a obtener no sólo conclusiones sobre un diagnóstico inicial, sino poder establecer medidas de mejora del desempeño que puedan ser monitoreadas en el mediano y largo plazo.

Glosario

ACEEE	American Council for an Energy-Efficient Economy
AMIS	Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros
BIEE	Base de Indicadores de Eficiencia Energética
BMZ	Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía
DENUE	Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas
DGARETC	Dirección General de Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes
EECAN	Estudio Estadístico de Campo del Autotransporte Nacional
GEI	Gases de efecto invernadero
GIZ	Deutsche Gesellschaft fuer Internationale Zusammenarbeit
GLEC	Global Logistics Emissions Council Framework
IMT	Instituto Mexicano del Transporte
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
IPCC/PICC	Panel Intergubernamental de Cambio Climático
OMTL	Observatorio Mexicano de Transporte y Logística
PIB	Producto Interno Bruto
PTS	Programa de Transporte Sostenible
RAIAVP	Registro Administrativo de la Industria Automotriz de Vehículos Pesados
RENE	Registro Nacional de Emisiones
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SENER	Secretaría de Energía
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SICAM	Sistema de Costos del Autotransporte de Mercancías
US EPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos
VMRC	Vehículos de Motor Registrados en Circulación

Bibliografía

1. ACEEE (2019). *The 2018 International Energy Efficiency Scorecard*. 13/02/2019, de American Council for an Energy-Efficient Economy. Disponible en: <https://aceee.org/research-report/i1801>
2. ANPACT. (2020). *Reporte Estadístico Mensual de la Industria de Vehículos Pesados en México*. Disponible en: <http://www.anpact.com.mx/documentos/reportes/200811%20Reporte%20Estad%CC%81stico%20ANPACT%20Julio2020.pdf>
3. Blanquart, C., Burmeister, A. (2009). *Evaluating the performance of freight transport: a service approach*. Eur. Transp. Res. Rev. 1, 135–145 <https://doi.org/10.1007/s12544-009-0014-5>
4. Bynum, C. (2018). *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. Transportation Research Part D: Transport and Environment Volume 61, Part A, June 2018, Pages 19-32. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.11.018>
5. CANACAR. (2020). *Agenda Económica del Autotransporte de Carga*. Disponible en: <https://canacar.com.mx/servicios/estadistica/agenda-economica-del-autotransporte-carga-2020/>
6. CONUEE. (2019). *Base de Indicadores de Eficiencia Energética*. Disponible en: <https://www.biee-conuee.net/site/index.php>
7. Delgado, O., & Muncrief, R. (2015). *Heavy-duty vehicle fuel-efficiency simulation: A comparison of US and EU tools*. Disponible en: <http://www.theicct.org/heavy-duty-vehicle-fuel-efficiency-simulation-comparison-us-and-eu-tools>
8. Department of Transportation. (2017) *Freight Management and Operations*. Disponible en: <https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop10024/sect2.htm>
9. DHL. (2019). *DHL Global Connectedness Index*. Disponible en: <https://www.dhl.com/content/dam/dhl/global/core/documents/pdf/g0-en-gci-2018-update-study-full.pdf>
10. EMISIA. (2020). *COPERT Data*. Disponible en: <https://www.emisia.com/utilities/copert-data/>
11. EPA. (2019). *SmartWay Program Successes*. Disponible en: <https://www.epa.gov/smartway/smartway-program-successes>
12. EPA. (2020). *SmartWay Vision 2020*. SmartWay. Disponible en: https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-05/documents/smartway_2020_vision_report.pdf
13. Frost & Sullivan. (2020) *Digitalization, Infrastructure, and Connectivity Set to Transform the GCC Logistics Industry*. Disponible en: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5141709>
14. G20. (2020) *Global Infrastructure Outlook*. Disponible en: <https://outlook.gihub.org/countries/Mexico>
15. Global Supply Chain Institute. (2017). *Transportation 2025 Mega Trends and Current Best Practice*.
16. Kovács, G. (2016). *New logistics and production trends as the effect of global economy changes*. Disponible en: DOI: 10.17512/pjms.2016.14.2.11
17. Holguin-Veras, J. et al (2017). *Innovative Approaches to Improve the Environmental Performance of Supply Chains and Freight Transportation Systems*. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/321954768_Innovative_approaches_to_improve_the_environmental_performance_of_supply_chains_and_freight_transportation_systems
18. ICCT. (2018). *China Green Freight Assessment: Enabling a cleaner and more efficient freight system in China*. Disponible en: <https://theicct.org/publications/china-freight-assessment>
19. ICCT. (2019). *Modernizing data collection and reporting methods for the SmartWay Program*. Disponible en: <https://theicct.org/publications/smartway-data-collection-20190409>
20. ICLEI. (2019). *EcoLogistics self-monitoring tool user guide*.
21. IMT. (2018). *Anuario estadístico de accidentes en carreteras federales*. Disponible en: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/DocumentoTecnico/dt77.pdf>
22. INECC. (2015). *Primer Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Disponible en: <https://unfccc.int/resource/docs/natc/mexbur1.pdf>

