

# ESTRATÈGIES DE DISTRIBUCIÓ DE MERCADERIES PER FOMENTAR UNA MOBILITAT MÉS SOSTENIBLE

## SUMARI

### **1. Problemàtica de la distribució de mercaderies a les ciutats**

### **2. Noves tendències de consum**

### **3. Relació entre els actors i les mesures de millora de la DUM**

### **4. Anàlisi de mesures de millora de la DUM**

#### 4.1. Gestió d'infraestructures

#### 4.2. Gestió d'aparcament i zones de càrrega i descàrrega

#### 4.3. Estratègies orientades al vehicle

#### 4.4. Gestió del trànsit

#### 4.5. Fixació de preus, incentius i impostos

#### 4.6. Gestió logística

#### 4.7. Gestió de la demanda de mercaderies i usos del sòl

#### 4.8. Gestió dels actors involucrats en la DUM

### **5. Mesures de consolidació de mercaderies**

#### 5.1. Consolidació de mercaderies amb participació de receptors

#### 5.2. Consolidació de mercaderies amb participació de transportistes

### **6. Distribució en hora vall i nocturna**

### **7. Quantificació dels efectes**

### **8. Conclusions**

### **Referències bibliogràfiques**

# ESTRATÈGIES DE DISTRIBUCIÓ DE MERCADERIES PER FOMENTAR UNA MOBILITAT MÉS SOSTENIBLE

## 1. Problemàtica de la distribució de mercaderies a les ciutats

La població mundial està immersa en un procés de concentració en ciutats o àrees metropolitanes degut a l'accés diferencial a oportunitats econòmiques o serveis diferencials (UNFPA, 2012). L'any 2008 fou el primer en què les aglomeracions urbanes van superar en nombre de població a les zones rurals (UNFPA, 2007). A fi de permetre aquesta concentració, les ciutats han de proveir unes xarxes eficients de serveis per garantir el seu funcionament, continuar oferint aquestes oportunitats i satisfer les necessitats futures dels ciutadans a un cost adequat. Aquest és el cas de la distribució urbana de mercaderies, d'ara en endavant DUM. La DUM és la manifestació física de les relacions econòmiques entre empreses productores i consumidors a les ciutats.

Existeix un repte econòmic. La demanda de fluxos de mercaderies a la ciutat ha crescut i seguirà creixent en nombre absolut (tones), en freqüència de lliuraments i en qualitat (compromisos de satisfacció dels requeriments temporals dels clients). S'estan consolidant nous paradigmes de comerç (electrònic, Just-in-time) que incrementaran les necessitats físiques de distribució. La pregunta a fer-se és si les xarxes existents o futures de distri-

bució de productes podran suportar els requeriments físics que generaran les noves formes de comerç, en particular, l'electrònic.

Seguint la lògica d'optimització de sistemes, la DUM en una ciutat hauria de disposar d'un seguit de recursos (vehicles, energia, personal, espai urbà) per donar una resposta adequada a la demanda d'aprovisionament de béns de consum. Qualsevol incidència en la distribució física dels productes (demores, incertesa en els lliuraments, etc), té una incidència significativa en l'economia d'una àrea metropolitana, que podria ser valorada en pèrdues econòmiques per baixa producció, en increments d'inventari de productes, o en majors costos logístics.

Tanmateix, els fluxos de mercaderies generen efectes negatius com congestió, contaminació atmosfèrica, acústica i un desgast i deteriorament de les infraestructures de transport. I és que la mobilitat de les mercaderies representa entre el 10% i el 25% del total dels desplaçaments d'una ciutat, mesurat en quilòmetres per vehicle, però ocasiona del 25% al 50% de les emissions contaminants. El parc de vehicles comercials a Catalunya (DGT, 2015) constava de 764.793 vehicles, dels quals el 43% eren camions de menys de 3500 kg, el 6,5% camions superiors a 3500 kg i el 50,5% furgonetes. El tipus de combustible més utilitzat pel parc mòbil és el dièsel (87,2% dels vehicles),

Taula 1. Evolució dels fluxos de mercaderies per carretera a Catalunya

Tones transportades	Milers de tn					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Transport intramunicipal	36.050	29.407	27.147	18.008	21.630	24.060
Transport intermunicipal	157.897	146.771	135.048	117.249	125.793	132.998
<b>Total transport intraregional</b>	<b>193.947</b>	<b>176.179</b>	<b>162.195</b>	<b>135.256</b>	<b>147.423</b>	<b>157.057</b>
Transport nacional (destí Catalunya)	30.858	29.026	27.981	27.103	26.551	30.115
Transport nacional (origen Catalunya)	33.825	32.441	30.362	29.666	30.486	33.320
<b>Total transport interregional</b>	<b>64.683</b>	<b>61.467</b>	<b>58.343</b>	<b>56.769</b>	<b>57.037</b>	<b>63.435</b>
Transport internacional (destí Catalunya)	8.370	4.692	7.472	7.443	7.987	8.588
Transport internacional (origen Catalunya)	7.837	8.453	7.366	7.542	7.723	8.545
<b>Total transport internacional</b>	<b>16.207</b>	<b>13.145</b>	<b>14.838</b>	<b>14.985</b>	<b>15.710</b>	<b>17.133</b>
<b>Total transport Catalunya</b>	<b>274.837</b>	<b>250.791</b>	<b>235.376</b>	<b>207.010</b>	<b>220.170</b>	<b>237.625</b>

Font: Generalitat de Catalunya. Anuari estadístic 2015.

seguit de la benzina (12.5%). Els vehicles elèctrics només representen el 0,11% del total, seguits del Gas Natural Comprimat amb un 0,010%. A la vegada, és alarmant l'elevada antiguitat del parc de vehicles comercials censat (valor mitjà de 13 anys segons DGT, 2015) i que els vehicles més respectuosos amb el medi ambient (híbrids, elèctrics) tinguin una quota de mercat pràcticament anecdòtica.

Aquesta mobilitat de mercaderies és creixent: recuperant en els últims anys s'han recuperat els valors que s'havien perdut anteriorment a causa de la crisi, com es pot apreciar en les taules següents pel cas de Catalunya i Barcelona.

Entre els problemes bàsics de la DUM podem destacar, d'una banda, el trànsit d'agitació, és a dir, vehicles que circulen per trobar un lloc on aparcar, i que genera una logística poc adaptada a la ciutat, amb increment dels impactes ambientals; i, d'altra banda, l'estacionament no reglamentari, que origina interferències en la resta de fluxos de les vies públiques i en les operacions realitzades per altres usuaris fora de la calçada i afectant la seguretat viària. Per aquest motiu a nivell europeu s'han anat proposant mesures de solució per a la logística urbana.

Les operacions de transport de mercaderies en les àrees metropolitanes suposen freqüentment un alt cost de transport i un alt risc en l'aprovisionament del servei. En aquest sentit, la política de transport hauria de maximitzar els beneficis socials de l'activitat productiva a la vegada que minimitzés les externalitats negatives creades pels fluxos dels vehicles de distribució dels béns de consum.

No obstant això, els objectius d'aquesta política de transport xoquen amb tot un conjunt de condicionants i restriccions tècniques, econòmiques, urbanístiques i organitzatives que sovint provoquen que la realitat s'allunyi d'aquest òptim desitjable. En primer lloc, si bé altres xarxes de distribució de serveis (aigua, gas o electricitat) disposen d'infraestructura exclusiva o drets de pas regulats, la DUM ha de compartir l'espai urbà amb altres usos i serveis. Aquest fet provoca una variabilitat dels temps de distribució, ja que depenen dels usos i demanda potencial de la xarxa de transport. La DUM utilitza la xarxa de carrers de les ciutats i l'únic espai reservat que disposa són les zones de càrrega i descàrrega amb diferents períodes al llarg del dia.

Així mateix, per la multiplicitat d'actors que participen i prenen decisions en la DUM resulta complexa la nova gestió. Molt sovint la situació actual és el resultat d'un equilibri econòmic entre els agents. Qualsevol nova mesura innovadora pot

causar un efecte econòmic negatiu en algun actor del sistema, fet que impossibilita el desplegament de la mateixa.

En aquest sentit, les administracions locals (que tenen capacitats executores), regionals, nacionals i supranacionals (finançadores en matèria de recerca i innovació) han plantejat mesures per millorar les prestacions de la DUM i reduir els efectes negatius. (BESTUFS, 2007; STRAIGHTSOL, 2014; Citylog, 2013; SMARTFREIGHT, 2016). No obstant això, els esforços s'han centrat en desenvolupar metodologies per a realitzar una avaluació ex-post dels resultats obtinguts en diverses proves pilot, proposar lliçons a aprendre i plantejar possibles extensions o transferència de resultats a altres emplaçaments. Dissortadament, no s'ha arribat a generalitzar el seu ús ni a proposar estimacions ex-ante dels efectes de la mesura en el sistema de transport, obviat les relacions causa-efecte entre variables.

Els criteris de sostenibilitat sovint impedeixen una resposta efectiva als requeriments i reptes del transport de mercaderies a les ciutats, tot i l'especial interès en l'economia de l'aglomeració i els efectes en les cadenes d'aprovisionament. Els reptes necessiten de solucions pràctiques degudament contrastades que beneficiïn la societat, el medi ambient a la vegada que el sistema de DUM.

