

La financiación de soluciones *smart* en las ciudades. *Smart financing.*

Informe de conclusiones de los talleres sobre financiación de
soluciones de *smart cities*

CARLOS CARRASCO
Investigador

PEDRO FRANCA
Asistente de investigación

JOAN ENRIC RICART
Profesor de Dirección Estratégica
Cátedra Carl Schroeder
de Dirección Estratégica

JORDI SALVADOR
Investigador

ALBERT TAPIA
Asistente de investigación

Con la colaboración de



Resumen

Este documento ha sido elaborado sobre la base de los talleres celebrados en el IESE Business School durante el curso 2018-2019, en los que participaron diseñadores de proyectos de *smart cities* y agentes financieros con el objetivo de analizar los sistemas de financiación más adecuados para que la aplicación de estas soluciones *smart* en ámbitos urbanos en las áreas de rehabilitación de edificios, sensorización y movilidad sostenible.

Palabras clave: Financiación; Smart Cities; Eficiencia energética; Electric Vehicle; Smart Financing; Sostenibilidad



Índice

| | |
|---|-----------|
| 1. Introducción | 3 |
| 2. La rehabilitación energética de edificios | 5 |
| 2.1. <i>El modelo residencial</i> | 6 |
| 2.2. <i>El modelo terciario</i> | 10 |
| <i>Elementos clave de escalabilidad</i> | 13 |
| <i>Elementos clave de escalabilidad (continuación)</i> | 14 |
| 3. La sensorización en las ciudades | 15 |
| 3.1. <i>Smart towers</i> | 16 |
| 3.2. <i>Movilidad inteligente</i> | 17 |
| 3.3. <i>Recogida de residuos</i> | 18 |
| 3.4. <i>Integración de datos: el rol de las plataformas</i> | 20 |
| <i>Elementos clave de escalabilidad</i> | 21 |
| 4. La movilidad sostenible..... | 22 |
| 4.1. <i>Estaciones de recarga</i> | 23 |
| 4.2. <i>MaaS e integración de servicios de movilidad</i> | 25 |
| 4.3. <i>Distribución de última milla</i> | 26 |
| <i>Elementos clave de escalabilidad</i> | 28 |
| 5. Instrumentos de financiación | 29 |
| 5.1. <i>Financiación para la rehabilitación energética de edificios</i> | 30 |
| 5.1.1. Nuevas propuestas de financiación en PPP | 32 |
| 5.2. <i>Sensorización en las ciudades</i> | 33 |
| 5.3. <i>Movilidad sostenible</i> | 34 |
| 6. Conclusiones..... | 35 |
| 6.1. <i>Rehabilitación energética de edificios</i> | 35 |
| 6.2. <i>Sensorización en las ciudades</i> | 36 |
| 6.3. <i>Movilidad sostenible</i> | 36 |
| Bibliografía..... | 38 |



1. Introducción

Uno de los aspectos que definen el siglo XXI es el aumento de la población urbana en países de todo el mundo. En el 2015, casi el 75% de los habitantes de la Unión Europea (UE) vivían en áreas urbanas y se espera que esta proporción llegue a más del 80% para el 2050 (Naciones Unidas, 2018). La concentración de la población, del conocimiento, y de la actividad económica en particular, ofrece una serie de ventajas y oportunidades a los residentes urbanos, como nuevos puestos de trabajo, mejores salarios y más bienestar, junto con un mayor crecimiento económico potencial, resultado de las llamadas “economías de aglomeración”.

Sin embargo, la concentración de la actividad humana en las zonas urbanas también genera diversos desafíos, como el aumento de la presión sobre los recursos naturales, una mayor demanda de infraestructuras básicas y servicios públicos y más desigualdad socioeconómica. Adicionalmente, las ciudades tienen un elevado impacto ambiental debido al alto nivel de consumo de energía y a la polución existente. Las áreas urbanas consumen, aproximadamente, entre el 60% y el 80% de la energía mundial y emiten dióxido de carbono (CO₂) en proporciones similares (Naciones Unidas, 2019). Esto se puede atribuir, principalmente al *mix* energético utilizado tanto en el sector de la construcción como en el del transporte, así como a la ineficiencia del consumo energético de buena parte del parque inmobiliario: se estima que el 97% del parque inmobiliario de la UE es energéticamente ineficiente y que entre un 75% y un 85% de estos edificios continuarán siendo utilizados hasta, al menos, el año 2050 (Building Performance Institute of Europe, 2018).

A la luz de los problemas relacionados con el rápido crecimiento urbano, las ciudades deben encontrar la manera de crecer utilizando todas las tecnologías y recursos disponibles de forma inteligente y coordinada, de modo que puedan convertirse en centros urbanos integrados, habitables y sostenibles al mismo tiempo, es decir, desarrollarse como *smart cities*, entendiendo estas como ciudades en las que hay una importante contribución de la innovación y la tecnología en la gestión de una serie de servicios que permiten mejoras en la calidad de vida de sus ciudadanos, así como un aumento de su competitividad y de su capacidad de crecimiento económico. La incorporación de toda esta tecnología debe contribuir a superar los retos prioritarios a los que se enfrentan las ciudades, especialmente la lucha contra el cambio climático y la reducción de las desigualdades.

Las innovaciones de una *smart city*, conocidas como “*smart Solutions*”, van más allá del uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para un uso más eficiente de los recursos: también es necesario pensar en redes de transporte urbano más eficientes; en la mejora del suministro de agua y de las instalaciones de eliminación de residuos, y en formas más eficientes de iluminar y mantener la temperatura de los edificios.

A medida que las ciudades tratan de modernizar sus infraestructuras con tecnologías inteligentes, la financiación de estos proyectos representa un reto significativo para su introducción a gran escala. Limitadas por presupuestos ajustados, las urbes necesitan favorecer modelos de negocio que puedan ayudar a atraer financiación de múltiples inversores, públicos y/o privados, para hacer que la implementación de estas soluciones sea viable.

Este documento ha sido elaborado sobre la base de los talleres celebrados en el IESE Business School durante el curso 2018-2019, en los que participaron diseñadores de proyectos de *smart cities* y agentes financieros con el objetivo de analizar los sistemas de financiación más adecuados para que la aplicación de estas soluciones *smart* en ámbitos urbanos sea posible.



Cada taller abordó un tema de soluciones diferentes para el desarrollo concreto de la ciudad de Barcelona como una *smart city*¹.

El tema del primer taller, desarrollado en dos sesiones, fue la rehabilitación energética de edificios y en él se debatieron medidas activas y pasivas para optimizar el consumo energético de edificios, viviendas y equipamientos a partir de las presentaciones realizadas por las empresas IREC, Naturgy, AMB, y GNE Finance. La discusión se separó en dos modelos de edificaciones diferentes, residenciales y terciarios, y para cada modelo se presentaron casos de edificios públicos y privados.

En el segundo taller se discutieron temas relacionados con la sensorización y el monitoreo en las ciudades y sus infraestructuras a partir de las presentaciones realizadas por las empresas Cellnex, Everis, and Sensefields. Algunos de los proyectos tratados fueron las torres inteligentes, la movilidad inteligente, la recogida de residuos y la integración de datos.

El último taller se dedicó a la movilidad sostenible y, en particular, a tres cuestiones con una creciente visibilidad: el proceso de transición de los vehículos convencionales a los eléctricos, la mayor integración del sistema de transporte urbano y la distribución de última milla. El taller contó con las presentaciones realizadas por las empresas Vanapedal, Everis, y Electromaps.

Este informe, que refleja las conclusiones sobre la financiación de soluciones de *smart cities* expuestas en los citados talleres, se divide en dos partes, cada una de las cuales contiene, a su vez, tres secciones, una para cada uno de los tres temas descritos: rehabilitación de edificios, sensorización y movilidad. En primer lugar, se presentan las diferentes soluciones inteligentes que se están implantando tanto en Barcelona como en otras ciudades europeas, y, en segundo lugar, se abordan los instrumentos de financiación adecuados para estas soluciones.

