



Indicador para medir la contribución de la infraestructura de transporte al valor logístico de las cadenas de suministro

Miguel Gastón Cedillo Campos
Jared Piña Bárcenas
Carlos Mario Pérez González
Jaime Mora Vargas

Publicación Técnica No. 662
Sanfandila, Qro.
2021

ISSN 0188-7297

Esta investigación es producto del proyecto de investigación TI-14/20.

Los trabajos se realizaron en la Coordinación de Transporte Integrado y Logística del Instituto Mexicano del Transporte, como parte de las actividades de investigación del Laboratorio Nacional CONACYT en Sistemas de Transporte y Logística (SiT-LOG). Contó además con la valiosa colaboración del M. en C. Carlos Mario Pérez González y del Dr. Jaime Mora Vargas, del Tecnológico de Monterrey.

Los autores desean agradecer los valiosos comentarios que a una primera versión en idioma inglés proporcionaron Michel Savy, Profesor Emérito de la Universidad de Paris-Est y de la Ecole des Ponts Paris Tech de Francia (ENPC), así como de Jean-Paul Rodrigue, Profesor de la Universidad de Hofstra, Louis-Paul Tardif de Transport Canada, y Jan Hoffmann, Jefe de la Subdivisión de Logística Comercial (UNCTAD).

Al mismo tiempo, deseamos agradecer las contribuciones recibidas durante las primeras etapas de este trabajo por parte de mis colegas del Instituto Mexicano del Transporte (IMT): José San Martín Romero, Eric Moreno, José Elías Jiménez, Carlos Martner, Roberto Aguerrebere, César Montiel, Bernardo Hernández y Guillermo Torres. Igualmente, agradecemos los comentarios de nuestro colega del Instituto de Transporte de Texas (TTI), Juan Carlos Villa.

El primer autor agradece a Flora Hammer sus útiles comentarios a la hora de concebir las bases iniciales del presente trabajo.

No obstante, es importante aclarar que el autor conserva la plena responsabilidad por cualquier defecto u omisión prevaeciente en el documento.

Contenido

	Página
Sinopsis.....	vii
Abstract.....	ix
Resumen ejecutivo.....	xi
1. Introducción.....	1
2. Marco teórico.....	7
2.1 Logística.....	7
2.2 Infraestructura.....	8
2.3 Sostenibilidad.....	10
2.4 Flujo de carga.....	10
2.5 Concepto de valor.....	11
2.6 Valor de la logística.....	11
2.7 Conclusión.....	12
3. Propuesta.....	13
3.1 Introducción.....	13
3.2 Necesidad de un nuevo indicador.....	14
3.3 Valor logístico de la infraestructura (Fg).....	15
4. Conclusiones.....	21

Índice de figuras

Figura 1.1 Industria 4.0 y reducción de km recorridos (A.T. Kearney, 2018). 4

Sinopsis

El papel esencial de la infraestructura de transporte para mejorar el valor logístico de las cadenas de suministro es actualmente aceptado a nivel global. La falta o las malas condiciones operativas de la infraestructura de transporte, se cita con frecuencia como una de las barreras más importantes para que las organizaciones con operaciones en países emergentes, participen con éxito en las cadenas de suministro globales. Sin embargo, la mayoría de los indicadores comparativos que miden la competitividad regional, dan mayor importancia, ya sea a la densidad de la infraestructura (km de caminos por km² de territorio) o al gasto invertido en su desarrollo (millones de dólares), que a la efectividad logística y resiliencia que puede aportar la infraestructura de transporte a las cadenas de suministro. El objetivo de este documento es proponer un indicador clave para medir la contribución de la infraestructura de transporte al valor logístico de las cadenas de suministro.

Abstract

The essential role of the transportation infrastructure to improve logistics value of supply chains is today globally accepted. The lack or poor operational conditions of transportation infrastructure are frequently cited as one of the most important barriers to organizations located in emerging countries to successfully participate in global supply chains. However, most of the recognized comparative indicators that measure regional competitiveness offer more value either to the infrastructure density (km of roads per km² of territory) or to the expenditures invested in its development (millions of dollars), than to its logistics effectiveness, and resilience that transportation infrastructure may bring to the supply chains. The objective of this document is to propose a key indicator to measure the logistical value that transportation infrastructure provides to supply chains.

Resumen ejecutivo

La “globalización”¹ en reversa iniciada después de los atentados terroristas del 11 de septiembre del 2001, la cual incrementó las preocupaciones por la seguridad en las cadenas de suministro, fue reforzada durante la pandemia del H1N1 en 2009 y vigorizada durante la pandemia del COVID-19 a inicios del 2020 (FT, 2020; Bloom, 2020). Se trata de un proceso que se ha ido consolidando cada vez más como resultado de los riesgos de la interconexión “sin costuras” de las cadenas de suministro, así como de las exigencias de los gobiernos y consumidores por aumentar la sostenibilidad y contenido local de los productos y servicios que consumen. Como resultado, es altamente probable que finalmente se establezca un nuevo “diseño” en las cadenas de suministro globales. Algo más parecido al mundo industrial “celular en red” identificado por Pierre Veltz (2000)

Hoy se reconoce claramente el papel clave de la infraestructura de transporte en la competitividad de empresas y naciones. Frecuentemente se cita a la inadecuada infraestructura, como el más importante desafío de las empresas localizadas en mercados emergentes para participar en las cadenas globales de valor (Jouanjean et al., 2016). Por ejemplo, la OECD (2018) ha señalado enfáticamente que: “los países en desarrollo necesitan aumentar significativamente las inversiones para mejorar la conectividad del transporte”. De hecho, una gran cantidad de índices comparativos que miden la competitividad de los países, la toman como un elemento clave (es el caso del *Global Competitiveness Report*, *Logistics Performance Index*, *Global Manufacturing index*, entre otros). Sin embargo, en cada uno de ellos, se otorga mayor valor ya sea a la densidad en la dotación de infraestructuras (km de carreteras por km² de territorio) o al volumen de recursos invertidos en su desarrollo (millones de dólares), más que a la efectividad logística que puede aportar dicha infraestructura a la operación de las cadenas de suministro que la utilizan.

Desde esta perspectiva, desde 2018 Cedillo-Campos propuso, hasta donde sabemos, la primera definición de “valor logístico de la infraestructura”. Además, autores como Cedillo-Campos et al. (2019) desarrollaron un análisis de la confiabilidad en los tiempos de viaje con base en millones de datos GPS (*Global Positioning System*) de vehículos de carga circulando por la red carretera de México. Con base en sus resultados, argumentan que para mejorar la efectividad en el

¹ De acuerdo con Theodore Levitt (1983), se trata de la intensiva internacionalización estandarizada de los mercados, donde las corporaciones operan con bajos costos relativos como si todo el mundo (o las principales regiones del mismo), fueran una sola entidad y donde, sin distinciones nacionales o regionales, venden las mismas cosas, de la misma manera, en todas partes.

movimiento de las mercancías no solo se requiere de una conectividad mejorada a través del desarrollo de infraestructura, sino que también, reducir los factores que aumentan la incertidumbre en los tiempos de viaje.

No obstante, la realidad es que hoy por hoy, no contamos con un indicador comúnmente aceptado que permita establecer claramente cuál es la contribución (valor o utilidad) de la infraestructura de transporte a la efectividad logística en el movimiento de las mercancías. El supuesto prevaleciente es el de que entre mayor dotación de infraestructura de transporte se tenga (Ejemplo: más kilómetros de carreteras, etc.), potencialmente de mayores capacidades logísticas se dispondrá. Se trata de un enfoque derivado de las necesidades intrínsecas de los sistemas productivos originados bajo el paradigma “*FORD-ista*” de producción de masa.

La logística aporta valor a las cadenas de suministro. Es así que, tomado como base, entre otros, el trabajo de Rutner y Langley (2000), se acepta que: “*El valor de la logística es el permitir a las organizaciones cumplir con los requerimientos de servicio al cliente, al tiempo que se minimizan los costos de la cadena de suministro y se maximizan los beneficios para todos los participantes*”. En ese sentido, en la medida en que la infraestructura contribuya a lo establecido por Rutner y Langley (2000), podemos argumentar que agrega “*valor logístico*” a las cadenas de suministro.

Desde esta perspectiva, en el presente documento establecemos que el “*valor logístico de una infraestructura de transporte*” es:

El valor de uso que la infraestructura provee para que las mercancías incrementen su utilidad al modificar su disposición de lugar, de tiempo y de cantidad, mejorando tanto la confiabilidad en los tiempos de tránsito, como reduciendo los costos, los riesgos y las emisiones de carbono, lo que permite que las cadenas de suministro maximicen los beneficios económicos, sociales y ambientales para todos los participantes.

