

marco de la prevención de los accidentes *in itinere*⁷ a los que los trabajadores tenían que dar su conformidad (y las empresas podían reducir las cotizaciones), permitieron iniciar un espacio de negociación entre los delegados de personal y la dirección de la empresa para tratar la mejora de la movilidad de los trabajadores. Desgraciadamente, un reciente decreto que sustituye al anterior ha eliminado este incentivo.

Al mismo tiempo, la negociación colectiva puede determinar que la empresa incorpore el plan de movilidad en los estudios para obtener un certificado de gestión ambiental. Por ejemplo, tal y como dispone el certificado EMAS (sistema comunitario de gestión y auditoría ambiental), los trabajadores tienen derecho a recibir información y formación, así como, a participar en el proceso de implantación y seguimiento del certificado.

Más allá de los planes de desplazamiento de empresa, las formas en que se han trasladado a la negociación colectiva las actuaciones para reducir la dependencia del vehículo privado motorizado y el fomento de los modos y prácticas alternativas, a pesar de ser todavía escasas, son muy variadas y van aumentando. Así, una medida que puede tener un amplio recorrido es la que establece una exención en la tributación del impuesto sobre la renta del importe destinado al pago del transporte público en los desplazamientos entre la residencia y el centro de trabajo⁸.

Otro campo que da juego al pacto entre las partes es la responsabilidad social corporativa, entendida como "la integración voluntaria por parte de las empresas de las cuestiones sociales y medioambientales en las operaciones y en las relaciones con los clientes, los proveedores, los trabajadores, los accionistas y la comunidad en que opera".⁹

En este marco, ha sido sobre todo por medio de la acción sindical que se han logrado avances en esta materia. Cada vez tenemos más experiencias en que los delegados han promovido acuerdos para sacar adelante medidas efectivas en movilidad sostenible, tales como:

- Puesta en marcha y ampliación de servicios de autobuses de empresa; incluso han surgido iniciativas para mancomunar estos servicios de transporte colectivo entre varias empresas.
- Pago, por parte de las empresas, íntegramente o parcialmente, de títulos de transporte público a los trabajadores o de abonos a los servicios públicos de préstamo de bicicletas.
- Instalación de aparcamientos seguros, duchas y vestuarios para fomentar el uso de la bicicleta; pero también impartir formación teórica y práctica de cursos para circular en bicicleta y para hacer pequeñas reparaciones y mantenimiento; del mismo modo, las empresas han distribuido bicicletas a sus trabajadores para los desplazamientos al trabajo.
- Implantación de aplicaciones informáticas para gestionar el coche compartido, conjuntamente con la oferta de aparcamiento reservado en el recinto de las empresas y de incentivos económicos.
- Establecimiento de pactos para promover el teletrabajo con condiciones convenientes para ambas partes, con el fin de reducir la movilidad.

- Información y explicación a los trabajadores de los servicios de transporte público que dan servicio a los centros de trabajo, así como, de los accesos a pie y en bicicleta.

- Realización de campañas informativas y formativas para sensibilizar y concienciar a los trabajadores de los beneficios que comporta el cambio de hábitos en movilidad.

Otro de los logros obtenidos, gracias a la negociación colectiva, y que ha favorecido estos progresos, ha sido la creación de espacios estables de negociación entre los delegados de personal y las direcciones de empresa o de la función pública, donde se tratan los aspectos relacionados con la movilidad en el trabajo.

A todo ello cabe añadir que, para llevar a cabo y triunfar en las propuestas sindicales, desde el sindicato se ha impartido formación y se ha editado un buen número de materiales de apoyo. Sobre todo, se ha ofrecido asesoramiento y orientación técnica y sindical a los representantes de los trabajadores para emprender, con conocimientos y habilidad, acciones de negociación colectiva para fomentar la movilidad sostenible, segura, saludable y equitativa para acceder a los centros de trabajo¹⁰.

ESTRATEGIAS DE DISTRIBUCIÓN DE MERCANCÍAS PARA FOMENTAR UNA MOVILIDAD MÁS SOSTENIBLE

MIQUEL ESTRADA ROMEU
JOSÉ MAGÍN CAMPOS CACHEDA

Escuela técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña

1. Problemática de la distribución de mercancías en las ciudades

La población mundial está inmersa en un proceso de concentración en ciudades o áreas metropolitanas debido al acceso diferencial a oportunidades económicas o servicios diferenciales (UNFPA, 2012). El año 2008 fue el primero en que las aglomeraciones urbanas superaron en número de población a las zonas rurales (UNFPA, 2007). Con el fin de permitir esta concentración, las ciudades tienen que proveer unas redes eficientes de servicios para garantizar su funcionamiento, seguir ofreciendo estas oportunidades y satisfacer las necesidades futuras de los ciudadanos a un coste adecuado. Este es el caso de la distribución urbana de mercancías, de ahora en adelante DUM. La DUM es la manifestación física de las relaciones económicas entre empresas productoras y consumidores en las ciudades.

Existe un reto económico. La demanda de flujos de mercancías en la ciudad ha crecido y seguirá creciendo en número absoluto (toneladas), en frecuencia de entregas y en calidad (compromisos de satisfacción de los requerimientos temporales de los clientes). Se están consolidando nuevos paradigmas de comercio (electrónico, just-in-time) que incrementarán las necesidades físicas de distribución. La pregunta a hacerse es si las redes existentes o futuras de distribución de productos podrán soportar los requerimientos físicos que generarán

las nuevas formas de comercio, en particular, el electrónico.

Siguiendo la lógica de optimización de sistemas, la DUM en una ciudad tendría que disponer de una serie de recursos (vehículos, energía, personal, espacio urbano) para dar una respuesta adecuada a la demanda de aprovisionamiento de bienes de consumo. Cualquier incidencia en la distribución física de los productos (demoras, incertidumbre en las entregas, etc), tiene una incidencia significativa en la economía de una área metropolitana, que podría ser valorada en pérdidas económicas por baja producción, en incrementos de inventario de productos o en mayores costes logísticos.

Sin embargo, los flujos de mercancías generan efectos negativos como congestión, contaminación atmosférica y acústica, y un desgaste y deterioro de las infraestructuras de transporte. Y es que la movilidad de las mercancías representa entre el 10% y el 25% del total de los desplazamientos de una ciudad, medido en kilómetros por vehículo, pero ocasiona del 25% al 50% de las emisiones contaminantes. El parque de vehículos comerciales en Cataluña (DGT, 2015) constaba de 764.793 vehículos, el 43% de los cuales eran camiones de menos de 3.500 kg; el 6,5%, camiones superiores a 3.500 kg y el 50,5%, furgonetas. El tipo de combustible más utilizado por el parque móvil es el diésel (87,2% de los vehículos), seguido de la gasolina (12,5%). Los vehículos eléctricos solo representan el 0,11% del total, seguidos del gas natural comprimido, con un 0,010%. A la vez, es alarmante la elevada antigüedad del parque de vehículos comerciales censado (valor promedio de 13 años según la DGT, 2015) y que los vehículos más respetuosos con el medio ambiente (híbridos, eléctricos) tengan una cuota de mercado prácticamente anecdótica.

Esta movilidad de mercancías es creciente: en los últimos años se han recuperado los valores que se habían perdido anteriormente debido a la crisis, como se puede apreciar en las tablas siguientes para el caso de Cataluña y Barcelona.

Entre los problemas básicos de la DUM podemos destacar, por un lado, el tráfico de agitación, es decir, vehículos que circulan para encontrar un sitio donde aparcar, y que genera una logística poco adaptada a la ciudad, con incremento de los impactos ambientales; y por el otro, el estacionamiento no reglamentario, que origina interferencias al resto de flujos de las vías públicas y a las operaciones realizadas por otros usuarios fuera de la calzada y que afecta a la seguridad vial. Por este motivo a nivel europeo se han ido proponiendo medidas de solución para la logística urbana.

Las operaciones de transporte de mercancías en las áreas metropolitanas suponen frecuentemente un alto coste de transporte y un alto riesgo en el aprovisionamiento del servicio. En este sentido, la política de transporte tendría que maximizar los beneficios sociales de la actividad productiva a la vez que minimizar las externalidades negativas creadas por los flujos de los vehículos de distribución de los bienes de consumo.

No obstante, los objetivos de esta política de transporte chocan con todo un conjunto de condicionantes y restricciones técnicas, económicas, urbanísticas y organizativas que a menudo provocan que la realidad se aleje de este óptimo deseable. En primer

⁷ Real decreto 404/2010, de 31 de marzo, por el que se regula el establecimiento de un sistema de reducción de las cotizaciones por contingencias profesionales en las empresas que hayan contribuido especialmente a la disminución y prevención de la siniestralidad laboral.