¹ El PPSRC quiere agradecer la participación en los talleres de expertos del Ajuntament de Barcelona, Ajuntament de Sabadell, Ajuntament de Sant Feliu de Llobregat, Anteverti, Ateknea Solutions, Àrea Metropolitana de Barcelona, Cellnex, Diputació de Barcelona, Electromaps, EuroPACE, Evectra, Generalitat de Catalunya, GNE Finance, Everis, IREC, Mosaicfactor, Naturgy, Nearbysensor, Nissan, Roca Junyent Advocats, Sensefields, Urbiotica y Vanapedal.



2. La rehabilitación energética de edificios²

La rehabilitación energética de edificios consiste en la implementación de medidas para la optimización del consumo de energía en viviendas y equipamientos. Las soluciones para mejorar la eficiencia energética se pueden dividir o agrupar en medidas pasivas y activas. Las primeras son aquellas relacionadas con el envolvente del edificio, como la instalación de aislamientos y protecciones o la sustitución de ventanas con mayor capacidad de aislamiento; las segundas son las relacionadas con los sistemas, equipos e instalaciones energéticas, como la renovación de calderas, bombas de calor y luminarias; la instalación de placas fotovoltaicas o la mejora de los equipos electrodomésticos, entre otros.

En los talleres sobre rehabilitación energética se ha distinguido entre edificios residenciales (viviendas) y edificios terciarios (propios del sector servicios, como equipamientos públicos, oficinas, hoteles o comercios; o los de uso industrial, como almacenes o fábricas).

Los proyectos de rehabilitación estructural pueden surgir como una oportunidad para aplicar medidas, activas o pasivas, que logren que los edificios sean energéticamente más sostenibles. Esto permite reducir los costes frente a la realización del proyecto energético de forma independiente (pues se dividen los costes fijos entre un mayor coste total que puede incluir medidas estructurales).

En el 2011, el consumo de energía de los edificios representaba alrededor del 40% del consumo energético final de la UE (*Boletín Oficial del Estado*, 2012). En España, durante el año 2015, ese consumo representó, aproximadamente, el 31% del total, repartido entre un 18,5% en edificios residenciales y el 12,5% restante en edificios de uso terciario (Comisión Europea, 2017). Si bien el sector de la edificación representa la mayor parte del consumo de energías renovables en España (el 54,9% del consumo total del Estado), el potencial de ahorro energético es muy alto debido a la antigüedad y a la ineficiencia energética del parque inmobiliario del país (Ministerio de Fomento, 2001). Según el Institut de Recerca en Energia de Catalunya (IREC), el 55% de las viviendas han sido construidas antes de 1980, el 30% de ellas durante el periodo comprendido entre los años 60 y 80. Además, menos del 10% del parque actual está construido de acuerdo con el código técnico de edificación (CTE) vigente desde el año 2006.

En el 2014, España contaba con 25.492.335 viviendas, de las cuales, 19.113.128 eran viviendas principales. El Ministerio de Fomento, en su estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética del sector de la edificación (2014), estimaba que, en el sector residencial, por cada millón de euros de inversión total se generarían 18 puestos de trabajo; o entre 54 y 56, aproximadamente, por cada millón de euros de inversión pública, suponiendo que se subvencionase el 25% de la inversión total. Además, este Ministerio prevé que el ritmo de rehabilitación en el año 2021 será del 0,12%, y de solo el 1,18% en el año 2030, cifras muy inferiores al 3% requerido por la Unión Europea para conseguir una reducción en las emisiones contaminantes en edificios. Sin embargo, esos porcentajes se traducen en, aproximadamente, 1,2 millones de viviendas rehabilitadas en el periodo 2021-2030. Paralelamente, según se detalla en el mismo documento, se estima que la rehabilitación energética de edificios genera unos retornos para las arcas públicas de, al menos, el monto equivalente a la inversión pública realizada, considerando solamente el impuesto sobre el valor añadido (IVA) y la reducción de los costes de desempleo.

² La información presentada en esta sección se apoya en la investigación realizada en el marco del Proyecto GrowSmarter financiado por el programa H2020 de la Unión Europea en virtud del acuerdo de subvención no. 646456 (www.grow-smarter.eu/home/).

El impacto socioeconómico positivo de la rehabilitación energética de edificios supone una oportunidad para generar actividad económica, reducir el desempleo, impulsar la innovación tecnológica, mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, favorecer una transición energética hacia modelos más sostenibles y, consecuentemente, reducir las emisiones contaminantes generadas por los edificios que contribuyen al calentamiento global. En definitiva, una rehabilitación energética de edificios a mayor escala ayudaría a facilitar el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 3, 6, 7, 11, 12 y 13 establecidos por las Naciones Unidas en su *Agenda Horizonte 2030* que se muestran en la siguiente figura.

Figura 1
Objetivos de Desarrollo Sostenible 3, 6, 7, 11, 12 y 13



Fuente: Naciones Unidas, 2015.

2.1. El modelo residencial

Existen diferentes modelos de negocio para la rehabilitación energética de edificios residenciales, según la tipología de usuario, de su renta y de los beneficios potenciales en forma de ahorro energético. Así:

- a) La tipología de usuario: porque no es lo mismo una comunidad o bloque de viviendas donde la mayor parte de los residentes residen en régimen de alquiler que otra en donde la mayoría de ellos sean propietarios. En el primer caso, los inquilinos capitalizan los beneficios, pero no asumen los costes de inversión (asumiendo que el precio del alquiler se mantenga igual). En el segundo caso, los propietarios se benefician de los ahorros energéticos, aunque deben asumir la totalidad de la inversión, en caso de no contar con subvenciones u otras alternativas de financiación.
- b) La renta de los usuarios: porque la capacidad de financiación de los proyectos de rehabilitación puede ir estrechamente ligada a su renta y a su capacidad de devolución de los importes de la inversión.
- c) Los beneficios potenciales del ahorro energético: porque el impacto de las medidas de eficiencia en los consumos puede depender, en gran medida, de la escala del proyecto y de factores exógenos como el clima o la propia tradición de rehabilitación de edificios.

Experiencias recientes de proyectos de rehabilitación en el entorno de Barcelona sugieren que la rehabilitación energética de edificios residenciales no parece generar ahorros suficientes como para compensarlos, especialmente por dos motivos: El retorno de la inversión (que se demoraría entre diez y treinta años o, en el mejor de los casos, entre diez y quince, según se pudo observar en el transcurso de los talleres) y el clima de la ciudad, bastante más templado que el de los países del norte de Europa. A continuación, se expone con más detalle las peculiaridades de los dos citados motivos:



- El condicionante temporal de la inversión tiene por objeto conseguir unos retornos atractivos en un plazo de tiempo razonable para el inversor. Los periodos prolongados de retorno de la inversión no son interesantes ni para la empresa privada promotora de proyectos de rehabilitación ni para el usuario final, con aversión a los pagos a tan largo plazo, como si de una hipoteca se tratara. Por ello, es recomendable aplicar las soluciones con un mayor potencial de ahorro energético por cada euro de inversión. En ese sentido, la instalación de placas fotovoltaicas (medida activa) podría ser altamente recomendable, según algunas experiencias recientes en Barcelona. Además, parece demostrada la utilidad de complementar medidas de ambos tipos, pasivas y activas, para reforzar el potencial de ahorro. No obstante, la implementación de medidas pasivas, como el aislamiento de fachadas, ventanas o protecciones solares, aunque resultan muy efectivas para el ahorro, no suelen ser financieramente sostenible debido a su elevado coste.
- En climas como el mediterráneo, se estiman periodos de amortización superiores a treinta o cuarenta años para medidas de eficiencia energética de carácter pasivo, tal como demuestran algunos proyectos de rehabilitación energética llevados a cabo en edificios residenciales enmarcados dentro del proyecto europeo GrowSmarter.

La nueva legislación³ en España ha favorecido la instalación de placas fotovoltaicas porque permiten la configuración de redes de autogeneración y consumo eléctrico. Este sistema de generación eléctrica presenta retornos de inversión atractivos a muy corto plazo, de en torno a los cuatro años. No obstante, la aplicación de este tipo de soluciones, junto con la de medidas pasivas, en muchos casos no parece ser suficiente para conseguir periodos de amortización razonables desde el punto de vista financiero, aunque sí ayuden a reducir considerablemente dichos plazos. Por ello, resulta necesario buscar nuevas fórmulas de financiación alternativas o que complementen a las actuales.