L'objectiu d'aquest document és identificar si les mesures innovadores sobre la DUM que estan plantejant les diferents administracions són compatibles amb les relacions econòmiques entre els agents que hi intervenen, i identificar quin grau de millora del sistema actual poden aconseguir. S'analitzen les diferents famílies de mesures d'eco-innovació en la DUM, identificant els punts dèbils i les oportunitats. Finalment, s'analitzen a nivell de resultats dues de les mesures més prometedores, la consolidació de mercaderies i la distribució nocturna, però que plantegen uns reptes organitzatius i de gestió complexos.

## 2. Noves tendències de consum

El moviment de mercaderies és un tema crucial a les ciutats, ja que afecta la resta d'activitats que es realitzen a les vies públiques, i conviu amb la mobilitat de persones i els serveis que circulen per aquestes vies. Les nostres societats són cada cop més urbanes (segons el llibre de la mobilitat de la UE de 2007, el 60% dels habitants de la UE viu en ciutats de més de 10.000 habitants), amb la qual cosa els problemes derivats de la convivència de fluxos amb característiques totalment diverses es veuen augmentats.

El creixement del moviment de mercaderies a les ciutats coincideix amb un augment important de l'ús del comerç electrònic, que està modificant l'estructura

**Taula 2.** Evolució dels desplaçaments de mercaderies a Barcelona

Any	2010	2011	2012	2013	2014	2015	%	%15/14
<b>Interns</b>	134.524	130.408	126.208	123.621	123.930	125.987	28,8	1,66
<b>Connexió</b>	329.465	317.407	307.186	301.165	301.677	309.249	70,7	2,51

Font: Ajuntament de Barcelona. Dades bàsiques de mobilitat 2015.

Figura 1. Evolució trimestral de negoci del comerç electrònic i variació interanual (milions d'euros i percentatge)



Font: CNMC (2016).

funcional de la logística urbana. El negoci del comerç electrònic ja representa el 55% dels ingressos de les empreses de logística a Espanya, de forma que les empreses de missatgeria han passat del 15% al 60% en enviaments a particulars des del 2012 (dades aportades per Francisco Aranda, secretari general d'UNO, i recollits en una entrevista al diari digital todotransporte.com).

Segons les dades de la Comissió Nacional dels Mercats i la Competència (CNMC), el comerç electrònic va arribar a Espanya als 6.166,8 milions d'euros en el tercer trimestre del 2016, el 16,3% més que l'any anterior.

Si en el comerç tradicional és el consumidor qui es desplaça per adquirir el bé, en el comerç electrònic amb lliuraments domiciliaris és el transportista qui s'ocupa de tota la cadena logística productor-consumidor. Aquest fet, juntament amb l'increment del comerç electrònic, té una repercussió clara i molt directa sobre la DUM, ja que s'incrementen significativament els enviaments a lliurar dins les zones urbanes, enviaments que solen ser de petit volum i que compten amb una elevada dispersió geogràfica. En aquest sentit, en la CNMC de l'any 2016 s'apuntava que els enviaments de missatgeria i paqueteria van augmentar el 20,9% (336 milions d'enviaments gestionats) el 2015 impulsats pel creixement del comerç electrònic.

El comerç electrònic està posant al límit al sector logístic, que comença a qüestionar-se si té capacitat o recursos per absorbir la creixent activitat de les vendes on-line. El comerç electrònic obliga a lliuraments ultra ràpids (en 24-72 hores i, més recentment, enviaments en la següent hora com fan grans operadors logístics) que tensionen les cadenes d'aprovisionament, obligant que pràcticament cada comanda requereixi un vehicle. Així mateix, el fet de donar un servei de qualitat al client, permetent que pugui triar diverses franges horàries per

rebre el paquet, obliga al transportista que hagi de visitar diverses vegades al dia una mateixa zona urbana, incrementant els costos de transport i la gestió.

En aquest marc, es pot afirmar que la tendència de consum individual està totalment desalineada dels objectius de reducció de les externalitats negatives del transport a les ciutats i de la lògica d'eficiència de costos dels transportistes. Aquest fet està provocant una reestructuració del sector de la distribució, amb un nou plantejament de tarifes i d'associació entre empreses. Les ciutats han de preparar-se davant d'aquest repte, aportant solucions innovadores per reduir els efectes negatius, com regular o normativitzar l'extensió d'aquest model econòmic.

### 3. Relació entre els actors i les mesures de millora de la DUM

Els actors bàsics que condicionen les característiques econòmiques de la DUM són els proveïdors i els receptors de la mercaderia (Holguín-Veras i Sánchez-Díaz, 2016). Representen el productor i el consumidor final de la cadena d'aprovisionament dels béns de consum. Les relacions existents entre ells són crucials per entendre el comportament dels transportistes així com l'expressió física i organització dels serveis de la DUM. Entenem que els receptors són empreses, botigues, departaments comercials i, fins i tot, administracions públiques. També es pot estendre a lliuraments a habitatges (*home deliveries*). Els receptors demanen béns de consum amb determinades freqüències i finestres temporals. Per altra banda, els proveïdors són empreses que produeixen i aporten béns de consum al mercat. Finalment, els transportistes són els responsables de realitzar els serveis de transport des dels proveïdors als diferents receptors. A part d'aquests agents bàsics, algunes noves mesures de millora de la DUM, com la consolidació de mercaderia, implicarien la creació de nous agents com l'operador del centre de consolidació de mercaderia (operador CC).

A la figura 2 es representen les relacions bàsiques entre les parts interessades i la identificació de les variables econòmiques i físiques que afecten els costos de transport. Bàsicament, els proveïdors i receptors controlen la quantitat de productes que es lliuraran ( $y_k$ ), la freqüència dels enviaments ( $Q_k$ ) i les finestres de temps de recollida / lliurament ( $H_k$ ) en cada relació econòmica  $k$  entre ells. D'altra banda, també estableixen el preu d'adquisició ( $P_k$ ) dels productes. Per tant, les companyies de transport defineixen la tarifa de transport ( $P_c$ ) per a operar la xarxa física i han d'adaptar la seva flota ( $V_c$ ), horari i rutes ( $R_c$ ) per complir amb els requisits dels primers. No obstant això, els governs locals han promogut mesures per millorar l'eficiència i reduir els efectes externs en la logística urbana ( $x_l$ ). Molt sovint, les administracions locals han estat l'agent que ha fomentat el desenvolupament de mesures d'eco-innovació per millorar la qualitat de vida en la ciutat (menys congestió, menys emissions).

Aquests conjunts de mesures obligatòries ( $x_l$ ) estan destinades als transportistes (l'agent que distribueix les mercaderies). Ells han de reorganitzar la seva cadena logística per complir amb els requeriments de receptors i proveïdors, així com les regulacions governamentals locals. No obstant això, la gran majoria de regulacions sobre la DUM no tenen cap efecte en les decisions econòmiques entre proveïdors i receptors (capa econòmica), sinó que es centren en l'agent que materialitza físicament les relacions econòmiques en la xarxa de transport: el transportista. Es corrobora en diversos estudis (Holguín-Veras et al., 2008) que els transportistes no poden obligar als receptors a modificar les finestres de temps de lliurament, fins i tot si es porta a terme una nova regulació de la ciutat. De fet, la distribució de productes a través d'un centre de consolidació no representa, a primera vista, una mesura atractiva ni per als proveïdors ni per als receptors, ja que no afecta les relacions econòmiques entre ells ( $H_k, Q_k, y_k, P_k$ ). De fet, crea un nou agent, l'operador del centre de consolidació (CC), al que cada transportista i li traspasa una fracció  $\mu$  de tots els enviaments  $N$ , que ha de gestionar. Com a contrapartida, l'operador del CC cobra una tarifa  $\theta_{CF}(k)$  al transportista en qüestió per responsabilitzar-se de la distribució de la mercaderia en un entorn urbà.

Entendre la lògica de les relacions econòmiques, físiques i normatives entre els agents és clau per

analitzar la viabilitat d'una mesura abans de portar-la a terme.

#### 4. Anàlisi de mesures de millora de la DUM

En un darrer estudi realitzat (Holguín-Veras et al., 2015) s'han identificat més de 50 mesures de millora de la DUM, amb una gran heterogeneïtat en eficiència i assoliment d'objectius. Aquest gran ventall de mesures es pot classificar en 8 grans grups d'iniciatives de millora de la DUM. Les mesures s'articulen en actuacions basades en canviar i millorar l'oferta d'infraestructures, instal·lacions i vehicles per a dur a terme la DUM; i actuacions enfocades a canviar la demanda i comportament dels principals actors que originen els fluxos comercials en una ciutat.

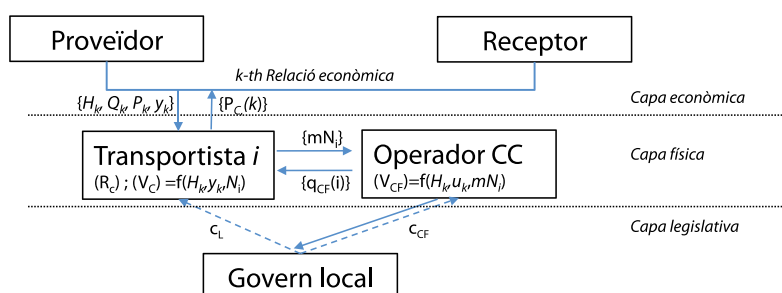
##### 4.1. Gestió d'infraestructures

Aquestes iniciatives es basen en la construcció de noves infraestructures o modificació de les existents per millorar el flux de mercaderies, a causa de la falta de capacitat infraestructural o problemes de dimensions de les instal·lacions per permetre el servei als vehicles de càrrega. Exemples d'aquestes mesures són la construcció de vies perimetrals a les ciutats per evitar el trànsit de vehicles pesants a l'interior de les ciutats, desenvolupament de centres de distribució i polígons industrials, vies d'accés segregades a plataformes logístiques o centres comercials. Aquestes mesures faciliten el flux de vehicles comercials però no actuen directament sobre les variables econòmiques que controlen l'activitat econòmica entre proveïdors i receptors.

