

La logística Urbana de Mercancías: Soluciones, Modelado y Evaluación

Jesús Muñuzuri¹, Juan Larrañeta², Carlos Muñoz³

¹ Ingeniero Industrial, Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla, Avda de los Descubrimientos, s/n, 41092 Sevilla. E-mail: munuzuri@esi.us.es

² Ingeniero Industrial, Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla, Avda de los Descubrimientos, s/n, 41092 Sevilla. E-mail: astola@us.es

³ Ingeniero Industrial, Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla, Avda de los Descubrimientos, s/n, 41092 Sevilla.

RESUMEN

Esta ponencia surge del Proyecto de Inscripción de Tesis presentado por Jesús Muñuzuri en la Universidad de Sevilla, en el que se plantea un estudio exhaustivo de la logística urbana de mercancías en el centro histórico de la ciudad de Sevilla. El estudio de la logística urbana se ve dificultado por la complejidad de los sistemas a estudiar, con numerosos componentes e interacciones entre ellos. Es por ello que cualquier intento de proporcionar soluciones logísticas para una ciudad debe partir de una sistemática que garantice al menos una visión exhaustiva de la situación. El análisis propuesto consta de las siguientes etapas: descripción de los problemas, recopilación de datos, definición de alternativas, planteamiento de modelos, evaluación y selección. Todas estas etapas serán desarrolladas en el trabajo, con aplicación a la ciudad de Sevilla.

1. Introducción

La metodología empleada en el trabajo [1] es la propuesta por Taniguchi et al [2], que sugieren un procedimiento sistemático para analizar los problemas existentes en el transporte de mercancías en una ciudad y proponer soluciones. El análisis parte de tres pilares fundamentales:

- En primer lugar, la **descripción de los problemas** concretos existentes en la ciudad con respecto al transporte de mercancías.
- Por otro lado, la **recopilación de datos**, fundamental para cuantificar y caracterizar el transporte de mercancías en la ciudad.
- Por último, la **definición de alternativas** que puedan contribuir a solucionar los problemas anteriormente planteados.

Posteriormente, se recurre al **planteamiento de modelos** que ayuden a obtener una descripción del movimiento de mercancías y estimaciones del resultado de cada alternativa. Los resultados de los modelos son posteriormente sometidos a una **evaluación**, en la que se contrastan con los objetivos que fueron inicialmente planteados, y en la que deben tenerse en cuenta no sólo aspectos cuantitativos de las soluciones, sino también cualitativos. El resultado de esta evaluación, reforzado por la realización de análisis de sensibilidad, servirá para proceder a la **selección** de la mejor alternativa de todas las barajadas.

Por último, se procedería a la **implantación** de la alternativa o alternativas seleccionadas, teniendo en cuenta que es necesario efectuar una **revisión** de los resultados de esa implantación, para volver a comenzar el proceso en caso de que no fueran los previstos. Estos

dos últimos pasos, implantación y revisión de resultados, quedarán fuera del ámbito de este trabajo, que sólo busca recomendar soluciones técnica y financieramente viables.

El procedimiento descrito se encuentra, de forma esquemática, recogido en la figura 1.