⁸ Real Decreto 1788/2010, de 30 de diciembre, por el que se modifican los Reglamentos de los Impuestos sobre la Renta de las Personas Físicas.

⁹ Libro verde para el fomento de un marco europeo para la responsabilidad social de las empresas. Comunicación de la Comisión Europea del año 2001.

¹⁰ Portal de movilidad sostenible en el trabajo de ISTAS/CCOO <http://movilidad.istas.net>

lugar, si bien otras redes de distribución de servicios (agua, gas o electricidad) disponen de infraestructura exclusiva o derechos de paso regulados, la DUM tiene que compartir el espacio urbano con otros usos y servicios. Este hecho provoca una variabilidad de los tiempos de distribución, ya que dependen de los usos y demanda potencial de la red de transporte. La DUM utiliza la red de calles de las ciudades y el único espacio reservado de que dispone son las zonas de carga y descarga con diferentes periodos a lo largo del día.

Asimismo, debido a la multiplicidad de actores que participan y toman decisiones en la DUM resulta compleja la nueva gestión. Muy a menudo la situación actual es el resultado de un equilibrio económico entre los agentes. Cualquier nueva medida innovadora puede causar un efecto económico negativo en algún actor del sistema, lo que imposibilita el despliegue de la misma.

En este sentido, las Administraciones locales (que tienen capacidades ejecutoras), regionales, nacionales y supranacionales (financiadoras en materia de investigación e innovación) han planteado medidas para mejorar las prestaciones de la DUM y reducir sus efectos negativos. (BESTUFS, 2007; STRAIGHTSOL, 2014; Citylog, 2013; SMARTFREIGHT, 2016). No obstante, los esfuerzos se han centrado en desarrollar metodologías para realizar una evaluación ex-post de los resultados obtenidos en varias pruebas piloto, proponer lecciones a aprender y plantear posibles extensiones o transferencia de resultados a otros emplazamientos. Desdichadamente, no se ha llegado a generalizar su uso ni a proponer estimaciones ex-ante de los efectos de la medida en el sistema de transporte, obviando las relaciones causa-efecto entre variables.

Los criterios de sostenibilidad a menudo impiden una respuesta efectiva a los requerimientos y retos del transporte de mercancías en las ciudades, a pesar del especial interés en la economía de la aglomeración y los efectos en las cadenas de aprovisionamiento. Los retos requieren soluciones prácticas debidamente contrastadas que beneficien a la sociedad y al medio ambiente a la vez que al sistema de DUM.

El objetivo de este documento es identificar si las medidas innovadoras sobre la DUM que están planteando las distintas Administraciones son compatibles con las relaciones económicas entre los agentes que intervienen, e identificar qué grado de mejora del sistema actual pueden conseguir. Se analizan las diferentes familias de medidas de innovación en la DUM, identificando los puntos débiles y las oportunidades. Finalmente, se analizan a nivel de resultados dos de las medidas más prometedoras, la consolidación de mercancías y la distribución nocturna, pero que plantean unos retos organizativos y de gestión complejos.

2. Nuevas tendencias de consumo

El movimiento de mercancías es un tema crucial en las ciudades, ya que afecta al resto de actividades que se realizan en las vías públicas, y convive con la movilidad de personas y los servicios que circulan por estas vías. Nuestras sociedades son cada vez más urbanas (según el libro de la movilidad de la UE de 2007, el 60% de los habitantes de la UE viven en ciudades de más de 10.000 habitantes), con lo que los problemas derivados de la convivencia de flujos con características totalmente diversas se ven aumentados.

El crecimiento del movimiento de mercancías en las ciudades coincide con un aumento importante del uso del comercio electrónico, que está modificando la estructura funcional de la logística urbana. El negocio del comer-

cio electrónico ya representa el 55% de los ingresos de las empresas de logística en España, de forma que las empresas de mensajería han pasado del 15% al 60% en envíos a particulares desde 2012 (datos aportados por Francisco Aranda, secretario general de UNO, y recogidos en una entrevista en el periódico digital *todotransporte.com*).

Según los datos de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC), el comercio electrónico llegó en España a los 6.166,8 millones de euros en el tercer trimestre de 2016, un 16,3% más que el año anterior.

Si en el comercio tradicional es el consumidor el que se desplaza para adquirir el bien, en el comercio electrónico con entregas domiciliarias es el transportista quien se ocupa de toda la cadena logística productor-consumidor. Este hecho, junto con el incremento del comercio electrónico, tiene una repercusión clara y muy directa sobre la DUM, ya que se incrementan significativamente los envíos a entregar dentro de las zonas urbanas, envíos que suelen ser de pequeño volumen y que cuentan con una elevada dispersión geográfica. En este sentido, en la CNMC del año 2016 se apuntaba que los envíos de mensajería y paquetería aumentaron el 20,9% (336 millones de envíos gestionados) en 2015 impulsados por el crecimiento del comercio electrónico.

El comercio electrónico está poniendo al límite al sector logístico, que empieza a cuestionarse si tiene capacidad o recursos para absorber la creciente actividad de las ventas *on-line*. El comercio electrónico obliga a entregas además de rápidas (en 24-72 horas y, más recientemente, envíos en la siguiente hora como ofrecen los grandes operadores logísticos) que tensionan las cadenas de aprovisionamiento, obligando a que prácticamente cada pedido requiera un vehículo. Asimismo, el hecho de dar un servicio de calidad al cliente, permitiendo que pueda escoger varias franjas horarias para recibir el paquete, obliga al transportista a que tenga que visitar varias veces al día una misma zona urbana, incrementando los costes de transporte y la congestión.

En este marco, se puede afirmar que la tendencia de consumo individual está totalmente desalineada de los objetivos de reducción de las externalidades negativas del transporte en las ciudades y de la lógica de eficiencia de costes de los transportistas. Este hecho está provocando una reestructuración del sector de la distribución, con un nuevo planteamiento de tarifas y de asociación entre empresas. Las ciudades tienen que prepararse ante este reto, aportando soluciones innovadoras para reducir los efectos negativos, como regular o normativizar la extensión de este modelo económico.

3. Relación entre los actores y las medidas de mejora de la DUM

Los actores básicos que condicionan las características económicas de la DUM son los proveedores y los receptores de la mercancía (Holguín-Veras y Sánchez-Díaz, 2016). Representan al productor y al consumidor final de la cadena de aprovisionamiento de los bienes de consumo. Las relaciones existentes entre ellos son cruciales para entender el comportamiento de los transportistas así como la expresión física y organización de los servicios de la DUM. Entendemos que los receptores son empresas, tiendas, departamentos comerciales e, incluso, Administraciones públicas. También se puede extender a entregas a viviendas (*home deliveries*). Los receptores demandan bienes de consumo con determinadas frecuencias y ventanas temporales. Por otra parte, los proveedores son empresas que producen y aportan bienes de consumo al mercado. Finalmente,

los transportistas son los responsables de realizar los servicios de transporte desde los proveedores a los diferentes receptores. Aparte de estos agentes básicos, algunas nuevas medidas de mejora de la DUM, como la consolidación de mercancía, implicarían la creación de nuevos agentes como el operador del centro de consolidación de mercancía (operador CC).

En la figura 2 se representan las relaciones básicas entre las partes interesadas y la identificación de las variables económicas y físicas que afectan a los costes de transporte. Básicamente, los proveedores y receptores controlan la cantidad de productos que se entregarán (yk), la frecuencia de los envíos (Qk) y las ventanas de tiempo de recogida / entrega (Hk) en cada relación económica k entre ellos. Por otra parte, también establecen el precio de adquisición (Pk) de los productos. Por lo tanto, las compañías de transporte definen la tarifa de transporte (PC) para operar la red física y tienen que adaptar su flota (VC), horario y rutas (RC) para cumplir con los requisitos de los primeros. No obstante, los gobiernos locales han promovido medidas para mejorar la eficiencia y reducir los efectos externos en la logística urbana (χL). Muy a menudo, las Administraciones locales han sido el agente que ha fomentado el desarrollo de medidas de innovación para mejorar la calidad de vida en la ciudad (menos congestión, menos emisiones).

