



Una formación de calidad  
en ingeniería para el futuro

Centro de Convenciones Cartagena de Indias  
15 al 18 de Septiembre de 2015

# SOSTENIBILIDAD DEL TRANSPORTE DE CARGA EN LA CIUDAD DE BARRANQUILLA

Diego Fernando Suero Pérez, Erika Yojanis Fontalvo Orozco

Universidad Libre  
Barranquilla, Colombia

## Resumen

El Transporte de mercancías en las zonas urbanas es un factor que mueve la economía de las ciudades y sin lugar a dudas una necesidad primordial de los consumidores, sin embargo para el ciudadano que transita en las vías y en general para la movilidad resulta ser un problema en términos de ocupación del espacio público, contaminación ambiental, congestión entre otros. Razón por la cual el transporte de carga tiene restricciones de circulación, capacidad, horarios entre otros. Buscar el equilibrio entre satisfacer la demanda de productos y armonía en la movilidad es el reto de proyectos como este.

En este documento se propone un modelo de simulación que explica la dinámica de la movilidad, contemplando los aspectos de la logística urbana con énfasis en la sostenibilidad.

**Palabras clave:** logística urbana; simulación; modelo; dinámica de sistemas; transporte de carga; sostenibilidad; estrategias; urbano; movilidad

## Abstract

*Transportation of goods in urban areas is a factor that drives the economy of cities and a major consumer need, however, for the citizen who travels on tracks and overall mobility becomes a problem in terms of occupancy public space, environmental pollution, congestion and more. Reason for freight movement is restricted, capacity, schedules and more. Find a balance between meeting the demand for products and harmony in mobility is the challenge of projects like this.*

*This project proposes a simulation model that explains the dynamics of mobility, considering the aspects of urban logistics with an emphasis on sustainability.*

**Keywords:** *urban logistics; simulation; model; system dynamics; freight; sustainability; strategies; urban; mobility*

## 1. Introducción

El sector transporte juega un papel importante en la consolidación de los procesos de globalización y de competitividad en Colombia; es por ello que los países están optimizando sus procesos productivos para lograr una mayor competitividad en el contexto internacional, razón por la cual las infraestructuras y los servicios de transporte deben ser eficientes, rentables, confiables y ecológicamente sostenibles (Ministerio de Transporte, 2011).

Lo anterior es posible a través de la planificación de estrategias que ayuden a la realización de las actividades de los habitantes y negocios en las ciudades, comúnmente este concepto hace alusión a lo que es la Logística Urbana, la cual tiene como objetivo la optimización del funcionamiento del sistema de transporte de carga en las ciudades y sus áreas metropolitanas (Antún, 2013).

Sin embargo la Logística Urbana de Mercancías presenta algunas problemáticas que afecta a todos los actores involucrados, como lo son: Congestión, emisión, ruido y degradación del suelo. Por ello es necesario apuntar a la mitigación de estas problemáticas, a través de sistemas y modelos que involucren el aporte gubernamental en la planificación y financiación a los mismos, por consiguiente la realización de este proyecto, busca el desarrollo de estrategias y planteamiento de modelos que suministren la solución óptima a la problemática del transporte de carga, que pueda ofrecer soluciones bilaterales, perdurar a lo largo del tiempo y además pueda ser implementada según los recursos del distrito; mejorando así no solo la calidad de los sistemas logísticos de la ciudad, sino también, la calidad de vida de los ciudadanos.

Por otro lado para las entidades gubernamentales el modelo permitirá contribuir al cumplimiento oportuno de las solicitudes del cliente con la reducción del tiempo y costos de entregas, asimismo disminuir la contaminación del medio ambiente y minimizar el tráfico vehicular en la zona.

## 2. Estado del arte

Los sistemas logísticos tienen una serie de problemáticas de desempeño con tendencias generales entre ellas la planeación urbanística, está relacionada a las ciudades, pues crecen aceleradamente, pero su infraestructura de transporte no se ha desarrollado de la misma manera (Cámara Colombiana de Infraestructura., 2013). Para las ciudades del Caribe Colombiano las cifras indican un incesante aumento en el parque automotor, cercano al 6% anual, muy superior a la oferta en la infraestructura de transporte que crece a menos del 1% anual, generando un aumento en los niveles de congestión que son, cada vez, más agobiantes. (Cantillo, 2011)

En la actualidad, la búsqueda de un crecimiento sostenible es hoy día una de las principales metas a cumplir dentro del plan de desarrollo de cualquier ciudad, no solo a través de la implementación de estrategias empresariales, sino también con una adecuada planeación urbana, soportada con programas relacionados con la salud, la calidad de vida, la economía, el medio ambiente, la educación y la entre otros (Estudio de Movilidad, 2005).