La autogeneración de energía y la proliferación de redes de consumo locales semiindependientes de la red eléctrica convencional (como *smart grid*) representan un cambio disruptivo en el modelo de negocio de los proveedores de electricidad tradicionales, quienes se enfrentan a nuevas realidades relativas a la producción y consumo de electricidad en el ámbito local. En ese contexto surgen nuevos modelos de negocio, muchos de ellos basados en el “Energy as a Service”, que ofrecen soluciones en materia de infraestructuras, plataformas o software. Dentro del nuevo panorama energético se incluye también la rehabilitación de edificios con criterios de eficiencia energética, proyectos que se han visto favorecidos por una creciente concienciación medioambiental.

Proyectos de reforma liderados por la Administración

En el entorno metropolitano de Barcelona, la rehabilitación de edificios residenciales está siendo liderada por las Administraciones públicas, siendo el Consorci Metropolità de l’Habitatge los que más recursos dedican. Su modelo de rehabilitación se enmarca, en mayor o menor medida, dentro de un contexto integral que incluye medidas de accesibilidad, como, por ejemplo, la instalación de ascensores para la mejora de la calidad de vida de los residentes.

³ Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores, y Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.



Muchas de estas actuaciones se llevan a cabo en edificios de más de cuarenta años de antigüedad con un potencial de ahorro energético y de mejora de la calidad de vida significativo. Las Administraciones enfocan sus políticas hacia los estratos poblacionales menos favorecidos y con mayores dificultades para afrontar económicamente proyectos de rehabilitación integral. Se trata de comunidades desfavorecidas económicamente que viven en edificios con un estado de conservación pobre. Además, el perfil medio de los residentes en estos edificios no dispone de acceso a financiación de manera fácil. Ante esta situación, las Administraciones públicas tienen que hacer frente a un nuevo paradigma: ya no se plantea tanto la necesidad de subvencionar o financiar a fondo perdido los proyectos de rehabilitación como la de asumir la gestión y administración del proyecto, incluyendo los costes corrientes de operación. En definitiva, la Administración asume la responsabilidad de ser el elemento tractor que genere instrumentos y atraiga a agentes que ayuden a solucionar los problemas pendientes.

Asumiendo un rol activo, las funciones de la Administración actuante son las siguientes:

- Identificar los casos y las comunidades en donde intervenir.
- Detectar los perfiles de los usuarios: aquellos que no pueden asumir los costes de inversión; los que pueden asumirlos parcialmente pero siguen necesitando ayudas públicas; y, finalmente, los que pueden pagar la totalidad del coste pero requieren de algún tipo de financiación.
- Contratar la evaluación técnica y los estudios necesarios.
- Ejecutar la obra.
- Proponer un modelo de financiación.
- Gestionar los cobros e incluso gestionar los casos de morosidad.

Proyectos de reforma liderados por empresas energéticas

Por otra parte, existen proyectos de rehabilitación energética promovidos por empresas energéticas que tienen como objetivo diversificar su modelo de negocio, además de ofrecer valor añadido a su principal propuesta de valor: la provisión de energía y la construcción de viviendas.

Este modelo de negocio provisto por las empresas energéticas, conocido como ESCO (*energy services companies*), consiste en ofrecer la rehabilitación energética del edificio a cambio de fidelizar al cliente y asegurarle unos ahorros a largo plazo. En este caso, en un contrato ESCO para la rehabilitación de edificios residenciales, la empresa privada asume el coste de la inversión, pero, a la vez, consigue contratos energéticos a largo plazo. El cliente, por su parte, capitaliza una hipotética revalorización de su vivienda o edificio, además de poder ahorrar en la factura energética. A corto plazo, el cliente debe, o puede, compensar a la ESCO con la totalidad o una parte de los ahorros conseguidos o estableciendo un pago fijo periódico.

Desde el punto de vista del cliente o inversor (la comunidad de vecinos o los propietarios), para que el proyecto de rehabilitación resulte atractivo será necesario poder certificar o acreditar que existen ventajas y beneficios evidentes, sobre todo en forma de ahorros en la factura, pero también en confort. Para ello, se hace necesario poder comparar la situación anterior a la rehabilitación con la posterior a la implementación de medidas de eficiencia energética, considerando que pueden existir cambios significativos en los hábitos de consumo del usuario final. El ahorro neto puede no justificar la inversión si el usuario, con posterioridad a la reforma,



consume mayor cantidad de energía por un cambio de hábitos, a pesar de utilizar un sistema más eficiente. Habría, por tanto, que incorporar elementos que permitieran valorar también el incremento de la confortabilidad de los usuarios.

En consecuencia, determinar la disposición del usuario a pagar por un aumento del confort es un ejercicio necesario para las empresas de servicios energéticos con voluntad de emprender proyectos de rehabilitación energética de edificios residenciales, más aún en un entorno como el de Barcelona, donde el atractivo para el usuario puede residir, sobre todo, en un aumento notable del confort, la calidad de vida y la salud. En ese sentido, encontrar los segmentos de clientes que más aprecien esos elementos de confortabilidad supone un reto para las empresas de rehabilitación energética.

Finalmente, si bien los beneficios financieros de la rehabilitación energética de edificios residenciales son inciertos, muchos de los proyectos sí tienen una justificación medioambiental bastante clara. En este sentido, convencer a los residentes —especialmente a aquellos que pueden afrontar la inversión— es importante. Se trata de hacer ver los aspectos positivos de la rehabilitación energética, además de diseñar y establecer incentivos —también económicos— para sacar adelante modelos de rehabilitación energética de edificios residenciales. En la Ciudad Condal, la rehabilitación de un edificio residencial público en el contexto del proyecto europeo GrowSmarter es un ejemplo del reto que ha supuesto para el promotor del proyecto (el Ayuntamiento de Barcelona) conseguir que los residentes quisieran ser parte activa del proceso y se sintieran satisfechos con los resultados obtenidos. Un método para conseguirlo fueron las campañas informativas y las encuestas de satisfacción periódicas a los residentes.

Ejemplo 1: Rehabilitación energética de edificios residenciales públicos en Barcelona

Por lo que respecta a los planes de rehabilitación de edificios públicos residenciales dentro del proyecto GrowSmarter, los objetivos de las instituciones públicas que los impulsaron eran mejorar la confortabilidad y habitabilidad, y, en el caso de Barcelona, tener en cuenta el impacto visual a partir de estudios cromáticos del edificio. En la fase de estudio se llevaron a cabo procesos de monitoreo del edificio, pudiéndose determinar cuáles fueron las ineficiencias y también cuantificar, posteriormente, el impacto real de las medidas de eficiencia energética implementadas. En ese sentido, se consiguió una reducción notable en el consumo de gas, de hasta un 50%, en muchas de las viviendas. Durante el proyecto se llevaron a cabo campañas de sensibilización dirigidas a los residentes para que adquirieran conciencia sobre el impacto de las medidas implementadas y, sobre todo, para que aprendieran a maximizar los ahorros. Por último, se puso de relieve la importancia de que el beneficiario final del proyecto asumiera una parte del coste de inversión, algo que no se planteó en el proyecto, con el objetivo último de que el usuario final se involucre más en el proyecto de rehabilitación energética al asumir parte de los costes, por ejemplo, informándose sobre aspectos técnicos y de cómo maximizar los beneficios potenciales.

Por otra parte, según el IREC —a partir de otras experiencias—, una rehabilitación energética integral de unos 15.000 euros por vivienda en el distrito del Eixample de Barcelona tiene un retorno lineal de la inversión de más de cuarenta años. Si solo se considera el factor energético, este dato podría ascender hasta los sesenta o setenta años. Con unos consumos medios anuales de 1.500 euros por vivienda y con unos ahorros del 50%, que afectan a la parte variable de la tarifa, los ahorros estimados son de unos 350 euros anuales. Asumiendo únicamente una revalorización patrimonial, la rehabilitación energética podría llegar a tener sentido financiero en algunos casos. Finalmente, se apunta a la existencia de ciertas ventajas de escala, de aproximadamente un 30% de media, en la reducción de los costes medios por vivienda. Es decir, los precios unitarios disminuyen si se rehabilita todo el bloque, en lugar de una sola vivienda por bloque.