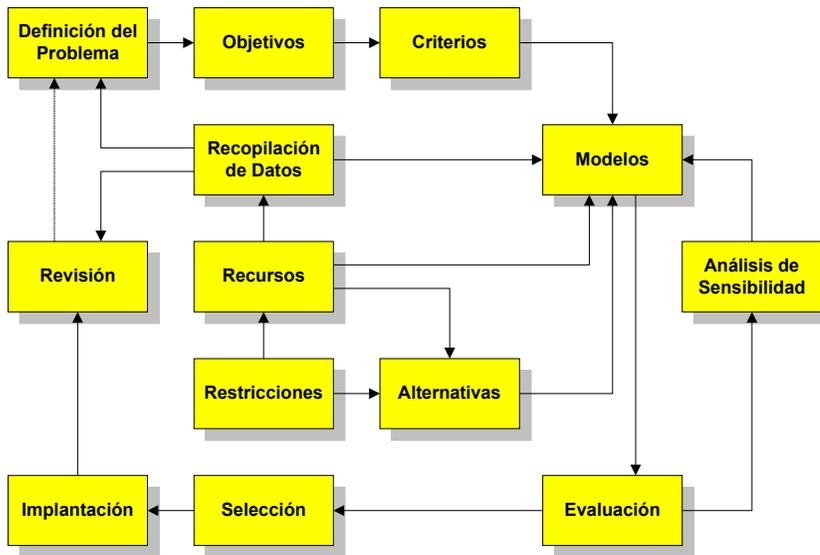


Figura 1: Procedimiento sistemático para la optimización de la logística urbana

2. Descripción del problema

El objeto de este trabajo se centra en la logística urbana de mercancías en el centro histórico de Sevilla. La razón para ello es la posición de esta zona como centro comercial, de negocios y turístico de la ciudad, lo cual implica una ingente afluencia diaria de personas, vehículos y mercancías. Los principales problemas a los que se enfrenta el transporte de mercancías en el centro de la ciudad pueden ser resumidos de la siguiente manera:

- Colapso de las zonas de carga y descarga, tomadas por parte de vehículos privados, imposibilitando las tareas propias de los transportes de mercancías.
- Incompatibilidad de los horarios de apertura de los comercios con los horarios definidos para el acceso de vehículos de mercancías al centro histórico, imposibilitando una eficaz gestión de la distribución de las mercancías.
- Mala accesibilidad de la zona, congestionada y con muchas zonas peatonales.

Esta situación planteada en la ciudad de Sevilla es perfectamente paralela a la encontrada en otras ciudades españolas [3]. En general, por parte de los proveedores, se realiza una distribución urbana de mercancías centrada en el día a día, pero no demasiada logística urbana. Desde el punto de vista de la oferta, los problemas son tratados independientemente desde cada compañía. Las condiciones de las operaciones diarias pueden ser calificadas de anarquía suave, ya que existe una cierta tolerancia a la hora de permitir el incumplimiento de la mayoría de normas locales siempre que las molestias causadas a otros tipos de tráfico no sean excesivas.

La situación de los receptores les resulta bastante satisfactoria. Todas las políticas modernas de gestión de stocks – reducción de inventario, entregas frecuentes, just in time – pueden ser implantadas sin siquiera imponer restricciones derivadas desde el transportista. Existen múltiples proveedores con precios ajustados dispuestos a aceptar las condiciones que se impongan, por lo que la logística urbana no supone una restricción para las actividades empresariales o comerciales de las zonas urbanas.

Las autoridades locales tienen la responsabilidad de facilitar el sistema de alimentación a la actividad económica de la ciudad. Siempre existe una demanda creciente sobre el recurso escaso que representa la capacidad del viario, por lo que las autoridades locales deben arbitrar procedimientos para distribuirla entre los diferentes usuarios. La movilidad de personas tiene prioridad sobre el transporte de mercancías, y sobre eso existen diversas opciones de actuación. Una de ellas es la de reducir la demanda incrementando la proporción de operaciones de carga y descarga que se realizan fuera de las calles. La posibilidad opuesta está en actuar sobre la oferta de capacidad del viario, que es incrementada mediante la asignación dinámica de sus usos al transporte de mercancías en los intervalos en los que baja la demanda en otros usos más prioritarios.

3. Grupos de actores involucrados

El objetivo de este trabajo pasa por intentar mejorar la situación del transporte urbano de mercancías teniendo en cuenta el punto de vista de todos los grupos de actores implicados, que son descritos a continuación:

- *Transportistas*: Este término incluye a todas las compañías o autónomos que transportan carga dentro de la ciudad. El análisis se centra, por sus características específicas y su complejidad, en las empresas de carga fraccionada.
- *Receptores*: principalmente, las empresas locales, y fundamentalmente el comercio.
- *Residentes*: Las personas que habitan en el centro de Sevilla se verán afectadas por cualquier plan de logística urbana, debido a su interacción con el tráfico general y con la calidad de vida en la zona.
- *Administración*: la autoridad local, encargada de seleccionar e implantar planes de logística urbana de mercancías, mediando entre los intereses de los demás grupos.
- *Externos*: todas aquellas personas que, por razones de compras, trabajo u ocio, acceden a la zona urbana considerada de forma diaria o esporádica.

4. Recopilación de datos

La recopilación de datos cuantitativos es una de las más complejas tareas referentes a la logística urbana de mercancías, debido a la inexistencia de estadísticas oficiales al respecto y a la situación de individualidad de las empresas transportistas, que hace que cada una tenga sus propias características y formas de operar.