En las principales ciudades del país, se empiezan a enfocar esfuerzos en el adelanto de cada uno de estos planes de desarrollo, es por ello que actualmente se apunta al perfeccionamiento de la logística urbana de la ciudad. A través de estudios sobre las condiciones de infraestructura, movilidad y directrices socio-económicas se identificaron un conjunto de falencias que se presentan en las ciudades de forma general como son:

- Altos niveles de congestión.
- Alta pero estancada actividad industrial.
- Puerto con medio calado (10 m).
- Incipiente nivel de penetración de TIC (ITS- CVO).

Entre los proyectos relacionados existentes se encuentran:

- Medición de flujos.
- Establecimiento de patrones de movimientos de vehículos.
- Preparar insumos de modelación para modelos de tránsito y transporte público.
- Estudio de logística urbana para Bogotá, construcción de matrices Origen Destino y generación de recomendaciones para la Secretaría Distrital de Movilidad.

Con los que se han obtenidos avances importantes para la movilidad dentro de las ciudades de aplicación y se han estipulado parámetros útiles para nuevas investigaciones como:

- Tiempo.
- Costo.
- Confiabilidad (mermas, demoras).
- Trazabilidad.
- La infraestructura y servicios
- Peajes.
- Red vial (funcional y estructura). (Lleras, 2013)

Es necesario seguir desarrollando actividades encaminadas a identificar factores como los anteriormente mencionados, ya que la Logística Urbana implica no solo la planificación, organización y control de actividades, sino también adquisición, traslado, almacenamiento y distribución de los productos con el fin de satisfacer las necesidades y requerimientos del cliente, el reto también implica hacerlo de manera eficaz y con el mínimo costo posible (Casanovas & Cuatrecasas, 2001).

### 3. Metodología

El proyecto se define como una investigación de carácter cualitativo y cuantitativo. En primera instancia fue un proceso de búsqueda y recolección visual de datos en fuentes primarias y secundarias sobre los actores y variables afines a la temática. Posteriormente se seleccionó las principales variables a través de una matriz de incidencia en una escala de importancia de 1 a 3 respecto a los actores identificados; las variables que se encontraron por encima del promedio se consideraron como variables relevantes.

Seguidamente se realizó una breve descripción y análisis de dichas variables, con ello se plasmó la interrelación de las variables por medio de un diagrama causal a través de Dinámica de Sistemas. Este diagrama consecutivamente se trasladó a modelo de Forrester, del cual se realizó el análisis respectivo del sistema obteniendo finalmente sus resultados y las posibles estrategias a implementar.

### 4. Diagrama causal

Una vez identificadas, seleccionadas y analizadas las variables se procedió a constituir las relaciones de influencia entre los elementos del sistema con el fin de conocer su estructura. Para ello se utilizó bucles de retroalimentación positiva y negativa. La realización de las influencias entre los elementos está representado en el diagrama de la **Figura 1**.

En el diagrama se establecen la relación de los bucles de retroalimentación de las diferentes variables que intervienen en el sistema de transporte urbano. Entre las variables destacadas se encuentran: Nivel de contaminación, número de vehículos, población, economía, demanda del transporte de carga y congestión; pues las demás variables giran en torno a estas.

