

# **Logística inversa en ciudades, las redes de recolección de artículos en pos-consumo**

**Miguel Andrés Garzón Ramírez**

Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, magarzonr@unal.edu.co

**Diego Fernando Hernández Losada, PhD**

Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, dfhernandezl@unal.edu.co

## **RESUMEN**

La logística inversa comprende esfuerzos de empresas o asociaciones, interesadas en generar o recuperar valor de los residuos del consumo de sus productos. La regulación actual en algunos países ha orientado estas actividades hacia el manejo adecuado de residuos peligrosos, lo que ha causado una formación de redes de recolección en ciudades donde se asumen mejores resultados con una mayor cantidad de puntos de recolección. El aporte del presente trabajo conceptual consiste en un nuevo acercamiento a la eficiencia de estas redes, entendiendo la ciudad y su logística como hechos económicos en un territorio y donde la toma de decisiones de localización tiene en cuenta dinámicas particulares de la población para la prestación de un servicio público. La voluntad del ciudadano es la base del funcionamiento y acota la relación entre la logística inversa como un hecho de ciudad y la logística urbana. Bajo esta premisa se concluye que si bien la existencia de redes de recolección de artículos en pos-consumo es un hecho positivo en prácticas industriales sostenibles, la teoría bajo el concepto de localización económica y sus implicaciones muestra que estas pueden ser más eficientes si están distribuidas adecuadamente en el espacio urbano.

**Palabras claves:** Logística urbana, logística inversa, economía urbana, red de recolección

## **ABSTRACT**

Reverse logistics includes efforts of companies or associations interested in generating or recovering value from waste consumption of their products. The current regulation in some countries oriented these activities towards the proper management of hazardous waste, which has caused the creation of collection networks in cities where better results are assumed based on a greater number of collection points. The contribution of this conceptual work is a new approach to the efficiency of these networks, understanding the city and its logistical activities as economic facts in a territory, where the location decisions taking has into account the particular dynamics of the population for the provision of a public service. The citizen will is the basis of performance and draws the relationship between reverse logistics as a fact of city and the urban logistics. Under this premise, it is concluded that although the existence of collection networks in post-consumer items is a positive development in sustainable industrial practices, the theory under the concept of economic location and its implications shows that these can be more efficient if they are properly distributed along the urban space.

**Keywords:** City logistics, reverse logistics, urban economics, collection network.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La logística inversa consiste en las diferentes formas de atender los flujos de los consumidores hacia la industria, tanto por motivaciones de atención al mercado, económicas de recuperación de valor o regulatorias por minimización de externalidades. Las prácticas de logística inversa son amplias y abarcan una gran cantidad de aspectos en la industria, desde el reciclaje hasta el reproceso de productos defectuosos e incluso prácticas de servicio posventa (Díaz Fernández et al., 2004). Esto se ha entendido como una forma de optimizar el proceso de fin de vida

de los productos que no implica la simple recolección de los residuos, sino también que el diseño de los mismos permita que la recolección sea sencilla, en el ensamblaje y desensamblaje, separando fácilmente los materiales utilizados en la fabricación, a lo cual se le ha llamado *Design for X (DFX)*, donde se puede incluir por ejemplo *Design for the environment, Design for Recycling, Design for Disassembly* (Ilgin & Gupta, 2010).

El tema ha sido especialmente relevante en el escenario industrial, a partir de la regulación, en diferentes países del mundo que buscan la recuperación de materiales en poder de los consumidores finales a través de la Responsabilidad Extendida del Producto, esta regulación se ha enfocado específicamente a la recolección de residuos domésticos en ciudades, lo cual, dependiendo de las características del desecho, impone retos en las formas de recolectar, es decir, en la conformación de redes de recolección. Además, normalmente estas redes se conforman por cada residuo a recolectar, por ejemplo en España existe una red para recolectar vidrio gestionada por los fabricantes de envases de vidrio, en Colombia y Uruguay hay redes de recolección de medicamentos vencidos y también se han implementado redes de recolección de pilas en desuso, llantas, cartón, insecticidas entre otras.

En (Gungor & Gupta, 1999) se relacionan las implicaciones de este tipo de regulación bajo lo que se denomina *Environmental Conscious Manufacturing and Product Recovery (ECMPRO)*, donde se entiende que el rápido agotamiento de los recursos naturales y la creciente cantidad de residuos y basura, tanto sólidos como polución del aire y el agua, obligan a las empresas a trabajar en dos objetivos primarios: crear productos amigables ambientalmente y desarrollar técnicas de recuperación de productos y gestión de residuos. En consecuencia, el marco ECMPRO comprende las actividades de diseño, fabricación, uso y recuperación como el ciclo de vida del producto, que puede considerarse ampliado.

Las redes de recolección se enfocan en la recuperación de los productos al finalizar su vida útil, sin embargo, estas deben existir sin desconocer la importancia de las demás actividades del ciclo de vida, ya que determinan cómo se puede recuperar el producto con mayor efectividad y menor impacto en el medio ambiente, especialmente las actividades relacionadas con el uso del consumidor final. De la existencia de incentivos depende la posibilidad de recuperación tanto para el reciclaje, la remanufactura o la disposición final adecuada del residuo y en sí la ubicación de los puntos de recolección, es decir, la estructura de la red.