##### 4.2. Gestió d'aparcament i zones de càrrega i descàrrega

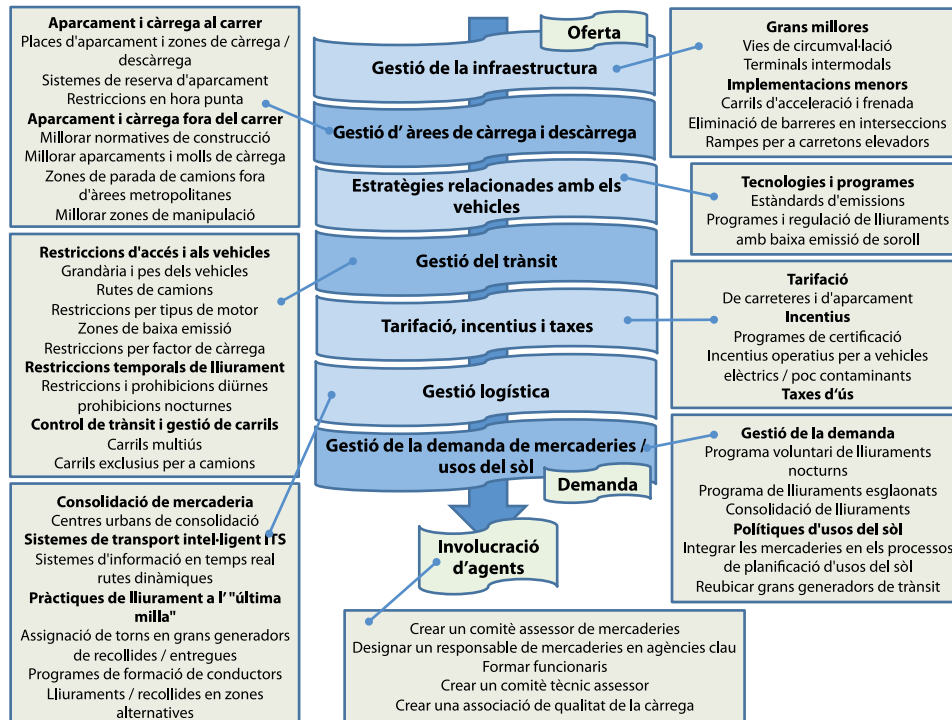
En els centres de negoci i zones comercials de les ciutats hi sol haver una mancança de zones de càrrega i descàrrega (C/D) pels vehicles de la DUM, que es tradueix en operacions d'aparcament il·legal i increment del trànsit d'agitació per buscar una plaça disponible. En funció de la normativa vigent, les places de càrrega i descàrrega destinades, en un primer moment, a la DUM també poden ser utilitzades pels vehicles privats dels residents i per vehicles de manteniment, de reparació o d'activitat comercial. Aquests darrers casos impliquen un temps d'estacionament molt superior als vehicles de la DUM, que encara agreuja més el problema de mancança d'espai. A fi de donar resposta a aquesta problemàtica, algunes ciutats han disposat un espai compartit

Figura 2. Relacions econòmiques, físiques i legals entre els actors de la DUM



Font: elaboració pròpia.

Figura 3. Iniciatives en la distribució urbana de mercaderies



Font: Holguín-Veras et al. (2015).

a les voreres per a ús exclusiu de vehicles de càrrega. En altres iniciatives s'assigna temporalment l'ús dels espais de càrrega i descàrrega a un vehicle comercial concret (prèvia demanda) i en alguns casos s'arriba a implementar un pagament per ús de l'aparcament (prova pilot a Lisboa, STRAIGHTSOL, 2014). Alternativament, en zones amb un nombre de places de C/D reduït que generen grans fluxos de mercaderies s'han creat les àrees de descàrrega i acumulació (*Staging Areas*). Són instal·lacions ubicades on hi hagi disponibilitat d'espai, a mitja distància d'aquestes zones, on la mercaderia es descarrega dels vehicles comercials i es distribueix als receptors finals en vehicles de reduïdes dimensions (bicicletes, *trolleys*) o a peu.

#### 4.3. Estratègies orientades al vehicle

Aquestes iniciatives tenen com objectiu reduir l'impacte dels vehicles comercials de la DUM en la sostenibilitat ambiental. Algunes ciutats han restringit de forma general l'entrada dels vehicles als centres d'activitat econòmica. Només es permet l'accés a vehicles de baixes emissions que compleixin uns determinats estàndards o etiquetes mediambientals (EURO I-VI), o que utilitzin altres fonts d'energia alternatives a les derivades del petroli. En els darrers anys s'ha apostat per l'ús de vehicles elèctrics per a la distribució. Si bé existeixen furgonetes i camions lleugers amb aquesta font d'energia, el seu abast és encara reduït per garantir el quilometratge mitjà dels vehicles. No obstant, l'evolució tecnològica en les bateries elèctriques és molt ràpida i actualment el principal productor de vehicles elèctrics d'alta gamma ja ha presentat prototips de camions lleugers i pesants. Així mateix,

també s'està apostat per la substitució de vehicles motoritzats en la última milla, amb la utilització de tricicles o bicicletes (assistides per motor elèctric o convencionals) o *trolleys* manipulats per operadors a peu.

#### 4.4. Gestió del trànsit

Aquestes mesures tenen com a objectiu millorar les condicions de trànsit utilitzant restriccions d'accés, gestió de carrils i tècniques de control de trànsit. Les mesures de restricció d'accés es basen en limitar parcial o totalment l'entrada de vehicles en determinades zones urbanes en funció del tipus de vehicle (grandària, pes o etiquetatge ambiental), i la finestra temporal del viatge.

Aquestes restriccions no són ben rebudes per la majoria dels transportistes, ja que es tradueixen en canvis operacionals de major cost. En un principi, les mesures de restricció d'accés a una zona en base a una grandària màxima admissible milloren la seguretat viària en entorns comercials, però tenen com a contrapartida que el mateix volum de mercaderia hagi de ser transportat per un nombre major de vehicles de mida inferior. Existeixen diversos anàlisis en què es constata que aquest fet ha empitjorat la qualitat de vida en la ciutat, en incrementar-se la congestió i les emissions (15% increment de vehicles-kilòmetre i emissions de CO, NO<sub>x</sub> en diverses ciutats angleses, Anderson et al 2005). No obstant, les restriccions d'accés segons l'etiquetatge mediambiental dels vehicles (apartat 4.3.) han aconseguit una reducció de les emissions contaminants en l'entorn d'aplicació. En alguns casos, aquests vehicles respectuosos amb el medi ambient han estat beneficiats per l'ús exclusiu de zones de càrrega i descàrrega i carrils especials.

Per altra banda, les restriccions temporals d'accés tenen com a objectiu reduir el trànsit de mercaderies en els moments del dia més congestionats en zones específiques d'una ciutat. Bàsicament, existeixen restriccions en algunes franges temporals diürnes, restriccions durant tot el període diürn i restriccions durant tot el període nocturn. Aquestes mesures són sovint ben valorades pels ciutadans. No obstant, aquestes mesures s'apliquen sobre els transportistes i no tenen en compte les restriccions temporals que imposen els receptors (comerços), fet que impossibilita la compatibilitat de les mesures amb la realitat de la DUM. Addicionalment, diversos treballs que han quantificat els impactes de les restriccions han arribat a la conclusió que les restriccions temporals redueixen les externalitats negatives dins de la zona d'aplicació però que les incrementen en el seu entorn, ja que els transportistes solen utilitzar rutes de distribució més llargues (van Rooijen et al., 2008; Quak i de Koster, 2009). Així mateix, altres estudis conclouen que aquestes mesures són totalment ineficients, ja que incrementen els costos operatius i el volum total de les emissions. En algunes implementacions pràctiques a ciutats asiàtiques, les restriccions temporals diürnes a vehicles comercials han suposat que les empreses transportistes utilitzin vehicles utilitaris (cotxes) durant el dia per poder continuar operant regularment, incrementant els costos operatius i les externalitats negatives del sector.

#### 4.5. Fixació de preus, incentius i impostos

Aquestes estratègies utilitzen inputs monetaris per aconseguir determinats objectius públics com la generació d'ingressos, foment de l'ús de tecnologies emergents, o gestió de la demanda, entre molts altres. L'aplicació de peatges o taxes a la DUM s'ha recomanat per reduir el trànsit de mercaderies mitjançant la promoció d'una millor utilització de la capacitat de transport (Ogden, 1992; Allen i Browne, 2010). En principi, l'augment dels costos de transport produïda pel peatge donaria lloc a una reducció en el trànsit de mercaderies. No obstant, els transportistes no poden canviar unilateralment els terminis de lliurament i tenen un poder limitat per transferir els costos de peatge als seus clients. Com a resultat, les companyies tendeixen a absorbir els costos de peatge i a evitar qualsevol canvi operacional que podria alterar els seus clients i conduir a la pèrdua de negoci.