Se refleja para el consumidor final al cumplir o exceder con sus expectativas de servicio (en cantidad, lugar, tiempo y precio). Para las empresas, al reducir sus costos de oportunidad (medidos en demoras, materialización de riesgos, sobrecostos, etc.), por lo tanto, mejorando su desempeño económico, social y ambiental. Para la sociedad, al reducir el riesgo de accidentes, así como la contaminación auditiva y del aire.

1. Introducción

La “globalización”² en reversa iniciada después de los atentados terroristas del 11 de septiembre del 2001, la cual incrementó las preocupaciones por la seguridad en las cadenas de suministro, fue reforzada durante la pandemia del H1N1 en 2009 y vigorizada durante la pandemia del COVID-19 a inicios del 2020 (FT, 2020; Bloom, 2020). Se trata de un proceso que se ha ido consolidando cada vez más como resultado de los riesgos de la interconexión “sin costuras” de las cadenas de suministro, así como de las exigencias de los gobiernos y consumidores por aumentar la sostenibilidad y contenido local de los productos y servicios que consumen. Como resultado, es altamente probable que finalmente se establezca un nuevo “diseño” en las cadenas de suministro globales. Algo más parecido al mundo industrial “celular en red” identificado por Pierre Veltz (2000) o lo que hoy A.T. Kearney (2018) denomina, la “islaización” de la economía global.

Se trata de una nueva realidad en donde, para mitigar los riesgos de operar con cadenas de suministro muy extendidas y con proveeduría clave en países lejanos de bajo costo, las empresas estarán obligadas a integrar mayor contenido local. Un enfoque más sostenible en donde el desarrollo de clústeres de cadenas de suministro (Cedillo-Campos, 2012; 2014) pueden ser una respuesta.

Desde esa perspectiva, se propone estructurar operativamente a las cadenas de suministro sobre la base de clústeres industriales (Marshall, 1938). Los clústeres industriales serían los “pilares cimentados en el territorio” del puente entre mercados que son las cadenas de suministro. Una imbricación entre las ventajas de los clústeres industriales favoreciendo las economías de aglomeración ancladas a un territorio local (Savy, 1993), y las cadenas de suministro conectando a empresas formando parte de clústeres industriales (sistema industrial), localizados en lugares geográficos (sistema territorial) a través de diferentes partes del mundo (Cedillo-Campos, 2004).

En cualquier caso, tanto empresas, como poblaciones, están demandando una mejor conectividad³ de la red de infraestructuras de transporte. Infraestructuras que

² De acuerdo con Theodore Levitt (1983), se trata de la intensiva internacionalización estandarizada de los mercados, donde las corporaciones operan con bajos costos relativos como si todo el mundo (o las principales regiones del mismo), fueran una sola entidad y donde, sin distinciones nacionales o regionales, venden las mismas cosas, de la misma manera, en todas partes.

³ De acuerdo con Rodrigue (2020): “La conectividad es la medida en que los flujos de pasajeros o carga desde un nodo pueden llegar a otros nodos directamente (conexión directa) o indirectamente a través de otro nodo(s).”

permitan la operación de cadenas de suministro fluidas. Un panorama frente al que, de acuerdo con Khanna (2016), países como China han elevado al desarrollo de infraestructura de transporte para mejorar la conectividad de las cadenas de suministro, al nivel de un “*bien público global*”. Es decir, tan importante como la seguridad de las cadenas de suministro, desde la perspectiva de los EE.UU. Sobre esto, desde 2018 la OECD señalaba que la infraestructura de transporte, mejorando la conectividad en los países en desarrollo, es decisiva para reducir los costos logísticos, impulsar el crecimiento económico, promover la integración regional y alcanzar un desarrollo sostenible.

Hoy se reconoce claramente el papel clave de la infraestructura de transporte en la competitividad de empresas y naciones. Frecuentemente se cita a la inadecuada infraestructura, como el más importante desafío de las empresas localizadas en mercados emergentes para participar en las cadenas globales de valor (Jouanjean et al., 2016). Por ejemplo, la OECD (2018) ha señalado enfáticamente que: “*los países en desarrollo necesitan aumentar significativamente las inversiones para mejorar la conectividad del transporte*”. De hecho, una gran cantidad de índices comparativos que miden la competitividad de los países, la toman como un elemento clave (es el caso del *Global Competitiveness Report*, *Logistics Performance Index*, *Global Manufacturing index*, entre otros). Sin embargo, en cada uno de ellos, se otorga mayor valor ya sea a la densidad en la dotación de infraestructuras (km de carreteras por km² de territorio) o al volumen de recursos invertidos en su desarrollo (millones de dólares), más que a la efectividad logística que puede aportar dicha infraestructura a la operación de las cadenas de suministro que la utilizan.

Analizar el efecto de la infraestructura desde el punto de vista de la densidad o del gasto, no permite establecer una diferencia entre la cantidad y la calidad de la misma (Oswald et al., 2011) y menos aún, sobre su efectiva utilización. A este respecto, Vilko et al. (2011) mencionan que el innovador uso de la infraestructura existente, puede ayudar al mejor desempeño económico de un país, aún si su densidad o inversión en infraestructura parece escasa cuando se compara con los estándares internacionales.

Desde esta perspectiva, autores como Cedillo-Campos et al. (2019) desarrollaron un análisis de la confiabilidad en los tiempos de viaje con base en millones de datos GPS (*Global Positioning System*) de vehículos de carga circulando por la red carretera de México. Con base en sus resultados, argumentan que para mejorar la efectividad en el movimiento de las mercancías no solo se requiere de una conectividad mejorada a través del desarrollo de infraestructura, sino también, reducir los factores que aumentan la incertidumbre en los tiempos de viaje.

Actualmente, la confiabilidad en los tiempos de viaje es considerada cada vez más como uno de los factores más importantes para decidir tanto el modo de transporte, como la ruta a utilizar (Hausman et al., 2013). Si se cuenta con información suficiente para predecir con alta confiabilidad el tiempo de viaje de la carga, se

puede utilizar mejor la infraestructura existente, minimizando los costos logísticos, así como los impactos ambientales y sociales del transporte.

Igualmente, en la actualidad se acepta que la infraestructura de transporte aporta en mayor o menor medida, “*fuerza de fricción*” que impacta la fluidez en el movimiento de las mercancías cuando estas se mueven a través de un territorio. Sin embargo, para entender, medir y reducir dicha fuerza de fricción, una gran cantidad de información actualizada que permita tomar mejores decisiones para mitigarla, es necesaria. Durante las últimas décadas, los datos se recopilaron desde una perspectiva “*estática*” (encuestas origen-destino, etc.), esto se debió a la complejidad de recopilar y analizar gran cantidad de datos “*en tiempo real*”. Al día de hoy, con la llegada de teléfonos móviles inteligentes, los dispositivos GPS, tecnología de sensores conectados a internet y más poder de cálculo computacional, el valor o utilidad logística de la infraestructura puede ser medida, para ser monitoreada y mejorada.

No obstante, la realidad es que hoy por hoy, no contamos con un indicador comúnmente aceptado que permita establecer claramente cuál es la contribución (valor o utilidad) de la infraestructura de transporte a la efectividad logística en el movimiento de las mercancías. El supuesto prevaleciente es el de que entre mayor dotación de infraestructura de transporte se tenga (Ejemplo: más kilómetros de carreteras, etc.), potencialmente de mayores capacidades logísticas se dispondrá. Se trata de un enfoque derivado de las necesidades intrínsecas de los sistemas productivos originados bajo el paradigma “*FORD-ista*”⁴ de producción de masa.

Pero el mundo industrial se ha transformado. Eventos “*Cisne Negro*”⁵ como el COVID19, están haciendo reflexionar sobre cómo sería posible mantener en operación los sistemas de abasto “*justo en secuencia*”⁶ con una mayor resiliencia. En consecuencia, medir el nivel de contribución de la utilidad o valor de la infraestructura de transporte a la efectividad logística es cada vez más necesario.

⁴ El fordismo es un sistema de producción que puso en operación los principios expuestos por Frederick Taylor en su obra: “*Principles of Scientific Management*”. Con la implementación de la cadena de montaje, Henry Ford lo puso en marcha a partir del año 1908. Desde 1930 hasta la década de 1970 fue el sistema de producción predominante. Actualmente se mantiene operativo bajo diversas formas que han buscado su adaptación a las nuevas condiciones de la demanda de productos. Para mayor información se recomienda la lectura de: Boyer R., Freyssenet M. (2003). *Los modelos productivos*, Editorial Fundamentos, Madrid.

⁵ Metáfora que describe un suceso sorpresivo, de gran impacto socioeconómico. La teoría del Cisne Negro Fue desarrollada por el filósofo e investigador libanés Nassim Taleb en su libro “*El Cisne Negro*”. Pero la primera mención de que se tiene noticia es del poeta romano del siglo 1 Juvenal.