Los países europeos generan incentivos de uso de las redes de recolección a partir de una gran cantidad de puntos de recolección en las ciudades, que son posibles por una regulación exigente en términos de recolección y la demanda de la sociedad por la implementación de medidas que contribuyan a proteger el ambiente y a depender menos de los vertederos para gestionar los residuos (Díaz Fernández et al., 2004).

En el contexto urbano la recolección de residuos tiene dos caras, por un lado la recolección de residuos domésticos en rutas de recogida tradicionales y por otro la recolección selectiva de residuos por medio de redes de contenedores en la ciudad. Regularmente las rutas de recogida selectiva dependen de las industrias que gestionan el residuo, pero dependiendo de la regulación y del residuo mismo, esta también puede depender del sistema local de recolección de residuos para aquellos susceptibles de ser reciclados y de fácil separación como el plástico, papel, cartón y vidrio<sup>1</sup>. A su vez, los residuos de difícil disposición final, o residuos altamente peligrosos para el medio ambiente, son comúnmente gestionados a través de las industrias que los generan en sus productos<sup>2</sup>, internalizando los costos en el precio al consumidor.

La literatura existente sobre la construcción las redes de recolección destaca su amplitud y su utilidad para la sociedad, pero no refleja su función como un servicio público en las ciudades; se observa más como un deber de las empresas cumpliendo la regulación existente, con un paradigma de minimización de costos. Bajo estas condiciones, buscar desde el diseño de las redes una cantidad adecuada de puntos de recolección en la ciudad se hace atractivo para los gestores, sean públicos o privados, pero también permitiría a los ciudadanos conocer la red y usarla de manera intensiva e intuitiva, generando conciencia social sobre su existencia y sobre los asuntos ambientales.

---

<sup>1</sup> Un ejemplo de esto es la política pública de gestión de residuos en España denominada Plan Nacional de Residuos Urbanos (PNRU).

<sup>2</sup> Un ejemplo son las redes de recolección de medicamentos vencidos, pilas en desuso y neumáticos descartados gestionadas por la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI).

Las actividades de logística inversa en las ciudades por lo general se analizan desde el enfoque medioambiental tradicional, bien sea exclusivamente para actividades de logística inversa o en su integración con las actividades de logística de flujos hacia delante (*Forward-reverse logistics*, o en enfoque *closed-loop supply chain*) (Dekker et al., 2010). En contraste, estos flujos de carga hacia adelante en el contexto urbano son abordados por la logística urbana (*City logistics*) que considera que cada carga, empresa y vehículo deben ser observados como parte de un sistema logístico integrado donde las cargas y los viajes son coordinados bajo un objetivo de optimización del transporte urbano reduciendo a su vez las externalidades de las actividades logísticas (Taniguchi et al., 2003) (Benjelloun & Crainic, 2009).

En este trabajo se busca encontrar puntos comunes, de manera conceptual, entre la logística urbana y la logística inversa como un aspecto a considerar en el diseño de las redes de recolección de artículos en pos-consumo, lo cual podría aumentar su eficiencia, en material recolectado por cada punto en la red, a partir de una adecuada localización de los puntos de recolección. Esto permite observar cómo las empresas están buscando formas de cumplir con la regulación a partir de su integración en sectores para disminuir el impacto de los costos de las actividades de logística inversa en el precio de los productos, involucrando la dimensión del territorio se puede hacer un acercamiento social para entender la dinámica y la estructura de las ciudades y de cómo las redes de recolección pueden ser adoptadas por la ciudadanía de forma más efectiva.

El artículo inicia ampliando las relaciones conceptuales observadas entre la logística urbana y la logística inversa, luego se hace un acercamiento a los elementos de la economía urbana y de la economía del transporte que aportan elementos importantes en la relación establecida, posteriormente se analizan los aspectos más importantes de las redes de recolección de artículos en pos-consumo como una forma práctica de entender la logística inversa-urbana para finalmente plantear el marco conceptual que rige la toma de decisiones de localización de puntos de recolección de artículos en pos-consumo como resultado del enfoque planteado.

## **2. LOGÍSTICA INVERSA Y LOGÍSTICA URBANA**

Observar a la logística inversa como una actividad de ciudad hace pensar en la relación directa con la logística urbana, si se considera un asunto de ciudad es necesario abordarlo desde un enfoque multidisciplinario. La logística inversa se ha vuelto un campo de estudio relevante por su impacto tanto en el desempeño medioambiental de las empresas como en el desarrollo de la ciudad. Ubicar las actividades logísticas en territorio, y este por contexto y como determinante de las decisiones en el diseño de los sistemas logísticos cambia el paradigma tradicional de optimización de costos y se enfoca a una visión económica en torno a la generación de beneficio social. A continuación se muestra cómo se hace una conexión tácita entre estos dos campos de la logística y las implicaciones que tiene para actores como las empresas y los consumidores.

La logística urbana se ocupa del estudio del impacto de los flujos de carga que generan las empresas en el tránsito, y el medio ambiente, especialmente de la distribución de mercancías en la ciudad, para Taniguchi (1999) la logística urbana es un proceso de optimización total de las actividades de las empresas con el soporte de tecnologías de información avanzadas en áreas urbanas. Es un tema relativamente reciente, por lo cual se puede observar una producción académica en transporte de mercancías en la ciudad menor que en otros contextos del transporte de carga como el transporte interregional en tren o de carga internacional en avión aun cuando solamente se refiera al punto de vista de la logística tradicional (Hesse & Rodrigue, 2004); puede esperarse entonces un incipiente interés por la logística inversa como un suceso urbano.