Ejemplo 2: Rehabilitación energética de un edificio residencial privado en Barcelona

Se trata de un edificio de los años 60 en el que se han implementado medidas pasivas y activas, como un nuevo aislamiento de la fachada, la sustitución de ventanas y calderas, la instalación de perlizadores o un HEMS (*home energy management system*), con un objetivo de ahorro del 36%.

Es un caso en el que la revalorización del inmueble resulta crucial para compensar los costes de implementación de medidas pasivas, así como para conocer la disposición de los residentes a pagar por un aumento en los niveles de confort. Se demuestra, además, que los ahorros energéticos son marginales, al tratarse de un edificio situado en un clima templado. Según la ESCO, la rehabilitación de un edificio de características similares en Madrid logra ahorros energéticos mayores, aunque con periodos de retorno de la inversión todavía excesivos según los estándares. En ambos casos, en Barcelona y Madrid, la implementación de medidas activas ayuda a reducir los tiempos medios de retorno de la inversión, aunque estos todavía son cercanos a los treinta años, considerando una subvención de entre el 30% y el 40%. No obstante, el aprovechamiento de economías de alcance (esto es, compartir los costes fijos con rehabilitaciones estructurales) sí parece resultar efectivo para reducir el coste total de la inversión en la implementación de medidas de eficiencia energética, lo que se traduce en tiempos de retorno de la inversión inferiores, cercanos a los veinte años.

En el caso de un edificio de características similares en Madrid, la implementación de medidas activas que permiten el autoconsumo compartido supone una mejoría del atractivo financiero del proyecto de rehabilitación, aunque no lo suficiente como para compensar los costes de inversión. Sin embargo, con subvenciones públicas de entre el 30% y el 40%, junto con el aprovechamiento de economías de alcance, sí parece compensarse el coste de inversión a un plazo inferior a los quince años.

2.2. El modelo terciario

Incluso en un contexto de clima templado, la inversión para la rehabilitación energética de edificios de uso terciario sí parece generar los suficientes retornos financieros como para poder calificar ese tipo de rehabilitaciones, en general, de proyectos o modelos de negocio autosostenibles. Sin embargo, ello dependerá, en gran medida, del tipo de uso terciario que, a su vez, define los comportamientos de consumo energético del edificio. Es decir, que tanto el consumo como el potencial de ahorro de un gimnasio con piscina puede no ser el mismo que el de un edificio de oficinas o el de un hotel.

El modelo de rehabilitación energética de edificios terciarios se beneficia de potenciales ventajas a escala, ya que la mayoría de las actuaciones se realizan en edificios de oficinas, bibliotecas, antiguas edificaciones industriales, auditorios o equipamientos privados para uso masivo, en muchos casos, edificios de gran volumen y superficie y con elevados consumos energéticos.

Los cambios regulatorios⁴ respecto a la autogeneración de energía e instalación de placas fotovoltaicas también incrementan el atractivo financiero de la rehabilitación energética en edificios terciarios, pudiendo compartir excedentes o cubrir déficits de energía con una misma red local a nivel de bloque o vecindario. Este modelo es especialmente atractivo debido a los mayores ahorros energéticos que los edificios terciarios representan en su mayoría respecto a los de uso residencial. No obstante, ese potencial está todavía hoy por explotar en España.

⁴ Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores, y Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.



El sector público, por tanto, ha impulsado, en el marco de una reforma estructural, la rehabilitación energética de edificios terciarios en aquellas edificaciones públicas necesitadas de una rehabilitación o transformación arquitectónica. En ese caso, la implementación de medidas activas y pasivas tendrá como primer objetivo la maximización de los ahorros energéticos (y, por tanto, de los beneficios) obtenidos a partir de la rehabilitación y la internalización de las externalidades positivas derivadas de una menor contaminación que beneficia a sus ciudadanos. Así, se obtiene un impacto no solo económico, sino también social y medioambiental.

Por su parte, el sector privado también encuentra interesantes ese tipo de rehabilitaciones, en tanto que permitan obtener ahorros energéticos y, consecuentemente, ahorro en los costes operativos. Sin embargo, son cada vez más las empresas que, por una cuestión de imagen de marca o de responsabilidad social corporativa (RSC) en términos de impacto medioambiental, deciden ubicarse en edificios energéticamente sostenibles, además de emprender acciones en favor de la sostenibilidad del planeta.

En el caso de los edificios terciarios, el sector privado sí encuentra un modelo de rehabilitación sostenible para su negocio, y en muchos casos sin necesidad de financiación pública para que el proyecto sea viable económicamente. Por otra parte, resulta necesario que exista un marco legislativo favorable a este tipo de actuaciones de rehabilitación.

Ejemplo 3: Rehabilitación energética de tres edificios terciarios privados en Barcelona

Un ejemplo reciente de rehabilitación energética de edificios terciarios en la Ciudad Condal ha sido la implementación de soluciones de eficiencia energética en un centro deportivo, un centro de formación y un hotel, respectivamente. Se trata de tres edificios con características y usos muy distintos; todos ellos de uso terciario, sí, pero con comportamientos de consumo energético diferentes.

En el caso del centro deportivo, el objetivo de ahorro energético se situaba en el 53%, y entre las medidas pasivas y activas se incluían el aislamiento de la cubierta de la piscina, la instalación de una luminaria led, una nueva caldera, una bomba de calor, una deshumectadora, una red de distribución de calor sectorizado, así como la instalación de un BEMS (*building energy management system*). Se trata de un ejemplo positivo en términos de atractivo financiero por los elevados ahorros energéticos que resultan, principalmente, de la propia actividad desarrollada en el edificio (intensiva en consumo energético). La combinación de medidas pasivas y activas ha demostrado ser efectiva en este caso.

En el caso del hotel, el objetivo de ahorro energético ascendía hasta el 60% y, entre las medidas activas y pasivas, se incluyeron el aislamiento de la cubierta, una nueva luminaria led, la instalación de ventanas de baja transmitancia, la instalación de sistemas VRV (*variable refrigerant flow*) y la implementación de un BEMS. Medidas como el aislamiento de las ventanas, aunque costosas, consiguen generar ahorros considerables, teniendo en cuenta el consumo de este edificio terciario, más intensivo en términos de energía. En ese sentido, el periodo de retorno de la inversión en un edificio terciario sí es financieramente atractivo.

Finalmente, en el caso del centro de formación, el objetivo de ahorro fue más modesto: de un 14%. Aquí se llevó a cabo la instalación de medidas activas, como la instalación de placas fotovoltaicas y de un BEMS. De esta manera, con unos consumos moderados, el potencial de ahorro era menor, a diferencia de los casos anteriores, y exigía unos tiempos de retorno de la inversión demasiado largos.



Ejemplo 4: Rehabilitación energética de un edificio terciario público en Barcelona

En este caso, se trataba de una antigua nave industrial del siglo XIX, necesitada de una rehabilitación integral y en la que también se implementaron medidas de eficiencia energética. El edificio se conectó también a Districlima, una red de distribución de frío y calor en el distrito de Sant Martí de la Ciudad Condal. Las medidas implementadas consistieron en una mejora en el aislamiento, incluyendo fachada, suelo y ventanas; una mejora del sistema de iluminación con la utilización de ledes; un mejor aprovechamiento de la luz natural, y la instalación de placas fotovoltaicas. El proyecto se financió a través de una colaboración público-privada entre el Ayuntamiento de Barcelona y empresas privadas. El contrato se estructuró en los siguientes términos: el Ayuntamiento financiaba las obras y gestionaba el proyecto; a cambio, recibía un pago adelantado del alquiler del edificio por parte de la empresa privada, equivalente a quince años. Además, esta última asumía el 41% de los costes de mantenimiento. El contrato quedó supeditado a la consecución de unos objetivos de eficiencia energética.

En este caso, al tratarse de un proyecto de rehabilitación integral y energética de un edificio público, el propietario tiene interés en obtener externalidades positivas, como una reducción de las emisiones contaminantes o un impacto positivo en la economía local. Se trata de impactos directos e indirectos difíciles de cuantificar, pero que hay que tener en cuenta al evaluar cuán atractivo es el proyecto para el inversor público. Para ese edificio, teniendo en cuenta únicamente los ingresos esperados en concepto de alquiler de espacios y los ahorros conseguidos en la factura energética, el proyecto sí parece poder demostrar un periodo de amortización de la inversión suficientemente atractivo. Además, en un análisis más profundo, habría que calcular la capacidad de monetizar el impacto de las externalidades positivas, justificándose la participación pública en la rehabilitación energética de edificios terciarios.