Estos conjuntos de medidas obligatorias (χL) están destinadas a los transportistas (el agente que distribuye las mercancías). Ellos tienen que reorganizar su cadena logística para cumplir con los requerimientos de receptores y proveedores, así como las regulaciones gubernamentales locales. No obstante, la gran mayoría de regulaciones sobre la DUM no tienen ningún efecto en las decisiones económicas entre proveedores y receptores (capa económica), sino que se centran en el agente que materializa físicamente las relaciones económicas en la red de transporte: el transportista. Se corrobora en varios estudios (Holguín-Veras et al., 2008) que los transportistas no pueden obligar a los receptores a modificar las ventanas de tiempo de entrega, incluso si se lleva a cabo una nueva regulación de la ciudad. De hecho, la distribución de productos a través de un centro de consolidación no representa, a primera vista, una medida tan atractiva para los proveedores o receptores, ya que no afecta a las relaciones económicas entre ellos (Hk , Qk , yk , Pk). De hecho, crea un nuevo agente, el operador del centro de consolidación (CC), al que cada transportista y le traspasa una fracción μ de todos los envíos N , que tenga que gestionar. Como contrapartida, el operador del CC cobra una tarifa $\theta CF(k)$ al transportista en cuestión por responsabilizarse de la distribución de la mercancía en un entorno urbano.

Entender la lógica de las relaciones económicas, físicas y normativas entre los agentes es clave para analizar la viabilidad de una medida antes de llevarla a cabo.

4. Análisis de medidas de mejora de la DUM

En un último estudio realizado (Holguín-Veras et al., 2015) se han identificado más de 50 medidas de mejora de la DUM, con una gran heterogeneidad en eficiencia y consecución de objetivos. Este gran abanico de medidas se puede clasificar en 8 grandes grupos de iniciativas de mejora de la DUM. Las medidas se articulan en actuaciones basadas en cambiar y mejorar la oferta de infraestructuras, instalaciones y vehículos para llevar a cabo la DUM; y actuaciones enfocadas a cambiar la demanda y el comportamiento de los principales actores que originan los flujos comerciales en una ciudad.

4.1. Gestión de infraestructuras

Estas iniciativas se basan en la construcción de nuevas infraestructuras o modificación de las existentes para mejorar el flujo de mercancías, debido a la falta de capacidad infraestructural o problemas de dimensiones de las instalaciones para permitir el servicio a los vehículos de carga. Ejemplos de estas medidas son la construcción de vías perimetrales en las ciudades para evitar el tráfico de vehículos pesados en el interior de las ciudades, desarrollo de centros de distribución y polígonos industriales, vías de acceso segregadas en plataformas logísticas o centros comerciales. Estas medidas facilitan el flujo de vehículos comerciales pero no actúan directamente sobre las variables económicas que controlan la actividad económica entre proveedores y receptores.

4.2. Gestión de aparcamiento y zonas de carga y descarga

En los centros de negocio y zonas comerciales de las ciudades suele haber una carencia de zonas de carga y descarga (C/D) para los vehículos de la DUM, que se traduce en operaciones de aparcamiento ilegal e incremento del tráfico de agitación para buscar una plaza disponible. En función de la normativa vigente, las plazas de carga y descarga destinadas, en un primer momento, a la DUM también pueden ser utilizadas por los vehículos privados de los residentes y por vehículos de mantenimiento, de reparación o de actividad comercial. Estos últimos casos implican un tiempo de estacionamiento muy superior para los vehículos de la DUM, lo que todavía agrava más el problema de carencia de espacio. Con el fin de dar respuesta a esta problemática, algunas ciudades han dispuesto un espacio compartido en las aceras para uso exclusivo de vehículos de carga. En otras iniciativas se asigna temporalmente el uso de los espacios de carga y descarga a un vehículo comercial concreto (previa demanda) y en algunos casos se llega a implementar un pago por uso del aparcamiento (prueba piloto en Lisboa, STRAIGHTSOL, 2014). Alternativamente, en zonas con un número de plazas de C/D reducido que generan grandes flujos de mercancías se han creado las áreas de descarga y acumulación (staging areas). Son instalaciones ubicadas donde existe disponibilidad de espacio, a media distancia de estas zonas, donde la mercancía se descarga de los vehículos comerciales y se distribuye a los receptores finales en vehículos de reducidas dimensiones (bicicletas, trolleys) o a pie.

4.3. Estrategias orientadas al vehículo

Estas iniciativas tienen como objetivo reducir el impacto de los vehículos comerciales de la DUM en la sostenibilidad ambiental. Algunas ciudades han restringido de forma general la entrada de los vehículos a los centros de actividad económica. Solo se permite el acceso a vehículos de bajas emisiones que cumplen unos determinados estándares o etiquetas medioambientales (EURO I-VI), o que utilizan otras fuentes de energía alternativas a las derivadas del petróleo. En los últimos años se ha apostado por el uso de vehículos eléctricos para la distribución. Si bien existen furgonetas y camiones ligeros con esta fuente de energía, su alcance es todavía reducido para garantizar el kilometraje medio de los vehículos. No obstante, la evolución tecnológica en las baterías eléctricas es muy rápida y actualmente el principal productor de vehículos eléctricos de alta gama ya ha presentado prototipos de camiones ligeros y pesados. Asimismo, también se está apostado por la sustitución de vehículos motorizados en la última milla, con la utilización de triciclos o bicicletas (asistidas por motor eléctrico o convencionales) o trolleys manipulados por operadores a pie.

4.4. Gestión del tráfico

Estas medidas tienen como objetivo mejorar las condiciones de tráfico utilizando restricciones de acceso, gestión de carriles y técnicas de control de tráfico. Las medidas de restricción de acceso se basan en limitar parcial o totalmente la entrada de vehículos en determinadas zonas urbanas en función del tipo de vehículo (tamaño, peso o etiquetado ambiental), y la ventana temporal del viaje.

Estas restricciones no son bien recibidas por la mayoría de los transportistas, ya que se traducen en cambios operacionales de mayor coste. En un principio, las medidas de restricción de acceso a una zona en base a un tamaño máximo admisible mejoran la seguridad vial en entornos comerciales, pero tienen como contrapartida que el mismo volumen de mercancía tiene que ser transportado por un número mayor de vehículos de tamaño inferior. Existen diversos análisis en que se constata que este hecho ha empeorado la calidad de vida en la ciudad, al incrementarse la congestión y las emisiones (15% de incremento de vehículos/kilómetro y emisiones de CO, NO_x en varias ciudades inglesas, Anderson et al., 2005). No obstante, las restricciones de acceso según el etiquetado medioambiental de los vehículos (apartado 4.3.) han conseguido una reducción de las emisiones contaminantes en el entorno de aplicación. En algunos casos, estos vehículos respetuosos con el medio ambiente han sido beneficiados por el uso exclusivo de zonas de carga y descarga y carriles especiales.

Por otra parte, las restricciones temporales de acceso tienen como objetivo reducir el tráfico de mercancías en los momentos del día más congestionados en zonas específicas de una ciudad. Básicamente, existen restricciones en algunas franjas temporales diurnas, restricciones durante todo el periodo diurno y restricciones durante todo el periodo nocturno. Estas medidas son a menudo bien valoradas por los ciudadanos. No obstante, estas medidas se aplican sobre los transportistas y no tienen en cuenta las restricciones temporales que imponen los receptores (comercios), lo que imposibilita la compatibilidad de las medidas con la realidad de la DUM. Adicionalmente, varios trabajos que han cuantificado los impactos de las restricciones han llegado a la conclusión de que las restricciones temporales reducen las externalidades negativas dentro de la zona de aplicación pero que las incrementan en su entorno, ya que los transportistas suelen utilizar rutas de distribución más largas (Van Rooijen et al., 2008; Quak y De Koster, 2009). Asimismo, otros estudios concluyen que estas medidas son totalmente ineficientes, ya que incrementan los costes operativos y el volumen total de las emisiones. En algunas implementaciones prácticas en ciudades asiáticas, las restricciones temporales diurnas en vehículos comerciales han supuesto que las empresas transportistas utilicen vehículos utilitarios (coches) durante el día para poder seguir operando regularmente, incrementando los costes operativos y las externalidades negativas del sector.

4.5. Fijación de precios, incentivos e impuestos

Estas estrategias utilizan inputs monetarios para lograr determinados objetivos públicos como la generación de ingresos, fomento del uso de tecnologías emergentes o gestión de la demanda, entre muchos otros. La aplicación de peajes o tasas a la DUM se ha recomendado para reducir el tráfico de mercancías mediante la promoción de una mejor utilización de la capacidad de transporte (Ogden, 1992; Allen y Browne, 2010). En principio, el aumento de los costes de transporte producido por el peaje daría lugar a una reducción en el tráfico de mercancías.