⁶ De acuerdo con Werner, Kellner, Schenk and Weigert (2003): “*Justo-en Secuencia puede considerarse como un refinamiento del principio de Justo-A-Tiempo, en donde además de entregar piezas en el en el momento correcto, en el lugar correcto, en la cantidad correcta y en la calidad correcta, también se esfuerza por hacerlo en la secuencia de uso correcta*”.

Si bien antes de la pandemia de COVID19 se reconocía que la economía global se estaba sustancialmente reorganizando hacia un “*mundo de cadenas de suministro*” integradas globalmente (Kaku, 2012; WEF, 2013; Khanna, 2016), hoy enfrentamos una realidad diferente. Es muy probable que las cadenas de suministro Post COVID19, más que buscar continuamente reducir el nivel de inventarios (que han probado ser una causa de alta propagación de las interrupciones a los flujos), sean rediseñadas de forma regional para mitigar los riesgos a los que se exponen los flujos intercontinentales. Es ahí donde los clústeres industriales, en combinación con un transporte de mercancías confiable, jugarán un nuevo papel. Un nuevo enfoque está surgiendo: el agrupamiento regional de cadenas de suministro o por su denominación en inglés: “*Supply Chains Clustering*” (Cedillo-Campos, 2014).

Dado que la confiabilidad, la flexibilidad y la reducción constante de costos son indicadores clave para los modernos sistemas logísticos (Gulledge & Chavusholu, 2008; Cai, Liu, Xiao, & Liu, 2009; Kim & Min, 2011; Bai & Sarkis, 2014; Wibowo & Sholeh, 2015; Cedillo-Campos et al., 2019), es probable que la regionalización de la producción se definirá a través de una red de clústeres industriales como un “*sistema de esclusas*” que permita mantener la fluidez en el movimiento de mercancías, venciendo los desniveles de riesgo latente entre las regiones.

Debido a la creciente variabilidad e incertidumbre, las empresas están siendo empujadas a producir lotes pequeños y hacer entregas más confiables a menor costo. Tendencia que está siendo facilitada por la tecnología. En realidad, la revolución de la Industria 4.0 permite la localización de plantas de manufactura más pequeñas ubicadas a proximidad de los mercados meta (OECD, 2018). Como resultado, potencialmente se podrían reducir los flujos de transporte global de mercancías (ver Figura 1.1).

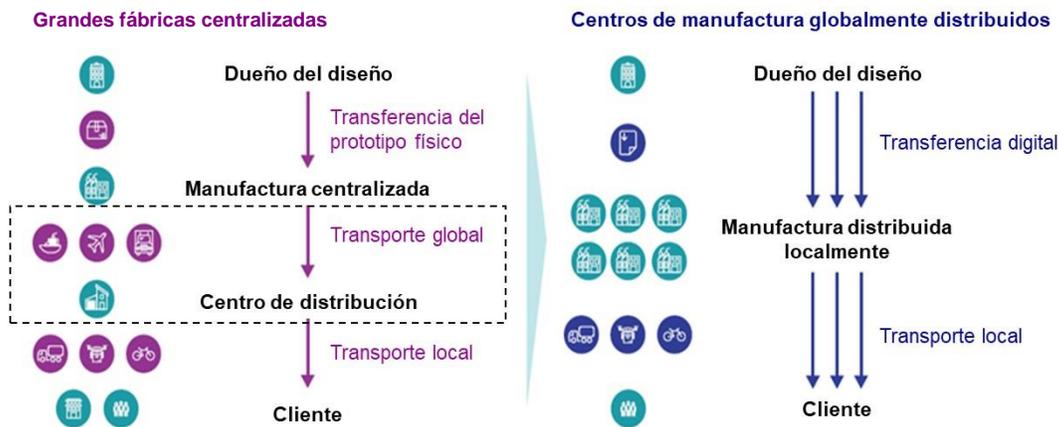


Figura 1.1 Industria 4.0 y reducción de km recorridos (A.T. Kearney, 2018).

Pero la toma de mejores y más rápidas decisiones, requiere de más y mejores datos. Gracias a la gran cantidad de dispositivos embarcados en los vehículos de carga hoy es posible. De hecho, por la cantidad de sensores que colectan datos a lo largo de los procesos que atraviesan los diferentes sectores económicos, la industria del transporte y la logística es uno de los mayores generadores de datos. El reto ya no es su obtención, sino su pertinente análisis para descubrir patrones, los cuales antes era casi imposible establecer. Tanto el mejor diseño de cadenas de suministro, como la infraestructura sobre la cual deberán operar, tiene hoy en el análisis de grandes masas de datos (Big Data), un importante aliado.

La logística está a punto de transformarse definitivamente. Para ello, los avances tecnológicos y la infraestructura, jugarán un papel crucial. Es así que, en un contexto de competencia comercial exacerbada y recursos limitados, cuando de invertir en nueva infraestructura de transporte se trata, de inmediato surge la cuestión sobre el mejor lugar y funcionalidad a construir. La preocupación estriba en hacer cada nueva inversión de forma tal que contribuya a la competitividad de las organizaciones y países, mejorando la fluidez (Grenzeback et al., 2015), robustez y resiliencia de los diferentes modos de transporte, *“como si de una sola red integrada se tratara”* (Pfooser et al., 2016; Dong et al., 2018).

Es desde esta perspectiva que el resto del documento se organiza como sigue: la Sección 2 expone el marco teórico utilizado para la presente propuesta, así como las interacciones conceptuales. La Sección 3 describe y desarrolla la propuesta de medición, teniendo al análisis de los flujos de carga como punto de entrada, para medir el valor logístico aportado por la infraestructura a las cadenas de suministro bajo análisis. Finalmente, la Sección 4, expone conclusiones sobre las ventajas y limitantes del enfoque propuesto, así como futuras líneas de desarrollo para la presente investigación.

2. Marco teórico

2.1 Logística

De acuerdo con Savy (2016), la logística considera a las relaciones entre las organizaciones como un sistema de flujos (flujos de productos, servicios, finanzas e información), a través de los cuales es posible promover la efectividad de las cadenas de suministro. Debido a que las cadenas de suministro son parte transversal de la mayoría de las economías actuales, buscar su efectividad equivale a promover el desarrollo económico. Para ello, la logística es la herramienta técnica que mejora el análisis estratégico, así como la toma de decisiones.

Desde un punto de vista empresarial, Shapiro y Heskett (1985) establecen que las organizaciones que buscan mejorar su competitividad a través de la logística, están en concreto buscando entregar el producto correcto, en la cantidad correcta, en las condiciones correctas, al precio correcto, en el tiempo y lugar correctos, al consumidor correcto. Desde la perspectiva del sector público, se argumenta que la logística es una palanca para alcanzar eficiencias que permitan una balanceada articulación de los sectores productivos y con ello, mayor desarrollo económico que mejore la calidad de vida para los ciudadanos (Savy, 2016). Dos perspectivas que hasta hoy operan, en muchos países y/o regiones, de forma independiente. Por lo tanto, generando información compartimentada.

De este modo, a pesar de ciertos esfuerzos por desarrollar “*inteligencia colectiva en logística*”⁷ para mejorar el diseño e implementación de soluciones con alcance público-privado (Fransoo et al., 2021), falta mucho por hacer. A este respecto, en 2016, los miembros de la Coalición del Corredor I-95 establecieron que: “*La información sobre cuál es el desempeño de las cadenas de suministro desde la perspectiva de los embarcadores, los transportistas y los receptores de las mercancías, es crítico para conocer si las cadenas de suministro están funcionando o fallando. Pero a su vez, esta información es determinante para definir dónde la inversión pública puede mejorar el desempeño del sistema de transporte de carga y con ello, apoyar el crecimiento y competitividad económicos.*”

⁷ Cedillo-Campos (2018 y 2020): “*Es la capacidad de los socios de una cadena de suministro para resolver los desafíos logísticos de forma colaborativa, permitiéndoles obtener un desempeño conjunto que individualmente no les sería posible alcanzar.*”

En el presente documento se conjetura que cuando no existe articulación entre los diferentes actores, se está en presencia de falta de inteligencia colectiva en logística. Es decir, falta de coordinación, colaboración y sincronización en el diseño e implementación de las acciones, todo lo cual conlleva a cuellos de botella de diferentes tipos. Con base en Rodrigue (2017), es posible establecer los diferentes tipos de cuellos de botella que se presentan:

- i. **Cuellos de botella en la capacidad**, derivados de la falta de inversión y/o adecuado diseño y gestión de la infraestructura de transporte;
- ii. **Cuellos de botella operativos**, que resultan de la brecha entre las necesidades logísticas del sector privado y las capacidades tanto en infraestructura, como en servicios ofertados por proveedores logísticos especializados. Es aquí donde las políticas públicas que permiten y/o incentivan la innovación local para hacer frente a las necesidades del sector privado, juegan un papel importante;
- iii. **Cuellos de botella institucionales**, los cuales reflejan la falta de coordinación y cooperación entre las organizaciones que diseñan, supervisan y operan la infraestructura, con aquellas que operan las cadenas de transporte y de logística;
- iv. **Cuellos de botella en las habilidades y competencias de los recursos humanos**, los cuales se relacionan con la falta de capacitación y calificación de la fuerza laboral para incrementar la efectividad en el uso de la infraestructura.

De acuerdo con Pisarski (2015), cuando se reducen los cuellos de botella, se cuenta con cadenas de suministro fluidas. Ellas habilitan la efectividad en los sistemas de producción para que operen con inventarios reducidos, ahorrando valiosos recursos tanto de las empresas, como de los consumidores.

2.2 Infraestructura

La infraestructura de transporte es un elemento clave para el desarrollo económico de los países. Como lo menciona el ITF (2013): *“La calidad de la infraestructura de transporte es un determinante clave del desempeño del sector transporte, además de que el desarrollo de infraestructura de transporte apoya el crecimiento económico”*.

Es así que cuando se construye una nueva infraestructura de transporte y logística, las empresas aprovechan la nueva capacidad ajustando sus procesos logísticos y de cadena de suministro para mejorar el servicio y reducir sus costos. En el corto plazo, cambian su comportamiento de abastecimiento y distribución. En el largo

plazo, sustituyen suministros y reconfiguran procesos de producción para aprovechar las mejoras en el sistema de transporte. Por ejemplo, las mejoras en la infraestructura aumentan la capacidad, por lo que reducen o eliminan la congestión, mejorando así la confiabilidad de los tiempos de tránsito. En consecuencia, se pueden reducir los inventarios y con ello, optar por sistemas de abastecimiento “*justo en secuencia*”.

De hecho, los países invierten importantes cantidades de recursos cada año para diseñar y construir nuevas infraestructuras de transporte en respuesta al crecimiento en la demanda de mercancías, así como para el mantenimiento y renovación de las infraestructuras existentes. Sin embargo, frente a presupuestos cada vez más reducidos, los tomadores de decisiones necesitan de herramientas que les permitan focalizar mejor la inversión en aquellos puntos de la red de contribuyan de mejor manera a mejorar el desempeño global del sistema de transporte.

Tomando como base a Gleissner y Femerling (2013), en el presente documento desarrollamos la propuesta en donde ***la infraestructura de transporte y de logística es el conjunto de elementos y dotaciones que pueden ser utilizados tanto por organizaciones públicas, como privadas para conectar su oferta de productos y servicios, con la demanda de los mismos.*** De forma específica, proponemos entender que *la infraestructura de transporte es aquella que facilita la movilidad de personas y mercancías incluyendo todas las redes de carreteras, vías férreas, vías fluviales, aeropuertos y ductos, además de sus sistemas de control, nodos y terminales como aeropuertos, estaciones de tren, puertos interiores, puertos transfronterizos y puertos marítimos.* Por su parte, *la infraestructura logística comprende a: i) equipo para el transbordo y el almacenamiento en las terminales; ii) sistemas de información que permiten el control de los flujos físicos y financieros; y iii) procesos financieros que reducen el ciclo “cash-to-cash”.*

De acuerdo a esta concepción, la infraestructura es el “*canal*” sobre el cual fluyen productos y servicios. En realidad, la columna vertebral que permite los beneficios económicos derivados de una fluida interacción, coordinación y sincronización de las cadenas de suministro. Pero que también, garantiza o frena el cumplimiento del objetivo principal de las mismas, la satisfacción del consumidor final.

Se puede admitir entonces que la infraestructura de transporte contribuye a la creación de utilidad o valor logístico. Sobre todo, en la medida en que habilita a las organizaciones para que, a través de sus flujos conectando a la oferta con la demanda, provean productos y/o servicios con un mayor o menor valor agregado de lugar, tiempo y posesión a sus clientes.

2.3 Sostenibilidad

Si bien la mayoría de los esfuerzos para mejorar la sostenibilidad en las cadenas de suministro lo hacen a través de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Govindan et al., 2014; Fahimia & Jabbarzadeh, 2016), un enfoque regularmente no considerado, es el peligroso daño que bajo la lógica de “*mejorar la densidad*” de la red de infraestructuras de transporte, se genera al medio ambiente. Un indicador que permita medir de forma precisa el lugar, monto y amplitud de las inversiones en infraestructura de transporte para incrementar su utilidad logística, no sólo permitiría mejorar el desempeño competitivo de empresas y territorios, sino que también, aumentar la sostenibilidad del sistema de transporte en su conjunto.

Desde luego, lo que hace compleja la evaluación, es la interacción dinámica entre el incremento de la conectividad de la red y el desempeño de los sistemas industriales transformando su entorno. Sin embargo, de acuerdo con Ting, et al. (2014) y Kranjcic et al. (2019), con la ayuda de algoritmos de BD (Big Data) y ML (Machine Learning) es posible el reconocimiento de patrones probabilísticos de riesgos futuros y con ello, mejorar la toma de decisiones para preservar la sostenibilidad.

2.4 Flujo de carga

Como lo señala Guerrero, Proulhac, y Nierat (2014), los sistemas productivos no están desconectados de los territorios y de hecho, los flujos moviéndose a través de las cadenas de suministro, son las conexiones que impulsan la interacción dinámica entre el sistema industrial y el sistema territorial (Cedillo-Campos, 2004). De este modo, siendo los flujos un elemento esencial de nuestro análisis, es importante definir lo que entendemos por “*flujo de carga*”. En este sentido y tomando como base a Hopp (2011), se propone entenderlo como:

El conjunto de materiales y componentes que se mueven a lo largo de una cadena de suministro para completar el valor agregado total de un producto terminado que será entregado al consumidor final.

2.5 Concepto de valor

El concepto de “*valor*” es un concepto central en economía, cada una de las diversas teorías económicas ha pretendido definirlo y medirlo sin llegar a un definitivo consenso. En consecuencia, se trata de un término no exento de amplio debate. No obstante, para los fines del presente documento se establecerá de manera general, que se trata de una magnitud que permite medir la utilidad⁸ o provecho.

En este sentido y de acuerdo con Jules Dupuit (1844)⁹, pionero de la escuela económica marginalista, se puede resumir que: “*la única utilidad es aquella por la cual las personas están dispuestas a pagar*” (citado por: Talvitie, 2017). Para los marginalistas, el valor de un producto o servicio es subjetivo. La teoría subjetiva del valor postula que el valor de un bien y/o servicio no está determinado tanto por las propiedades inherentes a éste, ni por la cantidad de trabajo requerido para producirlo. Así, el valor es en realidad una medida de la importancia que un determinado individuo o grupo de ellos, atribuyen a un bien y/o servicio con respecto a la “*utilidad*” que les otorga para satisfacer sus objetivos o deseos (Menger, 1871).

2.6 Valor de la logística

Hace tan sólo un par de décadas, aún se asociaba a la logística como un costo derivado de la planeación y control de los flujos para conectar oferta y demanda (Servera-Francés et al., 2008). Actualmente, diversas investigaciones muestran su importante contribución a la creación de valor diferenciado en las organizaciones (Carbone et al., 2017; De Kerwenael et al., 2020). Si bien existen en realidad muy pocos trabajos definiendo específicamente el concepto de “*Valor Logístico*” varios autores (Novack, Rinehart y Wells, 1992; Novack, Langley y Rinehart, 1994; Rutner y Langley, 2000; Stank et al, 2003; Mentzer et al., 2004), reconocen “*la capacidad de la logística para generar valor*” (Servera-Francés et al., 2008).

Uno de los primeros en hacerlo fueron Novack et al. (1994), quienes lo definieron como: “*el resultado positivo de la evaluación que realiza el cliente entre los beneficios del servicio logístico, contra sus costos*”. En este sentido, Lambert y Burduroglu (2000), establecieron que el valor esperado por el cliente o para nuestro análisis, por el usuario de la infraestructura de transporte, puede ser establecido

⁸ De acuerdo con Seldon y Pennance (1985), se entiende por “*Utilidad*” al poder que tiene una mercancía o servicio para dar satisfacción a una necesidad. En este caso, la infraestructura de transporte y de logística provee un servicio que favorece la transformación de productos y servicios al permitir modificar su localización, en un tiempo y costo predecibles (confiables), para beneficio del cliente.

⁹ Ingeniero en jefe de la ciudad de París, quien haría una muy importante contribución a la escuela económica marginalista y en especial al análisis de los sistemas de transporte. Actualmente se le considera el “*Padre*” de la moderna ciencia del transporte.

como: “*la satisfacción esperada (confiabilidad en la entrega, calidad en el servicio, etc.), dividida entre el sacrificio percibido (costos, riesgos, etc.)*”, expresada como sigue:

$$\text{Valor esperado por el usuario} = \frac{\text{Satisfacción esperada}}{\text{Sacrificio percibido}}$$

Asimismo, con base en un amplio análisis empírico, Rutner y Langley (2000) propusieron otra definición: “*El valor de la logística es el permitir a las organizaciones cumplir con los requerimientos de servicio al cliente, al tiempo que se minimizan los costos de la cadena de suministro y se maximizan los beneficios para todos los participantes*”.

2.7 Conclusión

Con base en las definiciones revisadas anteriormente, es posible establecer que, dado que cada cadena de suministro se organiza en torno a las necesidades del cliente final de un producto determinado, el nivel de “*valor logístico*” requerido por cada cadena de suministro a cada infraestructura de transporte es diferente y específico. En consecuencia, es necesario agregar una perspectiva enfocada de “*cadena de suministro por cadena de suministro*” a la perspectiva “*puerta a puerta*”.

De esta forma, la “*magnitud del menor valor logístico proporcionado por una sección de infraestructura de transporte*” es la que establece los límites del valor logístico de todo el grupo de infraestructuras de transporte “*puerta a puerta*” para una cadena de suministro específica.

3. Propuesta

3.1 Introducción

De acuerdo con OECD (2016), para aumentar la competitividad de las empresas, ciudades y países, es fundamental fortalecer la confiabilidad de los transbordos y la previsibilidad de las operaciones en la cadena de suministro. En este contexto, la infraestructura de transporte es un elemento clave. De hecho, el ampliamente conocido “*Logistics Performance Index*” (Índice de Desempeño Logístico) publicado por el Banco Mundial (Arvis et al, 2018), la señalan como uno de los pilares clave. En dicho documento es posible observar que los países con mayores costos de logística, son aquellos en los cuales la confiabilidad en tiempos y costos es más baja. Por lo tanto, se puede establecer la correlación entre baja confiabilidad (y por lo tanto mayores costos) y un menor desempeño logístico.

La confiabilidad en los tiempos de viaje, favorece el mejor ajuste entre la oferta y la demanda de mercancías. Es un elemento clave de la competitividad de las empresas, pero también para la economía de las regiones. En este sentido, Djankov et al. (2010) encontraron que por cada día adicional de demora con respecto al tiempo pactado previo al embarque de la mercancía, se reduce el comercio entre dos países en 1%. Dicho de otra forma, estableció que cada día de demora equivale a alejar al proveedor de su cliente unos 70 km en promedio. Lo anterior coincide con las conclusiones publicada por Hummels y Schaur en 2013. Los autores argumentan que: *“cada día en tránsito vale entre el 0.6 y el 2.1 por ciento del valor de la mercancía, y entre más grandes sean las demoras en tránsito, se reduce significativamente la probabilidad de que un país exporte con éxito sus productos.”*

Y es que la confiabilidad permite consolidar o incluso, desaparecer almacenes en donde se mantiene inventario para amortiguar las demoras en los tiempos de tránsito. Además, cuando el transporte se mueve de manera fluida (y, por lo tanto, de manera predecible), las empresas pueden reemplazar los almacenes tradicionales por operaciones eficientes en el punto de uso. Por lo que pueden mantener el inventario en tránsito en lugar de almacenarlo. Asimismo, los transportistas necesitan menos vehículos para mantener los niveles de servicio que en carreteras congestionadas, es decir, la confiabilidad de los tiempos de tránsito reduce el tamaño de las flotas de vehículos. La confiabilidad en los tiempos de tránsito impacta positivamente a los diferentes actores que participan en las cadenas de suministro.

Asimismo, con una mejor visibilidad del tiempo de tránsito, es decir, información sobre dónde se encuentran los envíos y vehículos y cuándo llegarán a sus destinos, los transportistas pueden posponer de manera segura el ensamble o la

configuración final de los productos (Schönsleben, 2016). Esta estrategia de producción les permite no solo disminuir el inventario, sino también aumentar la satisfacción del cliente (y las ventas) al proporcionar una mezcla de productos más amplia con plazos de entrega más cortos (Xiong et al., 2018; Budiman & Rau, 2019).

3.2 Necesidad de un nuevo indicador

Actualmente la fluidez con la que se mueven las mercancías a través de una infraestructura, es parte integral de la percepción de utilidad de la misma. Sin embargo, en la actualidad no existe un indicador que nos proporcione el valor logístico aportado por una infraestructura de transporte a las cadenas de suministro, involucrando tanto aspectos cualitativos percibidos, como aspectos cuantitativos. Dos componentes importantes de la “*utilidad*” como previamente se argumentó.

Todavía se usan dos unidades para medir los flujos de productos: i) la tonelada (t); y ii) las toneladas-kilómetro¹⁰ (o toneladas kilométricas, las cuales se expresan como: t-km). Tanto en los Estados Unidos de América (EE.UU.), como en Canadá, se usan indistintamente tanto la “*ton*”¹¹, como la “*ton mile*”. Si bien parece obvio relacionar la importancia de los flujos a las toneladas transportadas, rápidamente queda de manifiesto como una visión restrictiva del transporte. Esto es porque su importancia parece, a primera vista, proporcional a la cantidad de mercancías a transportar y a la distancia del recorrido. La tonelada-kilómetro resulta del producto del tonelaje del cargamento por la distancia recorrida, de tal forma que:

- Transportar una tonelada a lo largo de 100 km = 100 t km,
- Transportar 100 toneladas a lo largo de 1 km = 100 t km,

¹⁰ Las toneladas-kilómetro probablemente usadas implícitamente por vez primera por el matemático francés Gaspard Monge. De acuerdo con Moreno (2005), aunque el problema de transporte es uno de los modelos más comunes de la Investigación de Operaciones, el trabajo de Monge es probablemente el primero sobre este modelo. Monge publicó en 1781 “*Mémoire sur la théorie des déblais et des remblais*”, en las memorias de la Academia Francesa de Ciencias. Aunque Monge estaba interesado básicamente en geometría, propone el problema de minimizar el costo total de mover tierra desde varios orígenes para rellenar huecos ubicados en varios destinos, donde muestra que el costo del movimiento es el producto de la masa movida por la distancia recorrida.

¹¹ Se trata de la “*long ton*” de 2000 libras (907 kilos) que no debe confundirse con la “*ton*” británica de 2240 libras (1016 kilos) que ya no se usa. Además, una milla equivale a 1,609 km. Entonces, una ton-milla equivale a 1,459 t km del sistema métrico.

Los datos en toneladas¹² o en toneladas kilométricas permiten, a través del coeficiente obtenido, conocer la distancia correspondiente a un tráfico determinado ($d = t \text{ km/t}$). La noción de distancia es primordial, ya que refleja la relación entre la actividad de transporte y la organización geográfica de la producción y de los intercambios. Como lo señala Savy (2017): “*El transporte es una industria espacial por excelencia*”.

Ya sea que se tome en cuenta el consumo o la producción del transporte, hoy en día, las toneladas-kilómetro están al origen de un intenso debate sobre su pertinencia. En realidad, sería útil conocer, además de la masa medida en toneladas, el volumen de los envíos medido en metros cúbicos, el tamaño promedio de los lotes, el precio de los fletes, así como el valor de los productos transportados en moneda (Dólares, Euros, Renminbis, Pesos, etc.). Lo anterior debido a que el transporte de productos de baja densidad es cada vez más frecuente y requiere de embalajes con mayor capacidad para contener volumen, más que para soportar peso. Además de que el transporte de paquetes consolidados o envíos conocidos como “LTL”¹³, usa técnicas radicalmente diferentes a las del transporte de “*lotes complejos*” o conocidos como “FTL”¹⁴ que son suficientes para llenar todo un vehículo. Sin embargo, esta información no existe en las bases de datos alimentados por encuestas periódicas (con excepción de la encuesta estadounidense que menciona el valor de los productos transportados). Solo algunos estudios aislados ofrecen información al respecto.

3.3 Valor logístico de la infraestructura (F_g)

De acuerdo con el Banco Mundial (2016), una de las formas directas de medir el impacto de la mejora en el uso de la infraestructura, es enfocar el análisis en cadenas de valor específicas o flujos de mercancías. Desde esta perspectiva, la fluidez con la que se mueven las mercancías, es una “*propiedad*” o atributo al que contribuyen las infraestructuras, y la cual forma parte integral de la percepción de su utilidad o valor logístico (Eisele et al., 2016; Krusel et al., 2018; Cedillo-Campos et al., 2019).