23. INECC. (2018). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015*. Disponible en: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/MEXNIR_Revisada_0.pdf
24. INECC. (2018). *México, Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Disponible en: <http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/handle/publicaciones/117>
25. INEGI. (2019) *Conociendo la Industria del Autotransporte de carga*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825187798>
26. INEGI. (2019). *Accidentes de tránsito terrestre en zonas urbanas y suburbanas*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/accidentes/>
27. INEGI. (2019). *Censos Económicos 2019*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2019/>
28. INEGI. (2019). *Estadística de vehículos de motor registrados en circulación*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/vehiculosmotor>
29. INEGI. (2020). *Registro Administrativo de la Industria Automotriz de Vehículos Pesados*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavp/>
30. International Transport Forum. (2018). *Is Low-Carbon Road Freight Possible?*
31. Lean and Green Europe. (2017). *Carbon Productivity in Global Supply Chains*. Disponible en: <https://lean-green.eu/app/uploads/2017/08/5-Carbon.pdf>
32. McKinnon, A. (2015). *Performance measurement in freight transport: Its contribution to the design, implementation and monitoring of public policy*. Prepared for the Roundtable on Logistics Development Strategies and their Performance Measurements (9-10-March 2015, Queretaro). Disponible en: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/mckinnon.pdf>
33. Natural Resources Canada. (2020). *Truck Carrier Tool*.
34. OECD. (2020). *Mexico Policy Brief. January 2020*. Disponible en: <https://www.oecd.org/policy-briefs/Policy-Brief-Mexico-Building-infrastructure-compatible-with-climate-change-EN.pdf>
35. Sandoval, R. (2019). *Indicadores de Eficiencia Energética del Transporte de Carga por Carretera para el Desarrollo de una Política Integral de Transporte en México*. ENERLAC. Volumen III. Número 2. Diciembre, 2019 (26-43).
36. SCT. (2017). *Estadística de Accidentes de Tránsito*. Disponible en: <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/estadistica-de-accidentes-de-transito/ano-2017/>
37. SCT. (2020). *Estadística Básica del Autotransporte Federal*. Disponible en: <http://www.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/autotransporte-federal/estadistica/>
38. The World Bank. (2018). *Logistics Performance Index*. Disponible en: <https://lpi.worldbank.org/>
39. The World Bank. (2020). *Doing Business Report 2019*. Disponible en: <https://doingbusiness.org/>
40. World Economic Forum (2019). *Global Competitiveness Report 2019-2020*

Personas entrevistadas

- Judith Trujillo, subdirectora de Transporte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
- Nadia Gómez González, investigadora de la Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte del Instituto Mexicano del Transporte (IMT).
- Luis Gerardo Sánchez Vela, investigador de Dinámica Vehicular del Instituto Mexicano del Transporte (IMT).
- Dr. Eric Moreno Quintero, investigador de la Coordinación de Integración de Transportes del Instituto Mexicano del Transporte (IMT).

- José Luis Urrutia García, subdirector de Tratamiento y Explotación de la Información de la Dirección de Censos Económicos del INEGI.
- Roberto Tovar Soria, subdirector de Encuestas de Transportes y de Opinión Empresarial de la Dirección de Censos Económicos del INEGI.
- Miguel Ogazón, director Técnico y de Ingeniería de la Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones (ANPACT).
- Tomás Martínez, asesor especializado de la Cámara Nacional del Autotransporte de Carga (CANACAR).
- Daniel Estelius Montañez Nava, gerente de Logística y Distribución, Asociación Nacional de Transporte Privado (ANTP).
- Edgar Roberto Sandoval García, investigador del Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli (TESCI).

© 2021 GIZ