Para este trabajo se ha recurrido a las siguientes formas de recopilación de información:

- *Estudios de detalle*: análisis detallado del reparto de mercancías en c/Feria, Encarnación, Reyes Católicos y Magdalena, Asunción.
- *Datos de tráfico*: intensidades horarias agregadas en el centro y sus accesos.
- *Censo de comercios*: suministrados por la Cámara de Comercio de Sevilla a partir del Índice de Actividades Económicas.

5. Definición de alternativas

Tras un análisis preliminar de la situación en el centro de Sevilla, las posibles alternativas a implantar quedaron reducidas a las siguientes:

Repartos nocturnos: La intención de esta medida es evitar la interferencia entre el tráfico privado de la mañana y el transporte de mercancías, realizando este último durante la noche. Ya que es imposible cambiar los hábitos horarios de las personas que utilizan el coche para ir a trabajar al centro, quizás sería posible cambiar el horario del movimiento de mercancías.

Road pricing: El establecimiento de peajes a la circulación de vehículos por determinadas zonas de la ciudad es un método “agresivo” para disminuir la congestión en las áreas urbanas más sobrecargadas. Consiste en cobrar una cantidad (a determinar) por utilizar determinadas rutas o acceder a determinadas zonas. Económicamente, responde a un intento de internalizar las externalidades provocadas por el hecho de circular con un vehículo por áreas densamente saturadas (congestión, contaminación, acaparamiento de aparcamientos...).

Reparto conjunto: medidas que buscan el funcionamiento conjunto de varios transportistas, dentro de determinadas parcelas de la distribución urbana.

Lanzaderas: Esta medida persigue la introducción en el centro de la ciudad de una serie de “zonas lanzadera”, que típicamente serían aparcamientos reservados para las furgonetas de mercancías, a los que podrían acceder a primera hora de la mañana. Desde ellos, la entrega final se realizaría a pie o utilizando vehículos alternativos.

Terminal urbana: Las terminales urbanas son pequeños centros de transbordo, y quizás de almacenamiento, situados dentro de la ciudad, cerca de las zonas de elevada densidad comercial y que precisan por tanto de abundantes envíos de mercancías. En ciudades grandes pueden servir de complemento a los centros de transporte de mercancías situados en las afueras, y en ciudades pequeñas pueden sustituirlos.

Sistemas de información en tiempo real: La base de cualquier sistema de gestión en tiempo real de una flota de transporte urbano de mercancías está en la disponibilidad de información actualizada sobre el estado del tráfico. Esta información debería hacerse disponible a través de internet a todas las empresas de transporte de mercancías, y en general a cualquier vehículo que circule por la ciudad.

Ventanas temporales: Esta medida consiste en establecer intervalos temporales durante los cuales el acceso a las zonas céntricas de la ciudad está permitido para los vehículos de transporte de mercancías. Estos intervalos suelen estar situados al principio de la mañana y de la tarde, y se pretende con ellos separar las horas de reparto de mercancías y las horas de máxima afluencia al centro de compradores, turistas, etc. Se trata aquí de analizar la posible alteración de las ventanas temporales ya existentes en Sevilla.

Gestión dinámica de zonas de carga y descarga: Se contempla aquí la introducción de un sistema para optimizar el uso de las zonas de carga y descarga, de manera que se garantice su exclusividad para el uso de vehículos de transporte de mercancías. Igualmente, este sistema garantizaría la rotación de vehículos en las zonas de carga y descarga, evitando el estacionamiento indefinido de vehículos de reparto en ellas.

6. Planteamiento de modelos

Una vez recogidos los datos correspondientes al transporte de mercancías en el centro de Sevilla, el siguiente paso es el planteamiento de modelos, con el objeto de estimar el resultado de la implantación de las medidas anteriormente propuestas.

6.1 Modelos de preferencias declaradas

Los modelos de preferencias declaradas [4] constituyen una potente herramienta para cuantificar las opiniones o preferencias de un grupo de actores. En este caso, su utilidad será la de estimar la visión que tienen los grupos de actores anteriormente comentados acerca de la bondad de las alternativas planteadas con respecto a sus intereses. De este modo, será posible justificar sobre cuál de las alternativas debe ponerse un mayor esfuerzo de modelado y análisis.