Per aquesta raó, es recomana l'ús d'incentius monetaris i no monetaris per fomentar pràctiques sostenibles d'un o més agents en la cadena de subministrament, especialment als agents de la capa econòmica de la figura 2. En aquest context, la combinació d'incentius i regulacions als receptors, extensible als transportistes (canvi a vehicles més nets) és probable que tingui un impacte significatiu en el comportament dels agents de càrrega.

#### 4.6. Gestió logística

L'objectiu principal d'aquestes estratègies és alterar la gestió i organització de cada actor participant en la DUM per reduir les externalitats negatives

produïdes. Aquestes estratègies també es poden enfocar a millorar l'eficiència dels desplaçaments de lliurament d'última milla a través de l'ús d'energies netes; la gestió de les rutes (reducció dels viatges en buit o amb baix factor de càrrega); i la consolidació dels viatges de distribució. En aquest sentit, l'ús de centres de consolidació urbana ha estat una mesura que ha generat molta controvèrsia, però que permet assolir reduccions notables de costos i d'externalitats (vegeu apartat 5). La gestió logística també es pot beneficiar de noves innovacions en sistemes de dades en temps real i plataformes de tecnologies d'informació i comunicació. Aquests sistemes permeten una traçabilitat dels enviaments, evitar aquella part de la xarxa de distribució en congestió i desenvolupar rutes logístiques en temps real. Finalment, en aquest grup també s'aborden mesures de millora de la xarxa capil·lar de distribució o de darrera milla, on s'han aplicat finestres temporals de recepció de mercaderies en grans centres atractius, programes de formació de conducció eficient per a conductors, així com punts alternatius de lliurament de la mercaderia. L'objectiu d'aquesta darrera mesura és evitar que els vehicles de distribució hagin de visitar la localització de cada client i alternativament, descarreguen tota la mercaderia associada en una zona en petits magatzems, armaris d'ús exclusiu o botigues associades, de forma que el client final s'ha de desplaçar fins a aquest punt per recuperar el seu paquet.

#### 4.7. Gestió de la demanda de mercaderies i usos del sòl

Les externalitats negatives produïdes pel trànsit de camions s'aborden en aquestes estratègies mitjançant la modificació de la demanda i el comportament dels receptors. Eminentment, existeixen dues famílies de mesures: la primera busca modificar la naturalesa de la demanda de càrrega; la segona se centra en l'ús de l'espai urbà i usos del sòl.

La primera família es basa en el desenvolupament de programes voluntaris de distribució en període vall o nocturn, creant un sistema d'incentius als receptors. Aquesta mesura s'analitza de forma més detallada en l'apartat 6. Paral·lelament a aquesta mesura, es pot plantejar una política de redistribució de les hores comercials, canvis de mode transport (tramvia, barcases en ciutats amb canals navegables, metro) i de recepció de la mercaderia per part dels receptors i mesures de consolidació de mercaderies en àrees comercials o en edificis enfocades als receptors. A diferència dels Centres de Consolidació orientats al transportista, on els enviaments des dels productors es fan de forma independent cap al centre, en aquest cas els receptors d'una zona poden desenvolupar una política conjunta de compres o de transportistes.

La segona família fa referència a la concentració espacial i a la distribució de les activitats econòmiques que produeixen o consumeixen càrrega. Si bé el concepte de transport de mercaderies relaciona els volums de mercaderies amb els centres de distribució ubicats als afores de les àrees metropolitanes, la major part del trànsit de camions és produït per petits establiments dels sectors al detall i d'aliments. D'altra banda, més de la meitat dels sectors industrials i comercials són consumidors intensius del sector del transport de mer-

caderies. Les taxes de generació i atracció de mercaderies no depenen de forma directa de la grandària de l'empresa (Woudsma, 2001). Per tant, els petits comerços generen proporcionalment més trànsit que els grans. En aquest sentit, diverses ciutats han promogut la dispersió de la logística, allunyant centres de distribució dels centres de les ciutats mentre que d'altres han desenvolupat polítiques de control de les activitats econòmiques a la ciutat per mantenir els desplaçaments de mercaderies dins d'uns fluxos màxims.

#### 4.8. Gestió dels actors involucrats en la DUM

Un dels principals esculls per al desenvolupament de les mesures citades anteriorment és la participació, implicació i lideratge del sector públic i ens públics en la DUM, així com l'acostament de les mesures al sector privat. El sector públic no pot fer front als problemes de transport de mercaderies sense comprendre les interaccions econòmiques i fenòmens involucrats descrits en l'apartat 3. Sovint, les decisions polítiques relatives a la zonificació, conceptes de disseny urbà, les normes d'estacionament, i les restriccions en les rutes de camions poden donar lloc a problemes no desitjats (Jones et al., 2009). La participació efectiva del sector privat requereix la creació de mecanismes per discutir el model de DUM d'una ciutat amb les comunitats per identificar possibles solucions. En aquest sentit, s'han desenvolupat campanyes de creació d'un gestor de mobilitat de mercaderies en els principals punts generadors o atraients de càrrega, taules de mobilitat on participin tots els agents involucrats, i campanyes pedagògiques adreçades a la societat, policia i planificadors dels diversos estaments oficials sobre la importància de la DUM en l'economia d'una ciutat.

#### 5. Mesures de consolidació de mercaderies

Les mesures de consolidació de mercaderies tenen per objectiu incrementar el factor de càrrega dels vehicles de distribució a les ciutats. Els enviaments realitzats en diferents rutes de lliurament d'un o varis transportistes s'agrupen en un únic vehicle que realitza la distribució final a l'àrea de destinació. La consolidació de mercaderies sol suposar la creació o adaptació d'una terminal urbana (nova o existent) on es reben mercaderies i s'assignen en vehicles adaptats a la circulació urbana per realitzar la distribució als clients finals. Els efectes d'aquesta consolidació són la reducció del nombre de vehicles a les ciutats i, conseqüentment, els costos logístics de distribució, així com les externalitats negatives (emissions, soroll, contaminació). No obstant això, hi ha un repte important per a l'èxit de les estratègies de consolidació: l'organització d'agents i com els nous costos de distribució de la instal·lació de la terminal o centre de consolidació són compensats per les parts interessades que experimenten una reducció de costos.

Un exemple ben conegut d'aquestes estratègies de consolidació és el concepte de centre de consolidació urbana (CC) o espais logístics urbans (ELU). Són instal·lacions logístiques situades a les proxi-

mitats de la zona de distribució en què es consoliden els lliuraments, que cal que estiguin ben connectades amb les principals artèries i vies d'entrada a la ciutat. A Browne et al. (2005) es presenta una anàlisi profunda de les potencialitats i les principals debilitats dels CC i ELU. Malgrat els prometedors resultats esperats, un dels principals reptes és el finançament necessari per pagar el cost d'instal·lació d'aquests centres o espais. D'altra banda, aquesta mesura implica nous costos de manipulació, així com un increment del temps de lliurament per a tots els enviaments que es distribueixen a través del CC. Els efectes econòmics per als múltiples actors involucrats en diverses proves pilot de CC no han estat estimats detalladament, fet que ha donat lloc a models de negocis inviables. De fet, de més de 100 implementacions de centres de consolidació a tot el món fins a l'any 2012, només 12 estaven encara en servei (Allen et al., 2012). Diverses contribucions han presentat una avaluació quantificada dels impactes del CC per a la implementació en ciutats concretes d'Europa, Amèrica del Nord i ciutats del Japó (Paddeu et al., 2014; Köhler, 2001; Kawamura i Lu, 2007, Chen et al., 2012). Aquests resultats s'apliquen a cada cas d'estudi i és difícil extrapolar els èxits assolits a altres contextos físics.

D'altra banda, el concepte d'espais logístics urbans (referit com Espace Logistique de proximité a França) ha tingut èxit en els últims anys com una estratègia de consolidació (Holguín-Veras et al., 2008). Se supera el problema del finançament de la construcció d'un nou centre de consolidació, ja que l'espai logístic es basa en un contenidor o una altra estructura d'emmagatzematge puntual de la mercaderia de reduïdes dimensions, de baix cost econòmic i que està ubicat en una instal·lació existent dins d'un centre de la ciutat (per exemple, un aparcament públic o privat).

Els agents que preveuen un equilibri econòmic completament diferent a causa de les estratègies de consolidació són aquells que operen la xarxa de distribució física, és a dir, el transportista i l'operador del CC (o del ELU). En la cadena de subministrament tradicional, els transportistes regulars distribueixen béns als receptors finals des dels centres de distribució ubicats als voltants de la ciutat. Quan es mou una fracció  $\mu$  dels enviaments totals  $N_i$  d'una xarxa tradicional d'un transportista i a la nova cadena de subministrament amb un centre de consolidació, el transportista tradicional només opera la fase d'accés entre els centres de distribució i el CC urbà. Això implica que els costos associats a la xarxa local ja no són incorreguts pel transportista. No obstant això, l'operador CC s'encarrega de les operacions de transferència de mercaderies de les rutes entrants dels transportistes (interurbans) i realitza les rutes locals a l'àrea urbana. L'operador CC pot ser una empresa neutra, un operador logístic o empresa existent o un organisme públic. Aquest actor incorre en el cost d'inversió de la construcció de les instal·lacions i el cost operatiu de la distribució d'última milla (en molts casos, la consolidació de la mercaderia necessita una terminal urbana de consolidació). La distribució d'última milla d'aquesta instal·lació de consolidació ha de complir els requisits dels receptors, així com les regulacions imposades per les autoritats locals ( $X_L$ ).