Elementos clave de escalabilidad

A continuación se enumeran los factores que caracterizan los casos de éxito y que deben ser tenidos en cuenta para considerar su escalabilidad, así como las posibilidades de poder replicarlos.

Precio de la energía. El precio monetario de las unidades de medida energética es el principal elemento que determina los potenciales beneficios directos de un proyecto de rehabilitación energética. Cuanto más elevado sea el precio de la energía, más incentivos encontraremos en implementar medidas que ayuden a reducir los consumos con el fin de generar ahorros monetarios. Desde un punto de vista financiero, la importancia de la cantidad de kilovatios o kilos de CO₂ ahorrados pasa a un segundo plano.

Clima. En los climas más templados, al haber menos diferencias entre la temperatura exterior y la de confort dentro de los hogares o de los equipamientos, el potencial de ahorro derivado de la implementación de medidas de eficiencia energética puede verse perjudicado. Por ello, en estos entornos, la necesidad de llevar a cabo reformas integrales de edificios con criterios de eficiencia energética puede ser menor que en contextos climáticos más extremos, pues en los primeros se alcanzan temperaturas de confort con más facilidad y a un menor coste energético. Sin embargo, la tendencia al calentamiento global va a incrementar las necesidades de refrigeración en países hoy templados, lo que, a su vez, reforzará la necesidad de aplicar medidas de aislamiento y de producción fotovoltaica.

Valor de la propiedad e imagen de marca. Los proyectos de rehabilitación energética tienen un efecto positivo en la valorización de los activos inmobiliarios sujetos a intervenciones, pues hacen que estos aumenten su atractivo en el mercado. Ello se debe a que, tras una intervención, los edificios rehabilitados pueden acreditar mejores certificados de eficiencia energética y ahorros futuros en el consumo energético.

Desde el punto de vista industrial, las empresas con una potente proyección de marca y con una estrategia de RSC alineada con la creciente corriente global de concienciación medioambiental pueden encontrar incentivos en llevar a cabo rehabilitaciones con carácter de eficiencia energética de sus sedes, edificios de oficinas, almacenes u otro tipo de instalaciones, con el objetivo de reforzar su imagen corporativa, entre otros.

Tipología de usuario. Se hace necesario analizar el tipo de cliente, según su capacidad para hacer frente al coste de la inversión. También hay que tener en cuenta el *know-how* tecnológico y el nivel de concienciación medioambiental de quienes vayan a hacer uso de las medidas de eficiencia energética. En ese sentido, hacer un buen uso de ellas y sacar provecho de los sistemas HEMS o BEMS resulta crucial para que las soluciones sean efectivas. A su vez, el papel de la Administración como suministradora de los estudios técnicos, las licencias y el control de calidad es esencial para llegar a un mayor número de clientes potenciales.

Usos del edificio y comportamiento de consumo. Resulta necesario diferenciar entre los edificios de uso residencial y los de uso terciario, ya que tanto los consumos medios como los picos de consumo son muy diferentes entre unos y otros, demostrándose incluso comportamientos opuestos, según el caso. Un edificio de oficinas consume más electricidad en las horas centrales del día, mientras que un hogar consume más energía en las demás horas. Estos datos deben tenerse en cuenta, ya que los precios de la electricidad no son estáticos y fluctúan según la demanda en cada hora.

También es importante considerar que las tarifas o contratos energéticos varían según la tipología del edificio. Tanto hogares como industrias cuentan con esquemas tarifarios distintos en materia energética (y así lo recoge Eurostat en su metodología para el cálculo de los precios de la energía en Europa). También existen diferencias notables entre los edificios de uso terciario: el consumo energético por metro cuadrado de un gimnasio suele ser bastante mayor que el de una oficina, tal como demuestran algunos ejemplos en la ciudad de Barcelona.

Elementos clave de escalabilidad (continuación)

A modo de resumen, cabe decir que se debe analizar cuidadosamente la viabilidad financiera de emprender una rehabilitación energética de un edificio en función de su uso y sus funciones.

Economías de alcance y ventajas a escala. Los costes de implementación de medidas de eficiencia energética pueden ser considerables. En muchas ocasiones se trata de intervenciones profundas que requieren acometer obras en los edificios cambiando aislamientos, cubiertas, sistemas de iluminación o ventanas. Sin embargo, en aquellas edificaciones que necesitan algún tipo de rehabilitación convencional o estructural, se recomienda la implementación adicional de medidas de eficiencia energética, aprovechando la oportunidad que, en materia de costes y obras, ya supone, de por sí, la rehabilitación que necesitan.

Legislación y sector público. Contar con un marco jurídico adecuado para afrontar los retos medioambientales en materia energética supone un factor decisivo para la puesta en marcha de proyectos de rehabilitación energética. En el caso de España, recientes cambios legislativos, como el Real Decreto-ley 15/2018 y el Real Decreto 244/2019, son un paso significativo en esa dirección, pues permiten el autoconsumo colectivo de electricidad. Sin embargo, en España sigue habiendo cierta incertidumbre, ya que, tras los cambios legislativos que supuso la supresión del comúnmente llamado “impuesto al sol”, todavía no hay un procedimiento claro para registrar las instalaciones de autoconsumo.

Certidumbre financiera. La implementación de medidas de eficiencia energética en proyectos de rehabilitación de edificios requiere de una capacidad de financiación importante. Se trata de medidas con un componente tecnológico avanzado que requieren del desembolso de una cantidad de dinero significativa. Para que el proyecto de rehabilitación tenga éxito financiero resulta necesario poder contar con el respaldo de entidades financieras, con *stakeholders* comprometidos, con clientes de bajo riesgo y con el apoyo de instituciones públicas.

Compromiso y participación del cliente. Hay muchos ejemplos de rehabilitación energética en ciudades tan dispares como Barcelona, Colonia o Estocolmo que demuestran la necesidad de contar con la complicidad y el entendimiento entre las empresas energéticas y sus clientes. El cliente, propietario, usuario o residente debe sentirse parte del proyecto de implementación, ya que es necesaria su aceptación y colaboración, especialmente para sacar el máximo provecho a las medidas activas de eficiencia energética. En ese sentido, resulta muy conveniente que los clientes estén informados acerca de cómo utilizar las distintas soluciones de eficiencia que hay a su disposición para que sepan adecuar sus hábitos de consumo y así maximizar los ahorros energéticos.

Verificación y seguimiento de los resultados. La verificación de los resultados se convierte en un elemento clave para poder replicar proyectos de rehabilitación energética. Hay que demostrar que con ellos se consigue ahorrar y que los resultados financieros son atractivos y económicamente sostenibles. De esta manera, los clientes potenciales sentirán un mayor interés por implementar medidas de eficiencia energética en sus edificios. Por eso, deben existir métodos de verificación, como sistemas de monitoreo, que tengan en cuenta los cambios en los comportamientos de consumo.



3. La sensorización en las ciudades

Uno de los principales retos a la hora de solucionar o paliar las distintas problemáticas a las que se enfrentan las ciudades del siglo XXI es que se trata de lugares en los que las diferentes características de los ecosistemas conviven e interactúan (Kapelan, Savic y Walters, 2005). Esto significa que, debido a comportamientos impredecibles y a la existencia de relaciones no lineales entre los elementos constitutivos de las ciudades, estas se han vuelto cada vez más complejas (Batty, 2013). Dicho de otro modo: los sistemas tradicionales de gestión no son suficientes para dar respuesta a las necesidades sociales, económicas y medioambientales de las ciudades actuales.

Las urbes, cada vez más grandes y complejas, están creciendo a un ritmo elevado. Como consecuencia, tratar problemas como la movilidad, la contaminación, los riesgos para la salud o las nuevas infraestructuras ya no depende exclusivamente de las autoridades de la ciudad (con enfoques tradicionalmente *top-down*). La nueva complejidad exige que las autoridades de la ciudad cuenten cada vez más con la participación de los usuarios finales y de otras partes interesadas. En este sentido, la colaboración público-privada emerge como uno de los pilares básicos para el desarrollo sostenible de las ciudades y, en consecuencia, como uno de los aspectos clave para mitigar los efectos del cambio climático.