6.2 Modelo de maximización de entropía

Se aplica este modelo para realizar la estimación de una matriz origen-destino para el transporte de mercancías en el conjunto de la ciudad. De este modo se podría realizar una asignación de transporte de mercancías junto con el tráfico privado y determinar las principales rutas de acceso de las mercancías al centro. El método de maximización de entropía [5] consiste en resolver el siguiente problema de optimización no lineal con restricciones lineales:

$$\begin{aligned} \text{Max } W &= \frac{\left(\sum_i \sum_j T_{ij} \right)!}{\prod_{ij} (T_{ij}!)} \\ \text{s.a: } \sum_j T_{ij} &= O_i \quad \forall i \\ \sum_i T_{ij} &= D_j \quad \forall j \\ \sum_i \sum_j c_{ij} T_{ij} &= C \\ T_{ij} &\geq 0 \end{aligned}$$

Donde:

- T_{ij} es el número de vehículos que se desplaza entre cada par de zonas (i,j) .
- O_i es la cantidad de viajes originados en cada zona.
- D_j es la cantidad de viajes con destino en cada zona.
- c_{ij} es el coste unitario de cada viaje.
- C es el coste total del transporte de mercancías en la ciudad.

6.3 Modelo de localización de lanzaderas

Mediante este modelo se pretende determinar la localización óptima de una serie de lanzaderas en el centro de Sevilla, que servirían como puntos intermedios para el transporte, según se muestra en la figura 2. Se trata de un modelo con estructura típica de localización

[6], aunque incorpora algunos elementos (principalmente en la función objetivo) específicos del transporte en áreas urbanas.

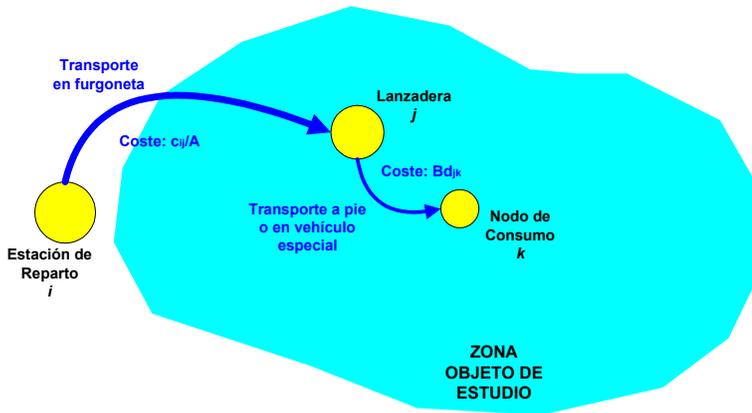


Figura 2: Representación esquemática del reparto de mercancías en una determinada zona urbana a través de lanzaderas.

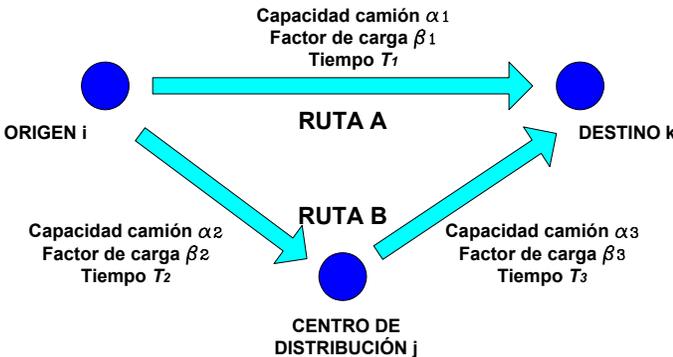


Figura 3: Alternativas para el servicio de transporte utilizando una terminal urbana (centro de distribución) y sin ella..

6.4 Modelo de uso de una terminal urbana

Mediante este modelo, desarrollado a partir de [7], se pretende determinar bajo qué condiciones sería rentable para los transportistas hacer uso de una terminal urbana de mercancías situada en los límites del centro de la ciudad, frente al reparto directo realizado en la actualidad, situación esquematizada en la figura 3. La lanzadera podría acoger vehículos de mayor capacidad, y el reparto a los destinos finales se realizaría mediante vehículos especiales aptos para las zonas peatonales y congestionadas.

6.5 Modelo de búsqueda de aparcamiento

Este modelo ha sido desarrollado para su aplicación en la simulación microscópica del reparto de mercancías en zonas urbanas mediante el simulador TRAMOS [8], y sirve para asignar

espacios de aparcamiento a los vehículos de mercancías que accedan a un tramo. Se calcula un peso para cada espacio de aparcamiento disponible en función del tipo de espacio (normal, zona de carga y descarga, doble fila o sobre la acera) y de su distancia al punto final de entrega, a través de las funciones representadas en la figura 4. Posteriormente, el espacio con mayor peso es asignado al vehículo.