No obstant això, la qüestió clau en aquesta anàlisi és com el cost total sofert per l'operador del CC és equilibrat pels ingressos o compensacions per tal d'assegurar una rendibilitat positiva per a tots els grups d'interès.

Les mesures de consolidació de mercaderies poden ser de dues tipologies diferenciades (Holguín-Veras i Sánchez-Díaz, 2016): orientades al comerç o orientades al transportista.

### 5.1. Consolidació de mercaderies amb participació de receptors (orientades al comerç)

Les mesures orientades al comerç o receptors, es basen en la coordinació entre els receptors, que fixen una política comuna d'enviaments a un gran centre atraient de mercaderies. Un exemple és quan el gerent d'un centre comercial, hospital, gran edifici d'oficines, reorganitza les cadenes de subministrament i racionalitza les arribades de vehicles de mercaderies. En aquest cas, el gran centre atraient de mercaderies pot organitzar d'una forma més eficient les recepcions, creant una distribució interna (en l'edifici o instal·lació) més controlada.

Aquesta mesura també es pot aplicar entre tots els comerços distribuïts en un barri amb força activitat comercial, tot i que planteja problemes de lideratge, ja que hi ha una dispersió geogràfica i no sol existir un gestor de mobilitat ni un règim jurídic en comú entre tots els comerços. No obstant, les estratègies que busquen el suport i captació dels receptors presenten una limitació significativa. Els receptors locals se suposa que són insensibles a aquesta mesura logística. La resposta que s'espera és que es comportin de forma neutra ja que no hi ha incentiu econòmic per prendre part en l'estratègia de consolidació. De fet, les estratègies adreçades als receptors necessiten l'ús conjunt de fixació de preus i incentius econòmics (Holguín-Veras i Aros-Vera, 2014) per fomentar la participació dels receptors en el programa de col·laboració. D'altra banda, el CC es percep com una etapa addicional en la cadena de subministrament que genera una nova penalització en el cost i temps de manipulació de la mercaderia. Els receptors no perceben cap estalvi de costos logístics ni cap incentiu econòmic, fet pel qual limita la participació activa dels receptors en aquesta estratègia.

Aquesta mesura en forma de prova pilot s'ha desenvolupat al barri de Sant Andreu (Cambra de Comerç de Barcelona, 2008) i al centre de l'Hospitalet de Llobregat (STRAIGHTSOL, 2014). En el primer cas, es va construir una terminal urbana on els vehicles comercials de capacitat mitjana de diversos transportistes descarregaven la mercaderia per ser distribuïda al barri. Posteriorment, una empresa pública neutral distribuïa la mercaderia en bicicleta o a peu als diferents comerços de la zona. Tot i que es va aconseguir que diversos comerços participessin en la prova pilot, aquesta no va continuar perquè es perdia la monitorització i traçabilitat de les mercaderies (ruptura de plataforma TIC de seguiment) i per increments del temps de lliurament de la mateixa. L'argument d'un receptor general va ser que

la ruta a través del centre de consolidació augmenta la complexitat de la recepció de l'enviament.

En la prova pilot de l'Hospitalet de Llobregat (2012-13) es va habilitar un centre de consolidació de mercaderies en un magatzem existent pertanyent a l'empresa DHL, ubicat a les afores del municipi. La mateixa empresa s'encarregava de lliurar de forma gratuïta les mercaderies des del centre de consolidació fins al comerç final. Es va demanar la col·laboració a més de 140 comerços de la zona que en el sentit que canviessin l'adreça de lliurament final per la del centre de consolidació. Com a contrapartida, l'Ajuntament de l'Hospitalet faria campanyes de publicitat dels comerços i els lliuraria un distintiu de comerç respectuós amb la mobilitat sostenible. Després de varies campanyes de promoció, únicament 9 comerços varen participar activament en la prova pilot, ja que els incentius de màrqueting al comerç eren insuficients per justificar el canvi organitzatiu. La principal debilitat expressada per botiguers locals era que la disposició del CC podia augmentar el temps de lliurament de la càrrega i podia suposar un increment de la tarifa de transport (Pc) a pagar pels receptors o proveïdors als transportistes o l'operador del CC. Tot i la poca participació del comerç, la prova pilot va aconseguir estalvis de costos i d'emissions del 25% a causa de la reestructuració i consolidació interna de les tres rutes de distribució existents de l'empresa operadora del CC des dels magatzems externs de l'empresa a la terminal urbana. Anteriorment a la prova, cada camió i furgoneta de l'empresa que subministraven mercaderies a l'Hospitalet de Llobregat recorria de forma mensual 2366 km i 1773 km, respectivament. Durant la prova, aquests indicadors es van reduir a 1320 km i 990 km, respectivament, incrementant el factor d'ocupació en un 5%. Sense la participació directa d'un transportista tradicional o incentius als receptors, aquesta mesura difícilment pot ser justificada.

L'únic cas d'èxit en el foment d'aquesta mesura per a un conjunt de comerços distribuïts en un barri, sense estar adreçat a un transportista, ha estat el cas Binnenstadservice als Països Baixos (van Rooijen i Quak, 2010), en què diversos receptors van participar en una iniciativa de consolidació, aconseguint reduccions de costos similars als de l'Hospitalet de Llobregat.

### 5.2. Consolidació de mercaderies amb participació de transportistes (orientades als transportistes)

En el cas anterior es requeria de la col·laboració activa d'un gran nombre de comerços per assolir una demanda crítica que justificu econòmicament l'ús de centres de consolidació i que els comerços canviessin l'adreça de distribució. En aquest cas, la consolidació de les mercaderies s'aconsegueix amb la participació de diferents transportistes. Amb un nombre reduït de transportistes, responsables d'un volum significatiu de mercaderies a distribuir, es poden assolir estalvis de costos logístics i mediambientals importants.

Cada transportista és responsable de la realització de múltiples lliuraments a un subconjunt d'aquests receptors. Amb la creació de la terminal urbana, els vehicles comercials dels transportistes només ha de parar un cop en aquesta instal·lació per lliurar tots els béns

als receptors situats en aquesta zona. En aquesta instal·lació, els enviaments s'ajunten i una flota comú els distribueix a les destinacions finals. Les estratègies de consolidació impliquen un cert nivell de col·laboració entre transportistes, ja que les seves àrees de distribució i clients es combinen a la flota comuna per al lliurament d'última milla.

En aquest sentit, la mesura busca la col·laboració directa de l'agent que pot patir un canvi significatiu en la seva estructura de costos: el transportista. Per tant, es preveu que el transportista participi en la prova sense la necessitat d'un lideratge actiu de les administracions locals o de l'atorgament d'incentius econòmics per fer canviar el paradigma actual de la distribució. El principal inconvenient d'aquesta estratègia de consolidació és que implica una pèrdua de contacte del transportista regular amb els receptors o clients. D'altra banda, les companyies sovint necessiten l'aprovació dels proveïdors per realitzar la distribució definitiva de les seves mercaderies a través de la instal·lació de la consolidació. No obstant això, aquestes barreres corporatives poden ser superades amb la percepció positiva de vehicles ecològics per la societat.

Aquest concepte s'ha dut a terme en la prova pilot a Barcelona (projecte SMILE) durant els mesos de gener a juny del 2014, on es va construir una terminal urbana per a la microdistribució de mercaderies al barri de Ciutat Vella. La terminal o microplataforma consistia en dos contenidors i una marquesina de protecció i va ser ubicada al Passeig Lluís Companys de Barcelona (figura 4a). El servei de gestió de la microplataforma i de distribució de les mercaderies des de la terminal fins als comerços de Ciutat Vella fou realitzat per l'empresa VanaPedal amb tricicles elèctrics de 1,2 m<sup>3</sup> de capacitat. Aquest servei era gratuït per a tots els transportistes que hi volguessin participar mitjançant el finançament

europeu del projecte SMILE, amb una limitació de 20 paquets al dia. Els tricicles compartits distribuïen les mercaderies de múltiples transportistes a la zona de distribució definida pels codis postals 08001-08003 de Barcelona. Durant els mesos de la prova pilot, hi van participar 6 transportistes, 3 habituals i 3 puntuals, amb una demanda creixent, que va passar de 469 enviaments/mes fins les 1100 expedicions mensuals al final de la prova. Cada tricicle va fer una mitjana de 16,5 km al dia, entregant uns 44 paquets diaris i realitzant entre 1,07- 2,77 paquets per kilòmetre recorregut.

El factor d'èxit per als transportistes fou la major eficiència dels tricicles elèctrics per realitzar la distribució en una zona d'accés restringit (figura 4b), ja que aquests vehicles poden circular per la vorera i presenten una major productivitat d'enviaments (major velocitat porta-a-porta i menor temps de lliurament en poder aparcar davant del comerç). Els beneficis per a la ciutat es van resumir en la reducció d'aproximadament 1,7 tones d'emissions de CO<sub>2</sub> i d'estalvis de 1.752 litres de combustible. El principal inconvenient que varen al·legar els transportistes era la limitació de 20 paquets diaris, fet pel qual, a partir de juliol de 2014, l'empresa operadora del servei va oferir tricicles en exclusivitat a cada transportista, de forma que únicament lliuressin la seva mercaderia a canvi del cobrament d'una tarifa a cada transportista, regulada per un contracte entre l'empresa proveïdora del servei de microdistribució i el transportista tradicional. En aquest nou plantejament, els transportistes assignaven a la terminal de consolidació els enviaments de petit volum per ser distribuïts en bicicleta elèctrica (sense limitació de nombre de paquets), mentre que els paquets voluminosos seguien sent transportats per furgonetes o camions lleugers. En aquest context, la distribució per mitjà d'un tricicle elèctric aconseguia eliminar una furgoneta de l'operativa del transportista, fet que s'alineava amb els objectius de sostenibilitat ambiental de la ciutat i amb la rendibilitat del transportista. En aquest punt, el tema

**Figura 4a).** Microplataforma de consolidació a Barcelona, projecte SMILE (2015)



Font: Projecte SMILE (2015).

**Figura 4b).** Comparativa de rutes per distribuir des de la microplataforma (A) a un punt (B) amb tricicles i furgonetes



clau és la definició de la tarifa  $\theta_{CF}$  a pagar pels transportistes per cada paquet a ser distribuït via la terminal de consolidació urbana.

## 6. Distribució en hora vall i nocturna

Per reduir la congestió i la contaminació durant les hores diürnes, aquesta mesura promou un canvi en l'horari dels lliuraments i realitzar-los durant les hores vall de trànsit o franja nocturna, DOV (19 pm-6 am). Aquesta mesura no és nova: en temps dels romans es va aprovar la *Lex Iulia Municipalis BC 45* que prohibia la circulació dels vehicles comercials (carruatges) a la ciutat de Roma des de la sortida del sol fins a les 10 am. Tanmateix, al llarg del temps aquesta mesura ha causat molta controvèrsia en la seva aplicació segons sigui voluntària o bé coercitiva i en funció com s'aconsegueix el canvi de model de recepció per part dels comerços.

El principal avantatge per als transportistes és que la distribució es realitza en un període temporal on no hi ha congestió, fet pel qual es requereixen menys vehicles per poder realitzar els enviaments. Així mateix, també pot existir una major disponibilitat de zones de càrrega i descàrrega per la utilització de carrils o zones que durant el dia són destinades a la circulació. Per a la ciutat, aquesta mesura és positiva ja que redueix les externalitats relacionades amb la congestió i les emissions contaminants. Únicament es poden generar impactes negatius en la contaminació acústica, més incòmoda en horari nocturn.

El punt clau en el desenvolupament d'aquesta mesura és el comerç. Per a una gran superfície comercial, el fet de rebre mercaderies a la nit pot ser viable, ja que en aquest període hi ha personal realitzant reposició de béns de consum que es pot encarregar de rebre la mercaderia. No obstant, s'ha considerat tradicionalment que no és una mesura acceptada pel petit comerç, ja que obligaria a contractar més personal per rebre la mercaderia a la nit. Tot i això, avui en dia la recepció de mercaderies a la nit es pot fer sense la presència de personal a la botiga (unattended deliveries) o flexibilitzant l'horari de recepció. En el primer cas, cal posar de manifest que la majoria de comerços tenen un nombre reduït de transportistes de confiança que dia rere dia els visiten per proveir-los de béns de consum. Aquests transportistes, com succeeix amb altres serveis (neteja, seguretat, manteniment), poden tenir accés a la botiga fora de l'horari comercial. En el segon cas, s'identifiquen comerços que exigeixen una franja temporal de recepció de la mercaderia molt compacta que no respon a cap lògica econòmica ni funcional. Aquests comerços podrien rebre la mercaderia man el seu propi personal en una franja fora dels episodis de congestió. En ambdós casos, el comerç pot experimentar guanys en matèria de fiabilitat del servei, ja que es pot assegurar disposar de la mercaderia (fins i tot el dia anterior) abans de l'obertura comercial de l'establiment. Cal doncs, potenciar l'acceptació del comerç per produir un canvi en la franja temporal de lliurament de les mercaderies.

Avui en dia, la mesura de DOV sol anar acompanyada d'incentius als receptors pel seu compromís d'acceptar els lliuraments fora de l'horari comercial. En primer lloc, el seu caràcter voluntari garanteix un augment del benestar econòmic, simplement perquè les empreses que decideixen fer DOV ho fan només si les beneficia. En segon lloc, se centra en els receptors com els agents que prenen les decisions clau. Es podria argumentar que una taxa de congestió als comerços per fer-los canviar l'hora de recepció també seria eficaç, però hi ha diferències substancials en l'acceptabilitat política. Mentre que la taxa de congestió al receptor pot provocar una forta oposició des del sector empresarial, l'ús d'incentius com a part d'un programa de participació voluntària és probable que generi un suport substancial del sector comercial. Aquest fet s'ha demostrat en un programa pilot desenvolupat a la ciutat de Nova York.

L'element central del programa de promoció de la DOV és l'ús d'incentius per a convèncer els comerços a acceptar la distribució en hora vall. Un cop assegurada la seva participació, el suport dels proveïdors i transportistes és directe, ja que poden beneficiar-se dels menors costos de transport en DOV. Els incentius financers són necessaris per superar les deficiències del mercat que impedeix que el sistema de DUM arribi al seu més resultat eficient. La DOV ha estat objecte de força estudis sobre l'eficàcia dels incentius i preus en el canvi de comportament i les condicions necessàries per la DOV i fixació de preus (Holguín-Veras et al., 2015). Per a alguns comerços, no hi ha necessitat d'un incentiu en curs, pel que és més fàcil per al sector públic per implementar DOV. En altres comerços, només hi ha hagut un incentiu econòmic per a participar en la prova pilot durant uns mesos. Un únic incentiu per provar la mesura ha estat suficient per a convèncer el comerç que l'estratègia és efectiva.

A causa de les possibles reduccions dels viatges de camions durant les hores regulars, la promoció de la DOV ha estat utilitzada de manera molt eficaç com a mesura de gestió de la demanda per a esdeveniments especials, durant els quals la congestió podria haver col·lapsat l'activitat comercial (ex. 2012 Jocs Olímpics d'Estiu a Londres). Així mateix, els resultats obtinguts a la ciutat de Nova York on s'ha aplicat aquesta mesura de forma voluntària entre les 7:00 pm i les 6:00 am ha aconseguit un moviment d'entre el 20% i el 40% del trànsit de vehicles comercials al període nocturn o d'hora vall. La reducció de costos de transport experimentada pels transportistes va arribar a ser del 35,2% i es va ampliar addicionalment en un 17% si es considera l'estalvi en multes per estacionament il·legal durant l'hora punta. Les reduccions en emissions de  $CO_2$ ,  $NO_x$  i partícules es troben entre els 55% i 65%. S'ha aconseguit una participació de més de 400 comerços i departaments comercials. Un percentatge similar de reduccions de costos de transport i estalvis en emissions s'han identificat a proves pilot realitzades a Sao Pablo i a Bogotà. S'esperen nous resultats de proves pilot en marxa o planificades arreu del món (Brussels, Copenhagen, Washington, Sydney i Melbourne).

## 7. Quantificació dels efectes de les estratègies de consolidació de mercaderies i distribució nocturna

La implementació voluntària de les estratègies de millora de la DUM anteriorment exposades està condicionada a què els diferents actors participants experimentin uns efectes positius derivats del nou esquema de gestió. En aquest sentit, en aquest capítol s'avalua la rendibilitat del transportista, de l'operador del CC (en el cas de consolidació de mercaderies) i del medi ambient en un conjunt de situacions en una ciutat genèrica amb activitat comercial important. El model d'estimació dels costos de cada actor per les dues estratègies de millora es basa en estimacions de les variables operacionals més rellevants per mitjà d'aproximacions contínues. Els detalls del model es poden consultar en Estrada i Roca-Riu (2017) i Estrada et al. (en premsa).

Les variables relatives a la rendibilitat de cada actor amb la implementació de l'estratègia de col·laboració són:

- Increment relatiu dels costos del Transportista cooperatiu,  $\eta_N$ . Es calcula com el quocient entre els costos de distribució del transportista en l'estratègia de millora i els associats en la situació tradicional. En el cas dels costos de l'estratègia de consolidació, s'inclou el pagament d'una tarifa per cada paquet transportat a l'operador del CC.
- Increment relatiu dels costos del Medi ambient,  $\eta_E$ . En aquest cas, la variable es cal-

cula com el quocient entre la monetització de les emissions de gasos contaminants del parc de vehicles de mercaderies en l'estratègia de millora de distribució i l'associada a la situació actual.

- Beneficis de l'operador del CC,  $\Delta_{CC}$ . Aquests beneficis només es computen en el cas d'avaluar l'estratègia de consolidació. Es calculen com la diferència entre els ingressos i els costos fixos i variables experimentats per l'operador per oferir el servei de microdistribució des de la terminal urbana. Els ingressos corresponen bàsicament al cobrament d'una tarifa per paquet gestionat de cada transportista.