Los esfuerzos por hacer que los centros urbanos sean más habitables han producido numerosos resultados positivos y gratificantes, y se sabe que, en este sentido, el papel de la tecnología ha acelerado este proceso y ha facilitado que haya más ciudades inteligentes en todo el mundo destinadas a lograr una mayor habitabilidad. Esto conduce, a su vez, a una mejora en la prestación de servicios, gracias al intercambio de datos e información, entre otros. El monitoreo de problemas críticos, como los patrones climáticos, la movilidad, las emisiones, el saneamiento, la seguridad o la actividad económica, ha mejorado considerablemente. Además, se han diseñado e implementado soluciones en tiempo real en varias ciudades (Allam, 2018). El uso de tecnologías avanzadas como el *big data*, el Internet de las cosas (IoT, *Internet of Things*) o la inteligencia artificial (Allam, 2018) ha permitido el monitoreo de estos problemas.

El panorama de la evolución urbana actual y la prevalencia de *smart cities* están promoviendo una sociedad centrada en los datos. Desde el pronóstico del tráfico en tiempo real hasta el seguimiento del estado físico de las infraestructuras, el avance en las nuevas tecnologías y el uso de datos en diversos campos están influyendo en el desarrollo urbano. En este apartado se resumen las posibilidades y los retos a los que se enfrentan los proyectos de sensorización y monitoreo de las ciudades y sus infraestructuras.

Los avances tecnológicos y científicos, especialmente cuando se integran, están ofreciendo un rico conjunto de soluciones que pueden ayudar a hacer de una ciudad un lugar más sostenible para vivir. Algunos ejemplos de esta integración tecnológica incluyen la producción y gestión de energía de autoproducción (como la calefacción urbana o *district heating systems*, la medición inteligente o el alumbrado público inteligente), el almacenamiento inteligente (como las bombas de calor, el V2G —*vehicle to grid*— o transmisión de energía de los vehículos a la red, las baterías innovadoras, etc.), la movilidad inteligente (como los vehículos eléctricos o EV, la infraestructura de carga EV o el uso compartido del automóvil), las plataformas de información de la ciudad (como la plataforma inteligente de ciudad de datos abiertos o el monitoreo urbano) y los enfoques y soluciones de participación ciudadana y cocreación (como las aplicaciones para visualizar el consumo de energía) (Angelakoglou et al., 2019). A la luz de un entorno de transición tan rápido, la necesidad de estrategias que ayuden a las ciudades a integrar de manera inteligente las soluciones tecnológicas se hace cada vez más evidente. Esto crea nuevas fuentes

de ingresos para proyectos, nuevos modelos de negocio para captar valor y nuevas oportunidades para los inversores (Comisión Europea, 2019). Acelerar la transición hacia una economía competitiva y sostenible es tanto una necesidad urgente como una gran oportunidad para las ciudades europeas (Comisión Europea, 2016).

3.1. *Smart towers*

Actualmente, nos encontramos en un contexto de hiperconectividad que irá en aumento en el futuro cercano. Hoy día, la humanidad está conectada a muchos dispositivos y hay una necesidad de monitorizar, actuar, controlar y saber lo que está ocurriendo en una ciudad. Esta situación hace que las infraestructuras de comunicaciones tengan que adaptarse y situarse cada vez más cerca de donde se están generando y consumiendo estos servicios. Dicho de otro modo: existe una necesidad de densificar la red de antenas y las torres de comunicación. Para hacerlo de una manera ordenada y controlada, es necesario desplegar una red de microlocalizaciones en entornos urbanos. Esta transformación debe hacerse, idealmente, aprovechando el mobiliario urbano existente, desde las marquesinas de las paradas de autobús hasta los semáforos o las farolas. De este mobiliario existente, la infraestructura de iluminación destaca como uno de los puntos más efectivos de despliegue para la nueva red de comunicación densificada. Gracias a la densidad de sistemas de iluminación ya existente, estos son candidatos ideales para convertirse en *smart towers*. Además de poder ofrecer el servicio de alumbrado, las *smart towers* permiten generar otros servicios de comunicaciones, desde la prestación de servicios de conectividad hasta la integración de sensores para poder monitorizar lo que está pasando en la ciudad.

Por lo general, los postes de alumbrado público se gestionan mediante sus propios sistemas siguiendo una solución vertical o silo. Esto hace que sea difícil tener una visión integrada y un sistema de gestión de la iluminación común. De hecho, una de las conclusiones del proyecto GrowSmarter en este sentido es que suele ser recomendable implementar sistemas de alumbrado público de la ciudad que permitan soluciones de gestión remota a través de servicios web o API (interfaz de programación de aplicaciones), con el fin de facilitar la interoperabilidad con otras plataformas de gestión de servicios urbanos.

Figura 2
Proyecto Cellnex-Castellolí

SMART TOWERS: EXPERIENCIAS / Movilidad conectada y autónoma

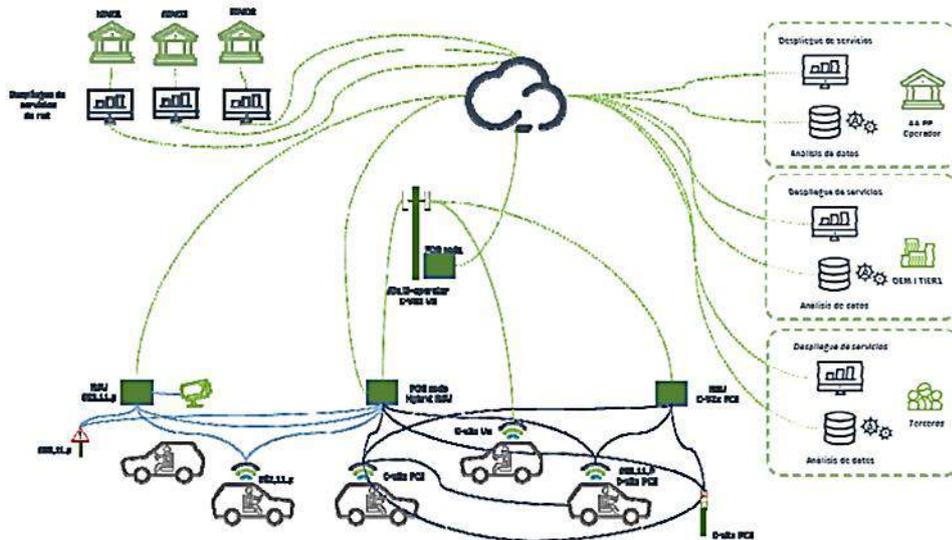


Fuente: documento proporcionado por Cellnex, 2019.



Esto resulta de vital importancia en un entorno de vehículos conectados (véase la **Figura 3**), ya que estos deben tener constancia, en tiempo real, de lo que está pasando a su alrededor. Depender de redes centrales, donde la latencia es demasiado alta, no es una opción óptima. Es en este punto en el que las *smart towers* desempeñan un papel primordial, al proporcionar una densa red de conexiones de baja latencia.

Figura 3
Smart Towers



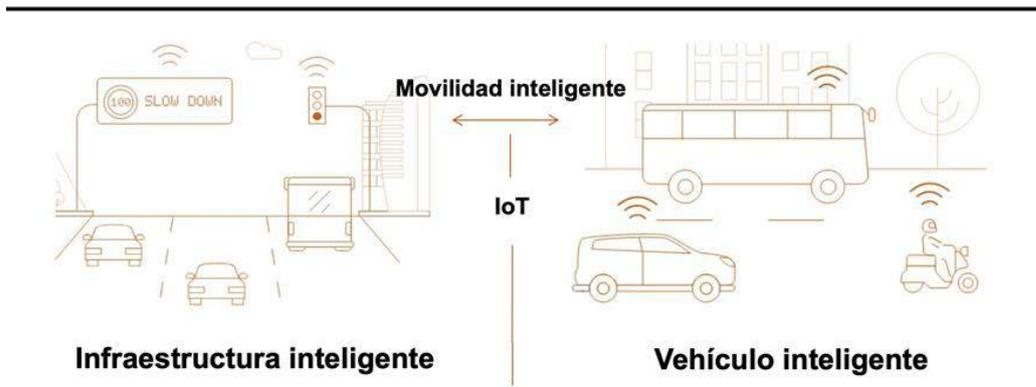
Fuente: Cellnex Telecom.