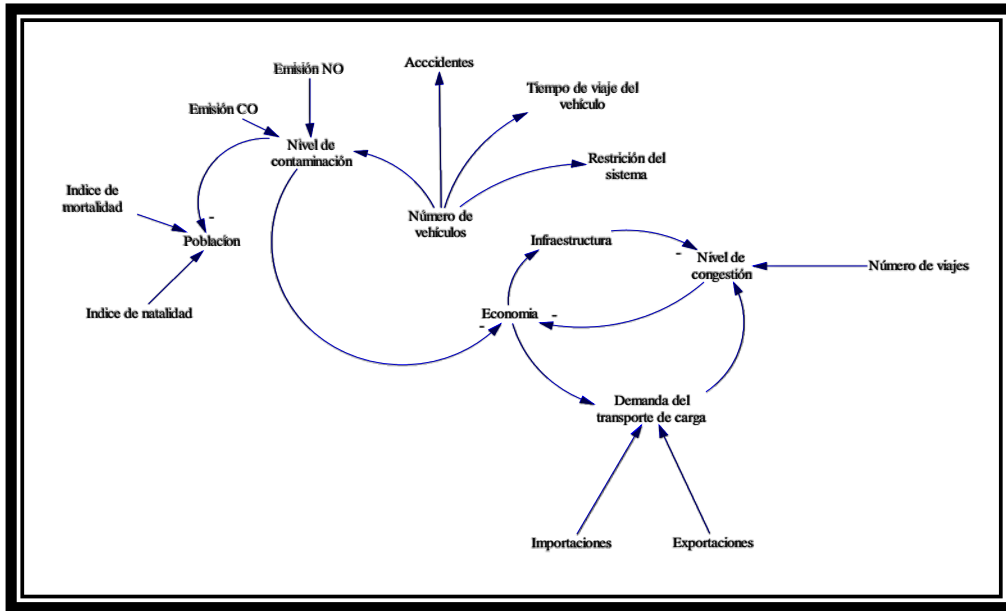


Figura 1. Interrelación de variables-Diagrama causal por DS

Fuente: Elaboración del autor

### 5. Diagrama de Forrester

A continuación se presenta la modelación del sistema de transporte en la ciudad a través de la herramienta de Forrester que permite el estudio, análisis y modelación del comportamiento entre las variables según los cambios temporales y permanentes del sistema. En la **Figura 2** se puede ver que las variables que impulsan el movimiento del sistema son nivel de contaminación y congestión.

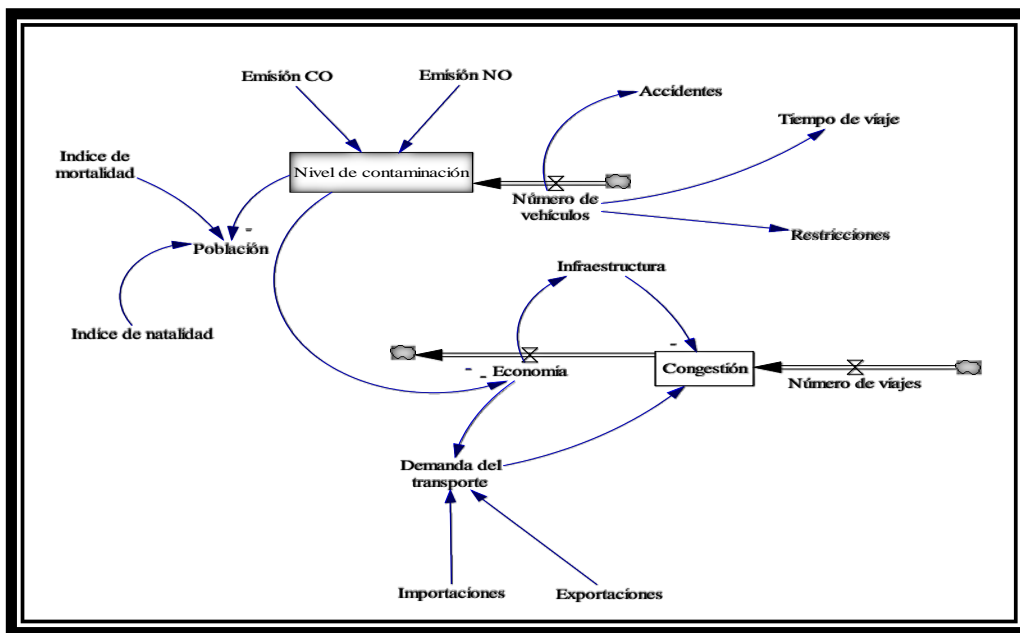


Figura 2. Modelo de transporte en la ciudad

Fuente: Elaboración del autor

Del modelo se observa que el nivel de contaminante será el producto de las emisiones de CO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> y el número de vehículos. Esta última variable determina el volumen de accidentes, el tiempo de viaje y las restricciones que las entidades gubernamentales deben implementar para su control.