En este sentido, dado que el concepto de servicio tiene un papel importante, es posible establecer que, para medir el valor logístico, es necesario involucrar tanto

¹² La tonelada (proviene de la palabra “*tonel*”, y ésta a su vez, del diminutivo del francés antiguo “*tonne*”), es una unidad de medida de masa en el sistema métrico decimal y actualmente de masa en el Sistema Internacional de Unidades (SI) que equivale a 1000 kg.

¹³ Siglas de “*Less Than Truckload*”, es decir, envíos que transportan lotes que no completan por sí solos la capacidad de un vehículo de transporte de carga.

¹⁴ Siglas de “*Full Truck Load*”, es decir, envíos que transportan lotes que completan por sí solos la capacidad de un vehículo de transporte de carga.

aspectos cualitativos percibidos, como aspectos cuantitativos, los cuales permitan identificar los beneficios esperados y descontar los costos asociados. Desde esta perspectiva y con base en Cedillo-Campos (2018), quien hasta donde sabemos es quien publica la primera definición, podemos establecer que el “valor logístico de una infraestructura” es:

El valor de uso que la infraestructura provee para que las mercancías incrementen su utilidad al modificar su disposición de lugar, de tiempo y de cantidad, mejorando tanto la confiabilidad en los tiempos de tránsito, como reduciendo los costos, los riesgos y las emisiones de carbono, lo que permite que las cadenas de suministro maximicen los beneficios económicos, sociales y ambientales para todos los participantes.

Se refleja para el consumidor final al cumplir o exceder con sus expectativas de servicio (en cantidad, lugar, tiempo y precio). Para las empresas, al reducir sus costos de oportunidad (medidos en demoras, materialización de riesgos, sobrecostos, etc.), por lo tanto, mejorando su desempeño económico, social y ambiental. Para la sociedad, al reducir el riesgo de accidentes, así como la contaminación auditiva y del aire.

De este modo, para integrar un nuevo indicador, se propone contar información estrechamente vinculada al valor agregado que en términos logísticos (localización, tiempo y costo) aplica la infraestructura a los flujos de mercancías:

- Tiempo de tránsito (horas al 95 percentil);
- Flete por tonelada de mercancía transportada.

Debido a que las cadenas de suministro utilizan la infraestructura para mover a las mercancías, al medir el costo por tonelada, por unidad de tiempo, es posible establecer el costo que implica la demora por unidad de tiempo. Esto es, el interés es medir el diferencial en tiempo y costo (percentil 95%) que una infraestructura, con respecto de otra, puede aportar a un determinado envío.

Es así que proponemos un indicador (F_g), el cual permite medir el valor logístico de una infraestructura, comparando su desempeño previsto durante el diseño, contra el desempeño al 95% percentil (más probable) al momento del análisis. Es decir, es un análisis del valor logístico (tiempo y costo) al momento de diseñar la infraestructura, contra el desempeño actual (en tiempo y costo).

Para ello se parte del tiempo de tránsito definido como de “diseño” y el definido por el 95% percentil (más probable), con base en el análisis de millones de datos emitidos por dispositivos GPS (*Global Positioning System*) embarcados en vehículos de transporte de carga que se mueven sobre la infraestructura a analizar. Asimismo, se considera el precio del flete como un elemento importante que introduce un elemento cuantitativo, que en realidad correlaciona elementos de valor subjetivo. Por ejemplo, si bien existen metodologías cuantitativas robustas para el

cálculo de la tarifa (Jiménez-Sánchez, 2021), al ser un servicio que es sometido a las fuerzas del mercado, existen elementos como la percepción de escasez que hacen que la tarifa se incremente o inversamente, la abundancia de competidores tenderá a bajar la tarifa. Igualmente, una ruta con alta percepción de riesgo (De La Torre et al., 2014; Yang et al., 2018), ya sea de accidente vial o de robo, influye en el tomador de decisiones de la empresa de transporte, para que modifique hacia arriba o hacia abajo el precio de su servicio.

De este modo, el indicador propuesto toma como base el indicador conocido como *Buffer Index*, el cual se expresa como un porcentaje y su valor aumenta a medida que empeora la confiabilidad y se calcula como sigue (FHWA, 2014):

$$Buffer\ Index = \left(\frac{Percentil\ del\ 95\% - Tiempo\ promedio\ de\ viaje}{Tiempo\ promedio\ del\ viaje} \right)$$

De este modo se definió la ecuación 1¹⁵:

$$\xi = Flete * \left(\frac{T_{t\ 95\%} - T_{prom}}{T_{t\ diseño}} \right) \dots (1)$$

Donde:

ξ	Costo del tiempo extra con respecto al tiempo de tránsito de diseño (min).
<i>Flete</i>	Valor del flete (\$/ton). Se presume que, durante la definición de este monto, el transportista considera datos cuantitativos como los costos operativos del servicio, así como datos cualitativos como el riesgo percibido asociado a la prestación del servicio, entre otros.
$T_{t\ 95\%}$	Tiempo de tránsito al 95% percentil (min).
$T_{t\ prom}$	Tiempo promedio de tránsito (min).

¹⁵ Al restar el peor tiempo (tiempo más probable) del tiempo promedio, se obtiene el tiempo extra, el cual, al dividirlo entre tiempo de diseño, se obtiene el porcentaje de lo que ese viaje excedió al tiempo de diseño. Ese resultado se multiplica por el costo del flete (\$/ton)

$T_{t \text{ diseño}}$ Tiempo de tránsito de diseño (en *min.*). Es decir, el nivel de servicio previsto al momento del diseño de la infraestructura bajo análisis.

Para el análisis y debido a que en países como México existe una importante variabilidad en los precios de los fletes, se propone, utilizando la base de datos de Cartas de Porte que analiza y actualiza el IMT, hacer al análisis considerando para un mismo par origen-destino, el “Peor caso” (con flete más caro) denominado [$\xi_{(peor)}$] y el “Mejor caso” (con flete más barato) denominado [$\xi_{(mejor)}$]. Lo anterior tanto para conocer los dos casos mencionados para una misma vía, pero también para comparar dos o más vías.

De este modo, el cálculo del Valor Logístico de la Infraestructura (F_g), se determinaría como el menor de los valores de ξ (ya sea si se compara entre los “mejores casos”, como si se compara entre los “peores casos”) para cada vía evaluada. En consecuencia, por ejemplo, si se hace la comparación entre los “mejores casos” de una vía A y una vía B, el F_g se calcularía como sigue (ver ecuación 2):

$$F_g = \frac{\xi_{(A)}}{\xi_{(B)}} \dots (2)$$

Por lo que:

Si $F_g = 1 \Rightarrow$ Cualquiera de las dos opciones de infraestructura ofrecen el mismo valor logístico;

Si $F_g > 1 \Rightarrow$ Opción B es la mejor;

Si $F_g < 1 \Rightarrow$ Opción A es la mejor.

Desde un punto de vista privado, este enfoque permite también perfilar el análisis por tipo de cadena de suministro, es decir, por sector productivo. De esta forma, es posible medir el valor logístico de una infraestructura para cada tipo de cadena de suministro (automotriz, agrícola, electrónica, etc.), incluso, comparar los impactos de un mismo par origen-destino en diferentes cadenas de suministro que lo utilicen.

Igualmente, es posible comparar dos o más infraestructuras que conformen diferentes rutas potenciales para una misma cadena de suministro. Se puede

establecer, por ejemplo, que si un viaje dura (debido a demoras no programadas) más de lo planeado, implicaría que el costo de esa demora, reduce la ganancia del transportista. Dado que actualmente, una gran cantidad de transportistas no consideran el tiempo de viaje al momento de fijar el flete, el costo del tiempo extra es absorbido por ellos, con el riesgo de que el costo del tiempo extra reduzca totalmente la ganancia prevista.

Desde un punto de vista público, es posible comprender mejor las implicaciones derivadas de los diferentes niveles de valor logístico que aportan las infraestructuras a las diferentes cadenas de suministro. Por lo tanto, se puede contar con una mejor información sobre donde es importante hacer inversiones que mejoren el desempeño de las cadenas de suministro y por ende, de la competitividad económica.

4. Conclusiones

Tanto las empresas como las regiones se enfrentan a un complejo conjunto de factores cambiantes que transforman constantemente su entorno y, por lo tanto, la forma en la que se interrelacionan. Con la creciente internacionalización de la producción, la competitividad manufacturera se ha estandarizado y se ha replicado con cierto éxito en casi todas partes donde las empresas han decidido establecerse. Sin embargo, las largas cadenas de suministro que se han tenido que diseñar desde los puntos de producción, hasta los puntos de consumo, están demandando un mayor valor logístico de las infraestructuras. Sobre todo, ante eventos denominados “Cisnes Negros”¹⁶, como la pandemia del COVID19.

A pesar del importante papel que juega la infraestructura en la logística de las empresas, en la mayoría de los casos, el sector privado enfoca individualmente todos los esfuerzos en sus propias cadenas de suministro. Por otro lado, el sector público hace inversiones en infraestructura, pero debido a las restricciones jurisdiccionales de las delimitaciones estatales y nacionales, los encargados de la planeación de la infraestructura de las diferentes agencias públicas actuando sobre un mismo corredor de transporte, tienden a desarrollar una visión segmentada y evaluar el desempeño logístico de forma parcializada sin tomar en cuenta una visión “puerta a puerta”.

En la sincronización de los flujos a través de las diferentes regiones, la infraestructura de transporte, juega un rol fundamental al agregar o reducir fricción a los flujos de mercancías y, por lo tanto, valor logístico. Es decir, cuando la infraestructura agrega mayor valor logístico a las mercancías, equivale a favorecer una más eficiente agregación de las ventajas de localización: latitud y longitud (Savy, 2017), en un tiempo confiable y, por lo tanto, a un mejor costo logístico total. En el actual contexto de competencia, se hace evidente la falta un análisis del valor logístico que aportan las infraestructuras, así como un enfoque integrado público-privado en la toma de decisiones. Importantes huecos que la presente propuesta cubre.

El nivel de “Valor Logístico” que aporta la infraestructura de transporte y de logística a las mercancías es importante. Como en las cadenas de suministro, la “fortaleza

¹⁶ La Teoría del Cisne Negro Fue desarrollada por el filósofo e investigador libanés Nassim Taleb en su libro “El Cisne Negro”. Pero la primera mención de que se tiene noticia es del poeta romano del siglo 1 Juvenal. La idea principal en el libro de Taleb no es tratar de predecir sucesos cisne negro, sino construir robustez frente a los efectos negativos que se producen y aprovechar los efectos positivos.

del tramo de infraestructura más débil" es la que determina los límites al valor logístico de un corredor o de toda una red de infraestructuras. Un territorio (ciudad, país o región económica) puede mejorar el valor logístico total de sus infraestructuras, si se centra en mejorar los segmentos que aportan menor valor. Mejorar las conexiones débiles, trae beneficios al conjunto de las infraestructuras. Esta es una razón por la cual la presente propuesta de medición, al identificar las infraestructuras que aportan menor valor logístico, permiten focalizar mejor las inversiones para su mejora.

La efectiva gestión logística de los corredores de transporte de carga es hoy reconocida como un elemento clave de la competitividad de empresas y regiones (Jiang et al., 2019). En mercados emergentes, con el objetivo común de mejorar la fluidez en el movimiento de la carga, actúan diferentes entidades públicas y privadas a lo largo de los principales corredores de transporte de carga, sin embargo, en la práctica existe descoordinación. En consecuencia, se provee menos del valor logístico potencial que los usuarios del corredor podrían recibir. Este contexto hace evidente la necesidad de un indicador común que permita a todos los actores medir de forma efectiva y unificada, el valor logístico que una infraestructura agrega a las empresas y a las regiones. La propuesta de medición aquí expuesta, busca cubrir ese importante hueco desde una perspectiva que favorece la fluidez en el movimiento de la carga, considerando el valor económico e importancia estratégica de la misma.

Al implementar la propuesta aquí expuesta, se contaría con información para la toma de decisiones tanto desde la perspectiva pública, como privada. Desde la perspectiva privada, cada empresa participando dentro de una cadena de suministro, podría medir el impacto de las infraestructuras que utiliza en el valor agregado de las mercancías enviadas. Desde la perspectiva pública, las agencias encargadas de la planeación y operación de la infraestructura podrían establecer el impacto de las infraestructuras al conjunto de cadenas de suministro que las utilizan. De esta forma, ambas partes no solo tendrían transparencia en la información para la toma de decisiones, sino que también, les permitiría la sincronización de acciones que impulsen mejorar de forma conjunta, un desempeño logístico con enfoque local-global.

Bibliografía

Arvis, J.-F., Ojala, L., Wiederer, C., Shepherd, B., Raj, A., Dairabayeva, K. & Kiiski, T. (2007). *Logistics Performance Index*. The World Bank Group, Washington, USA.

AT Kearney (2018). *Competing in an Age of Multi-Localism*. Global Business Policy Council, Washington. D.C.

Bai, C., & Sarkis, J. (2014). Determining and applying sustainable supplier key performance indicators. *Supply Chain Management*, 19(3), 275–291.

Bloom, J. (2020). *Will coronavirus reverse globalisation?*. BBC, 2 April [En línea]: <https://www.bbc.com/news/business-52104978> (consultado 11.11.2020).

Budiman, S. & Rau, H. (2019). A mixed-integer model for the implementation of postponement strategies in the globalized green supply chain network. *Computers & Industrial Engineering*, Vol.137, pp. 1-9.

Cai, J., Liu, X., Xiao, Z., & Liu, J. (2009a). Improving supply chain performance management: A systematic approach to analyzing iterative KPI accomplishment. *Decision Support Systems*, 46(2), 512–521.

Carbone, V., Rouquet, A. & Roussat, C. (2017). The Rise of Crowd Logistics: A New Way to Co-Create Logistics Value. *Journal of Business Logistics*, Vol. 38, No. 4, pp. 238–252.

Cedillo-Campos, M. (2020). Web platform to develop collective intelligence in logistics for Latin American SMEs: the case of SmartLogistiX3.com. *Nova Scientia*, Vol. 12 No. 25, December, pp. 1-29.

Cedillo-Campos, M., Pérez-González, C., Piña, J. & Moreno, E. (2019). Measurement of travel time reliability of road transportation using GPS data: a freight fluidity approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 130, December, pp 240-288.

Cedillo-Campos, M. (2018). Valor logístico de la infraestructura. *Boletín IMT*, Instituto Mexicano del Transporte, San Fandila, Querétaro, México.

Cedillo-Campos, M., Lizarraga- Lizarraga, G. & Martner-Peyrelongue, C. (2017). MiF3 method: Modeling intermodal fluidity freight flows. *Research in Transportation Economics*, Volume 61, pp. 15-24.

Cedillo-Campos, M. (2014). Supply Chain Clustering: The next logistics frontier? *International Congress on Logistics & Supply Chain (CiLOG)*, Mexico City, [En línea]: (consultado 22.04.2020).

Cedillo-Campos, M. (2012). *Supply Chain Clustering: the next step of industrial competitiveness*. Council of Supply Chain Management Professionals Conference, CSCMP-Roundtable Mexico. Mexico City, Mexico.

Cedillo-Campos, M. (2004). *Industrial System and Territorial System: Dynamic Configuration*. University of Paris-East, Paris.

De Kervenoael, R., Schwob, A. & Chandra, C. (2020). E-retailers and the engagement of delivery workers in urban last-mile delivery for sustainable logistics value creation: Leveraging legitimate concerns under time-based marketing promise. *Journal of Retailing and Consumer Services*, Vol. 54, pp. 1-9.

De La Torre, E., Martner, C., Moreno, E., Martinez, J. & Olivares, E. (2014). Risk's assessment tool for cargo theft. In Spanish. *Nova Scientia*, No. 13 Vol. 7 (1), pp: 438-469.

Djankov, S., Freund, C. & Pham, C. (2010). Trading on time. *The Review of Economics and Statistics*, February, Vol. 92, No. 1, pp. 166-173.

Dong, C., Boute, R., McKinnon, A. & Verels, M. (2018). Investigating synchromodality from a supply chain perspective. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 61, pp. 42-57.

Dupuit, J. (1844). De la mesure de l'utilité des travaux publics. *Annales des Ponts et Chaussées*, 2d Series, Vol. 8., No. 116, 44 p.

Eisele, W., Juster, R, Sadabadi, K, Jacobs, T. & Mahapatra, S. (2016). Implementing Freight Fluidity in the State of Maryland, *Journal of the Transportation Research Board*, Vol.2548, No.1, pp.62-70.

Fahimia, B. & Jabbarzadeh, A. (2016). Marrying supply chain sustainability and resilience: A match made in heaven. *Transportation Research Part E: Logistics & Transportation Review*, Vol. 91, pp. 306–324.

FHWA – Federal Highway Administration (2014). Travel time reliability: making it there on time, all the time [En línea]: https://ops.fhwa.dot.gov/publications/tt_reliability/ttr_report.htm (consultado 11.11.2020).

FT – Financial Times (2020). Coronavirus has put globalisation into reverse. Febrero 03 [En línea]: <https://www.ft.com/content/9393cb52-4435-11ea-a43a-c4b328d9061c> (consultado 11.11.2020).

- Gleissner, H. & Femerling, J. (2013). *Logistics*. Springer, Germany.
- Govindan, K., Jafarian, A., Khodaverdi, R. & Devika, K. (2014). Two-echelon multiple-vehicle location-routing problem with time windows for optimization of sustainable supply chain network of perishable food. *International Journal of Production Economics*, Vol.152, pp. 9-28.
- Guerrero, D., Proulhac, L., & Nierat, P. (2014). Supplying cities from abroad: The Geography of InterUrban freight flows. *Supply Chain Forum: An International Journal*, Vol. 15, Issue 4, pp. 6-14.
- Gulledge, T., & Chavusholu, T. (2008). Automating the construction of supply chain key performance indicators. *Industrial Management and Data Systems*, No. 108, Vol. 6, 750–774. <https://doi.org/10.1108/02635570810883996> (consultado 11.11.2020).
- Grenzeback, L. (2015). *Freight fluidity measurement program: Implementation options*. Advancing freight fluidity performance measures workshop. December 9-10, 2015, Washington, D.C.
- Hausman, W., Lee, H. & Subramanian, U. (2013). The Impact of Logistics Performance on Trade. *Productions & Operations Management*, Vol. 22, Issue 2, pp. 236-252
- Hopp, W. (2011). *Supply Chain Science*. Waveland Pr Inc; First Edition.
- Hummels, D. & Schaur, G. (2013). *Time as a Trade Barrier*. American Economic Review, Vol. 103, No. 7, pp. 2935–2959.
- IFT – International Transport Forum (2013). *Understanding the Value of Transport Infrastructure: Guidelines for macro-level measurement of spending and assets*. Task Force on Measuring Transport Infrastructure Spending and Assets, April, Paris, France.
- I-95 Corridor Coalition. (2016). Freight performance measurement: Measuring the performance of supply chains across multistate jurisdictions. White Paper, [On Line] http://i95coalition.org/wp-content/uploads/2016/03/FR1_I95CC_Freight_Performance_Measurement_White_Paper_Final-20160314.pdf?dd650d (consultado 11.11.2020).
- Jiang, Y., Qiao, G. & Lu, J. (2019). Impacts of the New International Land–Sea Trade Corridor on the Freight Transport Structure in China, Central Asia, the ASEAN countries and the EU. *Research in Transportation Business & Management*. Vol. 35.
- Jiménez-Sánchez, E. (2021). Mi tarifa justa. Análisis teórico y práctico de los costos del autotransporte de carga [En línea]: https://www.amazon.com.mx/dp/B09HN771MQ/ref=cbw_us_mx_dp_narx_gl_book_web (consultado 11.11.2020).

Jouanjean, M.-A., Willem te Velde, W., Balchin, N., Calabrese, L. & Lemma, A. (2016). *Regional infrastructure for trade facilitation: Impact on growth and poverty reduction*. Overseas Development Institute (ODI), London, UK.

Kaku, M. (2012). *Physics of the Future: How Science Will Shape Human Destiny and Our Daily Lives by the Year 2100*. Anchor.

Khanna, P. (2016). *Connectography: Mapping the Future of Global Civilization*. Penguin Random House LLC.

Kim, I., & Min, H. (2011). Measuring supply chain efficiency from a green perspective. *Management Research Review*, No. 34, Vol. 11, pp. 1169–1189.

Kranjic, N., Medak, D., Zupan, R. & Rezo, M. (2019). Machine learning methods for classification of the green infrastructure in city areas. *International Journal of Geo-Information*, Vol.8, No.10, pp.1-14.

Krusel, J., Mitchell, K., DiJoseph, P., Kang, D., Schrank, D. & Eisele, W. (2018). Developing and Implementing a Port Fluidity Performance Measurement Methodology using Automatic Identification System Data. *Journal of the Transportation Research Board*, Vol. 2672, No. 11, pp. 30-40.

Levitt, T. (1983). Globalization of Markets. *Harvard Business Review*, April.

Marshall, A. (1938). *Principles of Economics*. Macmillan and Co; 8th edition, 1890.

Menger, C. (1871). *Grundsätze der Volkswirtschaftslehre*. Braumüller. Versión en inglés publicada en 1950. *Principles of Economics*. The Free Press, Nueva York.

Mentzer, J., Min, S. & Bobbit, L. (2004). Toward a unified theory of logistics. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 34, No. 8, pp. 606-627.

Montreuil, B., Meller, R., Ballot, E. (2012). Physical Internet Foundations. *IFAC Proceedings Volumes*, Vol., 45, Issue 6, pp. 26-30.

Novack, Rinehart & Wells (1992). Rethinking concept foundations in logistics management. *Journal of Business Logistics*, Vol. 13, No. 2, pp. 233-267.

Novack, R., Langley, J. & Rinehart, L. (1994). *Creating Customer Value: Themes for the Future*. Oak Brook, IL: Council of Logistics Management.

OECD (2016). *Importance of Infrastructure Connectivity for Participation in Regional & Global Value Chains: Mobilising Private and Foreign Investments*. Conference Proceeding, Paris, France.

OECD (2018), *Enhancing Connectivity through Transport Infrastructure: The Role of Official Development Finance and Private Investment*, The Development Dimension. OECD Publishing, Paris.

Oswald, M., Li, Q., McNeil, S. & Trimbath, S. (2011). Measuring infrastructure performance: Development of a national infrastructure index. *Public Work. Management Policy*, Vol. 16, No. 4, pp. 373–394.

Pfoser, S., Treiblmaier, H. & Schauer, O. (2016). Critical Success Factors of Synchromodality: Results from a Case Study and Literature Review. *Transportation Research Procedia*, Vol. 14, pp. 1463-1471.

Pisarski, A. (2015). *Applications of freight fluidity. Advancing freight fluidity performance measures workshop*. December 9-10, 2015, Washington, D.C.

Rodrigue, J-P. (2017). *Developing the Logistics Sector: The Role of Public Policy*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.

Rodrigue, J-P. (2020). *The Geography of Transport Systems*. Fifth Edition, Routledge, New York.

Rutner, S. & Langley, J. (2000). Logistics Value: Definition, Process and Measurement. *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 11 Issue 2, pp.73-82.

Savy, M. (1993). *Logistique et Territoire*. L'Espace géographique, Vol. 22, No. 3, pp. 210-218.

Savy, M. (2016). Logistics as a political issue. *Transport Reviews*, Vol. 36, Issue 4, pp. 413-417.

Savy, M. (2017). *Le transport de marchandises*. Presses polytechniques et universitaires romandes, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse.

Schönsleben, P (2016). *Integral Logistics Management: Operations and Supply Chain Management Within and Across Companies*, Fifth Edition. CRC Press.

Servera-Francés, D., Gil-Saura, I. & Fuentes-Blasco, M. (2008). El valor logístico: una propuesta de modelo a partir de sus antecedentes y consecuencias. *Revista Europea de Dirección y Economía Empresarial*, Vol. 17, No. 1, pp. 127-150.

Seldon, A. & Pennance, F. (1985). *Diccionario de economía*. French & European Publications, Incorporated, 560 p.

Shapiro, R. & Heskett, J. (1985). *Logistics Strategy: Cases and Concepts*, West Publishing.

Stank, T., Goldsby, T., Vickery, S. & Savits-Kie, K. (2003). Logistics services performance: estimating its influence on market share. *Journal of Business Logistics*, Vol. 24, No. 1, pp. 27-55.

Talvitie, A. (2017). Jules Dupuit and benefit-cost analysis: Making past to the present. *Transport Policy*, pp. 1-8.

Ting, S., Tse, Y, Ho, G., Chung, S. & Pang, G. (2014). Mining logistics data to assure the quality in a sustainable food supply chain: A case in the red wine industry. *International Journal of Production Economics*, Vol.152, pp. 200-209.

Veltz, P. (2000). *Le nouveau monde industriel*. Gallimard, Paris.

Vilko, J., Karandassov, B. & Myller, E. (2011). Logistic Infrastructure and Its Effects on Economic Development. China-USA. *Business Review*, Vol. 10, No. 11, pp. 1152–1167.

WEF – World Economic Forum (2013). *Enabling Trade Valuing Growth Opportunities*. Geneva.

Werner, S., Kellner, M., Schenk, E., & Weigert, G. (2003). Just-in-sequence material supply – a simulation based solution in electronics production. *Robotics & Computer Integrated Manufacturing*, Vol 19, (1/2), pp. 107-111.

Wibowo, M. A., & Sholeh, M. N. (2015). The analysis of supply chain performance measurement at construction project. *Procedia Engineering*, 125, 25–31.

Xiong, Y., Du, G. & Jiao, R. (2018). Modular product platforming with supply chain postponement decisions by leader-follower interactive optimization. *International Journal of Production Economics*, Vol.205, pp. 272-286.

Yang, Y., Ballot, E. & Cedillo-Campos, M. (2018). Contribution of Physical Internet Containers to Mitigate the Risk of Cargo Theft. *15th IMHRC Proceedings*, Savannah, Georgia. USA.



COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



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

publicaciones@imt.mx

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