3.2. Movilidad inteligente

La movilidad inteligente es una de las estrategias llamadas a paliar los efectos de la contaminación en nuestras ciudades. Una mejor gestión de la infraestructura y de los vehículos permite ahorrar tiempo, dinero y emisiones. Esta gestión puede verse altamente beneficiada precisamente por la información generada gracias a la sensorización e integración de dos sistemas a través del IoT: la infraestructura y el vehículo inteligentes.

Estos sensores incluyen un hardware para la captura de información en tiempo real de, por ejemplo, el estado del tráfico, la calidad ambiental, la gestión de señales de tráfico y semáforos o la meteorología. Por ejemplo, Sensefields (véase la **Figura 4**) dispone de soluciones para ofrecer una mejor gestión semafórica que reduzca los atascos. Mediante la obtención de datos de presencia de vehículos se puede combinar información de distintos puntos (diferentes semáforos) y operar como un mismo sistema con el objetivo de desviar el flujo de vehículos de la forma más eficiente posible. Del mismo modo, esta sensorización permite a Sensefields ofrecer servicios de alarmas cuando se alcanzan determinados límites de contaminación, ruido o partículas suspendidas.

Figura 4
Líneas de negocio de Sensefields



Fuente: Sensefields.

Por otro lado, con relación al vehículo inteligente, las aplicaciones de sensorización de ciudades están centradas en el intercambio de información entre vehículos e infraestructuras, servicios de transporte público, vehículos compartidos o de alquiler y, finalmente, la gestión de flotas. Todas estas aplicaciones incluyen soluciones de geoposicionamiento, *geofencing*, encendido y apagado remoto de vehículos, alertas de seguridad y de mantenimiento, control de velocidad y alarmas, etcétera.

3.3. Recogida de residuos

Los servicios de recogida de residuos y de limpieza viaria consumen alrededor del 20% de los presupuestos municipales anuales. Al mismo tiempo, la generación de residuos en zonas urbanas aumenta un 70% cada diez años. Por tanto, no solo estamos ante un problema de carga financiera para nuestras ciudades, sino también de un alto impacto medioambiental. En este sentido, la sensorización de buena parte de los procesos implicados en la recogida de residuos emerge como una de las oportunidades de generar valor para la ciudadanía a través del IoT.

Un claro ejemplo de los beneficios derivados de la sensorización de la recogida de residuos es la experiencia de Everis en soluciones *smart waste*. La digitalización permite proveer más eficiencia, más productividad y más transparencia gracias a una mayor información sobre lo que está pasando en el día a día del servicio y, potencialmente, también más calidad si se toman las decisiones adecuadas. Esto permite, a su vez, un proceso de mejora continua sobre el servicio, ya que se entiende cada vez mejor lo que está pasando y las consecuencias de los cambios que se realizan.

Por ejemplo, conocer el estado real del llenado de los contenedores (véase la **Figura 5**). permite adaptar las rutas de recogida o decidir con más precisión qué contenedores se recogen según el día. Además de esta información dinámica, también se pueden realizar estudios a medio plazo. En este sentido, es posible analizar hasta qué punto el despliegue de contenedores es eficiente en función de su uso, o si se necesita alguna reubicación, el refuerzo en alguna zona o, simplemente, moverlos ligeramente para optimizar la ruta del camión de recogida.



Figura 5
Recogida de residuos *smart*



Fuente: Everis.

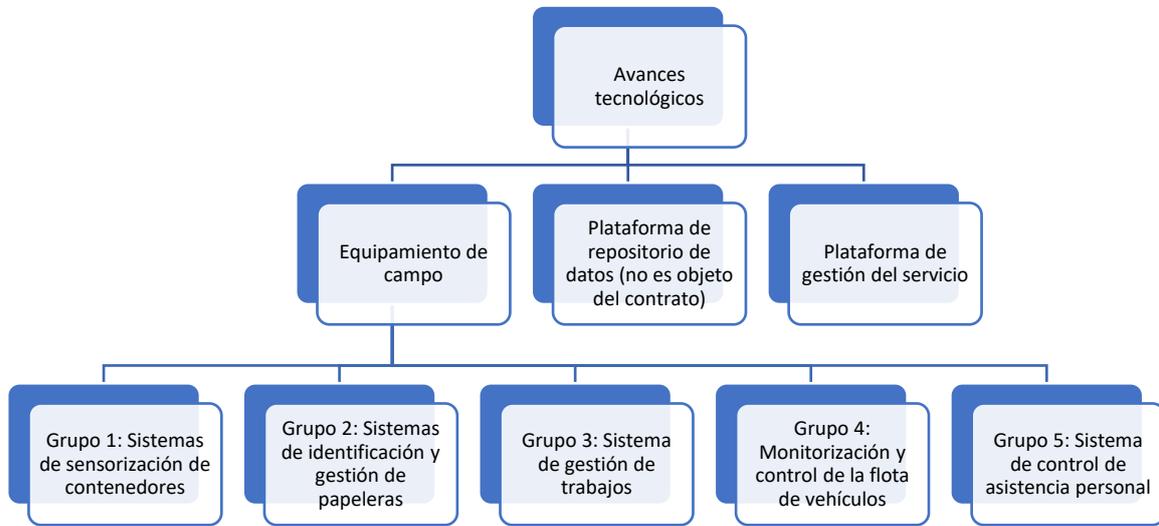
Toda esta información permite ahorros en los costes operativos, que pueden llegar a porcentajes de hasta el 40%. Estos incluyen la distancia de los recorridos, los tiempos de recogida e, incluso, la adaptación de la flota de vehículos a las necesidades reales.

En esta misma línea, un buen ejemplo es el de la ciudad de Santander. En su contrato de recogida de residuos, el Ayuntamiento actúa directamente como contratante del servicio. Uno de los aspectos destacables del acuerdo es que incorpora el requisito de incluir avances tecnológicos como parte imprescindible para la adjudicación del contrato (Piedra, 2018). Más concretamente, el contrato establece que la empresa licitadora deberá incluir “infraestructuras tecnológicas destinadas a garantizar una gestión eficiente y sostenible de sus prestaciones, siendo esta una solución abierta que permita integrar soluciones de otros servicios municipales e interactuar con ellas en el futuro, permitiendo una optimización integral de los servicios municipales”⁵. (Véase la **Figura 6**).

De forma detallada, los nuevos sistemas incluyen equipamiento de campo (infraestructura de sensorización/actuación/monitorización para capturar datos), una plataforma repositorio de datos (espacio de almacenaje para los datos provenientes de los sensores, así como para su homogeneización y estructuración) y una plataforma de gestión del servicio (donde se incluye la posibilidad de conectarse a otras plataformas ya existentes en el Ayuntamiento para la gestión conjunta y eficiente de recursos y servicios).

⁵ Pliego de condiciones técnicas para la contratación de la concesión del Servicio Público Municipal de Recogida y Transporte de Residuos Urbanos, Limpieza Viaria, Limpieza de Playas y Otros Servicios Complementarios (Santander), (2012), p. 49.

Figura 6
Gestión del servicio público de residuos sólidos en Santander



Fuente: Piedra, 2018.

3.4. Integración de datos: el rol de las plataformas

Como en la mayoría de los proyectos de tecnología, la utilización de un hardware avanzado no es suficiente para una gestión óptima. Los datos generados deben servir para una mejor toma de decisiones y hay que evitar el efecto “síndrome de Diógenes de datos”. Para ello, resulta de utilidad la creación de plataformas que proporcionen acceso estandarizado a datos normalizados e integrados a través de una o varias API. Un ejemplo de ello lo encontramos en el despliegue de una plataforma en la Ciudad Condal bajo el proyecto europeo GrowSmarter. Esta plataforma, además de servir de repositorio agregador y normalizador de datos, ofrece servicios de datos para promover la cocreación de aplicaciones y servicios urbanos con los que se administra y se monitorea la ciudad.