No obstante, los transportistas no pueden cambiar unilateralmente los plazos de entrega y tienen un poder limitado para transferir los costes de peaje a sus clientes. Como resultado, las compañías tienden a absorber los costes de peaje y a evitar cualquier cambio operacional que podría alterar a sus clientes y conducir a la pérdida de negocio.

Por esta razón, se recomienda el uso de incentivos monetarios y no monetarios para fomentar prácticas sostenibles en uno o más agentes en la cadena de suministro, especialmente en los agentes de la capa económica de la figura 1. En este contexto, la combinación de regulaciones e incentivos a los receptores, extensible a los transportistas (cambio a vehículos más limpios) es probable que tenga un impacto significativo en el comportamiento de los agentes de carga.

4.6. Gestión logística

El objetivo principal de estas estrategias es alterar la gestión y organización de cada actor participante en la DUM para reducir las externalidades negativas producidas. Estas estrategias también se pueden enfocar a mejorar la eficiencia de los desplazamientos de entrega de última milla a través del uso de energías limpias; la gestión de las rutas (reducción de los viajes en vacío o con bajo factor de carga); y la consolidación de los viajes de distribución. En este sentido, el uso de centros de consolidación urbana ha sido una medida que ha generado mucha controversia, pero que permite alcanzar reducciones notables de costes y de externalidades (ver apartado 5). La gestión logística también se puede beneficiar de nuevas innovaciones en sistemas de datos en tiempo real y plataformas de tecnologías de información y comunicación. Estos sistemas permiten una trazabilidad de los envíos, evitar aquella parte de la red de distribución en congestión y desarrollar rutas logísticas en tiempo real. Finalmente, en este grupo también se abordan medidas de mejora de la red capilar de distribución o de última milla, donde se han aplicado ventanas temporales de recepción de mercancías a grandes centros atrayentes, programas de formación de conducción eficiente para conductores, así como puntos alternativos de entrega de la mercancía. El objetivo de esta última medida es evitar que los vehículos de distribución tengan que visitar la localización de cada cliente y alternativamente, descargan toda la mercancía asociada a una zona en pequeños almacenes, armarios de uso exclusivo o tiendas asociadas, de forma que el cliente final tiene que desplazarse hasta este punto para recuperar su paquete.

4.7. Gestión de la demanda de mercancías y usos del suelo

Las externalidades negativas producidas por el tráfico de camiones se abordan en estas estrategias mediante la modificación de la demanda y el comportamiento de los receptores. Eminentemente, existen dos familias de medidas: la primera busca modificar la naturaleza de la demanda de carga; la segunda se centra en el uso del espacio urbano y los usos del suelo.

La primera familia se basa en el desarrollo de programas voluntarios de distribución en periodo valle o nocturno, creando un sistema de incentivos a los receptores. Esta medida se analiza de forma más detallada en el apartado 6. Paralelamente a esta medida, se puede plantear una política de redistribución de las horas comerciales, cambios de modo transporte (tranvía, barcasas en ciudades con canales navegables, metro) y de recepción de la mercancía por parte de los receptores y medidas de consolidación de mercancías en áreas comerciales o en edificios enfocadas a los receptores. A diferencia de los centros

de consolidación orientados al transportista, donde los envíos desde los productores se realizan de forma independiente hacia el centro, en este caso los receptores de una zona pueden desarrollar una política conjunta de compras o de transportistas.

La segunda familia hace referencia a la concentración espacial y a la distribución de las actividades económicas que producen o consumen carga. Si bien el concepto de transporte de mercancías relaciona los volúmenes de mercancías con los centros de distribución ubicados en las afueras de las áreas metropolitanas, la mayor parte del tráfico de camiones es producido por pequeños establecimientos de los sectores detallistas y de alimentos. Por otra parte, más de la mitad de los sectores industriales y comerciales son consumidores intensivos del sector del transporte de mercancías. Las tasas de generación y atracción de mercancías no dependen de forma directa del tamaño de la empresa (Woudsma, 2001). Por lo tanto, los pequeños comercios generan proporcionalmente más tráfico que los grandes. En este sentido, varias ciudades han promovido la dispersión de la logística, alejando centros de distribución de los centros de las ciudades mientras que otras han desarrollado políticas de control de las actividades económicas a la ciudad para mantener los desplazamientos de mercancías dentro de unos flujos máximos.

4.8. Gestión de los actores involucrados en la DUM

Uno de los principales escollos para el desarrollo de las medidas citadas anteriormente es la participación, implicación y liderazgo del sector público y entes públicos en la DUM, así como el acercamiento de las medidas al sector privado. El sector público no puede hacer frente a los problemas de transporte de mercancías sin comprender las interacciones económicas y los fenómenos involucrados descritos en el capítulo 3. A menudo, las decisiones políticas relativas a la zonificación, conceptos de diseño urbano, las normas de estacionamiento, y las restricciones en las rutas de camiones pueden dar lugar a problemas no deseados (Jones et al., 2009). La participación efectiva del sector privado requiere la creación de mecanismos para discutir el modelo de DUM de una ciudad con las comunidades para identificar posibles soluciones. En este sentido, se han desarrollado campañas de creación de un gestor de movilidad de mercancías en los principales puntos generadores o atrayentes de carga, mesas de movilidad donde participan todos los agentes involucrados, y campañas pedagógicas dirigidas a la sociedad, la policía y los planificadores de los diversos estamentos oficiales sobre la importancia de la DUM en la economía de una ciudad.

5. Medidas de consolidación de mercancías

Las medidas de consolidación de mercancías tienen como objetivo incrementar el factor de carga de los vehículos de distribución en las ciudades. Los envíos realizados en diferentes rutas de entrega de uno o varios transportistas se agrupan en un único vehículo que realiza la distribución final en el área de destino. La consolidación de mercancías suele suponer la creación o adaptación de una terminal urbana (nueva o existente) donde se reciben mercancías y se asignan a vehículos adaptados a la circulación urbana para realizar la distribución a los clientes finales. Los efectos de esta consolidación son la reducción del número de vehículos en las ciudades y, consecuentemente, los costes logísticos de distribución, así como las externalidades negativas (emisiones, ruido, contaminación). No obstante, hay un reto importante para el éxito de las estrategias de consolidación: la organización de agentes y como los nuevos

costes de distribución de la instalación de la terminal o centro de consolidación son compensados por las partes interesadas que experimentan una reducción de costes.

Un ejemplo bien conocido de estas estrategias de consolidación es el concepto de centro de consolidación urbana (CC) o espacios logísticos urbanos (ELU). Son instalaciones logísticas situadas en las proximidades de la zona de distribución en la que se consolidan las entregas, que necesitan estar bien conectadas con las principales arterias y vías de entrada a la ciudad. En Browne et al. (2005) se presenta un análisis profundo de las potencialidades y las principales debilidades de los CC y los ELU. A pesar de los prometedores resultados esperados, uno de los principales retos es la financiación necesaria para pagar el coste de instalación de estos centros o espacios. Por otra parte, esta medida implica nuevos costes de manipulación, así como un incremento del tiempo de entrega para todos los envíos que se distribuyen a través del CC. Los efectos económicos para los múltiples actores involucrados en varias pruebas piloto de CC no han sido estimados detalladamente, lo que ha dado lugar a modelos de negocio inviables. De hecho, de más de 100 implementaciones de centros de consolidación en todo el mundo hasta el año 2012, solo 12 estaban todavía en servicio (Allen et al., 2012). Varias contribuciones han presentado una evaluación cuantificada de los impactos del CC para la implementación en ciudades concretas de Europa, Norteamérica y ciudades de Japón (Paddeu et al., 2014; Köhler, 2001; Kawamura y Lu, 2007; Chen et al., 2012). Estos resultados se aplican a cada caso de estudio y es difícil extrapolar los éxitos alcanzados a otros contextos físicos.

Por otra parte, el concepto de espacios logísticos urbanos (referido como *espace logistique de proximité* en Francia) ha tenido éxito en los últimos años como una estrategia de consolidación (Holguín-Veras et al., 2008). Se supera el problema de la financiación de la construcción de un nuevo centro de consolidación, ya que el espacio logístico se basa en un contenedor u otra estructura de almacenaje puntual de la mercancía de reducidas dimensiones, de bajo coste económico y que está ubicado en una instalación existente dentro de un centro de la ciudad (por ejemplo, un aparcamiento público o privado).

Los agentes que prevén un equilibrio económico completamente diferente debido a las estrategias de consolidación son aquellos que operan la red de distribución física, es decir, el transportista y el operador del CC (o del ELU). En la cadena de suministro tradicional, los transportistas regulares distribuyen bienes a los receptores finales desde los centros de distribución ubicados en los alrededores de la ciudad. Cuando se mueve una fracción μ de los envíos totales N_i de una red tradicional de un transportista y en la nueva cadena de suministro con un centro de consolidación, el transportista tradicional solo opera la fase de acceso entre los centros de distribución y el CC urbano. Esto implica que los costes asociados a la red local ya no son incurridos por el transportista. No obstante, el operador CC se encarga de las operaciones de transferencia de mercancías de las rutas entrantes de los transportistas (interurbanos) y realiza las rutas locales en el área urbana. El operador CC puede ser una empresa neutra, un operador logístico o empresa existente o un organismo público. Este actor incurre en el coste de inversión de la construcción de las instalaciones y el coste operativo de la distribución de última milla (en muchos casos, la consolidación de la mercancía necesita una terminal urbana de consolidación). La distribución de última milla de esta instalación de consolidación tiene que cumplir los requisitos de los receptores,

así como las regulaciones impuestas por las autoridades locales (€).

No obstante, la cuestión clave en este análisis es como el coste total sufrido por el operador del CC es equilibrado por los ingresos o compensaciones con el fin de asegurar una rentabilidad positiva para todos los grupos de interés.

Las medidas de consolidación de mercancías pueden ser de dos tipologías diferenciadas (Holguín-Veras y Sánchez-Díaz, 2016): orientadas al comercio u orientadas al transportista.

5.1. Consolidación de mercancías con participación de receptores (orientada al comercio)

Las medidas orientadas al comercio o receptores se basan en la coordinación entre los receptores, que fijan una política común de envíos a un gran centro atrayente de mercancías. Un ejemplo es cuando el gerente de un centro comercial, hospital, gran edificio de oficinas, reorganiza las cadenas de suministro y racionaliza las llegadas de vehículos de mercancías. En este caso, el gran centro atrayente de mercancías puede organizar de una forma más eficiente las recepciones, creando una distribución interna (en el edificio o instalación) más controlada.

Esta medida también se puede aplicar a todos los comercios distribuidos en un barrio con bastante actividad comercial, aunque plantea problemas de liderazgo, ya que hay una dispersión geográfica y no suele existir un gestor de movilidad ni un régimen jurídico en común entre todos los comercios. No obstante, las estrategias que buscan el apoyo y la captación de los receptores presentan una limitación significativa. Los receptores locales se supone que son insensibles a esta medida logística. La respuesta que se espera es que se comporten de forma neutra ya que no hay incentivo económico para tomar parte en la estrategia de consolidación. De hecho, las estrategias dirigidas a los receptores necesitan el uso conjunto de fijación de precios e incentivos económicos (Holguín-Veras y Aros-Vera, 2014) para fomentar la participación de los receptores en el programa de colaboración. Por otra parte, el CC se percibe como una etapa adicional en la cadena de suministro que genera una nueva penalización en el coste y tiempo de manipulación de la mercancía. Los receptores no perciben ningún ahorro de costes logísticos ni ningún incentivo económico, lo que limita la participación activa de los receptores en esta estrategia.

Esta medida en forma de prueba piloto se ha desarrollado en el barrio de Sant Andreu (Cámara de Comercio de Barcelona, 2008) y en el centro de l'Hospitalet de Llobregat (STRAIGHTSOL, 2014). En el primer caso, se construyó una terminal urbana donde los vehículos comerciales de capacidad media de varios transportistas descargaban la mercancía para ser distribuida en el barrio. Posteriormente, una empresa pública neutral distribuía la mercancía en bicicleta o a pie a los diferentes comercios de la zona. Aunque se consiguió que varios comercios participaran en la prueba piloto, esta no continuó porque se perdía la monitorización y trazabilidad de las mercancías (ruptura de plataforma TIC de seguimiento) y por los incrementos en el tiempo de entrega de la misma. El argumento de un receptor general fue que la ruta a través del centro de consolidación aumenta la complejidad de la recepción del envío.

En la prueba piloto de l'Hospitalet de Llobregat (2012-2013) se habilitó un centro de consolidación de mercancías en un almacén existente perteneciente a la empresa DHL, ubicado a las afueras del municipio. La misma empresa se encargaba de entregar de

forma gratuita las mercancías desde el centro de consolidación hasta el comercio final. Se pidió la colaboración a más 140 comercios de la zona en el sentido de que cambiaran la dirección de entrega final por la del centro de consolidación. Como contrapartida, el Ayuntamiento de l'Hospitalet haría campañas de publicidad de los comercios y les entregaría un distintivo de comercio respetuoso con la movilidad sostenible. Después de varias campañas de promoción, únicamente 9 comercios participaron activamente en la prueba piloto, ya que los incentivos de marketing al comercio eran insuficientes para justificar el cambio organizativo. La principal debilidad expresada por los comerciantes locales era que la disposición del CC podía aumentar el tiempo de entrega de la carga y podía suponer un incremento de la tarifa de transporte (Pc) a pagar por los receptores o proveedores a los transportistas o el operador del CC. A pesar de la poca participación del comercio, la prueba piloto consiguió ahorros de costes y de emisiones del 25% debido a la reestructuración y consolidación interna de las tres rutas de distribución existentes de la empresa operadora del CC desde los almacenes externos de la empresa a la terminal urbana. Anteriormente a la prueba, cada camión y furgoneta de la empresa que suministraba mercancías en l'Hospitalet de Llobregat recorría mensualmente 2.366 km y 1.773 km, respectivamente. Durante la prueba, estos indicadores se redujeron a 1.320 km y 990 km, respectivamente, incrementando el factor de ocupación en un 5%. Sin la participación directa de un transportista tradicional o incentivos a los receptores, esta medida difícilmente puede ser justificada.

El único caso de éxito en el fomento de esta medida para un conjunto de comercios distribuidos en un barrio, sin estar dirigido a un transportista, ha sido el caso Binnenstadservice en los Países Bajos (Van Rooijen y Quak, 2010), en que varios receptores participaron en una iniciativa de consolidación, consiguiendo reducciones de costes similares a los de l'Hospitalet de Llobregat.

5.2. Consolidación de mercancías con participación de transportistas (orientada a los transportistas)

En el caso anterior se requería la colaboración activa de un gran número de comercios para alcanzar una demanda crítica que justificara económicamente el uso de centros de consolidación y que los comercios cambiaran la dirección de distribución. En este caso, la consolidación de las mercancías se consigue con la participación de distintos transportistas. Con un número reducido de transportistas, responsables de un volumen significativo de mercancías a distribuir, se pueden alcanzar ahorros de costes logísticos y medioambientales importantes.

Cada transportista es responsable de la realización de múltiples entregas a un subconjunto de estos receptores. Con la creación de la terminal urbana, los vehículos comerciales de los transportistas solo tienen que parar una vez en esta instalación para entregar todos los bienes a los receptores situados en esta zona. En esta instalación, los envíos se juntan y una flota común los distribuye a los destinos finales. Las estrategias de consolidación implican un cierto nivel de colaboración entre transportistas, ya que sus áreas de distribución y clientes se combinan en la flota común para la entrega de última milla.

En este sentido, la medida busca la colaboración directa del agente que puede sufrir un cambio significativo en su estructura de costes: el transportista. Por lo tanto, se prevé que el transportista participe en la prueba sin la necesidad de un liderazgo activo de las Administraciones locales o del otorgamiento de incentivos económicos para hacer cambiar

el paradigma actual de la distribución. El principal inconveniente de esta estrategia de consolidación es que implica una pérdida de contacto del transportista regular con los receptores o clientes. Por otra parte, las compañías a menudo necesitan la aprobación de los proveedores para realizar la distribución definitiva de sus mercancías a través de la instalación de la consolidación. No obstante, estas barreras corporativas pueden ser superadas con la percepción positiva de los vehículos ecológicos por parte de la sociedad.

Este concepto se ha llevado a cabo en la prueba piloto en Barcelona (proyecto SMILE) durante los meses de enero a junio de 2014, donde se construyó una terminal urbana para la microdistribución de mercancías en el barrio de Ciutat Vella. La terminal o microplataforma consistía en dos contenedores y una marquesina de protección y fue ubicada en el paseo Lluís Companys de Barcelona (figura 4a). El servicio de gestión de la microplataforma y de distribución de las mercancías desde la terminal hasta los comercios de Ciutat Vella fue realizado por la empresa VanaPedal con triciclos eléctricos de 1,2 m³ de capacidad. Este servicio era gratuito para todos los transportistas que quisieran participar mediante la financiación europea del proyecto SMILE, con una limitación de 20 paquetes al día. Los triciclos compartidos distribuían las mercancías de múltiples transportistas en la zona de distribución definida por los códigos postales 08001-08003 de Barcelona. Durante los meses de la prueba piloto, participaron 6 transportistas, 3 habituales y 3 puntuales, con una demanda creciente, que pasó de los 469 envíos/mes hasta las 1.100 expediciones mensuales al final de la prueba. Cada triciclo hizo una media de 16,5 km al día, entregando unos 44 paquetes diarios, esto es entre 1,07 y 2,77 paquetes por kilómetro recorrido.

El factor de éxito para los transportistas fue una mayor eficiencia de los triciclos eléctricos para realizar la distribución en una zona de acceso restringido (figura 4b), ya que estos vehículos pueden circular por la acera y presentan una mayor productividad de envíos (mayor velocidad puerta-a-puerta y menor tiempo de entrega al poder aparcar ante el comercio). Los beneficios para la ciudad se resumieron en la reducción de aproximadamente 1,7 toneladas de emisiones de CO₂ y el ahorro de 1.752 litros de combustible. El principal inconveniente que alegaron los transportistas era la limitación de 20 paquetes diarios, por lo que, a partir de julio de 2014, la empresa operadora del servicio ofreció triciclos en exclusividad a cada transportista, de forma que únicamente entregaran su mercancía a cambio del cobro de una tarifa a cada transportista, regulada por un contrato entre la empresa proveedora del servicio de microdistribución y el transportista tradicional. En este nuevo planteamiento, los transportistas asignaban a la terminal de consolidación los envíos de pequeño volumen para ser distribuidos en bicicleta eléctrica (sin limitación de número de paquetes), mientras que los paquetes voluminosos seguían siendo transportados por furgonetas o camiones ligeros. En este contexto, la distribución por medio de un triciclo eléctrico conseguía eliminar una furgoneta de la operativa del transportista, lo que se alineaba con los objetivos de sostenibilidad ambiental de la ciudad y con la rentabilidad del transportista. En este punto, el tema clave es la definición de la tarifa 9CF a pagar por los transportistas por cada paquete a ser distribuido vía la terminal de consolidación urbana.

6. Distribución en hora valle y nocturna

Para reducir la congestión y la contaminación durante las horas diurnas, esta medida promueve un cambio en el horario de las entregas y realizarlas durante las horas valle de tráfico o franja nocturna, DOV (19 pm-6 am). Esta medida no es nueva: en tiempo de

los romanos se aprobó la Lex Iulia Municipalis BC 45 que prohibía la circulación de los vehículos comerciales (carruajes) en la ciudad de Roma desde la salida del sol hasta las 10 am. Sin embargo, a lo largo del tiempo esta medida ha causado mucha controversia en su aplicación según sea voluntaria o bien coercitiva y en función de como se consigue el cambio de modelo de recepción por parte de los comercios.

La principal ventaja para los transportistas es que la distribución se realiza en un periodo temporal donde no hay congestión, por lo que se requieren menos vehículos para poder realizar los envíos. Asimismo, también puede existir una mayor disponibilidad de zonas de carga y descarga gracias a la utilización de carriles o zonas que durante el día están destinadas a la circulación. Para la ciudad, esta medida es positiva ya que reduce las externalidades relacionadas con la congestión y las emisiones contaminantes. Únicamente se pueden generar impactos negativos en la contaminación acústica, más incómoda en horario nocturno.

El punto clave en el desarrollo de esta medida es el comercio. Para una gran superficie comercial, recibir mercancías por la noche puede ser viable, ya que en este periodo hay personal realizando reposición de bienes de consumo que se puede encargar de recibir la mercancía. No obstante, se ha considerado tradicionalmente que no es una medida aceptada por el pequeño comercio, ya que obligaría a contratar más personal para recibir la mercancía por la noche. Sin embargo, hoy en día la recepción de mercancías por la noche se puede realizar sin la presencia de personal en la tienda (*unattended deliveries*) o flexibilizando el horario de recepción. En el primer caso, es necesario poner de manifiesto que la mayoría de comercios tienen un número reducido de transportistas de confianza que día tras día les visitan para proveerles de bienes de consumo. Estos transportistas, como sucede con otros servicios (limpieza, seguridad, mantenimiento), pueden tener acceso a la tienda fuera del horario comercial. En el segundo caso, se identifican comercios que exigen una franja temporal de recepción de la mercancía muy compacta que no responde a ninguna lógica económica ni funcional. Estos comercios podrían recibir la mercancía por su propio personal en una franja fuera de los episodios de congestión. En ambos casos, el comercio puede experimentar ganancias en materia de fiabilidad del servicio, ya que se puede asegurar disponer de la mercancía (incluso el día anterior) antes de la apertura comercial del establecimiento. Así pues, es preciso potenciar la aceptación del comercio para producir un cambio en la franja temporal de entrega de las mercancías.

Hoy en día, la medida de DOV suele ir acompañada de incentivos a los receptores por su compromiso de aceptar las entregas fuera del horario comercial. En primer lugar, su carácter voluntario garantiza un aumento del bienestar económico, simplemente porque las empresas que deciden hacer DOV lo hacen solo si las beneficia. En segundo lugar, se centra en los receptores como los agentes que toman las decisiones clave. Se podría argumentar que una tasa de congestión en los comercios para hacerles cambiar la hora de recepción también sería eficaz, pero hay diferencias sustanciales en la aceptabilidad política. Mientras que la tasa de congestión en el receptor puede provocar una fuerte oposición desde el sector empresarial, el uso de incentivos como parte de un programa de participación voluntaria es probable que genere un apoyo sustancial del sector comercial. Este hecho se ha demostrado en un programa piloto desarrollado en la ciudad de Nueva York.

El elemento central del programa de promoción de la DOV es el uso de incentivos para convencer a los comercios de aceptar la

distribución en hora valle. Una vez asegurada su participación, el apoyo de los proveedores y transportistas es directo, ya que pueden beneficiarse de los menores costes de transporte en DOV. Los incentivos financieros son necesarios para superar las deficiencias del mercado que impiden que el sistema de DUM llegue a su resultado más eficiente. La DOV ha sido objeto de bastantes estudios sobre la eficacia de los incentivos y los precios en el cambio de comportamiento y las condiciones necesarias para la DOV y la fijación de precios (Holguín-Veras et al., 2015). Para algunos comercios, no hay necesidad de un incentivo en curso, por lo que aún es más fácil para el sector público implementar DOV. En otros comercios, solo ha habido un incentivo económico para participar en la prueba piloto durante unos meses. Un único incentivo para probar la medida ha sido suficiente para convencer al comercio de que la estrategia es efectiva.

Gracias a las posibles reducciones de los viajes de camiones durante las horas regulares, la promoción de la DOV ha sido utilizada de un modo muy eficaz como medida de gestión de la demanda para acontecimientos especiales, durante los cuales la congestión podría haber colapsado la actividad comercial (por ejemplo, los Juegos Olímpicos de Verano en Londres en 2012). Asimismo, los resultados obtenidos en la ciudad de Nueva York donde se ha aplicado esta medida de forma voluntaria entre las 7:00 pm y las 6:00 am ha logrado un movimiento de entre el 20% y el 40% del tráfico de vehículos comerciales al período nocturno o de hora valle. La reducción de costes de transporte experimentada por los transportistas llegó a ser del 35,2% y se amplió adicionalmente en un 17% si se considera el ahorro en multas por estacionamiento ilegal durante la hora punta. Las reducciones en emisiones de CO₂, NO_x y partículas se sitúan entre el 55% y 65%. Se ha logrado una participación de más de 400 comercios y departamentos comerciales. Un porcentaje similar de reducciones de costes de transporte y ahorros en emisiones se han identificado en pruebas piloto realizadas en São Paulo y en Bogotá. Se esperan nuevos resultados de pruebas piloto en marcha o planificadas por todo el mundo (Bruselas, Copenhagen, Washington, Sydney y Melbourne).

7. Cuantificación de los efectos de las estrategias de consolidación de mercancías y distribución nocturna

La implementación voluntaria de las estrategias de mejora de la DUM anteriormente expuestas está condicionada a que los diferentes actores participantes experimenten unos efectos positivos derivados del nuevo esquema de gestión. En este sentido, en este capítulo se evalúa la rentabilidad del transportista, del operador del CC (en el caso de consolidación de mercancías) y del medio ambiente en un conjunto de situaciones en una ciudad genérica con actividad comercial importante. El modelo de estimación de los costes de cada actor para ambas estrategias de mejora se basa en estimaciones de las variables operacionales más relevantes por medio de aproximaciones continuas. Los detalles del modelo se pueden consultar en Estrada y Roca-Riu (2017) y Estrada et al. (en prensa).

Las variables relativas a la rentabilidad de cada actor con la implementación de la estrategia de colaboración son:

- Incremento relativo de los costes del Transportista Cooperativo, η_N . Se calcula como el cociente entre los costes de distribución del transportista en la estrategia de mejora y los asociados a la situación tradicional. En el caso de los costes de la estrategia de consolida-

ción, se incluye el pago de una tarifa por cada paquete transportado al operador del CC.

- Incremento relativo de los costes del Medio Ambiente, η_E . En este caso, la variable se calcula como el cociente entre la monetización de las emisiones de gases contaminantes del parque de vehículos de mercancías en la estrategia de mejora de distribución y la asociada a la situación actual.

- Beneficios del operador del CC, Δ_{CC} . Estos beneficios solo se computan en el caso de evaluar la estrategia de consolidación. Se calculan como la diferencia entre los ingresos y los costes fijos y variables experimentados por el operador para ofrecer el servicio de microdistribución desde la terminal urbana. Los ingresos corresponden básicamente al cobro de una tarifa por paquete gestionado de cada transportista.

En la evaluación de la implementación de cada estrategia, las condiciones necesarias para asegurar la rentabilidad de los principales actores se traducen en verificar que las variables η_w, η_E presentan valores entre 0 y 1, y que Δ_{CC} presenta un valor positivo. En las figuras 5-7 se muestran los valores resultantes de un análisis de sensibilidad de las rentabilidades de los actores para la estrategia de consolidación (a) y para la distribución nocturna (b). Este análisis se realiza en relación con dos parámetros de entrada del modelo: la fracción de mercancías que pasará a ser entregada por medio de la nueva estrategia de mejora (eje de abscisas, $F(u)$ o μ) y la densidad de comercio existente en la ciudad (eje de ordenadas, δ (comercios/km²)). En todos los casos, se supone que la flota que utiliza el transportista son camiones ligeros diésel de 9 m³ de capacidad que se mueven dentro de la ciudad a $v=20$ km/h. En la distribución nocturna, el transportista utiliza los mismos vehículos, pero en este caso se supone que la velocidad urbana aumenta a $v=30$ km/h. En el caso de la estrategia de distribución, el operador CC utiliza bicicletas eléctricas de 1,2 m³ de capacidad, manteniendo la misma velocidad urbana que en la distribución regular. Asimismo, se ha considerado que la tarifa que paga el transportista al operador CC es equivalente al 30% de los ahorros de costes por paquete que experimenta el transportista. Los detalles numéricos de los parámetros utilizados se encuentran en Estrada et al. (2017).

En el caso de la estrategia de consolidación, existen varias combinaciones de densidad de comercios (δ) y de fracciones de mercancías servidas por el CC ($F(u)$) que comportan un resultado no factible, es decir, que no se puede garantizar la rentabilidad del transportista y operador CC a la vez. Esta situación siempre sucede cuando la fracción de mercancía pasada al CC es inferior al 30%, según la figura 5a. En esta figura se puede observar que el transportista mejora su rentabilidad a medida que se incrementa la densidad de comercios a servir en la zona y la fracción de envíos a través del CC. Se pueden llegar a reducciones del coste de transporte del 15-20% cuando toda la mercancía es transportada vía CC. En el caso del operador del CC, existe una densidad mínima de clientes que hay que superar para justificar económicamente la provisión del servicio (figura 7). No obstante, la rentabilidad mejora a mayor densidad de comercios en la ciudad y mayor fracción de mercancías, es decir, una mayor demanda para repartir los costes fijos de operación del CC. Finalmente, la rentabilidad medioambiental, con el análisis de los ahorros de las emisiones (figura 6a), es la condición más restrictiva para el desarrollo de centros de consolidación. Se constata que para fracciones de mercancía inferiores a $F(u)<0.7$, la medida incrementa el valor monetario de las emisiones en relación con la distribución tradicional. Se puede concluir que las estrategias de consolidación solo pueden ser planteadas cuando se dispone de una

densidad mínima de clientes y los transportistas traspasan una fracción muy elevada de mercancías al centro de consolidación.

En el caso de la distribución nocturna, las reducciones de costes del transportista son más importantes que en la estrategia de consolidación, llegando a ahorros superiores al 30% cuando la mayor parte de la mercancía es repartida durante la noche, resultados similares a las pruebas piloto de Nueva York, Bogotá y São Paulo. Los valores obtenidos dependen mucho más significativamente de la fracción de mercancías traspasada en la franja nocturna que de la densidad de comercios δ . No obstante, es necesaria una densidad mínima superior a 15 comercios/km² para que la medida comporte ganancias al transportista. No obstante, los resultados en materia de emisiones no son satisfactorios. El hecho de superponer rutas diurnas y nocturnas en una misma área de la ciudad operadas con la misma flota provoca que las emisiones aumenten con la distribución nocturna. Este hecho se puede resolver distribuyendo la totalidad de las mercancías por la noche con vehículos de mayor capacidad, lo que permitiría reducir el número de rutas y la distancia recorrida por la flota.

8. Conclusiones

La distribución urbana de mercancías es una actividad necesaria e imprescindible para el buen funcionamiento de las ciudades. Aun así se ha comprobado que genera problemáticas (aumento de tráfico, empeoramiento de la calidad del aire, ruido, entre otros) difíciles de eliminar, pero que se pueden mitigar con varias soluciones, que dependen siempre de las condiciones de contorno de las ciudades y no existen soluciones "mágicas" que sean de aplicación universal. Para cada ciudad, incluso para cada barrio, existe una adecuada combinación de soluciones que deben identificarse.

Para lograr un mejor funcionamiento de la distribución urbana de mercancías es importante coordinar a sus actores principales (proveedores, transportistas y receptores) y garantizar el máximo beneficio en cualquier actuación. En la mayoría de los casos, la cooperación entre estos actores es básica para llegar a una solución viable.

El proceso de renovación del parque de vehículos comerciales hacia vehículos más limpios y respetuosos con el medio ambiente ha sido una constante en la última década. Los vehículos eléctricos permitirán reducir los impactos en materia de emisiones en la distribución local de mercancías. Sin embargo, esta medida no presentará ningún avance para combatir los episodios de congestión de las vías de comunicación y plazas de carga y descarga de las ciudades. En este sentido, es preciso acompañar el proceso de medidas de eficiencia, organizativas y de cooperación entre agentes para combatir la congestión y reducir el número de vehículos por kilómetro recorrido por la flota comercial. Así, las Administraciones pueden ayudar a realizar la renovación del parque móvil mediante subvenciones o incentivos fiscales, pero también tienen que apostar por la reducción de su kilometraje, habilitando la utilización de vehículos de gran capacidad en ciudades en horas valle de tráfico (o nocturnas) y fomentando la colaboración entre agentes.

Existen dos medidas que pueden ayudar a mitigar los problemas de congestión y de contaminación en las ciudades: las estrategias de consolidación y la distribución nocturna.

Las estrategias de consolidación son únicamente válidas cuando se dispone de una densidad mínima de clientes y los transportistas traspasan una fracción elevada de mercancías al centro de consolidación. No es

una medida universal para cualquier ciudad, ya que para cada implementación es preciso verificar que se alcanza una rentabilidad mínima para el transportista y para el operador del centro de consolidación y unos ahorros de emisiones para la ciudad. El desarrollo de esta medida necesita contratos privados entre los transportistas y el operador del centro de consolidación para convenir la tarifa a pagar por paquete enviado a través del centro. Esta variable desempeña un papel muy relevante en la rentabilidad obtenida por ambos agentes. Finalmente, es preciso remarcar que el desarrollo de esta estrategia se puede realizar sin la participación directa de los agentes que controlan las decisiones económicas de consumo: receptores y proveedores.

En el caso de la distribución nocturna de mercancías, el solo hecho de traspasar una fracción mínima de los envíos de un transportista en la franja nocturna ya supone un ahorro de costes de transporte. Los ahorros pueden llegar al 30% si se pasa todo el volumen de mercancías a la franja nocturna, sin la necesidad de crear contratos entre varios agentes como sucede con los CC. Para conseguir reducciones de las emisiones generadas por los vehículos es necesario operar la franja nocturna con una flota de mayor capacidad que la diurna. No obstante, a los transportistas no les interesa operar con vehículos de mayor capacidad dado que con vehículos menores ya tienen asegurada la reducción de costes. En este sentido, las Administraciones públicas podrían desempeñar un papel importante en la adjudicación de incentivos para adquirir estos vehículos de mayor tamaño. El principal obstáculo para el desarrollo de la distribución nocturna es fomentar que los receptores admitan este nuevo paradigma. Son necesarios incentivos económicos al principio de la implementación de esta medida para asegurar una suficiente participación de receptores. En definitiva, es una medida fácil de aplicar y de gestionar, eficaz, y que a largo plazo, una vez superados los incentivos iniciales, puede compatibilizar los objetivos de transportistas, receptores, proveedores y ciudad sin ningún tipo de sobrecoste o penalización temporal.

CONCEPTOS CLAVE Y OPORTUNIDADES DE LAS VÍAS DE FINANCIACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO METROPOLITANO

SERGI SAURÍ

Centro de Innovación del Transporte (CENIT)

1. La financiación del transporte público como uno de los pilares de la movilidad sostenible en entornos urbanos

Actualmente se está produciendo una tendencia creciente a la concentración de la población mundial en las ciudades, en paralelo a un aumento de la población, tal y como ilustran algunos datos de Naciones Unidas (United Nations, 2014), que ponen de manifiesto que mientras en 1950 el 30% de la población mundial era urbana, la previsión para 2050 es que este valor se sitúe en el 66%. Es más, en Europa actualmente esta cifra se sitúa en el 73%. Uno de los retos de las ciudades actuales es, pues, compatibilizar este incremento de población urbana con una razonable calidad de vida, que pasa, entre otros aspectos, por articular una movilidad sostenible en general y un transporte público de calidad en particular.

En efecto, el binomio 'movilidad sostenible-oferta de calidad de transporte público' es indisoluble. Permite una mayor capacidad de

transporte, en términos de personas por unidad de vehículo, que el vehículo privado, por un lado, y, por el otro, los costes ambientales son menores. Así, por ejemplo, según datos de la Autoridad del Transporte Metropolitano de Barcelona (ATM, 2015), la media unitaria de los costes externos de los diferentes modos de transporte público (bus, metro, etc.) se situaría en 0,029 €/veh/km, con datos de movilidad de 2012, mientras que la media del vehículo privado (urbano e interurbano) sería 0,13 €/veh/km. Solo considerando los vehículos urbanos, este último valor se situaría en 0,199 €/veh/km.

Con el fin de garantizar una oferta de calidad del transporte público, uno de los elementos primordiales es la existencia de una financiación sostenible que permita cubrir de una manera predictiva y estable todas las necesidades de financiación de inversiones y costes de explotación en el tiempo. En última instancia, el objetivo esencial de la financiación del transporte público, desde la óptica de las políticas públicas, tiene que ser la maximización del bienestar social.

Actualmente, en términos de financiación, las principales problemáticas que afrontan los sistemas de transporte público urbano (Ardila-Gomez y Ortegón-Sánchez, 2016) son:

- Limitaciones de los mecanismos actuales de financiación, que generan ingresos insuficientes para cubrir las inversiones y los gastos operativos del servicio.
- Ineficiencia en los precios y distorsiones económicas en el transporte a favor del vehículo privado. A modo de ejemplo, no se computan las importantes externalidades del vehículo privado, y mientras que muchos de los gastos en inversiones y mantenimiento de la carretera proceden de los presupuestos generales, el transporte público obtiene una proporción menor de recursos públicos.
- Con frecuencia falta de una nítida correspondencia, en el modelo de gobernanza de la financiación, entre las responsabilidades de algunos organismos municipales y metropolitanos sobre el transporte público y sus capacidades financieras.
- Falta de correspondencia entre la periodicidad de los ingresos destinados al transporte público y sus necesidades de financiación.

El objetivo de este documento es evaluar la situación actual de la financiación del transporte público en entornos urbanos, con el estudio del caso particular de la región metropolitana de Barcelona, desarrollando las problemáticas descritas y los mecanismos existentes para afrontarlas, indicando los retos y las tendencias de futuro en la movilidad urbana y su financiación. Por todo ello, el documento se estructura en seis apartados. En el primero, se argumenta el origen de la falta de financiación estructural en los sistemas de transporte público urbanos desde el punto de mira microeconómico. Seguidamente, se describen y valoran sucintamente los diferentes mecanismos actuales de financiación del transporte público. En un tercer apartado se introduce el caso particular de la región metropolitana de Barcelona. El cuarto se centra en la vertiente institucional, el modelo de gobernanza, como una pieza esencial en la arquitectura de la financiación. A continuación, se muestran las tendencias actuales en la movilidad en entornos urbanos. Y, finalmente, se realizan unas consideraciones finales, a modo de conclusiones.

2. La insuficiencia financiera del transporte público en entornos urbanos. Algunas consideraciones microeconómicas

Una de las premisas de que se parte cuando se articula la financiación de cualquier siste-

ma de transporte público es su naturaleza deficitaria. La principal explicación de este hecho reside tanto en la política de tarifación del servicio como en la naturaleza tecnológica de la oferta de transporte público.

En efecto, desde el punto de vista de la oferta, a medida que una red de transporte público es más extensa, los costes medios se reducen, fenómeno que indica la presencia de economías de escala. Esta característica comporta que los costes medios sean siempre superiores a los marginales (ver De Ruso et al. 2003, por ejemplo). Intuitivamente, dada una red de metro, se puede captar que la ratio entre los costes totales (donde los costes fijos de capacidad tendrán un peso importante) y los vehículos/km (coste medio) será superior al coste adicional derivado por el incremento de un veh/km (coste marginal), que será esencialmente coste energético.

Desde la óptica de la demanda, con el fin de alcanzar la eficiencia asignativa entre la demanda y la oferta, la política tarifaria óptima implica fijar el precio en el punto donde la demanda (ingreso marginal) es equivalente a los costes marginales Q_m . En este punto, por lo tanto, se producirá un déficit equivalente a la diferencia entre los costes medio (CM_m) y marginal (CM_g) multiplicado por la demanda, tal y como se ilustra en la figura 1.

Este déficit se ha abordado tradicionalmente desde dos vertientes: política tarifaria y aportaciones de fondos públicos. En el primero de los casos, se suelen aplicar políticas de discriminación de precios. En efecto, el conjunto de los usuarios del transporte público se pueden segmentar en grupos en función de su disposición a pagar por un viaje, grupos determinados esencialmente por variables medibles como es el caso del número de viajes habituales y el nivel de renta (estudiantes o jubilados). A partir de aquí, se articula una estructura tarifaria que permita capturar al máximo posible el excedente del consumidor (la diferencia entre el precio que un consumidor está dispuesto a pagar por una cantidad concreta de un bien, con respecto a lo que finalmente termina pagando) de cada uno de estos grupos. Eso incluiría tanto a los que están dispuestos a pagar por encima del coste marginal como a los colectivos en la situación contraria (aquí nos situaríamos dentro del contexto de las políticas sociales). Así, por ejemplo, se pueden definir tarifas especiales (precios reducidos) para jubilados y/o estudiantes, abonos que permitan disfrutar de precios unitarios de viajes más reducidos que los billetes sencillos, etc.

Con todo, se obtienen unos niveles de ingresos diferentes a los que resultan de aplicar estrictamente la regla del coste marginal (los ingresos serían superiores o inferiores al punto de equilibrio según la política de transporte y social particular de cada organismo competente), y normalmente por debajo del coste medio, como se puede observar en la mayoría de ciudades de las economías más desarrolladas. Suponiendo unos ingresos tarifarios medios superiores a los costes marginales (ver figura 1), el déficit a cubrir finalmente se situaría entre el coste marginal y el coste medio, generando así una importante necesidad de aportaciones de fondos públicos (subsídios) para alcanzar el volumen socialmente óptimo de transporte público¹.

Precisamente, la existencia de economías de escala en el transporte público justifica la racionalidad económica de invertir en este modo. Suponemos, por ejemplo, que N usuarios diariamente se desplazan de la periferia al centro de la ciudad por trabajo, y pueden ir tanto en transporte público como en vehículo privado. En la figura 2 se representan las curvas de costes medios en función de los usuarios; con deseconomías de escala en el caso del vehículo privado, por