



# Flujos de carga automotriz y su impacto en la infraestructura ferroviaria en México: un enfoque de fluidez en la cadena de suministro

## Automotive Freight Flows and Its Impact on Railway Infrastructure in Mexico: A Supply Chain Fluidity Approach

Cedillo-Campos Miguel Gastón

Instituto Mexicano del Transporte  
Laboratorio Nacional en Sistemas de Transporte y Logística  
Correo: [gaston.cedillo@imt.mx](mailto:gaston.cedillo@imt.mx)

García-Ortega María Gabriela

Instituto Mexicano del Transporte  
Laboratorio Nacional en Sistemas de Transporte y Logística  
Correo: [ggarcia@imt.mx](mailto:ggarcia@imt.mx)

Martner-Peyrelongue Carlos Daniel

Instituto Mexicano del Transporte  
Laboratorio Nacional en Sistemas de Transporte y Logística  
Correo: [martner@imt.mx](mailto:martner@imt.mx)

Saucedo-Martínez Jania Astrid

Universidad Autónoma de Nuevo León  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica  
Posgrado en Logística y Cadena de Suministro  
Correo: [jania.saucedomrt@uanl.edu.mx](mailto:jania.saucedomrt@uanl.edu.mx)

Ponce-Ceja Nohemí

Airbus Helicopters México Querétaro, S.A. de C.V.  
Correo: [noponce@hotmail.com](mailto:noponce@hotmail.com)

### Resumen

La infraestructura ferroviaria es un elemento crítico para la efectividad de las cadenas de suministro de las empresas automotrices, así como para la competitividad de los países en donde se localizan. En México, el sector automotriz es uno de los sectores industriales estratégicos de la economía. A pesar de ello, hasta ahora no existe evidencia consistente sobre cómo los flujos de carga automotrices presionan a la infraestructura ferroviaria de México como resultado de la fuerte competencia global. En este sentido, la modelación espacial de los flujos de carga es una parte esencial del proceso de planeación del transporte. El objetivo de este artículo es presentar un análisis espacial de los flujos de carga automotrices desde una perspectiva de fluidez en la cadena de suministro. La evidencia revela que a pesar de que México es actualmente un elemento clave del sistema de producción automotriz global, los flujos de carga automotriz están extremadamente delimitados a las interacciones entre las plantas de manufactura localizadas dentro de la región del Tratado de Libre Comercio para América del Norte (TLCAN). Como resultado, se direcciona el proceso de planeación del transporte en México hacia un fortalecimiento de los corredores de carga del TLCAN. De esta forma, el proceso de planeación deja de lado su rol crítico como soporte a la configuración de agrupamientos industriales locales con mayor valor agregado. Este caso representa claramente el riesgoso dilema de las economías emergentes cuando buscan mejorar el desempeño de las cadenas de suministro de las empresas globales instaladas en sus territorios y, al mismo tiempo, integrar mayor valor agregado local.

**Descriptores:** infraestructura, transporte de carga, industria automotriz, organización industrial, fluidez en la cadena de suministro.

### Abstract

Railway infrastructure is a critical element for automotive companies' supply chain effectiveness as well as for countries' competitiveness where they are located. In Mexico, automotive sector is a strategic industrial sector of its economy. Even though, until now there is not robust evidence about how automotive freight flows stress railway infrastructure in Mexico as a result of its fierce global competition. In that sense, spatial modelling of freight flows is an essential part of the transportation planning process. Thus, the objective of this paper is to present a spatial analysis of automotive freight flows based on the fluidity supply chain approach. Evidence revealed that even if Mexico is currently a key member of the global automotive production system, automotive freight flows are extremely circumscribed to interactions between manufacturing facilities located inside the NAFTA (North American Trade Agreement) region. Consequently, they are driving the Mexican transportation planning process to reinforce NAFTA transport freight corridors. Hence, this planning process is leaving aside its critical role in supporting configuration of regional industrial clusters with more local value added. This case clearly represents the risky dilemma of emerging economies when looking for improving global supply chains performance and at the same time, integrating local value added.

**Keywords:** infrastructure, freight transport, automotive industry, industrial organization, supply chain fluidity.

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Organización Internacional del Trabajo (OIT), entre el año 2000 y 2008 los salarios reales en Asia se incrementaron alrededor de 1% anual, mientras que en China se incrementaron 10% anual entre el 2000 y el 2005, aunque un 19% entre 2005 y 2010. Estos incrementos, sumados al aumento de los costos en energía y logística han dañado las ventajas competitivas del gigante asiático como la principal plataforma de manufactura de Occidente. De este modo, se inició una nueva etapa de hiper-competencia global denominada: “*Globalización Inversa*” o “*Regionalización*” de la economía mundial (Cedillo et al., 2014a).

En 2009, después de la crisis económica, México ocupó el décimo lugar en la producción de vehículos ligeros a nivel mundial con 1.6 millones de unidades, mientras que para 2014 la producción fue de 3 millones, 219 mil, 786 vehículos subiendo al séptimo lugar (OICA, 2015). Actualmente se prevé que para el 2020, México produzca alrededor de 5 millones de unidades (INA, 2014). El principal mercado de las exportaciones de vehículos ligeros producidos en México es Estados Unidos con una participación de 79% en 2014. De este modo, México se ha convertido en el segundo proveedor de vehículos ligeros de Estados Unidos.

En realidad, el sector automotriz de México mantiene una alta dependencia hacia el mercado de los Estados Unidos. De hecho, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) sugiere que el país debe integrar mayor agregado local para impulsar al sector y diversificar los mercados, ya que considera existe una extrema dependencia del mercado estadounidense (Romero, 2011). Además, señala que es tarea del gobierno, de las asociaciones automotrices y de otros agentes involucrados en el sector, el colaborar para impulsar mejoras en los sistemas logísticos, la facilitación del comercio y el incremento de capacidades en la fuerza laboral para consolidar a México como una plataforma global de exportación.

En este sentido, la infraestructura de transporte es fundamental para el efectivo desarrollo de las operaciones logísticas y la consecuente competitividad económica. El enfoque logístico en el diseño de la misma, es hoy cada vez más importante. A pesar de ello, hasta ahora no existe evidencia consistente sobre cómo los flujos de carga automotrices presionan a la infraestructura de transporte de México como resultado de la fuerte competencia global. De esta forma, la modelación espacial de los flujos de carga automotrices ha tomado un rol clave en el proceso de planeación del transporte en el país.

El objetivo del presente artículo es mostrar un análisis espacial de los flujos de carga automotrices desde una perspectiva de cadena de suministro. De este modo, la presente contribución expone un enfoque de análisis diferente sobre el diseño de la infraestructura de transporte de carga. En la sección 2 se detalla la forma de organización de un sector clave para la competitividad de México, así como la dinámica logística de sus flujos. En la sección 3 se expone el enfoque metodológico a través del cual se analizaron los flujos y sus impactos en la infraestructura de transporte. En la sección 4 se presentan los análisis que muestran que las cadenas de suministro automotriz tienen diferente grado de integración con el contexto local y, en consecuencia, de uso de la infraestructura de transporte. Ello representa no solo un reto cada vez más crítico para el correcto diseño de corredores de transporte de carga, sino también para su desempeño logístico. Finalmente, en la sección 5 se expone evidencia revelando que a pesar de que México es actualmente un elemento clave del sistema de producción automotriz global, los flujos automotrices de carga están extremadamente delimitados a las interacciones entre las plantas de manufactura localizadas dentro de la región del Tratado de Libre Comercio para América del Norte (TLCAN). Como resultado, se direcciona el proceso de planeación del transporte en México hacia el fortalecimiento de corredores de carga, que son ejes del comercio del TLCAN, en detrimento de una integración regional-local enlazada a esos corredores de producción y transporte.

## ANTECEDENTES

Para la mayor parte de las organizaciones industriales localizadas en países emergentes, más que el impulso a la integración de valor agregado local, el control de los costos operativos es el principal objetivo. La transferencia de los conceptos de la “*Manufactura Esbelta*” al área de logística y cadena de suministro ha hecho posible el desarrollo de innovaciones basadas en la eficiencia de las operaciones. Sin embargo, el incremento actual de la volatilidad de los mercados, así como de la demanda, aunado al incremento de los riesgos de interrupciones en los flujos de suministro (ya sea por causa de fenómenos naturales o intencionalmente por el hombre) guían el diseño de cadenas de suministro hacia la búsqueda de una mayor robustez que mejore su fluidez (Gaonkar y Viswanadham, 2004; Giunipero y Eltantawy, 2004; The White House, 2012; Bueno y Cedillo, 2014; Cedillo et al., 2014a; Cedillo et al., 2014b). Donde fluidez en la cadena de suministro se entiende como: “*la capacidad para alcanzar de forma consistente un flujo de procesos con-*

*fiable, seguro y preciso, apoyando con efectividad los objetivos de la cadena de suministro*" (Cedillo et. al., 2015a).

Dentro del contexto automotriz mexicano, en octubre de 2013 se anunció a través del Secretario de Economía, la implementación de cuatro estrategias orientadas a mantener la tendencia de crecimiento y competitividad del sector, a través de la incorporación de más empresas mexicanas a las cadenas globales de valor. En primer lugar, fortalecer el mercado interno mediante acciones como el ordenamiento del mercado de autos usados importados y el mejoramiento del financiamiento para la adquisición de vehículos nuevos. En segundo lugar, construir un entorno de negocios alentando la productividad a través del desarrollo de proveeduría local para la industria terminal y de autopartes por medio del programa *ProAuto*. Dicho programa tiene por objeto el desarrollo de una red nacional de proveedores para aumentar el contenido nacional. En tercer lugar, impulsar el desarrollo de esquemas "*triple hélice*" vinculando al sistema de investigación y desarrollo con los tomadores de decisión de gobierno y empresas automotrices. Finalmente, en cuarto lugar, diversificar los mercados de exportación, donde la mira está en los países que han presentado las tasas de crecimiento más dinámicas, como los integrantes de la Alianza del Pacífico y aquellos miembros del Acuerdo de Negociación Transpacífico.

En realidad, desde la conformación del TLCAN, la producción anual de vehículos en México va en aumento, con excepción de 2009, año de crisis económica. Para 2014, debido a que la producción automotriz de Brasil estuvo por debajo de la producción que alcanzó en 2013, México terminó el año como líder en América Latina con una producción de alrededor de 3,300,000 unidades, de la cual, 79% se destinó al mercado de exportación (figura 1). De hecho, entre enero y octubre de 2014, el país fue el séptimo mayor fabricante de vehículos ligeros, el primero en América Latina, el cuarto exportador en el mundo, el sexto mayor exportador de autopartes y el segundo proveedor de automóviles ligeros a Estados Unidos, después de Canadá (OICA, 2015).

A través del tiempo, el patrón de localización de la industria automotriz ha variado según la política económica seguida en el país. De este modo, a partir de la firma del TLCAN, la industria automotriz adoptó una nueva distribución espacial en donde las empresas armadoras se concentran tanto en la zona central del país, como en la zona norte. Por otro lado, la industria de autopartes, muestra una distribución más extendida, donde su mayor presencia se observa en torno a las plantas armadoras. En la conformación de esta geogra-

fía productiva, un factor de localización fundamental es la disponibilidad de infraestructura ferroviaria y de servicios que atiendan las necesidades logísticas de la industria automotriz. Al respecto, el presidente de la Asociación Mexicana de Ferrocarriles (AMF) expresó en febrero de 2014 que: "*El servicio ferroviario está íntimamente ligado a la logística de la industria automotriz, tanto en su proveeduría como en la exportación de las unidades terminadas*". También subrayó que entre las primeras peticiones de las empresas armadoras al momento de buscar localizarse en México, se encuentra la de tener una conexión efectiva con el ferrocarril (Cruz, 2014).

De hecho, diversos autores resaltan la importancia de la correlación entre la calidad de la infraestructura de transporte y logística, con el desarrollo del comercio y de la economía de un país (Francois y Manchín, 2013; Hockman et al., 2013; Becerril et al., 2010; Keeling, 2013; Duran y Santos, 2014a). Los autores señalan que la inversión en infraestructura de transporte y logística permite que las empresas se hagan más productivas y puedan competir internacionalmente (Hockman et al., 2013; Duran y Santos, 2014b). Efectivamente, se establece que en las economías de países emergentes, la mejora en la infraestructura de transporte y logística adquiere un papel fundamental, ya que permite atraer más inversiones extranjeras directas (Francois y Manchín, 2013). Sin embargo, la infraestructura de transporte, logística y comunicaciones no es el único elemento para la atracción de las inversiones; la mano de obra y la tecnología con la que cuenta el país anfitrión resultan fundamentales (Brock y German, 2013).

En el caso de México, el modelo económico orientado a la exportación, ha impulsado la mejora en la infraestructura de transporte, principalmente la carretera. Esto se debe a su alta flexibilidad para adaptarse a las variables condiciones de operación industrial y beneficios de uso para la población en su conjunto. Sin embargo, la misma presenta aún diferentes grados de desarrollo en el país (Becerril et al., 2010) y en consecuencia, se presentan distintos grados de accesibilidad para cada región. Por ejemplo, la accesibilidad en las zonas norte y central es mayor que la disponible en la zona sur del país (Duran y Santos, 2014c). Estas diferencias, explican parcialmente la brecha en la productividad laboral de las distintas regiones del país (Duran y Santos, 2014d).

Con la entrada de México al TLCAN, la inversión hacia la infraestructura ha crecido. En realidad, debido a la mejora de la infraestructura, la productividad en las empresas manufactureras y maquiladoras aumentó durante la primera década posterior a la firma del TLCAN. La liberalización del comercio y el acceso a los

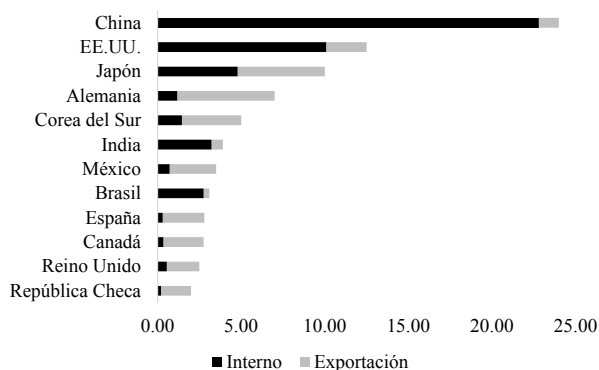


Figura 1. Producción de vehículos ligeros 2014 en millones de vehículos (INA, 2015)

mercados internacionales impulsaron el desarrollo de la infraestructura, la cual se encuentra muy orientada a atender los flujos de carga desde y hacia el norte del país. Sin embargo, a pesar del desarrollo que experimenta la infraestructura carretera, la falta de complementariedad con otros modos, además del estancamiento en el conocimiento logístico de los tomadores de decisiones públicos y privados, marca como uno de los principales problemas de las empresas exportadoras la identificación de los componentes de sus costos logísticos, asimismo, la reducción del costo logístico total a lo largo de toda la cadena de suministro (Cravioto, 2013; Cedillos *et al.*, 2015b).

No obstante, el TLCAN también tiene efectos sobre la manera de transportar la mercancía al incrementar el uso de soluciones de transporte intermodal y favoreciendo la creación de corredores logísticos como el corredor internacional interoceánico Mazatlán-Houston (De la O y Matis, 2014). Con dicha integración, los puertos mexicanos están tomando mayor relevancia. Sin embargo, el transporte marítimo enfrenta áreas de oportunidad en la carencia de infraestructura portuaria y sistemas de comunicación de clase mundial (Ascencio *et al.*, 2014). El mismo caso se presenta para la integración de cadenas de suministro apoyadas en el transporte intermodal utilizando el ferrocarril, ya que se enfrentan a las prácticas oligopólicas del transporte ferroviario (Wilsmeier *et al.*, 2015). En este caso, es verdad que desde su privatización el transporte ferroviario en México incrementó su productividad, pero su desempeño aún se encuentra muy por debajo del nivel en la capacidad, eficiencia y productividad de sus pares estadounidense y canadiense (Villa y Sacristán, 2013).

Otro aspecto importante para el efectivo desarrollo de los flujos de carga en el marco de las cadenas de suministro automotriz es la interacción denominada “Efecto Frontera” entre México y Estados Unidos. La

coordinación entre las autoridades de ambos países tiene como prioridad alcanzar los mayores estándares de seguridad en las cadenas de suministro, además de reducir los costos monetarios del comercio (Bronk y González, 2011), y disminuir los tiempos de tránsito a través de la eliminación de los cuellos de botella (Duran, 2014e; Avetisyan *et al.*, 2015). Sin embargo, todo ello tiene aún importantes retos por resolver. De hecho, a través de un modelo de dinámica de sistemas, Cedillo *et al.* (2014a), exponen los críticos efectos de retraso en los cruces de frontera, confirmando la importancia que tienen programas como el C-TPAT para hacer más eficiente la operación de las llamadas “NAFTA Supply Chains”.

### ENFOQUE METODOLÓGICO

Desde la perspectiva global de fluidez en la cadena de suministro previamente definido y con base en una amplia revisión de información bibliográfica, se desarrollaron análisis espaciales. Lo anterior, a partir de un enfoque metodológico derivado de la necesidad de generar herramientas y procedimientos que permitieran sistematizar y representar espacialmente información, como por ejemplo, la matriz origen-destino de la carga ferroviaria (García y Martner, 2011).

La carencia de información para el desarrollo de análisis geo-espaciales fue el elemento detonador para el inicio del presente proyecto. Como consecuencia de la desregulación del transporte ferroviario que inició en 1996, se dejó de contar con información detallada por alrededor de 14 años<sup>1</sup>. Tiempo durante el que tampoco se disponía de alguna herramienta metodológica que permitiera visualizar el movimiento de la carga en la red ferroviaria con fines de administración, planeación y diseño de políticas públicas. Por ello, el desarrollo de un análisis orientado a sistematizar y representar territorialmente las bases de datos origen-destino de la carga ferroviaria representó un importante avance en el

<sup>1</sup> Como consecuencia de la política de desregulación del transporte llevada a cabo por el gobierno mexicano en los años 90's, las empresas privadas escudadas en las ausencias y vacíos de la legislación, dejaron de generar o de reportar información al Estado. Este problema parece no ser atípico, ni excepcional, de hecho lo advierte con precisión el Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica de INEGI quien reconoce cómo el problema de obligatoriedad y de normalización en la generación de estadísticas en el país. En consecuencia, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), no cuenta con una base de datos estandarizada sobre el transporte ferroviario de carga, vacío que da lugar a la dificultad de formular metodologías para el análisis estadístico de la información para generar indicadores que permitan la identificación de necesidades y la realización de pronósticos que permitan orientar las labores de gestión en materia de transporte ferroviario por parte de la autoridad del país.



análisis sistemático del comportamiento, evolución y distribución de los flujos de carga en la red ferroviaria de México.<sup>2</sup>

La esencia de la metodología se sitúa en la identificación y representación espacial de los flujos de carga en la red ferroviaria del país. En general, las actuales aportaciones conceptuales y metodológicas en el tema de los movimientos de carga se basan en modelos econométricos que estiman volúmenes y tipos de mercancías intercambiadas entre regiones, pero sin capacidad para territorializar los flujos en espacios concretos, en redes y nodos específicos, o bajo determinadas combinaciones multimodales. La incorporación de la dimensión territorial implica la consideración de la morfología del espacio, la conectividad de la infraestructura y el origen y demanda de la carga.

De manera específica, los insumos de la metodología fueron dos:

- a) Bases de datos anuales de los movimientos ferroviarios de carga;
- b) Información georreferenciada de la red férrea del país (vías y estaciones).

La construcción del soporte geográfico fundamental para la aplicación del proceso metodológico, constituyó el conjunto de tareas más laborioso. Por un lado, incluyó la incorporación de un importante número de estaciones no incluidas en la cobertura original, que a su vez, implicó la inclusión anual de nuevos nodos, además de la depuración de la base de datos que se asocia a la información georreferenciada. Por otro lado, involucró la construcción de las condiciones de conectividad de la red ferroviaria, lo cual es indispensable para que los trazos lineales que la representan se comporten precisamente como una red que permita cumplir con los propósitos de representar territorialmente los intercambios de carga entre pares de estaciones y los flujos de carga que circulan a lo largo de los distintos tramos de la red ferroviaria nacional.

<sup>2</sup> Dicha necesidad se identificó en el seno del Comité Técnico Especializado de Información Económica y Operativa del Sector Transporte (CTE-IEOST), encabezado y conducido por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), y en este marco se obtuvo la información para iniciar la integración y la representación geográfica de la matriz origen – destino de la carga ferroviaria.

De este modo, una vez asociados los registros de origen y de destino de la carga a la base geográfica, se realizaron en TransCAD<sup>3</sup> tres procesos de trabajo:

- Identificación y representación de los intercambios Origen-Destino (O-D) contenidos en la matriz utilizando como recurso de enlace y representación las líneas de deseo.
- Desarrollo de un modelo de asignación que permitiera aproximar, a partir de la matriz O-D, una definición de los flujos de carga con base en la opción “*todo o nada*” cuyo principio es el de buscar la menor distancia.
- Integración de los dos procesos anteriores en la plataforma informática TransCAD. Los resultados se exportan a un Sistema de Información Geográfica, para su representación cartográfica.

La aplicación de la metodología permitió principalmente tres aspectos:

- a) Diferenciar a los nodos según el número de intercambios, además de identificar a los nodos de mayor actividad en cuanto al volumen en toneladas o toneladas-kilómetro, diferenciando a los pares O-D según volúmenes de la carga.
- b) Contrastar el aprovechamiento de la infraestructura ferroviaria de acuerdo con la densidad de los flujos a nivel de toneladas o de toneladas-kilómetro.
- c) Distinguir la existencia de corredores ferroviarios según tipos de carga.

Con base en tales evidencias se hizo factible tanto la identificación de la formación de futuros corredores, como la elaboración de proyecciones, además de la realización de análisis de tendencias y desarrollo de estimaciones de horizontes de saturación en corredores de transporte con el fin de coadyuvar a la planeación de intervenciones puntuales, específicas y oportunas. Así, por ejemplo, fue posible evaluar modificaciones en la operación de ciertos tramos, construcción de nueva infraestructura o ampliación de la capacidad de esta en ciertas rutas. En realidad, la metodología ha probado su utilidad, consistencia y confiabilidad a lo largo de cuatro años de aplicación analizando la carga ferroviaria total anual y diferentes tipos de carga en lo particular.

Conviene aclarar que la estadística ferroviaria presenta, desde que este modo de transporte fue concesio-

<sup>3</sup> TransCAD, es un software diseñado para apoyar análisis diversos en materia de transporte, combinando, capacidades de administración de bases de datos, de mapeo digital y de presentación gráfica, con herramientas específicas para el análisis y modelado de sistemas de transporte, investigación de operaciones y de modelos estadísticos.

nado en la segunda mitad de los años 90's, carencias agudas que han imposibilitado desde entonces, conocer fuera de los datos generales presentados en el Anuario Estadístico Ferroviario, cómo se aprovecha la infraestructura ferroviaria, cómo es la participación de los nodos y cómo es la distribución de los flujos de carga, entre otros muchos cuestionamientos que no pueden atenderse por los datos agregados del anuario ya citado.

El vacío de conocimiento, al menos en materia de distribución espacial de la carga ferroviaria, se atiende en el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) desde 2011, debido a un acuerdo de colaboración con la Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal (DGTFM), cuyo propósito es explorar el comportamiento de la distribución territorial de los diferentes tipos de carga transportados por ferrocarril. En este sentido, no obstante que los datos de modelación de los flujos y la representación espacial de los mismos en el presente documento es de 2012, constituye un aporte al conocimiento de la realidad nacional en el ámbito del transporte ferroviario de carga.

Si bien es cierto que la DGTFM dispone de datos más recientes, es necesario subrayar que estos no son de dominio público, y que bajo el acuerdo de colaboración referido, el IMT se encuentra actualmente trabajando con datos de 2014 y estudiando otros tipos de carga, es decir, no se dispone de representaciones más recientes sobre el caso aquí expuesto.

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### FACTORES DE LOCALIZACIÓN Y OPERACIÓN

Actualmente los procesos de cadena de suministro dentro de la industria automotriz a nivel mundial están buscando ser más fluidos y operar de forma coherente con las estrategias competitivas que se definen por las armadoras y proveedores de primer nivel (Lim *et al.*, 2014). Entre los retos se encuentra el identificar un pertinente balance entre costos y confiabilidad en los tiempos de entrega (Tomlin, 2014), además de mantener un alto nivel de estandarización y creación de valor diferenciado en todos sus procesos (Azevedo *et al.*, 2012; Johansson y Johnson, 2012; Martínez y Moyano, 2014).

A través de la producción en masa, los automóviles se volvieron accesibles para gran parte de la población (Fogliatto *et al.*, 2012), sin embargo, la actual tendencia hacia la personalización en masa incrementó la complejidad al permitir segmentar los mercados facilitando a los consumidores "*escoger*" entre una amplia gama de opciones (Hu, 2013). De hecho, la industria automotriz considera a la personalización de masas, como el para-

digma productivo dominante que permitirá entregar un alto valor agregado al consumidor final (Fogliatto *et al.*, 2012). No obstante, la personalización de masas abre la posibilidad de la personalización individualizada que se prevé transforme la economía global a través del "*diseño*" por parte de cada individuo de los productos que consume (Tseng *et al.*, 2010; Hu, 2013). En consecuencia, las presiones para el diseño de infraestructura y sistemas de transporte y logística más aptos para responder a estas necesidades, están dentro de los desafíos de mediano plazo de la industria automotriz y por supuesto, de los países como México que acogen a esta industria.

Asimismo, otro avance tecnológico que puede transformar paradigmas en la industria automotriz es el uso de la impresión en tercera dimensión para la producción de vehículos (Weller *et al.*, 2015). Esta nueva tecnología conduciría a cambios hacia una producción localizada más cerca de su mercado final, disminuyendo el costo total de la producción (Gebler *et al.*, 2014). Pero además, las tecnologías pro ambientales están tomando fuerza y empiezan a ser parte de las decisiones estratégicas en la cadena de suministro automotriz, que buscan reducir su huella de carbono (Lee, 2011). La industria automotriz actual trata de conformar un modelo económico viable que, a su vez, tenga menores impactos tanto en el medio ambiente como en la sociedad (Nieuwenhuis y Katsifou, 2015).

Por otro lado, la forma de operar de la industria automotriz varía dependiendo su origen. Existen estudios que comparan la forma de trabajar de las armadoras alemanas y japonesas, concluyendo que mientras las plantas de origen japonés fabrican 3.8 distintos modelos por línea de ensamble, las alemanas, solo hacen 1.6 (Staeblein y Aoki, 2015). Con ello, la exigencia hacia los sistemas logísticos locales dependiendo del origen nacional de la empresa, es también diferente. Asimismo, existen estudios comparativos sobre armadoras asiáticas, específicamente, entre Toyota y Hyundai en los que se reporta, que mientras Toyota se enfoca en la planeación y el sistema de trabajo para evitar que factores externos influyan en sus procesos, Hyundai trabaja tomando en cuenta la incertidumbre externa en sus operaciones para mantenerse flexible (Shim y Steers, 2012). Los aspectos anteriores forman parte del conjunto de elementos en juego al momento de seleccionar un país una nueva planta de ensamble automotriz.

Una vez seleccionado el país de implantación, los procesos de decisión se enfocan en la selección de la región-local en donde las operaciones tendrán lugar. Para el caso de México, diferentes estudios reportan que la relación que mantiene gran parte de las armado-

ras con el medio local es de “oportunidad”. Es decir, una búsqueda por la reducción constante de costos. Cuando las armadoras se instalan en el país, atraen a sus propios proveedores por lo que la relación con las empresas locales es regularmente muy distante. Se trata fundamentalmente de una relación de oportunidad en donde la mejora operativa se centra en la disminución de costos (Cedillo y Pérez, 2010; Medeiros *et al.*, 2011). Uno de los grandes aspectos que influyen en este tipo de comportamiento es la falta de confianza hacia la proveeduría local. No confían en que las empresas locales cumplirán los altos estándares con que el sector automotriz mundial rige sus operaciones.

En el caso específico del clúster automotriz localizado en la ciudad de Hermosillo, se encontró que pequeñas y medianas empresas comenzaron a participar en una relación más cercana a los proveedores Tier 1 y la armadora automotriz localizada en la ciudad, solo como resultado de que los dueños de las empresas participantes, habían trabajado previamente para los proveedores y la armadora. En consecuencia, se tenía una previa relación de confianza y conocimiento de los altos estándares a los que dichas empresas proveedoras debían responder. Así también, las redes de confianza hicieron posible el intercambio y aprendizaje de ideas y tecnología (Contreras *et al.*, 2012). Sin embargo, se trata de un esquema que lleva tiempo desarrollar.

Queda claro que para mejorar la competitividad del sistema automotriz en México, es actualmente necesaria la identificación de otros mecanismos de integración de valor agregado local más dinámicos.

#### IMPACTO EN LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE

Tomando como base el contexto que ha favorecido la localización de un importante número de empresas de ensamble automotriz en México, se procedió a representar espacialmente la matriz O-D de los intercambios ferroviarios de vehículos automotores. Lo anterior permitió observar, por medio de las líneas de deseo que enlazan los nodos de emisión con los de recepción, que en primer lugar actualmente todas las zonas de producción automotriz se encuentran atendidas por el ferrocarril. Las mismas también se encuentran conectadas por ferrocarril con los puertos fronterizos y marítimos vinculados con el comercio exterior de México (figura 2). Además de que la mayoría de estas registran intercambios ferroviarios mayores a 50 mil toneladas (García, y Martner, 2014). Como se puede observar en la figura 2, los principales intercambios representados por medio de las líneas de deseo son poco densos. Esto se debe a la especializada localización de la industria automotriz,

además de la ubicación también muy específica de los centros de mercado, de los centros de distribución nacional y de los puertos de comercio exterior, que son los tres tipos de espacios involucrados en los movimientos de este tipo de carga.

Como testimonios de la interdependencia económica entre el ferrocarril y las armadoras establecidas en México se puede citar que el segmento automotriz se convirtió para la empresa ferroviaria Kansas City Southern de México (KCSM), en el segundo en importancia durante el 2014 (con 14.2% de sus ingresos). KCSM es la empresa ferroviaria con fuerte presencia en la región oriente de México, donde movió 72% de la producción de las plantas ensambladoras de Ford, General Motors, Honda, Mazda, Nissan, Chrysler, Toyota y Volkswagen. Por su parte, Ferromex, es una importante empresa ferroviaria que cuenta con operaciones en la región occidente del país. Ofrece soluciones logísticas e integrales que complementan la transportación ferroviaria de vehículos y autopartes con Terminales Automotrices, Intermodales y de Trasvase en Hermosillo, Guadalajara y Monterrey, además de brindar junto con Union Pacific desde septiembre de 2013, un servicio diario para el transporte de vehículos entre Monterrey y Chicago.

El movimiento de vehículos terminados y transportados vía ferrocarril, que involucró el paso por puertos marítimos y pasos fronterizos en 2012, sumó cerca de 4 millones de toneladas. La matriz O-D que integra estos intercambios, indica que más de 90% de este tipo de carga se movilizó entre 13 nodos ferroviarios, seis de los cuales son puertas del comercio exterior de México y siete se vinculan a las zonas de producción automotriz (figura 3). Desde la perspectiva de la recepción de la carga, se encontró que 86% de las toneladas de vehículos automotores tienen como destino un puerto, ya sea marítimo (Veracruz o Lázaro Cárdenas principalmente) o un puerto fronterizo (Nuevo Laredo, Piedras Negras, Nogales o Cd. Juárez fundamentalmente), en otras palabras, 86% de la producción de vehículos terminados transportados por ferrocarril es carga de exportación.

Visto del lado de la emisión de la carga, 82% de esta se genera en los nodos ferroviarios asociados a la producción automotriz. Es el caso de la ciudad de Silao en el occidental Estado de Guanajuato donde se localiza una de las plantas de GM, así como de otras ciudades cercanas en donde se localizan plantas de ensamble de marcas como Mazda en Salamanca, Honda en Guadalajara, Volkswagen en Puebla cuya salida es a través del nodo tlaxcalteca de Panzacola; de la planta Ford en Hermosillo, de las plantas de Chrysler y GM en Ramos Arizpe, y de Chrysler y Fiat en Saltillo, cuya producción se embarca a través de los nodos de Encantada y



Figura 2. Intercambio ferroviario de vehículos terminados (flujos mayores a 50,000 toneladas), 2012 (Instituto Mexicano del Transporte, con base en los datos 2012 de la Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal, SCT)

Rojas ubicados en el clúster automotriz Saltillo-Ramos Arizpe; las plantas de Nissan en Aguascalientes y la presencia de Chrysler, Fiat y GM en el área industrial de Toluca-Lerma-Cuautitlán en el Estado de México.

De acuerdo con el modelo de asignación de la carga empleado<sup>4</sup> para identificar la utilización de la infraestructura ferroviaria para transportar vehículos terminados, se encontró que la representación espacial de los flujos de carga define dos corredores ferroviarios de más de un millón de toneladas anuales (figura 4). Uno entre Nuevo Laredo-Ramos Arizpe-Celaya y el segundo en la zona centro del país, entre Silao-Celaya-norte de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), cuya configuración se mantiene sin variación al considerar la relación toneladas-kilómetro (figura 5). Desde la perspectiva del flujo medido en toneladas, el movimiento de vehículos automotores también es importante en los tramos ferroviarios: Ramos Arizpe-Piedras Negras; Aguascalientes-Silao y Veracruz-ZMCM, donde el flujo es de entre 500 mil a un millón de toneladas (figura 4).

4 La asignación se realiza en TransCAD, donde el principio de operación es definir los flujos a partir de la ruta más corta. Así, la imagen obtenida representa la distribución de la carga que generó la producción, exportación-importación y distribución interna de vehículos terminados, transportados en 2012 a través de la red ferroviaria nacional.

La relación entre la industria automotriz y el transporte ferroviario es altamente benéfica para la productividad de ambas partes. El crecimiento anual de la producción automotriz en el país ha impulsado las inversiones de las empresas ferroviarias en equipos de arrastre especializados para vehículos automotores y el incremento en la oferta de servicios logísticos de estas y de los operadores intermodales.

## CONCLUSIONES

Debido a la importancia de los flujos de carga automotrices en México, se está direccionando el proceso de planeación del transporte en México hacia un fortalecimiento de los corredores de carga del TLCAN para incrementar la fluidez en las cadenas globales de suministro automotriz. Sin embargo, al no contar

México con una política pública exitosa de impulso al desarrollo e integración de proveedores locales, este proceso de planeación corre el riesgo de dejar de lado su rol crítico como soporte a la configuración de agrupamientos industriales con mayor valor agregado local. Este caso representa claramente el riesgoso dilema de las economías emergentes cuando buscan mejorar el desempeño de las cadenas de suministro de las empresas globales instaladas en sus territorios y al mismo tiempo, integrar mayor valor agregado local.

Las características de este caso se resumen en la formación de espacios geográficos puntuales, especializados y de alto desarrollo tecnológico que aprovechan las ventajas comparativas de vecindad entre México y Estados Unidos; la posibilidad de acceso de productos a este mismo país, vía el TLCAN, así como el costo favorable de la mano de obra.

Desde luego, también existen otras ventajas competitivas en desarrollo, entre ellas, la creciente calificación de la mano de obra mexicana, el aumento en la disponibilidad de servicios ferroviarios diseñados a la medida de la industria automotriz, así como la mejora en la conexión ferroviaria con puertos marítimos y pasos fronterizos en donde la red férrea de México mejora su conectividad con la red férrea de Estados Unidos.

Sin embargo, esta industria y sus cadenas de suministro operan hasta ahora en México, más como encla-



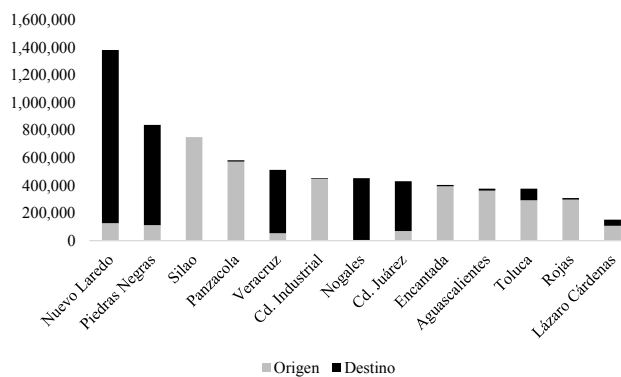


Figura 3. Nodos con los principales movimientos ferroviarios de vehículos terminados (miles de toneladas)



Figura 4. Carga de la industria automotriz con origen y destino en puertos marítimos y fronteras, 2012 (Instituto Mexicano del Transporte, con base en los datos 2012 de la Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal, SCT)



Figura 5. Carga de la industria automotriz, medida en toneladas-kilómetro, con origen y destino en puertos marítimos y fronteras, 2012 (Instituto Mexicano del Transporte, con base en los datos 2012 de la Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal, SCT)

ves de producción que como motores de desarrollo regional. La producción de autopartes hasta ahora es mayoritariamente externa, el contenido nacional de los vehículos hechos en México es de 33%. Se trata primordialmente de flujos compuestos por flujos de ingreso de autopartes (importaciones) y flujos de salida de vehículos terminados (exportación). En otras palabras, hablamos de un proceso de producción exógeno en donde sólo se concluye el producto en territorio nacional, generando empleo pero cuya derrama económica no alcanza a crear mayores espacios internos en cascada para el desarrollo económico y social.

La expresión espacial de la industria automotriz es precisamente la de un espacio transnacionalizado, cuya geografía la establece la propia cadena de suministro y adquiere, por tanto, la forma de una red determinada por los movimientos de intercambio. Se tienen flujos de carga automotriz organizados a lo largo de grandes corredores de carga, donde la capilaridad con el espacio local queda en entredicho, formando espacios sub-nacionales en la economía global. Su impacto para la infraestructura de transporte en México es regionalmente desigual y altamente enfocado a la interacción con el mercado de consumo ubicado en Estados Unidos.

En consecuencia, si bien se trata de un sector estratégico (más si se considera que es uno de los pilares del desarrollo económico de la región del TLCAN), se ha identificado como crítico el establecimiento de los parámetros que favorezcan la integración de las necesidades de conexión de los grandes corredores de carga con el espacio regional-local. Todo ello con el fin de robustecer la red de infraestructura de transporte a fin de que se convierta en una palanca para el desarrollo de proveedores locales y de otros sectores clave de la economía.

Como parte del trabajo futuro, se desarrollará un análisis comparativo con los requerimientos de otros sectores productivos más vinculados con el desarrollo regional local, como es el caso del sector agroalimentario. El objetivo será determinar las características de sus impactos y necesidades logísticas de forma que sean considerados como parte de las políticas públicas que busquen diseñar infraestructura con alta conectividad logística, estableciendo un equilibrio con los requerimientos de otros sectores de la economía y en consecuencia, favoreciendo un desarrollo regional equilibrado.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Laboratorio Nacional en Sistemas de Transporte y Logística del Instituto Mexicano del Transporte (IMT) el amplio apoyo brindado para el desarrollo de la presente investigación.

#### REFERENCIAS

- Ahmed M. y Hendry L. Supplier development literature review and key future research areas. *International Journal of Engineering and Technology Innovation*, volumen 2 (número 4), 2012: 293-303.
- Ascencio L., González-Ramírez R., Bearzotti L., Smith N., Camacho-Vallejo J. A collaborative supply chain management system for a maritime port logistics chain. *Journal of Applied Research and Technology*, volumen 12 (número 3), 2014: 444-458.
- Avetisyan M., Heatwole N., Rose A., Roberts B. Competitiveness and macroeconomic impacts of reduced wait times at US land freight border crossings. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, volumen 78, 2015: 84-101.
- Azevedo S., Govindan K., Carvalho H., C.-M. V. An integrated model to assess the leanness and agility of the automotive industry. *Resources, Conservation and Recycling*, volumen 66, 2012: 85-94.
- Becerril-Torres O., Álvarez-Ayuso I., Del Moral-Barrera L. Do infrastructure influence the convergence of efficiency in Mexico. *Journal of Policy Modeling*, volumen 32 (número 1), 2010: 120-137.
- Brock G., y German-Soto V. Regional industrial growth in Mexico: do human capital and infrastructure matter? *Journal of Policy Modeling*, volumen 35 (número 2), 2013: 228-242.
- Bronk C., y González-Aréchica B. Mexico-United States border security: From a bilateral to a truly binational policy process. *Latin American Policy*, volumen 2 (número 2), 2011: 152-181.
- Bueno A. y Cedillo-Campos M. Dynamic impact on global supply chains performance of disruptions propagation produced by terrorist acts. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation*, volumen 61, 2014: 1-12.
- Cedillo-Campos M. y Pérez P. Hybrid supply chains in emerging markets: the case of the Mexican auto industry. *South African Journal of Industrial Engineering*, volumen 21 (número 1), 2010: 193-206.
- Cedillo-Campos M., Sanchez C., Vadali S., Villa J., Menezes M. Supply chain dynamics and the "cross-border effect": The U.S.-Mexican border's case. *Computers and Industrial Engineering*, volumen 72, junio 2014a: 261-273.
- Cedillo-Campos M., Bueno A., González R., Jiménez E., Pérez G. Dynamic impact on global supply chains performance caused by criminal disruptions. *Journal of Applied Research & Technology*, volumen 12 (número 4), 2014b: 684-694.
- Cedillo-Campos M. y Cedillo-Campos H. w@reRISK Method: a tool for security risk level classification of products. *Safety Science*, volumen 79, 2015a: 358-368.
- Cedillo-Campos M., Lizarraga-Lizarraga G., Martner-Peyrelongue C. MiF3 method: Measurement of intermodal fluidity freight flows. Reporte técnico, Instituto Mexicano del Transporte, México, 2015b.
- Contreras O., Carrillo J., Jorge A. Local entrepreneurship within global value chains: a case study in the Mexican automotive

- industry. *World Development*, volumen 40 (número 5), 2012: 1013-1023.
- Cravioto J., Yamasue E., Okumura H., Ishihara K. Road transport externalities in Mexico: estimates and international comparison. *Transport Policy*, volumen 30, 2013: 63-76.
- Cruz O. Ferrocarriles, clave para atraer inversión automotriz, Revista T21, 2014 [en línea] [fecha de consulta: 9 de julio de 2015]. Disponible en: <http://t21.com.mx/ferroviario/2014/02/10/ferrocarriles-clave-atraer-inversion-automotriz>
- De la O.G. y Matis T. Supply chain strategies for the international interoceanic Mazatlan-Houston logistics corridor. *Journal of Applied Research and Technology*, volumen 12 (número 4), 2014: 167-179.
- Duran-Fernández R. y Santos G. Introduction to the special issue regional development and transport infrastructure in Mexico. *Research in Transportation Economics*, volumen 46, 2014a: 1-2.
- Duran-Fernandez R. y Santos G. Regional convergence, road infrastructure, and industrial diversity in Mexico. *Research in Transportation Economics*, volumen 46, 2014b: 103-110.
- Duran-Fernandez R. y Santos G. A regional model of road accessibility in Mexico: accessibility surfaces and robustness analysis. *Research in Transportation Economics*, volumen 46, 2014c: 55-69.
- Duran-Fernandez R. y Santos G. Road infrastructure spillovers on the manufacturing sector in Mexico. *Research in Transportation Economics*, volumen 46, 2014d: 17-29.
- Duran-Fernandez R. Infrastructure policy in the USA-Mexico border: Evaluation and policy perspectives. *Research in Transportation Economics*, volumen 46, 2014e: 70-102.
- Francois J., y Manchin M. Institutions, infrastructure, and trade. *World Development*, volumen 46, 2013: 165-175, 65-175.
- Fogliatto F., Da Silveira G., Borestein D. The mass customization decade: an updated review of the literature. *International Journal of Production Economics*, volumen 138 (número 1), 2012: 14-25.
- Gaonkar R. y Viswanadham N. A conceptual and analytical framework for the management of risk in supply chains. Proceedings, ICRA, IEEE, International Conference on Robotics and Automation, volumen 3, 2004, pp. 2699-2704.
- García G. y Martner C. Metodología para integrar una matriz origen-destino de la carga ferroviaria. Fase I: carga contenerizada. Reporte de Investigación ME 14/11, Instituto Mexicano del Transporte, México, 2011.
- García G. y Martner C. Movimientos ferroviarios por puertos y fronteras en México. Reporte de Investigación TE 22/14, Instituto Mexicano del Transporte, México, 2014.
- Giunipero L.C. y Eltantawy R.A. Securing the upstream supply chain: a risk management approach. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, volumen 9 (número 34), 2004: 698-713.
- Gebler M., Schoot A., Visser C. A global sustainability perspective on 3D printing technologies. *Energy Policy*, volumen 74, 2014: 158-167.
- González A. Amarra México liderato de producción automotriz en América Latina, El Economista, 2014, [fecha de consulta: 14 de noviembre de 2015] [en línea]. Disponible en: <http://eleconomista.com.mx/industrias/2014/12/04/mexico-sera-primer-productor-autos-2014>
- Hockman G., Tabakis C., Zilberman D. The impact of international trade on institutions and infrastructure. *Journal of Comparative Economics*, volumen 41 (número 1), 2013: 126-140.
- Hu S. Evolving paradigms of manufacturing: from mass production to mass customization and personalization, Forty sixth CIRP Conference on manufacturing systems, Procedia CIRP 7, 2013, pp. 3-8.
- INA-Industria Nacional de Autopartes, A.C. Evolución y perspectivas del sector automotriz, 2015 [fecha de consulta: 9 de julio de 2015] [en línea]. Disponible en: <http://www.setyde.gob.mx/FTP/INA-Espa%C3%B1ol-completa..pptx>
- Johansson M. y Johnsson A. The package logic: a study on value creation and knowledge flows. *European Management Journal*, volumen 30 (número 6), 2012: 535-551.
- Keeling D. Transport research challenges in Latin America. *Journal of Transport Geography*, volumen 29, 2013: 103-104.
- Lee K.H. Integrating carbon footprint into supply chain management: the case of Hyundai Motor Company (HMC) in the automobile industry. *Journal of Cleaner Production*, volumen 19 (número 11), 2011: 1216-1223.
- Lim L., Alpan G., Penz B. Reconciling sales and operations management with distant suppliers in the automotive industry: a simulation approach. *International Journal of Production Economics*, volumen 151, 2014: 20-36.
- Martínez-Jurado P.J. y Moyano-Fuentes J. Lean management, supply chain management and sustainability: a literature review. *Journal of Cleaner Production*, volumen 85, 2014: 134-150.
- Medeiros G., Selitto M., Borchard M., Albert G. Procurement cost reduction for customized non-critical items in an automotive supply chain: an action research project. *Industrial Marketing Management*, volumen 40 (número 1), 2011: 28-35.
- Nieuwenhuis P. y Katsifou E. More sustainable automotive production through understanding decoupling points in lean manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, volumen 95, 2015: 232-241.
- OICA-International Organization of Motor Vehicle Manufacturers, Production statistics, 2015 [fecha de consulta: 9 de julio de 2015] [en línea]. Disponible en: <http://www.oica.net/category/production-statistics/>
- Romero I. Impacto asimétrico de la crisis global sobre la industria automotriz: Canadá y México comparados. *Perspectivas para el futuro*, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Organización de las Naciones Unidas, México, 2011.
- Shim W. y Steers R. Symmetric and asymmetric leadership cultures: a comparative study of leadership and organizational culture at Hyundai and Toyota. *Journal of World Business*, volumen 47 (número 4), 2012: 581-591.

- Staeblein T. y Aoki K. Planning and scheduling in the automotive industry: a comparison of industrial practice at german and japanese makers. *International Journal of Production Economics*, volumen 162, 2015: 258-272.
- The White House. *National Strategy for Global Supply Chain Security*, Washington, U.S.A., 2012.
- Tomlin B. Managing supply-demand risk in global production: creating cost-effective flexible networks. *Business horizon*, volumen 57 (número 4), 2014: 509-519.
- Tseng M., Jiao R., Wang C. Design for mass personalization. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 2010: 175-178.
- Weller C., Kleer R., Piller F. Economic implications of 3D printing: Market structure models in light of additive manufacturing revisited. *International Journal of Production Economics*, volumen 164, 2015: 43-56.
- Wilsmeier G., Monios J., y Rodríguez J.P. Driver for outside-in port hinterland integration in Latin America: the case of Veracruz, Mexico. *Research in transportation Business & Management*, volumen 14, 2015: 34-43.
- Villa J. y Sacristán-Roy E. Privatization of Mexican railroads: fifteen years later. *Research in Transportation Business & Management*, volumen 6, 2013: 45-50.

**Este artículo se cita:**



#### **Citación estilo Chicago**

Cedillo-Campos, Miguel Gastón, María Gabriela García-Ortega, Carlos Daniel Martner-Peyrelongue, Jania Astrid Saucedo-Martínez, Nohemí Ponce-Ceja. Flujos de carga automotriz y su impacto en la infraestructura ferroviaria en México: un enfoque de fluidez en la cadena de suministro. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, XVIII, 01 (2017): 87-99.

#### **Citación estilo ISO 690**

Cedillo-Campos M.G., García-Ortega M.G., Martner-Peyrelongue C.D., Saucedo-Martínez J.A., Ponce-Ceja N. Flujos de carga automotriz y su impacto en la infraestructura ferroviaria en México: un enfoque de fluidez en la cadena de suministro. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, volumen XVIII (número 1), enero-marzo 2017: 87-99.

### **SEMBLANZAS DE LOS AUTORES**

*Miguel Gastón Cedillo-Campos.* Investigador nacional nivel 1, Premio Nacional de logística 2012. Responsable técnico del laboratorio en sistemas de transporte y logística. Presidente y fundador de la Asociación Mexicana de Logística y Cadena de Suministro, A.C. (AML). Su área de investigación es el análisis de fluidez en cadenas de suministro.

*María Gabriela García-Ortega.* Investigadora titular en Instituto Mexicano del Transporte dedicada al análisis de la reconfiguración económica-regional del país con base en el estudio periódico de la distribución espacial de los flujos de carga.

*Carlos Daniel Martner-Peyrelongue.* Investigador nacional Nivel 2. Coordinador de integración del transporte en el Instituto Mexicano del Transporte. Su área de investigación es el análisis de sistemas de transporte intermodal.

*Janía Astrid Saucedo-Martínez.* Investigador nacional nivel 1. Miembro de Sociedad Mexicana de Investigación de Operaciones y la Asociación Mexicana de Logística y Cadena de Suministro. Su área de investigación es la optimización e investigación de operaciones.

*Nohemí Ponce-Ceja.* Licenciada en relaciones internacionales con maestría en logística y cadena de suministro por la Facultad de ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Actualmente es especialista en logística dentro de la industria aeroespacial.