De manera general, la investigación en transporte en las ciudades gira en torno al transporte de pasajeros y al tránsito de agentes en la vía, en cambio la organización del transporte de carga se ha analizado en la historia de diferentes maneras, en primer lugar desde una mirada de los efectos y la conveniencia de la regulación punitiva como herramienta de organización de la ciudad, en segundo lugar a partir de una preocupación por los aspectos medioambientales donde se penaliza la generación de externalidades negativas de las actividades del transporte, siendo esto más una regulación ambiental que del transporte, y en un tercer lugar se identifica una regulación prestataria donde el estado interviene por medio del ordenamiento logístico, lo cual da origen a lo que se ha descrito como logística urbana (Dablanc, 2007) (Herce, 2009).

Dekker et al. (2010) describen cómo la regulación ambiental ha obligado a las industrias electrónica, farmacéutica y de bebidas a traer de regreso sus productos desde el consumidor final, y cómo otras han sido motivadas por el valor potencial de sus productos usados. Esto tiene grandes implicaciones en la gestión ambiental de las empresas debido a un cambio de paradigma donde la “economía en una dirección” está siendo reemplazada por la idea del ciclo del material desde la reducción de desperdicios acudiendo incluso a la ampliación del concepto del ciclo de vida del producto (Fleischmann et al., 1997). En términos de Dablanc (2007), la regulación del transporte de carga debería pasar de entenderse como una preocupación ambiental a pensarse desde una perspectiva de ordenamiento logístico en las ciudades. Este es uno de los aspectos que conecta directamente la logística inversa con la logística urbana ya que la regulación se ha encargado de requerir de la industria soluciones para mitigar los efectos de la operación tanto en contaminación visual y auditiva como en polución del aire y en general en todas las formas de afectación del medio ambiente, pero esto ha evolucionado para ser parte de una visión de ciudad donde la regulación está soportada en una política pública de organización logística. En esta relación la logística inversa y la urbana comparten el mismo objetivo.

Para Latinoamérica, en el trabajo de Lozano & Atún (2008) se han identificado las principales problemáticas de la logística urbana, se constituyen en retos relacionados con el desarrollo de la logística inversa y aspectos urbanos relacionados como la gestión de residuos industriales y domésticos, el ruteo para itinerarios de transporte de cargas peligrosas como la distribución de combustibles y la gestión de residuos hospitalarios, todas relacionadas con flujos logísticos hacia atrás. Estas problemáticas están siendo reguladas en las ciudades y la gestión de residuos en todas sus formas no es ajena a ello, lo cual establece una relación espacial entre la logística urbana y la logística inversa; como se ha insinuado anteriormente, una logística enmarcada en el territorio, en este caso urbano, pero también regional, y más conscientemente nacional, este último motivado fuertemente por los retos de la competitividad y la globalización.

Se tienen dos relaciones definidas, por objetivo y espacial, se pueden acotar aún más estableciendo la forma en cómo se da esta relación. En la Figura 1 se hace un esquema general de cómo la logística se da en la ciudad, a través de flujos hacia adelante (Forward) y flujos hacia atrás (Reverse), estos flujos a su vez dependen del almacenamiento, donde existe una relación inversamente proporcional para la conformación del sistema logístico dependiendo del tipo de flujo analizado; si se hace el símil con una red, los nodos corresponden a los almacenamientos que son quienes reciben o generan carga y que pueden ser entendidos también como actores en el sistema con un lugar en el espacio y una distancia entre sí, los flujos son las conexiones entre los nodos que deben cubrir las distancias entre ellos por medio del transporte a través de las rutas existentes entre los diferentes actores del sistema.

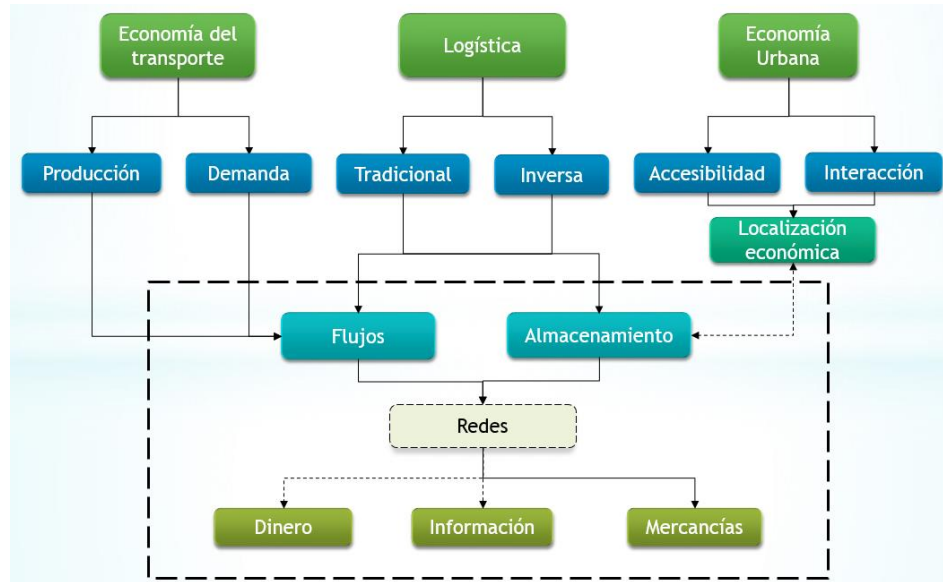
En una logística de flujos hacia adelante cuando se tiene gran capacidad de almacenamiento y se cuenta con inventarios en esta proporción, los viajes o flujos entre diferentes nodos son menores ya que, por diferentes circunstancias, la operación requiere la existencia de viajes con gran volumen, la eficiencia en costos en este caso se encuentra en el aprovechamiento de economías de escala por almacenamiento; esto implica un balance entre las actividades de almacenamiento y las actividades de transporte.

En una logística de flujos hacia atrás, la dinámica de la red logística depende del tipo de recolección, del producto a tratar, si es posible reusarlo, repararlo, reprocesarlo y de sus diferentes formas de disposición final segura (Barker & Zabinsky, 2008). Al igual que las actividades logísticas de flujos hacia adelante que son jalonadas por necesidades de la población y son empujadas por el productor<sup>3</sup>, las actividades de logística inversa deben ser ofertadas por el productor y usadas por el consumidor, deben existir incentivos para que funcionen como sistema y en sí como una actividad económica. En general, en la recolección en redes urbanas cuando un punto de recolección se llena debe existir un flujo de transporte que lo sirva habilitándolo para continuar con el servicio; para productos de mayor tamaño y con necesidad de clasificación, existe una mayor frecuencia de viajes por unidad a transportar a menudo costeados por el ciudadano para determinar su destino en el flujo interno, bien sea para reúso, re-manufactura, reciclaje o desensamble para la disposición final.

---

<sup>3</sup> En presencia de oferta en un mercado, el transporte y en general las actividades logísticas como transversales a otros eventos de actividad económica.

La regulación de las actividades de logística inversa busca la generación de beneficio social, para lo cual debe haber participación tanto del productor como de los consumidores, entender estas actividades como un hecho económico permite tomar mejores decisiones respecto a la generación de incentivos en los consumidores y la búsqueda de eficiencia del sistema que debe reconocer el entorno urbano para adaptarse a él, es decir, aplicar el objetivo de la logística urbana en cuanto a la optimización de los flujos de carga en la ciudad, lo cual implica recíprocamente la optimización de la localización del almacenamiento, e incluso ir más allá adoptando elementos de la economía urbana en el marco de referencia de la logística como se muestra en la Figura 1.



**Figura 1: Relaciones conceptuales entre la economía del transporte, la economía urbana, y la logística.**

Del marco de referencia se puede abstraer que al hablar de logística urbana no solo se habla de logística inversa, aunque al referirse a la logística inversa en ciudades se refiere a actividades entendibles como logística urbana, esto lleva a su vez a una logística del territorio, donde las actividades logísticas se adaptan en un enfoque visto en el transporte por medio de la economía del transporte. Esto es la logística inversa en las ciudades.

### 3. TEORÍA ECONÓMICA EN LA LOGÍSTICA: LA ECONOMÍA DEL TRANSPORTE Y LA ECONOMÍA URBANA.

Se han acotado algunos elementos económicos como parte de la relación entre logística inversa y logística urbana, en la Figura 1 se presentan dos de los enfoques económicos más relacionados con las actividades logísticas y su posible relación con la gestión de los flujos y de los almacenamientos. Se hace evidente la existencia de relaciones entre desarrollos teóricos de la economía del transporte con la gestión de los flujos en logística, que en sí mismos son transporte y que en el contexto urbano son del interés de la logística urbana. La economía urbana por medio de los conceptos de accesibilidad e interacción espacial comprende una primera relación directa con el almacenamiento, como nodo en la red, por la influencia que tiene sobre la decisión de localización.

Esta forma de concebir la logística atiende a las perspectivas económicas de trabajos exploratorios como los de Meijboom & Rongen (1995) y Tavasszy (2003)<sup>4</sup> en dimensiones territoriales regional y nacional respectivamente, que de la misma manera se ha visto necesaria en la Ingeniería del transporte a través de la relación existente entre la localización, los transportes y la renta del suelo urbano y que también hace parte de la esencia de la ingeniería industrial como una disciplina integral en permanente dialogo con otras ciencias.

<sup>4</sup> Especialmente Meijboom et al. (1995) como uno de los pocos estudios encontrados en la literatura que relaciona de manera directa las actividades logísticas con la economía, que asume al espacio como un elemento económico determinante en el análisis de las actividades humanas principalmente desde el concepto de la localización.

Se considera que el transporte es un facilitador de las actividades económicas y de las relaciones entre agentes, lo cual tiene relevancia en diferentes ámbitos territoriales. Según De Rus et al. (2003), con el estudio de la Economía del Transporte se establece una relación complementaria donde la economía también permite entender el desarrollo de procesos del transporte como industria, conformada por una gran cantidad de productores y consumidores, con relaciones homogéneas de oferta y demanda de movilidad de personas y carga, sobre las cuales se basa la operación de las empresas y el desarrollo de todos los demás sectores económicos.

El transporte en el marco de las actividades de las empresas se aborda desde la logística, que incluye también actividades de almacenamiento en una coordinación tanto con proveedores y clientes como de agentes internos en las organizaciones. Aunque estas definiciones no abordan una dimensión espacial, al igual que en la economía, se asume que todas las actividades se desarrollan en el espacio a un nivel territorial que cuenta con estructuras de mercado posibilitando la existencia de una organización industrial con algún nivel de concentración que hace del servicio logístico<sup>5</sup> un bien transable por precio en un mercado no necesariamente en competencia perfecta (Meunier & Quinet, 2012).

En la perspectiva económica se estudia la estructura de mercado de la industria del transporte, pero también puede entenderse de manera homóloga la existencia de estructuras de mercado para las actividades logísticas<sup>6</sup> como lo expresa Herce (2009) en un acercamiento a la logística urbana. Según esta corriente existen numerosos retos logísticos en las ciudades, esencialmente en la organización de los flujos de mercancías, lo cual embebe tanto el estudio de las actividades del transporte y de almacenamiento en ese nivel territorial como la dinámica de su regulación y las características determinantes del éxito de los sistemas logísticos (Dabanc, 1998), siendo estos últimos aspectos abordados en la economía urbana.

Las actividades del transporte en contextos urbanos generan mayores densidades de tránsito por mayor densidad de actividad económica, una mayor necesidad de algunos agentes económicos de estar más cerca unos de otros. Esta atracción de transacciones da lugar a una aglomeración física que puede generar congestión. En economía urbana, la aglomeración da lugar a lo que se conoce como competencia espacial, que se refiere a la posibilidad de acceso de los actores a determinados lugares, lo cual determina su conveniente localización relativa a otros agentes económicos. De la aglomeración surge también el principio de interacción espacial, sobre el cual se basa la configuración de flujos potenciales en el espacio urbano (Camagni, 2005).

Surge una dimensión espacial a considerar en este punto entre los orígenes y los destinos de los flujos, donde al igual que en logística da lugar a la formación de redes en las ciudades, e incluso entre las ciudades (Boix, 2003) siendo por un lado la localización de los agentes económicos en aglomeración urbana los nodos y por otro lado las conexiones con otras aglomeraciones los llamados flujos potenciales. Una decisión de localización tomada en este marco conceptual puede catalogarse como una localización económica pues aprovecha las aglomeraciones en el territorio utilizando menos recursos para atender a una mayor cantidad de personas y al tiempo genera economías de red donde el usuario tiene mayores posibilidades de interactuar con algún nodo del sistema, bien por tener facilidad de acceso, diversidad en la oferta y posibilitar comparación entre diferentes opciones, estos atributos son criterios considerados para la localización de actividades económicas en una ciudad (Johansson & Quigley, 2004) (Lewis, 1979).

La economía del transporte como forma de entender las actividades logísticas en el contexto social y la economía urbana como una forma de entender el contexto territorial que se rige por una serie de incentivos particulares, hacen del enfoque de teoría económica un insumo importante para la toma de decisiones en el diseño de sistemas logísticos. Se observa que el enfoque economía del transporte y urbana es similar al enfoque logística inversa y urbana y que una sinergia entre los conceptos manejados por las dos áreas permiten el entendimiento de problemas sociales al interior de los sistemas logísticos, particularmente los sistemas de logística inversa.

---

<sup>5</sup> Que complementa al transporte con actividades de almacenamiento como se ha descrito.

<sup>6</sup> A partir de la ejecución de la logística por las mismas empresas o la tercerización de estos procesos dependiendo de la factibilidad económica por complejidad de la operación en términos de una *relación uno a muchos, muchos a muchos o muchos a uno* de los productos y el destino.

## **LAS REDES DE RECOLECCIÓN DE ARTÍCULOS EN POS-CONSUMO**

De manera general, las redes de logística inversa se diseñan para el desarrollo de tres etapas. La recolección, donde se tiene contacto directo con los consumidores, agentes en la cadena de suministro que generan artículos defectuosos o en fases de pos-consumo; la clasificación, que evita el transporte de artículos que no se puedan reparar o que requieran disposición diferenciada y la destinación final de los artículos clasificados que determina la forma de recuperación de valor del material disponible (Barker & Zabinsky, 2008).

Los sistemas de logística inversa buscan mitigar el impacto negativo que tiene la presencia de artículos voluminosos o peligrosos en los vertederos y facilitar la recuperación de material útil en otros procesos productivos (Fleishmann et al., 2000). Los incentivos de oferta se basa en la regulación para residuos con difícil disposición final y en la recuperación de valor para materiales reutilizables o artículos reparables, los incentivos de demanda se basan en la preocupación por el medio ambiente y en general la concientización a la comunidad sobre la importancia de la separación de residuos en la fuente a partir del reciclaje.

La recolección de residuos urbanos enmarca la recolección en logística inversa. Existen rutas de recolección de basura en la ciudad tanto para residuos domésticos como para residuos de las empresas. La gestión de residuos desde la separación en la fuente se maneja como flujos distintos. Las empresas en el marco de sus sistemas de gestión ambiental disponen de métodos de reciclaje y disposición final adecuada de sus residuos. En los hogares se ha asumido la separación en la fuente, en algunos países con más fuerza que en otros, pero algunos de los residuos susceptibles de ingresar en un canal de logística inversa no siempre son recogidos en rutas de recolección domiciliarias, sino que deben ser depositados en puntos de recolección disponibles en toda la ciudad y entran en custodia de la industria encargada de gestionar el flujo inverso. Esta diferenciación de canales se hace en cumplimiento de la responsabilidad ampliada del productor. Son las industrias quienes han diseñado los puntos de recolección y quienes determinan su localización y la conformación de las redes de recolección en las ciudades.

Entonces la red de logística inversa cuenta inicialmente con una red de recolección, posteriormente con una red de puntos de acopio para la clasificación y como última instancia el destino adecuado de cada residuo en el flujo inverso. La red de recolección es el elemento de interés principal en la logística urbana ya que es la red que debe reconocer de manera directa las características de la ciudad en la que es diseñada; en contraste, la red de puntos de acopio para clasificación varía de acuerdo con el carácter del producto recolectado, más puntos de acopio a un producto con mayores opciones de clasificación evitaría el transporte innecesario de artículos, redes con menos puntos de acopio se ajustan más a productos con disposición final directa o que tienen un alto valor y deben ser inspeccionados cuidadosamente (Dekker et al., 1998), por lo cual esta no depende estrictamente de las condiciones de la estructura urbana.

Se ha identificado que la mayor parte de la investigación en logística inversa se centra en el diseño de la red en las tres etapas buscando la efectividad en costos. Existe una gran variedad de modelos que utilizan métodos de solución tanto lineales como no lineales y algunos modelos presentan una doble optimización, en donde para las actividades de recolección se busca una minimización de los costos de acuerdo con las restricciones del consumidor y aspectos estratégicos adicionales y para las actividades de clasificación y recuperación de valor se busca una maximización de los beneficios (Sasikumar & Kannan, 2008) (Srivastava, 2008).

La localización de los nodos en las redes se asume comúnmente discreta, lo cual funciona bien cuando la red se extiende a través de varias ciudades y tiene relación con puntos de recolección o acopio fuera de las ciudades (Jayant et al., 2012), pero estos modelos tienen desventajas cuando se pretende acotar consideraciones generales de la economía de los sistemas logísticos dada la limitada capacidad de sensibilidad y la relación entre varios parámetros no se hace explícita, por lo cual las conclusiones sobre los sistemas presentes en la vida real se basan en intensos experimentos numéricos más que en argumentos analíticos (Dekker et al., 2010).

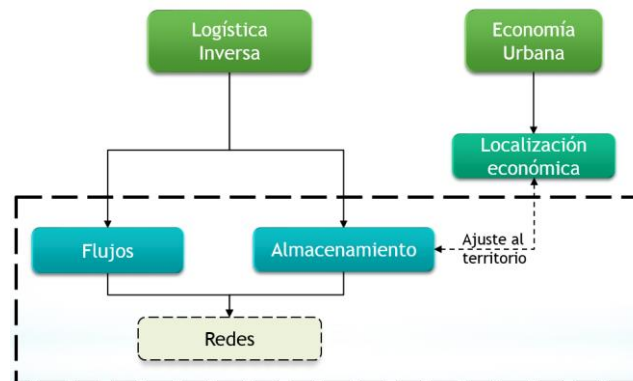
Considerar la demanda discreta en el espacio urbano lleva a inconsistencias en el diseño de la red de logística inversa, en especial en la red de recolección. Algunos autores han propuesto funciones que han desarrollado una llamada “metodología de aproximación continua” que permite reconocer la demanda a través de una función de densidad continua para la logística tradicional (Daganzo, 2005) (Wojanowky et al., 2007).

El estudio de la logística inversa reciente busca incorporar suposiciones más realistas de periodos de tiempo, niveles de red, estructuras de cadena de suministro integradas abiertas y cerradas y el uso de funciones de densidad de población más realistas (Jayant et al., 2012). Se plantea entonces que el diseño de las redes de logística inversa para artículos en pos-consumo bajo la responsabilidad de las empresas se enfoque en la red de recolección de forma profunda, ya que de esta depende el éxito o fracaso del sistema, es decir, se asegura una distribución óptima de los nodos de la red en las ciudades de tal manera que sean usados y que formen parte de un conjunto de redes de recolección donde la responsabilidad de la gestión de los residuos sea compartida entre las empresas y los consumidores.

De ser necesario, el marco teórico de la logística inversa debe reconocer desde el inicio su dimensión territorial, en este caso urbana bajo la existencia de la logística urbana, donde además los argumentos analíticos para el diseño de la red de logística inversa se toman del enfoque de la economía urbana y del transporte. El enfoque económico debe ser tenido en cuenta en el diseño de sistemas de logística inversa como resultado del encaje de conceptos mostrados en la Figura 1. Las implicaciones de estas consideraciones respecto a las redes de recolección en redes de logística inversa se encuentran en las decisiones de localización, entendiendo al sistema como una nueva actividad económica ajustada al territorio urbano.

#### 4. LA TOMA DE DECISIONES DE LOCALIZACIÓN EN LAS REDES DE LOGÍSTICA INVERSA

El concepto de localización económica hace parte de los elementos teóricos de la economía urbana y también hace parte de las recientes discusiones en el diseño de sistemas de logística inversa, donde se asume que la ubicación de los puntos de recolección permite una mejor atención de los consumidores, el cumplimiento de la normatividad con eficiencia y mayor beneficio social, en un marco de desarrollo urbanístico. Esto lleva a enfocar la relación directa entre el almacenamiento (nodos) en las redes logísticas con la localización económica por medio de un ajuste al territorio como se muestra en la Figura 2.



**Figura 2: El ajuste al territorio, conceptualización de la mejora en la eficiencia de una red de logística inversa por medio de la localización económica.**

Aunque en la literatura en ingeniería se reconoce la importancia de la localización en las redes logísticas, no se identifica una línea que aborde el concepto de localización más allá de las distancias y los costos de instalación embebidos, esta línea sí existe en el campo de la economía, iniciando con la Teoría General de la Localización (Isard, 1949) y sus desarrollos posteriores; de hecho, en lo descrito se muestra un constante acercamiento entre los dos campos en términos de una perspectiva investigativa que considera desde los conceptos hasta los modelos que tienen en cuenta la existencia de un balance entre la oferta del suministro y la demanda del servicio.

Recientemente los modelos para el diseño de las redes logísticas toman consciencia de la dimensión territorial pero no toman decisiones de localización con base en un acuerdo entre los datos y las observaciones del contexto, es decir, no se hace un adecuado análisis espacial del territorio que determine el diseño de las redes. Puede considerarse entonces que especialmente el diseño de las redes de recolección debe tener una clara orientación a atender la



demanda reduciendo los costos de transporte (o algún posible costo de transacción) en relación con los costos del productor en un equilibrio que optimice el beneficio económico y social generado por la operación del sistema.

Esta visión no reconoce como elemento esencial del diseño de las redes de logística inversa una doble optimización del productor, minimizando las actividades de recolección y maximizando el beneficio de la recuperación de valor, sino que reconoce una optimización del beneficio social para el sistema de logística inversa donde no se considera a los consumidores a través de una localización discreta en el espacio o como una restricción de máxima distancia (Sasikumar & Kannan, 2008), sino a través del reconocimiento del nivel territorial y de su localización espacial en términos de la adaptación de la red al espacio que implica aprovechar economías de aglomeración y economías de red. (Johansson & Quigley, 2004) (Boix, 2003) (Camagni, 2005).

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el diseño de sistemas logísticos las decisiones de localización se enfocan en los eslabones de las cadenas de suministro y no necesariamente en las personas y en el contexto. El presente trabajo propone un nuevo enfoque de diseño que recoge estas apreciaciones a partir de un minucioso estudio bibliográfico para describir las dinámicas de las redes de recolección de artículos en pos-consumo que hacen parte de sistemas de logística inversa gestionados por los productores.

Lo primero que reconoce el sistema de logística inversa es su dimensión territorial, en este caso urbana, por lo cual se contempla una relación directa con la logística urbana bajo un marco de referencia de formación de redes en tres etapas donde la red de recolección es la primera y la más importante porque se debe adaptar al consumidor. La relación conceptual de logística inversa y urbana apunta a una optimización completa de las actividades logísticas en la ciudad, tanto *forward* como *reverse*, ya que se rigen por los mismos principios. El diseño de la red de recolección es determinante y su ajuste a las dinámicas urbanas permite observar una relación con los principios económicos que buscan entender a las ciudades.

La logística de flujos hacia adelante comparte principios con el estudio económico del transporte, cuando se reconoce la dimensión territorial se añade el componente económico de uso del espacio con sus implicaciones sociales por medio del estudio de la economía urbana. En este contexto, el aprovechamiento de las aglomeraciones en la ciudad genera mayores eficiencias para el sistema de logística inversa bajo un enfoque de maximización del beneficio económico tanto para el productor como para el consumidor, esto es una localización económica.

Alrededor de la relación entre economía y logística, que habla del análisis del territorio para el diseño de las redes, hay un extenso trabajo por realizar; se recomienda hacer una comprobación de los planteamientos teóricos existentes por medio de herramientas cuantitativas como la *metodología de aproximación continua* estudiada por Daganzo (2005) y usada por Wojanowski et al. (2007), a la vez con argumentos analíticos cualitativos que se complementen para tomar decisiones de localización efectivas tomando en cuenta la localización de las personas en el territorio urbano. Adicionalmente, se recomienda explorar las interacciones espaciales que afectan estos procesos de diseño de redes, tanto en la regulación que las rige como en los incentivos económicos para su implementación, siempre en el contexto de la logística inversa como parte de la logística urbana y en sus relaciones con la economía urbana. Estos estudios pueden realizarse para la recuperación de artículos en pos-consumo de diferentes sectores, como lo son los medicamentos vencidos, las pilas agotadas y las llantas en desuso, para redes que tienen como principal incentivo de implementación la regulación ambiental y que son las de mayor implementación en América Latina.

## REFERENCIAS

- Barker, T. & Zabinsky, Z. (2008). "Reverse Logistics network design: a conceptual framework for decision making", *International Journal of Sustainable Engineering*, Vol. 1, No. 4, pp. 250-260.
- Benjelloun, A. & Crainic, T. G. (2009). "Trends, challenges and perspectives in city logistics", *Transportation and Land Use Interaction, Proceedings TRANSLU*. Vol. 8, pp. 269-284.
- Benjelloun, A., Crainic, T. G. & Bigras, Y. (2010). "Towards a taxonomy of City Logistics projects", *Procedia Social and Behavioral Sciences*. Vol. 2, pp. 6217-6228.
- Boix D., R. (2003). "Redes de ciudades y externalidades". Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España.
- Camagni, R. (2005). *Economía Urbana*. Barcelona: Antoni Bosch, pp 51-95.
- Dablanc, L. (1998). *Le transport de marchandises en ville*. Rueil-Malmaison: Éditions Liaisons.

- Dablanc, L. (2007). "La notion de développement urbain durable appliquée au transport des marchandises". *Cahiers Scientifiques du Transport*, Vol. 51, pp. 97-126.
- Daganzo, C. (2005). *Logistics Systems Analysis*, 4<sup>ta</sup> edición, Springer, Berlin.
- De Oliveria, L.K. (2007). "Modelagem para Avaliar a Viabilidade da Implantação de um Sistema de Distribuição de Pequenas Encomendas dentro dos Conceitos de City Logistics", Tesis de Doctorado. Universidad Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.
- De Rus, G., & Campos, J. (2003). *Economía del Transporte*. Antoni Bosch, Barcelona.
- Dekker, R., Bloemhof R., J., Fleischmann, M., Van Nunen, J., Van der Laan, E., & Van Wassenhove, L. (1998). "Operational Research in Reverse Logistics: Some Recent Contributions". *International Journal of Logistics: Research and Applications*, Vol. 1, No. 2, pp. 141-155.
- Dekker, R., Fleischmann, M., Inderfurth, K. & Van Wassenhove, L. (2010). *Reverse Logistics. Quantitative Models for Closed-Loop Supply Chains*. Springer, Berlin, 2010, pp. 1-93.
- Díaz Fernández, A., Alvarez Gil, M. J., & Gonzalez Torres, P. (2004). *Logística inversa y medio ambiente*. 1<sup>ra</sup> edición, McGraw-Hill, Madrid, pp. 3-88
- Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard, J., Dekker, R., Van der Laan, E., Van Nunen, J. & Van Wassenhove, L. (1997). "Quantitative models for reverse logistics: A Review". *European Journal of Operational Research*, Vol. 103, pp. 1-17.
- Fleischmann, M., Krikke, H. R., Dekker, R. & Flapper, S. D. P. (2000), "A characterization of logistics networks for product recovery". *Omega. The International Journal of Management Science*, Vol. 28, pp. 653-666.
- Gungor, A. & Gupta S. M. (1999). "Issues in environmentally conscious manufacturing and product recovery: a survey". *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 36, pp. 811-853
- Herce, M. (2009). *Sobre la Movilidad en la ciudad*. Barcelona, Editorial Reverté, pp. 267-299.
- Hesse, M., & Rodrigue, J.-P. (2004). "The transport geography of logistics and freight distribution". *Journal of Transport Geography*, Vol. 12, pp. 171-184.
- Ilgın, M. A. & Gupta, S. M. (2010). "Environmentally manufacturing and product recovery (ECMPRO): A review of the state of the art". *Journal of environmental Management*, Vol. 91, pp. 563-591.
- Isard, W. (1949). "The General Theory of Location and Space-Economy". *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 6, No. 4, pp. 476-506.
- Jayant, A., Gupta, P. & Garg, S. (2012). "Perspectives in Reverse Supply Chain management (R-SCM): A State of the Art Literature Review". *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, Vol. 6, No. 1, pp. 87-102.
- Johansson, B. & Quigley, J. (2004). "Agglomeration and networks in spatial economies". *Papers in Regional Science*, Vol. 83, p. 165-176.
- Lewis, P. (1979). *Urban Economics : A set approach*. Edward Arnold, Londres.
- Lozano, A. & Antún, J. P. (2008). *Propuestas de Centros Logísticos para el Valle de México*. Ciudad de México: Instituto de Ingeniería - Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 1-30.
- Meijboom, B. & Rongen, J. (1995). "Clustering, logistics and Spatial Economics". *Discussion Paper. Tilburg University. Center for Economic Research*, No. 17.
- Meunier, D. & Quinet, E. (2012). "Applications of transport economics and imperfect competition". *Research in Transportation Economics*. Vol. 36, pp. 19.-29
- Mori, T. & Nishikimi, K. (2002). "Economies of transport density and industrial agglomeration"
- Patier, D. & Browne, M. (2010). "A methodology for the evaluation of urban logistics innovations". *Procedia Social and Behavioral Sciences*. Vol. 2, pp. 6229-6241
- Sasikumar, P. & Kannan, G. (2008). "Issues in reverse supply chains, part II: reverse distribution issues - an overview". *International Journal of Sustainable Engineering*, Vol. 1, No. 4, pp. 234-249.
- Srivastava, S. (2008). "Network design for reverse logistics". *Omega. The International Journal of Management Science*, V. 36, pp. 535-548.
- Taniguchi, E. & Thompson, R. G. (1999). "Modelling city logistics". En *City Logistics I*, Taniguchi, E. & Thompson, R. G (Eds). Institute of Systems Science Research, Kyoto, Japón, pp.3-38.
- Taniguchi, E., Thompson, R. G. & Yamada, T. (2003). "Predicting the effects of city logistics schemes". *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*", Vol. 23, No. 4, pp. 489-515.
- Tavasszy, L. (2003). "Emerging Global Logistics Networks: Implications for Transport Systems and Policies". *Growth and change*, Vol. 34, No. 4, pp. 456-472.
- Wojanowski, R., Verter, V. & Boyaci, T. (2007). "Retail-Collection network design under deposit refund". *Computers & Operation Research*, Vol. 34, pp. 324-345.

### **Autorización y renuncia**

Los autores autorizan a LACEEI a publicar el artículo en las memorias del congreso. LACEEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo expresado en este artículo.