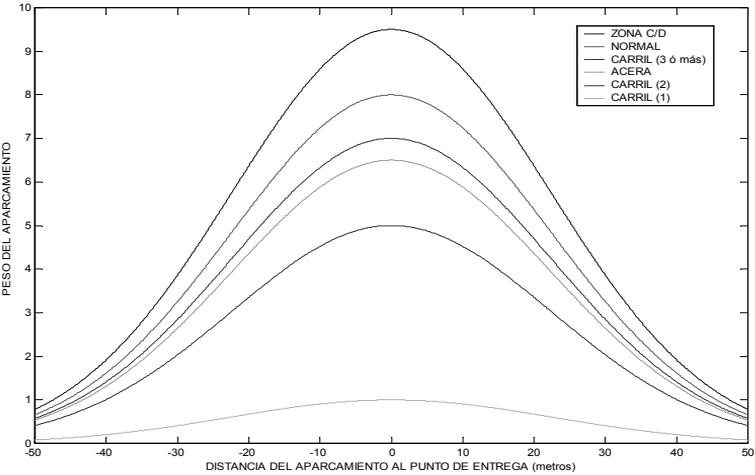


Figura 4: Representación gráfica de las funciones de peso para los distintos tipos de aparcamiento en función de la distancia al punto de entrega.

7. Evaluación de los resultados

Una vez obtenidos los resultados del modelado, el último paso consiste en evaluar la viabilidad de las alternativas mediante un análisis de utilidad (figura 5). Para ello se estima un vector de utilidades, con tantas componentes como grupos de actores, y cada una de las cuales representa la utilidad de la alternativa propuesta para ese grupo de actores. Este cálculo se realiza mediante técnicas multicriterio, que permiten agregar el grado de cumplimiento por parte de cada alternativa de las necesidades de cada grupo de actores. El proceso se completa con la realización de un análisis de sensibilidad.

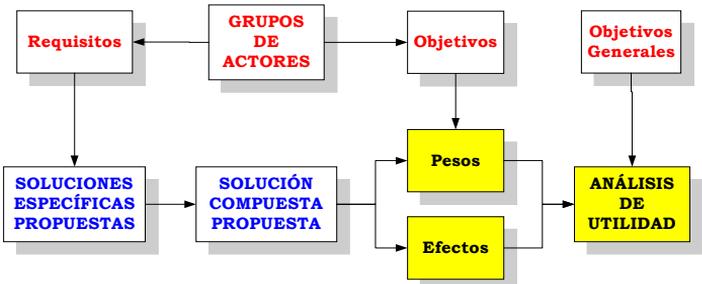


Figura 5: Representación esquemática de un proceso de evaluación de proyectos de logística urbana de mercancías.

Referencias

- [1] Muñuzuri, J. La logística urbana de mercancías: soluciones, evaluación e implantación. Trabajo de Investigación para el Departamento de Organización Industrial y Gestión de Empresas. Universidad de Sevilla, 2001.
- [2] Taniguchi, E., R.G. Thompson and T. Yamada (1999). Modelling city logistics. In: City Logistics I (E. Taniguchi and R.G. Thompson, eds.), Institute of Systems Science Research, Kyoto, pp.3-37
- [3] Larrañeta, J., Muñuzuri, J., Montero, G. y Canca, D. La logística urbana de mercancías en España. IV Congreso de Ingeniería de Organización, 2001.
- [4] Hensher, D.A., Louviere, J.J. y Hansen, D.E. The use of mixtures of market and experimental choice data in establishing guideline weights for evaluating competitive bids in a transport organisation. Transport Policy, Elsevier Science, 2000
- [5] De la Barra, T. Integrated land use and transport modelling, Cambridge University Press, 1989.
- [6] O'Kelly, M.E. y Bryan, D.L. Hub locations with economies of scale. Transportation Research Part B: Methodological, Volumen 32, número 8, 1998, Págs 605-616
- [7] Takahashi y Hyodo, A simulation study on the effect of physical distribution facilities in the Tokyo metropolitan region, City Logistics I, Institute of Systems Science Research, 1999. Pág 163
- [8] Racero [2001] Técnicas de simulación y planificación de transporte para el estudio de problemas de tráfico en entornos urbanos y metropolitanos. Trabajo de Investigación, Departamento de Organización Industrial y Gestión de Empresas, Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla.