
MOVILIDAD INTELIGENTE

FIAMMA PÉREZ PRADA

GUILLERMO VELÁZQUEZ ROMERA

VICTORIA FERNÁNDEZ AÑEZ

JAVIER DORAO SÁNCHEZ

Centro de Investigación del Transporte
(TRANS y T - UPM)

Actualmente más de la mitad de la población mundial vive en zonas urbanas, cifra que se espera que aumente hasta el 70% en 2050. Además, a día de hoy, el 70% de la riqueza global se genera en las ciudades. Es por esto que las políticas y esfuerzos presupuestarios dedicados por los gobiernos centrales a las ciudades está aumentando significativamente en un

gran número de países, al considerarse éstas como los motores básicos del crecimiento económico. Si nos centramos en la Unión Europea, actualmente más del 60% de la población vive en ciudades, generando 85% de la riqueza de acuerdo con el Green Paper on Urban Mobility (EC, 2007).

Desde el punto de vista económico, las ciudades tienen el potencial de producir sinergias y aumentar los rendimientos de escala, lo que las hace tremendamente eficientes, permitiendo a sus habitantes tener grandes oportunidades de desarrollo. No en vano la ciudad es por definición un sistema inteligente que tiene como objetivo mejorar la eficiencia económica y la calidad de vida de las personas que habitan en ella. Pese a las grandes ventajas derivadas de la economía de la aglomeración, en las ciudades también se producen problemas de difícil solución, muchos de ellos asociados a la movilidad: contaminación, cambio climático, congestión del tráfico, expansión urbana, etc. Pero también muchos otros retos que deben de ser tenidos en cuenta como la desigualdad social o la pobreza energética, y que llevan a una reducción de la calidad de vida de sus habitantes. A medida que las ciudades crecen, también aumentan el coste para hacer frente

a las necesidades básicas de la sociedad y la presión ejercida sobre el medio ambiente y los recursos naturales. Las ciudades consumen más del 75% de la producción de energía mundial y generan el 80% de las emisiones de gases de efecto invernadero (Lazariou *et al.*, 2012). El transporte desempeña un papel clave en el ahorro de energía y la reducción de emisiones.

Uno de los elementos fundamentales para fortalecer la vitalidad económica de las ciudades es que sigan pautas de movilidad eficientes y sostenibles asegurando así el intercambio de personas y mercancías de modo eficiente, pero limitando las externalidades ambientales y sociales. No sólo es importante limitar los impactos ambientales, sino que se debe asegurar que la calidad de vida en este entorno sea lo más alta posible, para que las ciudades sean lugares donde la actividad social y económica sea atractiva.

Sin embargo, el creciente aumento de tráfico en los núcleos urbanos trae consigo una serie de consecuencias negativas: degradación del entorno local debido a un aumento de la contaminación atmosférica y del ruido, aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, mayor coste energético de los despla-

ILUSTRACIÓN 1 KUALA LUMPUR



AUTOR: Smart Abdul Hamid (2013).

zamientos, incremento de los accidentes de tráfico especialmente entre los llamados usuarios vulnerables, incremento de los tiempos de viaje y pérdidas económicas importantes (EC 2007). La Comisión Europea en el Libro Blanco publicado en 2011 (EC2011a), «Hacia un Sistema de Transportes competitivo y eficiente en recursos», considera que el transporte todavía no es sostenible debido a su alta dependencia del petróleo, a los altos índices de congestión y los impactos medioambientales y económicos que ello conlleva. Tampoco lo es desde el punto de vista social debido a los enormes costes derivados de la elevada accidentalidad y los problemas de accesibilidad. Conseguir una movilidad eficiente (en relación a los recursos utilizados) y sostenible es uno de los desafíos de las ciudades del futuro.

En este marco y gracias a las innovaciones tecnológicas surge el concepto de *Smart City* como una herramienta para conseguir ciudades más eficientes y sostenibles. La *Smart City* o ciudad inteligente se define como un sistema holístico que interactúa con el capital humano y social utilizando soluciones basadas en las TIC. Su objetivo es lograr el desarrollo sostenible y la calidad de vida en la ciudad de forma eficiente, basándose en la cooperación entre distintos agentes articulados por la municipalidad. En el ámbito de la movilidad urbana, las *Smart Cities* juegan un papel muy importante en la resolución de los problemas mencionados anteriormente. Así los nuevos avances tecnológicos posibilitan un entorno cooperativo en el cual los usuarios de la vía, los sistemas de transporte, las infraestructuras y otros agentes externos estarán conectados. Las nuevas soluciones de Movilidad Inteligente se presentan como una gran oportunidad para optimizar y mejorar la planificación y operación eficiente de los sistemas de transporte así como para contribuir a reducir sus principales externalidades (ver ilustración 1).

EL PAPEL DE LA MOVILIDAD EN LAS CIUDADES INTELIGENTES ▼

La movilidad urbana ha adquirido importancia de manera gradual debido al crecimiento de las ciudades en los últimos años. El aumento de tráfico en los núcleos urbanos, la congestión urbana y su externalidades tanto económicas (la congestión le cuesta a Europa alrededor del 1% del Producto Interno Bruto (PIB) cada año), como sociales (69% de los accidentes de tráfico se produce en las ciudades) y ambientales (por ejemplo, 25% de las emisiones de CO₂ emitidas en las ciudades procede del transporte, además la contaminación del área producida por el tráfico rodado ha sido identificada como un objetivo prioritario en la salud pública en Europa) son considerados factores clave en la degradación de la calidad de vida en las ciudades (Libro Blanco, 2011). La movilidad en las ciudades actuales se caracteriza por unos patrones de movilidad más difusos, con unas distancias de viaje más largas y un continuo crecimiento del nivel de motorización (IDAE 2008).

Las acciones financiadas por la UE en materia de investigación e innovación se han centrado hasta ahora en el desarrollo de nuevas estrategias de movilidad y en la reducción de sus externalidades (TRIP, 2013b). El nuevo programa de investigación de la UE, Horizonte 2020, plantea entre sus objetivos relacionados con la movilidad urbana, las siguientes prioridades:

- Lograr un transporte más sostenible y respetuoso con el medio ambiente.
- Conseguir un sistema de transporte sin costuras («seamless») para alcanzar una mejor movilidad, menos congestión y mayor seguridad.
- Mantener un sector de transporte competitivo a nivel mundial.

ILUSTRACIÓN 2 MASDAR SMART CITY



AUTOR: Forgemind Archimedia (2010).

- Conseguir nuevos desarrollos que permitan reducir a la mitad el uso de vehículos de combustión, impulsando los viajes no motorizados y el transporte público.

Desde el punto de vista técnico, para alcanzar los objetivos políticos de la UE sobre la movilidad urbana hay que encontrar mejores maneras de equilibrar la demanda con la capacidad real del sistema de transporte, por tanto la gestión de la movilidad y la planificación integrada debe ser un objetivo político (ECTRI, 2011). Además, para alcanzar una movilidad sostenible y eficaz se necesita coordinación entre los sistemas de transporte urbano del futuro y los sistemas de planificación y toma de decisiones, siendo necesario por tanto, una reforma profunda de las instituciones y las prácticas de gobierno (ECTRI, 2013).

En este contexto, las Ciudades Inteligentes se presentan como una solución para lograr un desarrollo urbano más sostenible al tiempo que aumenta la calidad de vida de sus ciudadanos a través del uso de las nuevas tecnologías (Neirotti, 2013). La Movilidad Inteligente se basa en «formas innovadoras y sostenibles de proporcionar un medio de transporte para los habitantes de las ciudades, como el desarrollo de sistemas de transporte público y de vehículos basados en combustibles y sistemas de propulsión respetuosos con el medio ambiente, apoyados en avances tecnológicos y en comportamientos proactivos de la ciudadanía» (Neirotti, 2013).

En la era de la revolución digital, la movilidad urbana se enfrenta al reto de identificar y hacer el mejor uso de las tecnologías de la información para procesar y permitir el análisis de grandes volúmenes de datos de forma estructurada e integrada. En el transporte urbano, el propósito de las *Smart Cities* es desarrollar sistemas flexibles de información y de toma de decisiones para operar distintos modos de transporte en tiempo real impactando positivamente en

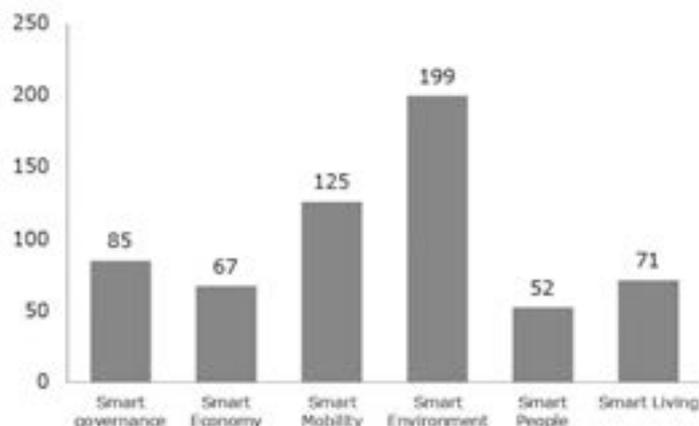
el ahorro de tiempo de los usuarios y la mejora en la eficiencia en los desplazamientos, el ahorro económico y la reducción de emisiones de CO₂. El papel de los gobiernos locales, crucial en los enfoques de *Smart City*, resulta fundamental en esta área, y es que un porcentaje muy importante de los presupuestos municipales se dedica al ámbito de la movilidad urbana (ver ilustración 2).

Así, la Movilidad Inteligente busca ofrecer una red de transporte lo más eficiente, limpia e igualitaria posible para las personas, las mercancías y los datos. Aumenta el potencial de las tecnologías existentes para compartir y proporcionar información a los usuarios, los planificadores y los encargados de la gestión del transporte, permitiendo la modificación y mejora de los modelos de movilidad urbana y los mecanismos de planeamiento, además del fomento de la multimodalidad mediante la mejora de la coordinación e integración de los diferentes medios de transporte.

Aunque este capítulo se centra en la movilidad de pasajeros y mercancías, es importante prestar especial atención al papel que las nuevas tecnologías de la información y la comunicación juegan en este ámbito, constituyendo el elemento definitorio no sólo de la ciudad Inteligente, sino también de la Movilidad Inteligente. La infraestructura TIC compromete las necesidades de los hardwares y softwares de intercambio de datos entre los diferentes agentes y el hábitat de la ciudad. Refiriéndose a la movilidad inteligente en las *Smart Cities*, se incluyen diferentes áreas:

- Sistemas para recolección de datos: son los sistemas de monitoreo y posicionamiento.
- Sistemas y protocolos de comunicación de datos: por ejemplo, entre los centros de control de tráfico, entre y desde los vehículos, o entre vehículos, estaciones y pasajeros.

GRÁFICO 1
ANÁLISIS DE PROYECTOS DE SMART CITY EN LA UNIÓN EUROPEA



FUENTE: European Parliament (2014).

■ Sistemas de calidad en la recolección de datos: se refiere a la exactitud de los datos y su comunicación en tiempo real.

MOVILIDAD INTELIGENTE EN LA UNIÓN EUROPEA †

En el año 2013, la Unión Europea lanzó el primer borrador público del plan operacional de implementación para el consorcio europeo para la innovación en *Smart Cities* («European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities») que centraba sus esfuerzos en *Smart Cities* en 3 campos: energía, movilidad y TICs (EU, 2013). Se trataba de una visión centrada en la tecnología, la innovación y la industria la cual no buscaba tratar los tres ámbitos por separado, sino integrarlos. A la hora de conceptualizar la Smart City la Unión Europea ha ido cambiando paulatinamente su discurso incluyendo nuevos ámbitos de acción. En su informe «Mapping Smart cities in the UE» define «una ciudad inteligente conecta el capital humano, el capital social y la infraestructura de las TICs para abordar los asuntos públicos, lograr un desarrollo sostenible y aumentar la calidad de vida de sus ciudadanos». En la actualidad se ha tomado como referente la división entre ámbitos de la *Smart Cities* realizada en el documento «Smart Cities - Ranking of European Medium-Sized cities» (Giffinger, 2007) en 6 ámbitos: gobernanza, economía, medio ambiente, movilidad, personas y hábitat. Esta nueva clasificación de ámbitos proporciona una visión más completa y compleja de la ciudad, si bien aún separada en diferentes ámbitos, y desplaza la tecnología como tema principal del discurso. Así, a través de las diferentes clasificaciones de acciones de la *Smart City*, la movilidad pasa a ser un tema central y se mantiene. Al mismo tiempo, las nuevas tecnologías se convierten en un tema transversal presente en la ciudad a través de todos los diferentes ámbitos de estudio.

Analizando la implementación de proyectos en el ámbito europeo realizada con motivo del informe

anteriormente citado «Mapping Smart Cities in the EU», se observa la influencia del planteamiento inicial de la Unión Europea. Los proyectos de Ciudad Inteligente implementados hasta ese momento afectan principalmente a los ámbitos de Medio Ambiente y Movilidad. Sin embargo este nuevo enfoque pone en relieve la importancia de nuevos aspectos como gobernanza, hábitat, economía y ciudadanía. Estos temas no deben afrontarse como silos estancos sino comprendiendo la complejidad de la ciudad incorporando una visión holística que los ponga en relación. Por ello, a la hora de desarrollar estrategias inteligentes de movilidad, las propuestas deben tener en cuenta la interrelación con otros ámbitos, incluyendo aspectos sociales y económicos, además de los medioambientales y tecnológicos potenciados en un principio en el concepto de *Smart City* (ver gráfico 1).

Mientras las ciudades continúan su crecimiento sin pausa, sus retos tienen que ser pensados cuidadosamente de modo que el crecimiento poblacional, la sostenibilidad económica y el progreso social avancen en la misma dirección. Las ciudades son lugares en los que la desigualdad se acentúa y, si no se gestiona de forma adecuada, los efectos negativos pueden sobrepasar los positivos. Los retos de las ciudades deben ser afrontados con una perspectiva holística de forma que las ciudades se conviertan en un lugar mejor para vivir. En las ciudades europeas, los cambios demográficos y la crisis financieras han hecho más urgente el hacer frente a esos retos. Y no se trata sólo de problemas que deben ser solucionados en el presente, pues los retos futuros deben ser tenidos en cuenta de forma integrada, tal y como propone el documento de la Comisión Europea «Cities of tomorrow». Las decisiones en planeamiento y gestión urbana tienen consecuencias a largo plazo que deben ser previstas. Pese a seguir este enfoque holístico, estos retos pueden ser clasificados en torno a los diferentes temas que las iniciativas de *Smart city* abordan (ver ilustración 3, en página siguiente).

ILUSTRACIÓN 3 MOVILIDAD DE LA CIUDAD



AUTOR: Regiars, (2013).

Se han identificado los retos principales a los que las ciudades deben hacer frente y a los que las propuestas de Movilidad Inteligente deben dar respuesta:

Movilidad sostenible. Existe a nivel global la necesidad de un cambio del modelo de movilidad hacia un sistema sostenible que incluya una combinación de transporte público y privado más eficiente energéticamente y espacialmente, además del aumento de los medios de transporte no motorizados.

Movilidad inclusiva. Una red de movilidad debe ser asequible y accesible para toda la población, independientemente de sus capacidades físicas, su género, su edad, su procedencia cultural o sus condiciones socio-económicas. Los sistemas de movilidad desempeñan un papel fundamental a la hora de evitar la polarización espacial facilitando el acceso de todos los habitantes y visitantes de la ciudad a la totalidad del tejido urbanizado.

Sistemas de movilidad multimodal. La diferencia en densidad e infraestructuras entre zonas de la ciudad da lugar a un modelo u otro de transporte eficiente por áreas. Consecuentemente, los sistemas de movilidad públicos y de logística necesitan funcionar como una red fluida en la que un ciudadano o la empresa de reparto debe tener la posibilidad de cambiar de un medio de transporte a otro, haciendo un uso eficiente de cada uno de ellos.

Movilidad no motorizada. Dentro de los nuevos modelos de transporte, la movilidad no motorizada, y en concreto la que no depende del vehículo privado, debe potenciarse, mientras que la movilidad en vehículo privado debe hacerse social y económicamente menos atractiva (Neirotti, 2013).

Reducir la congestión de tráfico. La congestión de tráfico tiene efectos negativos tanto en la salud del ciudadano como en las condiciones medioambientales y económicas. Consume energía, espacio y reduce la calidad de vida de los habitantes de la ciudad.

Reducir las emisiones. Las emisiones de CO₂ son una de las principales fuentes responsables del cambio climático. Pero además, la movilidad motorizada emite otro tipo de gases como NO_x, PM2,5, PM10, entre otros, que afectan directamente en la salud de las personas. Reducir la movilidad dependiente de los combustibles fósiles permitirá la reducción del nivel de contaminación y favorecerá la mejora de las condiciones medioambientales. Sin embargo, el uso de los motores que funcionan mediante energías renovables no solventará por completo el problema de la contaminación, ya que entre el 15 y el 25% de las partículas sólidas emitidas por el transporte se deben al frenado y consumo de neumáticos y la transformación de la energía necesaria en el caso de vehículos eléctricos puede dar lugar a la emisión de partículas (sin embargo esta emisión se realizará en el lugar de su transformación, reduciendo el efecto directo en las personas que produce una emisión de partículas local).

CAMPOS DE LA MOVILIDAD EN LOS QUE LAS SMART CITIES ESTÁN DESEMPEÑANDO UN PAPEL FUNDAMENTAL ↓

Los proyectos de Movilidad inteligente que están siendo desarrollados en la actualidad reflejan este cambio de paradigma hacia fuentes de energía alternativas y transporte no motorizado. Así, los retos de la movilidad en las ciudades deben afron-

tarse mediante programas a nivel ciudad o área metropolitana que sean capaces de proponer alternativas a la movilidad urbana con una visión global y comprehensiva. Los proyectos de movilidad comprendidos en las estrategias de *Smart Cities* están organizados en diversos tipos de movilidad que va desde la peatonal a la motorizada, otorgando también especial importancia a la multimodalidad o las posibilidades de intercambio entre ellas. Una segunda clasificación puede realizarse respecto a la propiedad de los medios de transporte: tanto la movilidad mediante transporte público o en transporte privado deben ser tenidas en cuenta. Por último, la movilidad en la ciudad no se refiere únicamente a pasajeros, sino que el transporte de mercancías juega un papel fundamental en el que la introducción de las nuevas tecnologías supone una mejora sustancial atendiendo a eficiencia y sostenibilidad. Los avances en la infraestructura del transporte y en su gestión constituyen elementos clave en los proyectos de *Smart City* que incluye la dimensión de la movilidad. Los retos a los que se pretende hacer frente a través de estos proyectos están muy cercanos a la dimensión medioambiental, y guardan una estrecha relación con los temas de contaminación y ahorro energético. La sostenibilidad se convierte también en tema clave e hilo conductor de las estrategias inteligentes de movilidad en la ciudad, articulando las iniciativas y favoreciendo un enfoque multidimensional que tenga en cuenta factores económicos, sociales y ambientales.

Gestión del tráfico ▾

La gestión del tráfico desde un punto de vista «*Smart*» se refiere a la organización inteligente de los flujos de tráfico para conseguir carreteras más seguras y menos congestionadas reduciendo las externalidades negativas (gasto energético, contaminación, etc). La importancia de una gestión inteligente del tráfico reside en su capacidad para mejorar la movilidad sostenible, la contaminación y la congestión producidas por el tráfico. La evolución de la tecnología y de las tecnologías de la información y la comunicación han ampliado el abanico de posibilidades que la gestión inteligente del tráfico ofrece a través de plataformas para optimizar los flujos de tráfico en las cuales diferentes entidades pueden colaborar (a nivel local, regional, etc.), sistemas de aparcamiento inteligente (mediante sensores colocados bajo la calzada o cámaras que analizan el espacio disponible para aparcar), gestión variable, monitorización y control del tráfico, así como la velocidad dependiendo del óptimo por flujos, semáforos de control en los accesos a autovías dependiendo de la saturación de la carretera (ramp metering) o la posibilidad de abrir los arcones al tráfico en tiempo real para aumentar el espacio de rodado.

Todas estas nuevas posibilidades de gestión del tráfico se pueden sintetizar en 4 grupos:

- ✓ Gestión de los flujos de tráfico.
- ✓ Gestión de las incidencias.

- ✓ Mejora de la seguridad.
- ✓ Información al viajero en tiempo real.

La comunicación entre la información recogida para estos cuatro subgrupos es considerado de vital importancia para una adecuada gestión. San Francisco Transit Agency afirma que un promedio del 30% del tráfico de las ciudades está generado por viajeros en busca de aparcamiento. Por esta razón, la integración de sistemas de aparcamiento inteligente está cobrando cada vez mayor importancia en los planes de movilidad actuales. Sin embargo, estas iniciativas llevan aparejado el riesgo de fomentar el vehículo privado en la ciudad al facilitar la búsqueda de aparcamiento, con las externalidades que este aumento conlleva. Por esta razón se considera muy importante introducir estas iniciativas junto a un servicio regulado de aparcamiento o de peaje adaptado a las condiciones y necesidades de la ciudad.

Se ha demostrado que la velocidad óptima de circulación en una carretera depende del volumen de saturación de la misma reduciendo el número de frenadas. Por esta razón han comenzado a implementarse sistemas dinámicos de limitación de la velocidad máxima, reduciéndola hasta la óptima cuando el tráfico es más denso. Un buen ejemplo sería la M25 en Londres, que permite gestionar en tiempo real la velocidad de circulación dependiendo del volumen de flujo de vehículos (ver ilustración 4, en la página siguiente)).

Transporte público ▾

El transporte público urbano ha sido una de las áreas que tradicionalmente mayor uso ha hecho de las nuevas tecnologías, aunque centradas principalmente en el lado de la gestión. Sin embargo, la penetración del enfoque *Smart* continúa modificando intensamente el panorama del transporte público desde su misma concepción, ampliando los esquemas de servicio que abarca su definición: transporte en autobús, tren u otro modo, de propiedad pública o privada, que proporciona al público un servicio general (o especial) de forma regular y continua.

Desde el punto de vista de la demanda, y del mismo modo que en otras áreas de la *Smart City*, las soluciones de transporte público que evolucionan adaptándose a las necesidades y expectativas de los clientes, y no al revés son las que prosperan. Con la aparición de soluciones como planificadores de viaje, apps de información del servicio en tiempo real, esquemas de uso compartido, o la exigencia de servicios bajo demanda. El cliente tipo de los servicios de transporte evoluciona, con un perfil cada vez más flexible y multimodal.

Desde el punto de vista de la gestión, el desarrollo de las nuevas tecnologías, además de estar impac-

ILUSTRACIÓN 4
MASDAR CITY



AUTOR: Forgemind Archimedia (2010).

tando la demanda del servicio y generando demanda de otros servicios complementarios, está liderando un cambio en los procesos permitiendo su optimización, aumentando la seguridad, diversidad y calidad de servicio, al mismo tiempo que las emisiones, los tiempos de viaje y la energía consumida se ven reducidas. Destaca la introducción de soluciones como tarjetas y tarifas de transporte integrado, posicionamiento de flotas, flotas de bicicleta pública, vehículos públicos eléctricos y soluciones open data.

Los principales retos en que el transporte público participa en la *Smart City* son los de lograr una movilidad sostenible, integrada e inclusiva; reducción del consumo energético y la emisión de contaminantes, así como de la congestión y la ocupación de espacio público. Resulta esencial para todo ello una política de transporte público que abrace la multimodalidad como pieza clave del sistema fomentando el uso de modos alternativos al vehículo privado, ya sea a modo sustitutivo o complementario.

Las iniciativas más arriba enumeradas pueden ser englobadas en:

- ✓ Información a viajeros en tiempo real.
- ✓ Información de gestión en tiempo real.
- ✓ Mejoras de seguridad física y protección.
- ✓ Modos de pago integrado.

Destaca la iniciativa de colaboración entre ciudades europeas *Opticités* apoyada en la implantación de soluciones innovativas piloto de movilidad inteligente para el intercambio de Buenas Prácticas.

Logística

Una de las piezas claves de la movilidad inteligente es la gestión de los flujos logísticos a nivel urbano, integrando de forma efectiva los negocios en la ciudad, ya que la distribución urbana de mercancías contribuye ampliamente al desarrollo económico de esta. Debe tener en cuenta las necesidades de los sectores público y privado. Aunque el porcentaje de vehículos/kilómetro de los camiones no supone más del 10% del tráfico de las carreteras europeas, estos pueden originar fácilmente la mitad de las emisiones de dióxido de nitrógeno, cerca de un tercio de las partículas en suspensión y más del 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero.

La importancia de una gestión inteligente de la logística se debe a su capacidad para mejorar la movilidad sostenible, la contaminación y la congestión del tráfico. Ya en la época dorada de los romanos, con Julio Cesar como emperador de Roma, el tráfico de bienes fue prohibido durante el día debido a los importantes efectos negativos que producía en la ciudad. A día de hoy, limitaciones de este tipo se consideran inaceptables, pues no se puede obligar a un pequeño negocio a mantener sus puertas abiertas durante la noche para realizar los servicios logísticos sin que esto afecte negativamente a su horario de apertura y venta al público. Con el desarrollo de las nuevas tecnologías de comunicación y el concepto de *Smart City* cogiendo fuerza para gobiernos municipales, empresas y universidades de la ciudad, la logística ha encontrado nuevas oportunidades para mejorar la eficiencia, la sostenibilidad y la calidad de vida de los ciudadanos. En este campo se están

desarrollando plataformas para la logística integrada, renovaciones de la flota de transporte con objeto de adaptarla a las necesidades actuales, fomento de la multimodalidad en la logística o la localización en tiempo real de los productos mediante el seguimiento de flotas.

Estas iniciativas pueden clasificarse en:

- ✓ Mejora en la capacidad de seguimiento y trazabilidad de las mercancías.
- ✓ Gestión de las flotas.
- ✓ Gestión del almacenamiento.
- ✓ Multimodalidad en la logística.

El tamaño de la mercancía, la distancia entre el punto de origen y destino, las infraestructuras y el volumen suelen determinar el tipo y tamaño de vehículo utilizado para el transporte. Sin embargo, en una ciudad, aspectos como el nivel de congestión en tiempo real, la calidad del aire o la prohibición de acceso a vehículos privados en preferencia de peatones o bicicletas en determinadas calles aumenta el número de variables a tener en cuenta para la definición del tipo de vehículo. Para ello, las cuatro categorías de la logística de la *Smart City* anteriormente nombradas, deben ponerse en funcionamiento conjuntamente para adaptar la circulación de vehículos con funciones logísticas a las necesidades específicas de cada zona de la ciudad y tipo de bien repartido. Se ha observado un mayor nivel de este tipo de acciones con carácter piloto principalmente en zonas de acceso restringido a vehículos motorizados, con acciones como la «última milla», donde las mercancías, tras ser almacenadas en puntos cercanos al origen (última milla), son desplazadas en un vehículo eléctrico o no motorizado del tamaño óptimo (bicicleta eléctrica por ejemplo) hasta su destino final. Este tipo de iniciativas requieren una perfecta coordinación entre los cuatro grupos anteriormente nombrados: seguimiento de mercancías, multimodalidad, gestión de flotas y gestión de almacenamiento.

Opciones de movilidad limpias y no-motorizadas ▼

Uno de los objetivos de la movilidad inteligente en la ciudad consiste en priorizar las opciones de no motorizadas y limpias. El proceso deberá sustituir los combustibles convencionales por energías renovables, aumentar el transporte público, disminuir los flujos de tráfico a través de la gestión de la demanda y el planeamiento urbano y facilitar los desplazamientos a pie y en bicicleta, todo ello utilizando como herramienta principal las nuevas tecnologías y basándose en la conectividad entre viajeros y gestores de los sistemas de transporte. Proporcionar opciones de movilidad limpias y no-motorizadas tiene un efecto directo en diversos retos de las ciudades, contribuyendo a implantar sistemas de movilidad más sostenibles, favoreciendo la multimodalidad, disminuyendo la contaminación, y todo ello yendo en de-

trimento de la movilidad mediante vehículo privado. Las opciones de movilidad inteligente limpias y no motorizadas pueden fomentarse a través de medidas y políticas apoyadas en las posibilidades que las nuevas tecnologías ofrecen. Los principales ámbitos de actuación en los que estas medidas se desarrollan en la ciudad inteligente consisten en fomentar:

Energía limpia en el tráfico y en el aparcamiento.

Mediante implantación de infraestructura para el vehículo eléctrico, renovación de flotas de vehículos públicos introduciendo vehículos que no utilicen combustibles fósiles, regulaciones que penalicen los combustibles fósiles o los vehículos contaminantes (por ejemplo, a la hora de pagar las tasas de aparcamiento o de permitir la circulación en centros urbanos), utilización de sensores que funcionan con energías renovables o aparcamientos robotizados.

Opciones de movilidad ciclista y peatonal.

pueden gestionarse las zonas peatonales de acuerdo a las necesidades de la ciudad en tiempo real, instalarse sistemas de alquiler de bicicletas públicas o conocer información en tiempo real de la movilidad ciclista y peatonal para el diseño de las vías de movilidad no motorizada.

Alternativas de movilidad motorizada.

Entre éstas destacan los sistemas de *car pooling* y *car sharing*. En los sistemas de *car pooling*, se alquilan vehículos, preferiblemente eléctricos, cubriendo las necesidades de vehículo privado en la ciudad. Entre otras, la ciudad de Málaga ofrece ya este servicio a través de su proyecto ZEM2ALL (*Zero Emissions to all*), que pretende poner al alcance de todas las personas la movilidad libre de emisiones. Los sistemas de *car sharing* o coche compartido ponen en contacto a viajeros que van a realizar trayectos coincidentes para reducir el número de vehículos privados.

La multimodalidad juega un papel fundamental a la hora de fomentar estas iniciativas, como veremos posteriormente, permitiendo por ejemplo la implantación de aparcamientos disuasorios en conexión con servicios públicos de transporte, incluyendo la bicicleta, pudiendo conocer la disponibilidad en tiempo real de los servicios y limitando así el uso del transporte privado (ver ilustración 5, en página siguiente).

Accesibilidad ▼

Un objetivo transversal presente en cualquier iniciativa de movilidad inteligente es lograr la accesibilidad universal fomentando que ciudadanos con diferentes condiciones sociales, económicas, culturales y físicas, incluyendo personas discapacitadas, tengan acceso en las mismas condiciones a los sistemas de comunicación, transporte, información y otros servicios y dotaciones.

En el Libro Blanco de la Accesibilidad en España, esta se define de la siguiente manera:

ILUSTRACIÓN 5
SISTEMA PÚBLICO INTELIGENTE DE PRÉSTAMO DE BICICLETAS



AUTOR: William Murphy (2009).

«Accesibilidad es el conjunto de características de que debe disponer un entorno, producto o servicio para ser utilizable en condiciones de confort, seguridad e igualdad por todas las personas y, en particular, por aquellas que tienen alguna discapacidad».

La accesibilidad afecta a la sostenibilidad económica y social del sistema de transporte en la ciudad, al reto de la movilidad inclusiva y juega un papel fundamental en la multimodalidad del sistema de transporte y el fomento de la movilidad no motorizada al tener un fuerte componente de transporte público. El concepto de accesibilidad engloba no sólo la accesibilidad física sino también la socioeconómica y la cultural. En su aplicación a la ciudad inteligente, y en este caso, a la movilidad, la accesibilidad digital resulta fundamental para reducir la brecha tecnológica y asegurar que todas las personas puedan ser partícipes de las posibilidades de los nuevos avances tecnológicos.

La movilidad inteligente ofrece múltiples posibilidades para la mejora de la accesibilidad a los sistemas de transporte en la ciudad para todas las personas: garantizar la accesibilidad al transporte público y a los servicios y equipamientos urbanos, promoción de la equidad (mediante, por ejemplo, sistemas de pago asociados a los ingresos), adaptación del transporte para personas discapacitadas y tercera edad, medidas para fomentar la igualdad de género en el transporte o integración de servicios a través de sistemas integrados. Un buen ejemplo de estas es la Tarjeta ciudadana de Zaragoza, en la que se integra el acceso a autobús, sistema público de préstamo de bicicletas y parking con otros servicios ciudadanos como la administración electrónica y servicio

municipal de WIFI, además de a centros de mayores, bibliotecas, museos y centros deportivos

Multimodalidad

La multimodalidad es uno de los retos principales de la movilidad inteligente de la Smart City. Definida como el aumento en la oferta de varios modos de transporte público y/o privado de forma conjunta para satisfacer necesidades de movilidad de pasajeros y bienes de forma óptima. Desde una perspectiva global, la movilidad urbana está cambiando rápidamente. Los vehículos individuales (coches y bicicletas) de carácter público (ya sean gestionados por empresas privadas o públicas), son cada vez más populares difuminando la tradicional separación entre el transporte individual –privado– y colectivo –público–. Por otra parte la movilidad individual se desplaza cada vez más hacia la electrificación y automatización de los vehículos, con los vehículos inteligentes y las comunicaciones M2M como tecnologías disruptivas en el horizonte.

Al mismo tiempo la movilidad colectiva evoluciona hacia una mayor información al usuario, capacidad de adaptación ante incidencias singulares e integración de servicios. Se plantea la cuestión de que, al menos en el entorno urbano, el transporte público es la solución definitiva del mañana. Por lo tanto, con el triunfo de la economía de los servicios centrados en el cliente, los operadores de transporte público tienen como reto el evolucionar hacia la provisión de movilidad integrada, avanzando hacia esquemas urbanos de oferta de movilidad como servicio.

El cambio de estilos de vida ha dado lugar a viajes más frecuentes y variados, y el ciudadano busca cada vez

más soluciones de movilidad de tipo puerta a puerta. Por una parte los operadores tradicionales de transporte público tienen el desafío de adaptarse a prestar servicios cada vez más flexibles y variados, integrando en sus esquemas de servicios a los usuarios de vehículo privado. La movilidad combinada aparece como la alternativa óptima, permitiendo el uso del modo más eficiente en cada momento y área de la ciudad, combinando los esquemas tradicionales con los de coche compartido, bicicleta compartida, taxi, alquiler de coches o caminar. El esquema multimodal proporciona una oferta de movilidad completa y adaptable a estilos de vida cambiantes. Las innovaciones tecnológicas (información en tiempo real y planificadores de viaje) resultan esenciales para obtener el máximo beneficio del esquema multimodal. El transporte público tiene por tanto una fantástica oportunidad para dar forma y definir las ciudades inteligentes y sostenibles del mañana. Sólo una oferta de movilidad combinada puede competir con el vehículo privado en términos de flexibilidad, conveniencia y coste.

Con respecto a los retos en que la multimodalidad colabora de cara a la consecución de la *Smart City*, se puede distinguir entre iniciativas asociadas a la multimodalidad en el ámbito de mercancías, colaborantes en los retos de sostenibilidad, de reducción del consumo energético y de la emisión de contaminantes, así como de la congestión y la ocupación del espacio público; e iniciativas de multimodalidad para viajeros cuyos principales retos son lograr una movilidad sostenible, integrada e inclusiva; asimismo avanzar en la reducción del consumo energético y la emisión de contaminantes, de la congestión y de la ocupación del espacio público. El fomento de modos no motorizados se considera un reto importante desde el punto de vista de la planificación, con la inclusión de esquemas de bicicleta y la recuperación de espacios para la misma y para el peatón, facilitando el objetivo de lograr una ciudad más vivible.

Destacan en este ámbito iniciativas como las de integración tarifaria entre modos y operadores llevadas a cabo en Londres o Madrid, la oferta de datos en abierto en Santander, Chicago o San Francisco o iniciativas privadas de planificadores multimodales como *Moovit*, *Citymapper* o *Waze*. Otro ejemplo lo constituye la iniciativa *Smile* llevada a cabo en Viena donde se ha desarrollado una app de optimización de rutas y que permite la compra de billetes online.

CONCLUSIONES

La Movilidad Inteligente constituye un elemento fundamental de la *Smart City* desde su planteamiento inicial. Resulta clave para hacer frente a la necesaria reducción de emisiones y el ahorro energético, a la congestión en las ciudades, así como a los problemas sociales y económicos asociados a la accesibilidad y la conectividad. La Movilidad Inteligente proporciona soluciones a los retos de las ciudades actuando de forma integrada en diversos ámbitos.

Lograr un sistema de movilidad sostenible, inclusivo y eficiente para personas y mercancías es el reto principal al que la Movilidad Inteligente debe hacer frente. Gestionar de forma eficiente el tráfico de viajeros y mercancías, fomentar alternativas a la movilidad motorizada y basada en el vehículo privado y desarrollar un sistema de transporte público multimodal al alcance de todos los ciudadanos y ciudadanas son tres de los ejes principales que permitirán reducir la congestión y la contaminación en las ciudades mejorando la conectividad en ellas.

Una de las principales posibilidades es aprovechar una visión holística permitida en la *Smart City* a través de la gestión integrada de procesos para dar soluciones complejas a la movilidad, detectar los resultados de las medidas y trabajar con una visión de conjunto que permita aumentar la eficiencia y accesibilidad de los sistemas de transporte.

La movilidad inteligente utiliza el potencial de las nuevas tecnologías para, mediante las nuevas posibilidades de interconexión y gestión de la información, mejorar los servicios y disminuir las externalidades que generan. Las oportunidades observadas con la recolección y análisis de datos de patrones de movilidad en tiempo real (*Big data* y *Cloud*) gracias principalmente al desarrollo de las Tecnologías de Información y Comunicación está revolucionando la manera de gestionar la movilidad urbana en la *Smart City*.

Debido a la alta inversión que estos proyectos y las características particulares de cada núcleo urbano, las ciudades suelen introducir proyectos piloto para evaluar su eficiencia y aprender de los errores a lo hora de su implementación a gran escala. La necesidad de estos proyectos piloto es debido a que la innovación y la introducción de nuevas soluciones va de la mano del surgimiento de nuevos problemas, los cuales deben ser paliados y minimizados antes que se conviertan en un problema real a gran escala (pérdida de privacidad, brecha tecnológica, consumo energético de sensores (IoT), entre otros que irán apareciendo). Sin embargo, ya existen proyectos que están empezando a funcionar en ciudades como Singapur, considerado un referente mundial en la gestión de la movilidad urbana, Amsterdam ciudad a seguir en Europa y Barcelona y Madrid como pioneras en España.

A pesar de todos los beneficios que la implantación de estas acciones se prevé que causarán en la ciudad, se ha detectado la imposibilidad a día de hoy de calcular el coste-beneficio real que la alta inversión para la instalación de estas tecnologías requiere. Por este motivo, y cada vez más, se están demandando proyectos de investigación basados en evaluaciones multicriterio que permita calcular el impacto real que estas iniciativas producen, no sólo en el campo de la movilidad inteligente, sino en todos los ámbitos de la ciudad, y ser utilizados así como herramientas soportes para la toma de decisiones. En esta dirección, el proyecto ASCIMER (Assessment for Smart City Initia-

tives in the Mediterranean Region) financiado por el Banco Europeo de Inversiones, llevado a cabo por un equipo multidisciplinar de la Universidad Politécnica de Madrid y coordinado por el catedrático de transporte Andrés Monzón, está haciendo un esfuerzo para desarrollar una herramienta que ayude a entender los beneficios que los proyectos *Smart* producen en las ciudades distribuidas por el mar mediterráneo.

Si somos capaces de paliar los problemas que la introducción de la *Smart City* puede causar en el tejido urbano, las oportunidades que el análisis y la gestión de datos en tiempo real a través de la innovación parecen infinitas a la hora de mejorar la eficiencia, la sostenibilidad y la calidad de vida de los ciudadanos. La Movilidad Inteligente tiene, y seguirá teniendo, un papel fundamental en el futuro de las ciudades, constituyendo una herramienta clave para lograr los objetivos de la *Smart City*.

BIBLIOGRAFÍA ▼

ALONSO LÓPEZ, F. (Coord) (2003): *Libro blanco de la accesibilidad*. Ministerio de trabajo y asuntos sociales. Madrid.

CFM (2009): *Agenda 21 for Urban Mobility*. Cities for Mobility. Stuttgart.

ECTRI (2011): *Ectri Position On The Ec White Paper 2011* (Vol. 32). European Conference of Transport Research Institutes. Brussels.

ECTRI. (2013): *Ectri Suggestions For The First Work Programmes Of The Transport Challenge In Horizon 2020*. European Conference of Transport Research Institutes. Brussels.

EMI (2012): *A Strategic Knowledge and Research Agenda on Sustainable Urban Mobility*. European Metropolitan Network Institute. URL: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Wn8gKMcv2GQJ:www.emi-network.eu/dsresource%3Fobjectid%3D6562%26type%3Dorg+%&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=es>

EUROPEAN COMMISSION. *Intelligent transport systems*. Transport Themes. http://ec.europa.eu/transport/themes/its/index_en.htm

EUROPEAN CONCEPT FOR ACCESSIBILITY NETWORK (2010): *European Disability Strategy 2010-2020: A Renewed Commitment to a Barrier-Free Europe*. URL: <http://www.eca.lu/>

EUROPEAN PARLIAMENT (2014): *Mapping Smart Cities in the EU*. European Parliament. Directorate General For Internal Policies. Policy Department A: Economic And Scientific Policy.

EU (2011): *Cities of tomorrow. Challenges, visions, ways forward*. European Commission, Directorate General for Regional Policy.

FANG, KE. (2014). «Smart mobility» for developing cities World Bank Blog. <http://blogs.worldbank.org/transport/smart-mobility-developing-cities>

GIFFINGER, R. *et al.* (2007): *Smart Cities: Ranking of European Medium-Sized Cities*. Vienna, Austria: Centre of Regional Science (SRF), Vienna University of Technology.

IBM (2012): *Analytics: The real-world use of big data*. IBM Institute for Business Value in collaboration with Saïd Business School at the University of Oxford.

KÜNZLI, N.; KAISER, R.; MEDINA, S.; STUDNICKA, M.; CHANEL, O.; Filliger, P., Herry, M., *et al.* (2000): Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *Lancet*, 356(9232), 795-801. doi:10.1016/S0140-6736(00)02653-2

LAZAROLU, G.C. y ROSCIA, M. (2012): «Definition methodology for the smart cities model». *Energy*, nº 47, 326e332.

LITTLE, A.D. (2011): *The Future of Urban Mobility*. Arthur D. Little Consultant Company.

NEIROTTI, P. (2012): «Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts». *Cities*, nº 38 (2014) pp. 25-36.

TRIP (2013a): *Thematic Research Summary. Transport Management*. Transport Research and Innovation Portal.

TRIP (2013b): *Thematic Research Summary. Urban Transport*. Transport Research and Innovation Portal

UITP (2012): *Social Media & Public Transport*. UITP Public Transport International Volume nº6 November/December.

UN (2010): *Shanghai manual: A Guide for Sustainable Urban Development in the 21st Century*. Sustainable Urban Transport. URL: http://www.un.org/esa/dsd/susdevtopics/sdt_pdfs/shanghaimanual/Chapter%204%20-%20Sustainable%20urban%20transport.pdf

WHITE PAPER (2011): *WHITE PAPER: Road Map to a Single European Transport Area -Towards a Competitive and Resource Efficient Transport System*. European Commission. Brussels.

WORLD ROAD ASSOCIATION. *Terminology database*. URL: <http://www.piarc.org/en/knowledge-base/terminology/>