En l'avaluació de la implementació de cada estratègia, les condicions necessàries per assegurar la rendibilitat dels principals actors es tradueixen en verificar que les variables  $\eta_N, \eta_E$  presentin valors entre 0 i 1, i que  $\Delta_{CC}$  presenti un valor positiu. A les figures 5-7 es mostren els valors resultants d'una anàlisi de sensibilitat de les rendibilitats dels actors per l'estratègia de consolidació (a) i per la distribució nocturna (b). Aquesta anàlisi es realitza en relació a dos paràmetres d'entrada del model: la fracció de mercaderies que passarà a ser lliurada per mitjà de la nova estratègia de millora (eix d'abscisses,  $F(u)$  o  $\mu$ ) i la densitat de comerç existent en la ciutat (eix d'ordenades,  $\delta$  (comerços/km<sup>2</sup>)). En tots els casos, se suposa que la flota que utilitza el transportista són camions lleugers dièsel de 9m<sup>3</sup> de capacitat que es mouen dins la ciutat a  $v=20$  km/h. En la distribució nocturna, el transportista utilitza els mateixos vehicles, però en aquest cas se suposa que la velocitat urbana augmenta a  $v=30$  km/h. En el cas de l'estratègia de distribució, l'operador CC utilitza bicicletes elèctriques

Figura 5a). Increment relatiu dels costos transportista en estratègia de consolidació en terminal CC

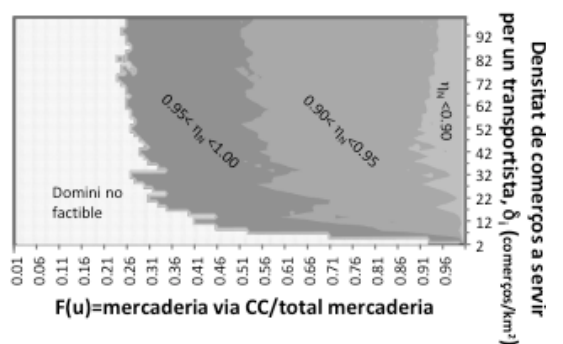
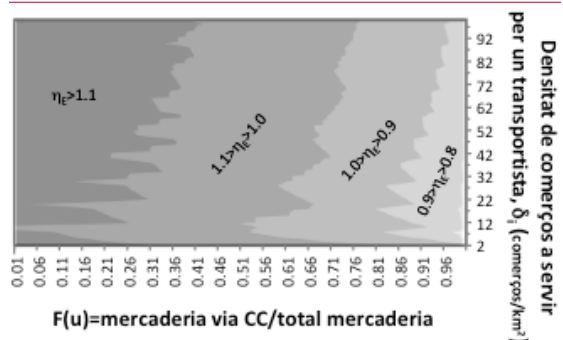


Figura 6a). Increment relatiu de les externalitats mediambientals en estratègia de consolidació en terminal CC



Font: elaboració pròpia.

Figura 5b). Increment relatiu dels costos transportista en estratègia de distribució nocturna

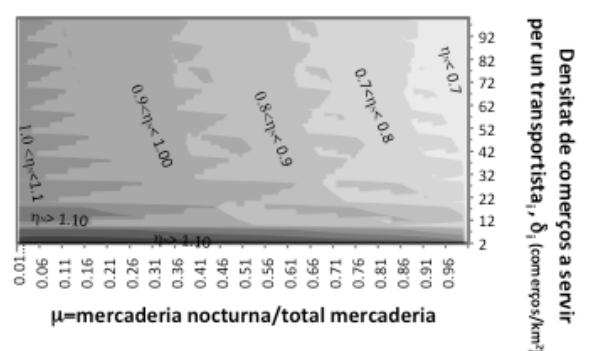
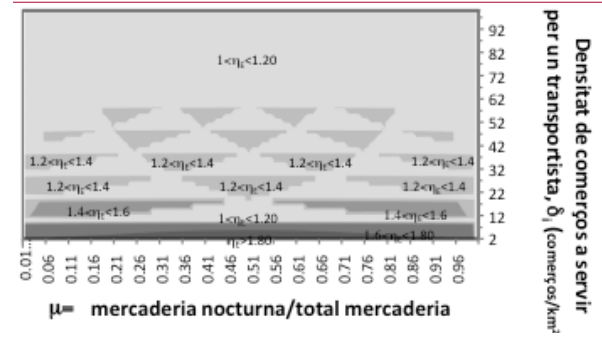
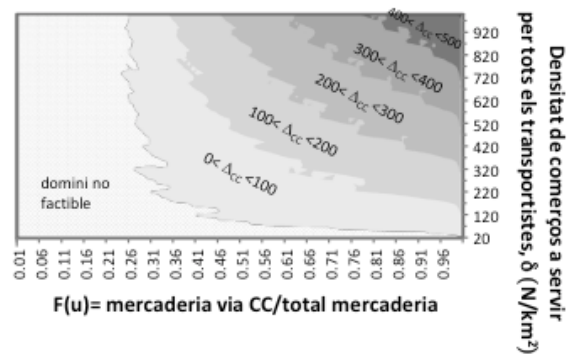


Figura 6b). Increment relatiu de les externalitats mediambientals en estratègia de distribució nocturna



**Figura 7.** Benefici de l'operador de CC,  $\Delta_{CC}$  (en euros/dia)



Font: elaboració pròpia.

de 1,2 m<sup>3</sup> de capacitat, mantenint la mateixa velocitat urbana que en la distribució regular. Així mateix, s'ha considerat que la tarifa que paga el transportista a l'operador CC és equivalent al 30% dels estalvis de costos per paquet que experimenta el transportista. Els detalls numèrics dels paràmetres utilitzats es troben en Estrada et al. (en premsa).

En el cas de l'estratègia de consolidació, existeixen diverses combinacions de densitat de comerços (d) i de fraccions de mercaderies servides pel CC (F(u)) que comporten un resultat no factible, és a dir, que no es pot garantir la rendibilitat del transportista i operador CC a la vegada. Aquesta situació sempre ocorre quan la fracció de mercaderia passada al CC és inferior al 30%, segons la figura 5a. En aquesta figura es pot observar que el transportista millora la seva rendibilitat a mesura que s'incrementa la densitat de comerços a servir a la zona i la fracció d'enviaments a través del CC. Es poden arribar a reduccions del cost de transport del 15-20% quan tota la mercaderia és transportada via el CC. En el cas de l'operador del CC, existeix una densitat mínima de clients que cal superar per justificar econòmicament la provisió del servei (figura 7). No obstant, la rendibilitat millora a major densitat de comerços en la ciutat i major fracció de mercaderies, és a dir, una major demanda per repartir els costos fixos d'operació del CC. Finalment, la rendibilitat mediambiental, amb l'anàlisi dels estalvis de les emissions (figura 6a), és la condició més restrictiva per al desenvolupament de centres de consolidació. Es constata que per fraccions de mercaderia inferiors a  $F(u) < 0.7$ , la mesura incrementa el valor monetari de les emissions en relació a la distribució tradicional. Es pot concloure que les estratègies de consolidació només poden ser plantejades quan es disposa d'una densitat mínima de clients i els transportistes traspassen un fracció molt elevada de mercaderies al centre de consolidació.

En el cas de la distribució nocturna, les reduccions de costos del transportista són més importants que en l'estratègia de consolidació, arribant a estalvis superiors al 30% quan la major part de la mercaderia és repartida a la nit, resultats similars a les proves pilots de New York, Bogotá i Sao Pablo. Els valors obtinguts depenen molt més significativament de la fracció de mercaderies traspasada a la franja nocturna que de la densitat de comerços  $\delta$ . No obs-

tant, cal una densitat mínima superior a 15 comerços/km<sup>2</sup> perquè la mesura comporti guanys al transportista. No obstant, els resultats en matèria d'emissions no són satisfactoris. El fet de superposar rutes diürnes i nocturnes en una mateixa àrea de la ciutat operades amb la mateixa flota provoca que les emissions augmentin amb la distribució nocturna. Aquest fet es pot resoldre distribuint la totalitat de les mercaderies a la nit amb vehicles de major capacitat, fet que permetria reduir el nombre de rutes i distància recorreguda per la flota.

## 8. Conclusions

La distribució urbana de mercaderies és una activitat necessària i imprescindible pel bon funcionament de les ciutats. Tot i així s'ha comprovat que genera problemàtiques (augment de trànsit, empitjorament de la qualitat de l'aire, soroll, entre altres) difícils d'eliminar, però que es poden mitigar amb diverses solucions, que depenen sempre de les condicions de contorn de les ciutats i no existeixen solucions "màgiques" que siguin d'aplicació universal. Per a cada ciutat, fins i tot per a cada barri, existeix una adequada combinació de solucions que cal identificar.

Per aconseguir un millor funcionament de la distribució urbana de mercaderies és important coordinar els seus actors principals (proveïdors, transportistes i receptors) i garantir el màxim benefici en qualsevol actuació. En la majoria dels casos, la cooperació entre aquests actors és bàsica per arribar a una solució viable.

El procés de renovació del parc de vehicles comercials cap a vehicles més nets i respectuosos amb el medi ambient ha estat una constant en la darrera dècada. Els vehicles elèctrics permetran reduir els impactes en matèria d'emissions en la distribució local de mercaderies. Tanmateix, aquesta mesura no presentarà cap avanç per combatre els episodis de congestió de les vies de comunicació i places de càrrega i descàrrega de les ciutats. En aquest sentit, cal acompanyar el procés de mesures d'eficiència, organitzatives i de cooperació entre agents per combatre la congestió i reduir el nombre de vehicles-km recorreguts per la flota comercial. Així, les administracions poden ajudar a realitzar la renovació del parc mòbil per mitjà de subvencions o incentius fiscals, però també han d'apostar per la reducció del seu quilometratge, habilitant la utilització de vehicles de gran capacitat en ciutats en hores vall

de trànsit (o nocturnes) i fomentant la col·laboració entre agents.

Existeixen dues mesures que poden ajudar a mitigar els problemes de congestió i de contaminació a les ciutats: les estratègies de consolidació i la distribució nocturna.

Les estratègies de consolidació són únicament vàlides quan es disposa d'una densitat mínima de clients i els transportistes traspassen una fracció elevada de mercaderies al centre de consolidació. No és una mesura universal per a qualsevol ciutat, ja que per a cada implementació, cal verificar que s'assoleix una rendibilitat mínima per al transportista, per l'operador del centre de consolidació i uns estalvis d'emissions per a la ciutat. El desenvolupament d'aquesta mesura necessita contractes privats entre els transportistes i l'operador del centre de consolidació per convenir la tarifa a pagar per paquet enviat a través del centre. Aquesta variable juga un paper molt rellevant en la rendibilitat obtinguda per ambdós agents. Finalment, cal remarcar que el desenvolupament d'aquesta estratègia es pot realitzar sense la participació directa dels agents que controlen les decisions econòmiques de consum: receptors i proveïdors.

En el cas de la distribució nocturna de mercaderies, el sol fet de traspasar una fracció mínima dels enviaments d'un transportista a la franja nocturna ja suposa un estalvi de costos de transport. Els estalvis poden arribar al 30% si es passa tot el volum de mercaderies a la franja nocturna, sense la necessitat de crear contractes entre diversos agents com passa amb els CC. Per aconseguir reduccions de les emissions generades pels vehicles és necessari operar la franja nocturna amb una flota de major capacitat que la diürna. No obstant, als transportistes no els interessa operar amb vehicles de major capacitat atès que amb vehicles menors ja tenen assegurada la reducció de costos. En aquest sentit, les administracions públiques podrien jugar un paper important en l'adjudicació d'incentius per adquirir aquests vehicles de major grandària. El principal escull pel desenvolupament de la distribució nocturna és fomentar que els receptors admetin aquest nou paradigma. Són necessaris incentius econòmics al principi de la implementació d'aquesta mesura per assegurar una suficient participació de receptors. En definitiva, és una mesura fàcil d'aplicar i de gestionar, eficaç, i que a llarg termini, un cop superat els incentius inicials, pot compatibilitzar els objectius de transportistes, receptors, proveïdors i ciutat sense cap mena de sobrecost o penalització temporal.

## REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

AJUNTAMENT DE BARCELONA (2015). *Anuari estadístic de la ciutat de Barcelona*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona.

ALLEN, J. i BROWNE, M. (2010). *Considering the Relationship Between Freight Transport and Urban Form*. (Project report. Green Logistics Project). London: University of Westminster.

ALLEN, J., BROWNE, M., WOODBURN, A. i LEONARDI, J. (2012). The role of urban consolidation centres in sustainable freight transport. *Transports Review*, 32, 473-490.

ANDERSON, S., ALLEN, J. i BROWNE, M. (2005). Urban logistics how can it meet policy makers sustainability objectives? *Journal of Transport. Geography*, 13(1), 71-81.

BESTUFS, 2007. Guía de Buenas Prácticas sobre el Transporte Urbano de Mercancías. Recuperat de: [http://www.bestufs.net/download/BESTUFS\\_II/good\\_practice/Spanish\\_BESTUFS\\_Guide.pdf](http://www.bestufs.net/download/BESTUFS_II/good_practice/Spanish_BESTUFS_Guide.pdf)

BROWNE, M., SWEET, M., WOODBURN, A. i ALLEN, J., (2005). *Urban freight consolidation centres: final report*. (Project report). London: University of Westminster.

CAMBRA DE COMERÇ DE BARCELONA (2008). *Microplataformes de distribució urbana*. Recuperat de [http://www.cambradigital.com/c/document\\_library/get\\_file?uuid=32d1cac7-fa1a-4874-b6e0-7faa2fa2026f&groupId=1533402](http://www.cambradigital.com/c/document_library/get_file?uuid=32d1cac7-fa1a-4874-b6e0-7faa2fa2026f&groupId=1533402)

CHEN, Q., LIN, J. i KAWAMURA, K. (2012). Comparison of Urban Cooperative Delivery and Direct Delivery Strategies. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2288, 28-39.

CITYLOG, 2013. *Citylog sustainability and efficiency of city logistics. Final Report*. Recuperat de [http://cordis.europa.eu/publication/rcn/16579\\_en.html](http://cordis.europa.eu/publication/rcn/16579_en.html)

DGT (2015). *Portal estadístico. Vehículos. Parque*. Recuperat de [https://sedeapl.dgt.gob.es/WEB\\_IEST\\_CONSULTA/informePredefinidoCaptcha.faces](https://sedeapl.dgt.gob.es/WEB_IEST_CONSULTA/informePredefinidoCaptcha.faces)

ESTRADA, M. i ROCA-RIU, M. (2017). Stakeholder's profitability of carrier-led consolidation strategies in urban goods distribution. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 104, 165-188.

ESTRADA, M., CAMPOS, J.M. i ROBUSTÉ F. (en premsa). Night deliveries and carrier-led consolidation strategies to improve urban goods distribution. *Transport*.

GENERALITAT DE CATALUNYA, (2015). *Anuari Estadístic de Catalunya*. Barcelona: IDESCAT.

HOLGUÍN-VERAS, J., SILAS, M. i POLIMENI, J., (2008). An investigation into the attitudinal factors determining participation in cooperative multi-carrier delivery initiatives. A E. Taniguchi i E., Thomson, R. (Eds.), *Innovations in City Logistics* (pp. 55-68). New York: Nova Science Publishers.

- HOLGUÍN-VERAS, J. i AROS-VERA F. (2014). Self-Supported Freight Demand Management: Pricing and Incentives. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, 3(1), 1–24. doi:10.1007/s13676-013-0041-1.
- HOLGUÍN-VERAS, J. et al. (2015). *Improving Freight System Performance in Metropolitan Areas: A Planning Guide*. (NCFRP Report 33). Washington: Transportation Research Board.
- HOLGUÍN-VERAS, J. i SÁNCHEZ-DÍAZ, I., 2016. Freight Demand Management and the Potential of Receiver-Led Consolidation programs. *Transportation Research Part A*, 84, 109–130.
- JONES, E., CHATTERJEE, A. i MARSILI, R. (2009). A Collaborative Plan for Curbside Freight Delivery in Washington D.C. *ITE Journal*, 9(5), 22-25.
- KAWAMURA, K. i LU, Y. (2007). Evaluation of delivery consolidation in U.S. urban areas with logistics cost analysis. In *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2008, 34-42.
- KÖHLER, U. (2001). City-logistics in Germany. A E. Taniguchi, i R. G. Thompson (Eds.), *City Logistics II: 2nd International conference on city logistics* (pp. 203-214). Kyoto: Institute of Systems Science Research.
- OGDEN, K. W. (1992). *Urban Goods Movement: A Guide to Policy and Planning*. Brookfield, VT: Ashgate Publishing Company.
- PADDEU, D., FADDA, P., FANCELLO, G., PARKHURST, G. i RICCI, M., (2014). Reduced Urban Traffic and Emissions within Urban Consolidation Centre Schemes: The Case of Bristol. *Transportation Research Procedia*, 3, 508-517.
- QUAK, H. J. i DE KOSTER, M. B. M. (2009). Delivering Goods in Urban Areas: How to Deal with Urban Policy Restrictions and the Environment. *Transportation Science*, 43(2), 211-227. Doi 10.1287/trsc.1080.0235
- SMARTFREIGHT (2016). *Smart Freight Transport in Urban Areas*. Recuperat de <https://trimis.ec.europa.eu/project/smart-freight-transport-urban-areas>
- SMILE (2015). *SMart green Innovative urban Logistics Models for Energy efficient mediterranean cities*. MED Programme (European Union). Recuperat de [https://eu-smartcities.eu/related\\_web/smile-smart-green-innovative-urban-logistics-energy-efficient-mediterranean-cities](https://eu-smartcities.eu/related_web/smile-smart-green-innovative-urban-logistics-energy-efficient-mediterranean-cities)
- STRAIGHTSOL (2014). *Strategies and measures for smarter urban freight solutions*. EU-funded project from the Seventh Programme. Recuperat de <http://www.strightsol.eu>
- UNFPA (2007). *State of the World 2007-Unleashing the Potential of Urban Growth*. New York: United Nations Population Funds.
- UNFPA (2012). *Population Matters for Sustainable Development*. New York: United Nations Population Funds.
- VAN ROOIJEN, T., GROOTHEDDE, B. i GERDESSEN, J. (2008). Quantifying the Effects of Community Level Regulation on City Logistics. In *Innovations in City Logistics*. A E. Taniguchi i E., Thomson, R. (Eds.), *Innovations in City Logistics* (pp. 387–399). New York: Nova Science Publishers.
- VAN ROOIJEN, T. i QUAK, H. (2010). Local impacts of a new urban consolidation centre—the case of Binnens-tadservice.nl. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2, 5967–5979.
- WOUDSMA, C. (2001). Understanding the Movement of Goods, Not People: Issues, Evidence and Potential. *Urban Studies*, 38, 2439–2455.