El aumento o disminución del nivel de contaminante tiene repercusiones en: a) El volumen de la población la cual está influenciada por los índices de natalidad y mortalidad, y b) en la economía quien a su vez es afectada por la congestión.

Desde el punto de vista económico, su fluctuación influye a la demanda del transporte de carga, la cual tiene en cuenta los porcentajes de importaciones y exportaciones realizadas en un periodo de tiempo. En ese mismo sentido la demanda del transporte de carga determina junto con el número de viajes el nivel de contaminación. Por otro lado la economía determina la inversión en infraestructura para el transporte con el fin de mitigar la congestión.

## 6. Resultados

Una vez elaborado el diagrama de Forrester se simulo el modelo teniendo en cuenta la siguiente información:

La ciudad actualmente cuenta con un parque automotor de 154.692 vehículos (Secretaria de Movilidad , 2015), quienes aproximadamente producen 54% de CO y 36% de NO (Holguín, 2013). Se tiene un índice de natalidad y mortalidad de 17,23 y 5,29 respectivamente por cada 1000 habitantes (indexmundi, 2012), de las exportaciones realizadas en el país en modo carretero Barranquilla tiene una participación del 11.7% y 17.9 del total de importaciones (legiscomex.com, 2013). La economía está dada por la participación del transporte en el PIB la cual es del 0.08% (IBD- Inter American Development Banck , s.f.), la inversión en vías nuevas para mejorar la infraestructura fue de 1.8 % (Como vamos Barranquilla, 2013) y finalmente el número de viajes entrantes y salientes para el transporte de es de 1304 viajes diarios (Dirección de Tranportey Transito, 2005).

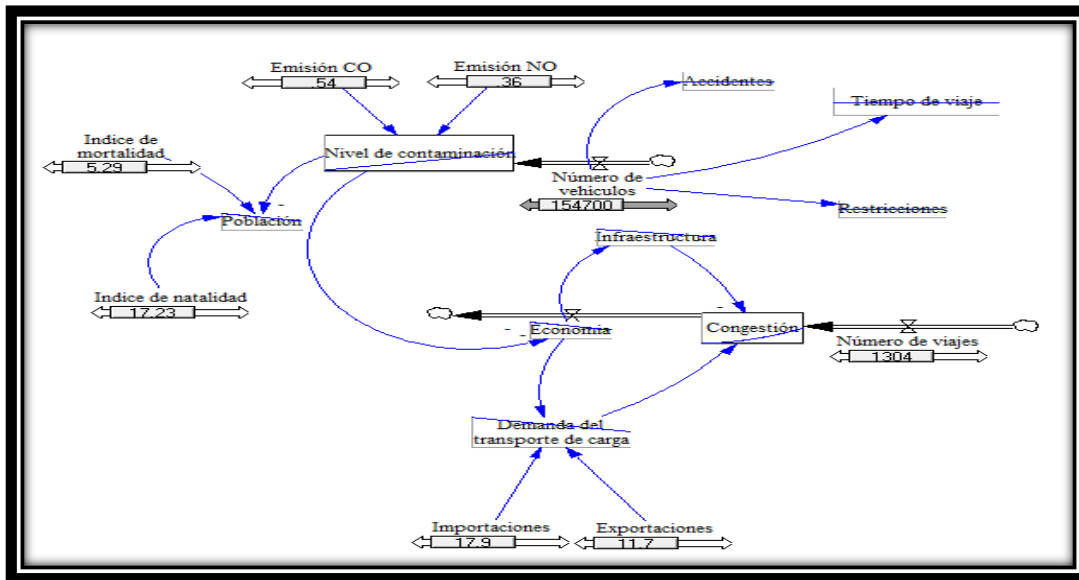


Figura 3. Simulación del modelo

Fuente: Elaboración del autor

Con base en los datos anteriores el modelo arrojó el resultado de la **Figura 3** donde se observa que la variable que mayor incidencia tiene sobre las otras es el número de vehículos, puesto que si esta variable aumenta de 154700 a 210000 como se evidencia en la **Figura 4**, la contaminación crece y tiene repercusiones negativas principalmente en la economía de la ciudad y su nivel de congestión.

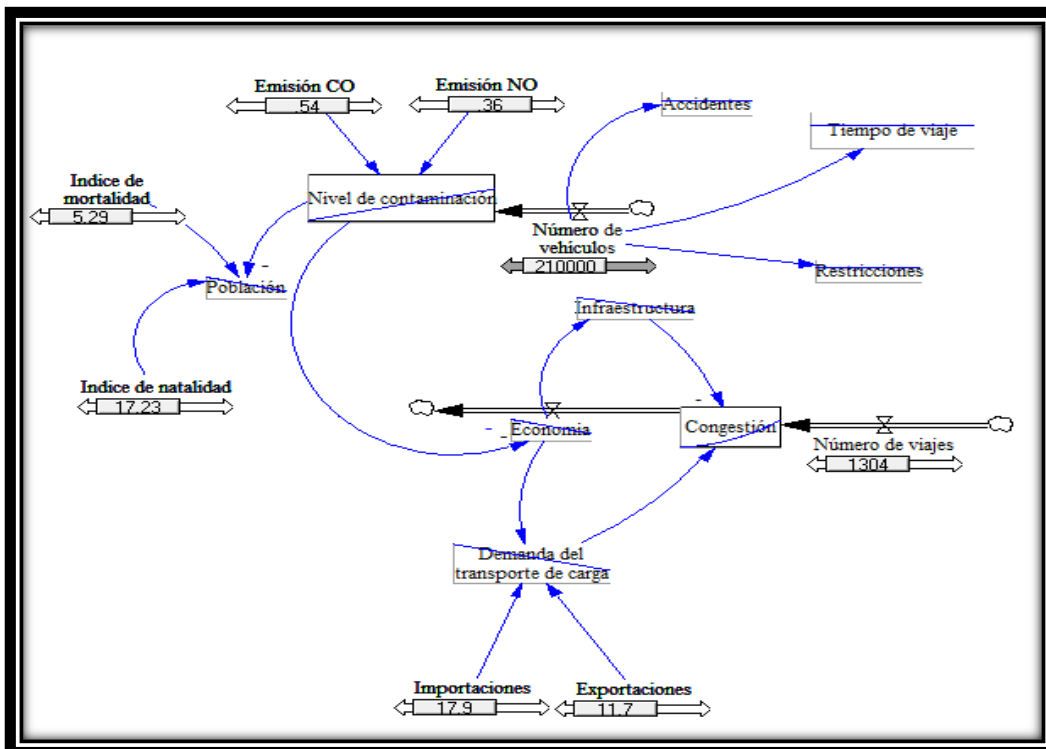


Figura 4. Simulación del modelo- Aumento en el volumen de vehículos

Fuente: Elaboración del autor

Teniendo en cuenta la anterior observación, para que la economía (PIB), la población y la demanda aumente y los niveles de accidentalidad y tiempo de viaje disminuyan se deben crear políticas públicas o restricciones flexibles en el sistema para mantener el equilibrio del transporte de carga a corto y largo plazo.

En ese sentido se le recomienda a las entidades gubernamentales, con el fin de organizar y controlar el número de vehículos en la ciudad, ser más restrictivos en su utilización, pues así el medio ambiente tolera más las emisiones de CO y NO; en este aspecto se puede incluir la implementación de tecnologías para reducir dichas emisiones. Por otro lado maximizar el volumen de carga admisible por viajes disminuiría el número de viajes y las emisiones respectivas. También el cobro de peajes por uso dentro de la ciudad mitigara el volumen de vehículos circulante. La creación de incentivos para el cambio de vehículos obsoletos con el apoyo de los administradores públicos aumenta el factor de carga, pues a menor contaminación mayor economía y por ende el poder adquisitivo del servicio de transporte de carga incrementa. Además si se implementa en gran medida la movilidad de mercancías a horarios nocturnos al interior de la ciudad, se optimiza la eficiencia del transporte, haciendo que los niveles de congestión y los tiempos de entrega mermen.

## 7. Conclusiones

Este proyecto de investigación trato de simular la realidad del transporte de carga urbana en la ciudad de Barranquilla a través de la metodología Dinámica de Sistema; las estrategias planteadas bajo los resultados obtenidos del modelo están enfocadas a los interesados, como distribuidores (mayoristas/minoristas), destinatarios, consumidores finales, entidades y operadores de transporte, la población de la ciudad en general y principalmente a los administradores públicos.

Del modelo se observó que a mayores emisiones la tasa de mortalidad aumenta. A mayores importaciones y exportaciones la demanda del transporte de carga incrementa, pero para su satisfacción se requiere más capacidad en los vehículos de carga o mayor número de viajes generando una reacción negativa, pues el nivel de congestión incrementa. Esta acción origina que la inversión en infraestructura este muy por debajo del uso del parque automotor.

En consecuencia para apuntar a la mitigación de la congestión, la contaminación y el mejor aprovechamiento del volumen de vehículos existentes la Secretaria de Movilidad deberá implementar más restricciones o mejorar las existentes, tratando de mantener un equilibrio entre el bienestar de la ciudad y el transporte de carga urbana, quien es el más afectado por dichas restricciones.

La investigación se encuentra en su primera etapa, por tanto los resultados y las estrategias propuestas son preliminares y limitadas, para su mayor profundización y exactitud se debería modelar incluyendo las variables que no estuvieron por encima del promedio al seleccionarla u otras variables nuevas, con el fin de tener un vista más



amplia de los factores y así calibrar el modelo con actores relevantes que intervienen en el sistema del transporte.

## 8. Referencias

- Cámara de Comercio de Barranquilla. (2005). *Estudio de Movilidad*. Barranquilla: CCB.
- Antún, J. P. (2013). *Distribución Urbana de Mercancías: Estrategias con Centros Logísticos*. México. Obtenido de <http://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/5814/Distribuci%C3%B3n%20Urbana%20de%20Mercanc%C3%ADas%3a%20Estrategias%20con%20Centros%20Log%C3%ADsticos.%20Nota%20T%C3%A9cnica.pdf?sequence=1>
- Cámara Colombiana de Infraestructura. (2013). *Movilidad: ¿una crisis sin solución?*
- Cantillo, V. (2011). Pautas para mejorar la circulación vehicular.
- Casanovas, A., & Cuatrecasas, L. (2001). *Logística empresarial*. Barcelona: Gestión 2000 S.A.
- Como vamos Barranquilla. (2013). *Como vamos Barranquilla, Transporte e infraestructura vial?* Barranquilla.
- Dirección de Transporte y Tránsito. (2005). *Encuesta Origen- Destino año 2001*. Bogotá.
- Holguín, J. (2013). *El Centro de Excelencia para Sistemas de Carga Urbana Sostenibles-La importancia del sector-*. Bogotá.
- IBD- Inter American Development Bank. (s.f.). <http://logisticsportal.iadb.org/>. Recuperado el Junio de 2015, de <http://logisticsportal.iadb.org/data/>
- indexmundi. (Enero de 2012). *indexmundi.com*. Recuperado el Junio de 2015, de <http://www.indexmundi.com/>
- legiscomex.com. (2013). *Perfil Logístico de Colombia*. Obtenido de <http://www.legiscomex.com/BancoMedios/Documentos%20PDF/perfil-logistico-colombia-2014-completo.pdf>
- Lleras, G. (2013). "Modelación de transporte de carga. *Seminario de Carga Urbana*. Bogotá.
- Ministerio de Transporte. (2011). *Diagnóstico del transporte 2011*. Bogotá. Obtenido de <https://www.mintransporte.gov.co/documentos.php?id=15>
- Secretaria de Movilidad. (2015). *Indicador: Parque Automotor a Mayo 31 de 2015*. Barranquilla.

## Sobre los autores

- **Diego Fernando Suero Pérez** Docente Universidad Libre Seccional Barranquilla. [Dsuero@unilibrebaq.edu.co](mailto:Dsuero@unilibrebaq.edu.co)
- **Erika Yojanis Fontalvo Orozco** estudiante investigador de Ingeniería Industrial X semestre, Universidad Libre Seccional Barranquilla. [Erikafontalvo14@gmail.com](mailto:Erikafontalvo14@gmail.com)

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2015 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)