En concreto, la plataforma, organizada horizontalmente, gestiona y comparte datos de las medidas de GrowSmarter implementadas, de modo que actúa como un componente de *middleware* de una *big open data platform* que recopila y estandariza diferentes tipos de datos con el objetivo de ofrecerlos en un mercado común donde las aplicaciones comerciales, como algoritmos de *business intelligence*, aplicaciones de monitoreo, etc., pueden hacer uso de los datos integrados. La solución permite procesar y compartir en tiempo real grandes cantidades de datos urbanos heterogéneos para apoyar las aplicaciones de toma de decisiones y, por tanto, otorga interoperabilidad y una gestión estándar.

Ahora bien, el diseño, creación e implementación de plataformas no está libre de barreras. El desafío es alimentarlas con suficientes datos provenientes de la sensorización. Una vez conseguidos los datos, el concepto de plataforma horizontal permite operar también con servicios verticales. Además, el concepto modular habilita a la plataforma para proporcionar nuevas funcionalidades o procesar nuevos tipos de conjuntos de datos sin alterar las características anteriores. Esto resulta de vital importancia para dotar a la plataforma de una vida útil lo suficientemente larga como para compensar la inversión inicial, que en lugar de estar pensada para unos datos en concreto, está diseñada para captar y analizar distintos formatos de datos que pueden ser unidos mediante campos comunes, y una ontología y una semántica para enlazarlos.



Como aspecto destacable, esta solución de una plataforma horizontal basada en estándares y componentes de código abierto es una medida habilitadora y es fácilmente escalable y replicable en cualquier otra ciudad, pues es independiente de conjuntos de datos específicos y de dominios de aplicación.

Elementos clave de escalabilidad

Volumen de compra. Muchas de las medidas que implementan las ciudades se adquieren en volúmenes que no representan el valor óptimo en términos de economías de escala, en especial si se adquieren según las especificaciones propias de cada ciudad (Comisión Europea próxima publicación, 2019). Por tanto, existe un *trade-off* entre la homogenización y/o estandarización de la oferta y la heterogeneidad de la demanda. Las urbes ya no pueden permitirse el lujo de operar como islas (en términos de tiempo, dinero e innovación). Al igual que las personas, son individuales y únicas; sin embargo, todas (como los humanos) son sistémicamente muy similares (Comisión Europea, próxima publicación). En este sentido, los radomos implantados por Cellnex en Barcelona son un claro ejemplo de adaptación a las necesidades locales sin renunciar a la escalabilidad. Gracias a estos, no hace falta renovar la infraestructura de iluminación, ya que con solo añadir los dispositivos necesarios a la ya existente se puede ofrecer el mismo servicio que con una torre de nuevo diseño. En este sentido, la modularidad y la adaptabilidad mostradas por las soluciones de Cellnex son un buen ejemplo de escalabilidad en entornos heterogéneos.

Tamaño de las ciudades. Las pequeñas urbes (que, colectivamente, representan el mercado más grande) tienen dificultades de acceso y comunicación con la industria, especialmente si actúan de manera independiente. Dado que las ciudades buscan apoyar sus economías locales, hace falta crear un mercado justo tanto para la gran industria externa como para las pymes locales (Comisión Europea, próxima publicación, 2019). En este sentido, una posible solución es la unión de distintas ciudades pequeñas con necesidades comunes para hacer compras. Las diputaciones, federaciones de municipios y otras entidades supramunicipales deben jugar un papel clave para asegurar que se llegue a los pequeños municipios con precios competitivos.

Ética, legalidad y protección de datos. El IoT involucra una gran cantidad de objetos, datos y personas que están conectados a través de Internet “en cualquier momento” y “en cualquier lugar” para proporcionar una comunicación homogénea y unos servicios contextuales. Por lo tanto, crea un nuevo panorama social, económico, político y ético que necesita nuevas medidas legales y éticas que hagan posible la protección de la privacidad, la seguridad de los datos, la protección de la propiedad, la mejora de la confianza y el desarrollo de estándares adecuados.

Multiplicidad de actores. Muchas de las soluciones de sensorización requieren de interacción con distintas Administraciones públicas o departamentos de una misma organización (véase el caso de permisos o licencias, propiedad de los datos generados, etc.). En muchas ocasiones, esta interacción entre Administraciones, empresas o, incluso, entre departamentos de una misma organización no son fáciles. La inercia institucional, las rutinas existentes o la cultura organizativa a menudo crean fricciones y dificultan la necesaria colaboración para extraer y capturar todo el valor generado por la sensorización.

Alianzas estratégicas. Uno de los grandes retos de la sensorización es la creación de ecosistemas de colaboración en los que múltiples actores puedan beneficiarse de la infraestructura desplegada. Estas alianzas pueden ser creadas para compartir infraestructuras o para reutilizar datos e información generados por el despliegue de sensores tanto en el sector público como el privado. Adicionalmente, la gestión de las infraestructuras puede verse notablemente beneficiada por la incorporación de datos externos a ellas, normalmente provenientes de actores privados.

Smart governance: el camino para implementar soluciones inteligentes. Una de las principales conclusiones del proyecto GrowSmarter es que un plan exitoso está muy ligado a un liderazgo exitoso y la creación de redes entre socios. Comprender quién necesita participar, así como quién ha de motivar y apoyar a estas personas durante el proyecto es muy importante, ya que a menudo queda fuera de sus tareas de trabajo oficiales, de su rol y de su responsabilidad organizativa. Si bien esto puede explicarse por sí mismo, las ciudades deben asegurarse de que cuentan con los recursos y el tiempo necesarios para su planificación y preparación, así como de que conocen los procesos necesarios para su implementación y evaluación, especialmente cuando todo es nuevo para ellas.



4. La movilidad sostenible

Mejorar la movilidad de una ciudad es fundamental para su desarrollo sostenible. Esta mejora pasa por disponer de un sistema de transporte adaptado a las necesidades sociales y que garantice a las personas poder desplazarse fácilmente, mejorando los accesos a las escuelas, a los puestos de trabajo y a los servicios, y haciéndolo de una forma segura y económicamente eficiente. Cuanto mejor sea la accesibilidad y la conectividad de la ciudad para los ciudadanos y las empresas, más atractiva y competitiva se tornará esta.

La movilidad sostenible debe tratar de mejorar la congestión del tráfico a la vez que reducir la contaminación por emisiones de gas de efecto invernadero (GHG), la contaminación acústica y el consumo de energía. Desde este punto de vista, un sistema de transporte eficiente y flexible que ofrezca modelos de movilidad inteligentes es esencial no solo desde el punto de vista medioambiental, sino también para un buen funcionamiento de la economía y, por tanto, del nivel de vida de sus ciudadanos.

La movilidad que observamos hoy en día depende, en gran medida, de la de los vehículos privados, que ha acabado definiendo el estilo de vida de los ciudadanos y a la estructura de nuestras urbes. Sin embargo, esta forma de moverse presenta retos significativos y crecientes para el medioambiente y la salud humana.

La sostenibilidad de la movilidad es una cuestión compleja, ya que en la mayoría de las ciudades se necesitarán cambios sustanciales tanto en el sistema y en las operaciones de transporte como en el comportamiento de movilidad de las personas y las empresas. Además, la prestación de determinados servicios puede depender de una colaboración multisectorial y del potencial de desarrollo de tecnologías futuras.

El transporte es un factor importante en el contexto del desarrollo sostenible debido a la presión que ejerce sobre el medioambiente, sus repercusiones económicas y sociales, y sus vínculos con otros sectores. Dado el continuo crecimiento de la población en las zonas urbanas, el sector del transporte y la logística ha crecido de forma constante en los últimos años, y se prevé que esta tendencia continúe al alza. Por ello, disponer de una estrategia de transporte sostenible es hoy en día una prioridad a escala local, nacional, europea y mundial.

A continuación, se analizan tres innovaciones diferentes que prometen desarrollar la movilidad sostenible a través de los proyectos de diferentes empresas relacionadas con la movilidad.

En primer lugar, se examina el desarrollo de la infraestructura y de la tecnología para un mayor uso de los vehículos eléctricos. Las empresas Electromaps y Nissan se están movilizando para promover el cambio en el sector de la automoción convencional, un sector que ha sido fuente de elevadas emisiones contaminantes para pasar a convertirse en una industria que produce coches eléctricos con menor impacto medioambiental.

A continuación, se presenta un sistema de integración de transporte que se probó en Viena (Austria), llamado Smart City Wien–SMILE. El objetivo de este proyecto fue crear una plataforma de aplicaciones para *smartphone* que permitiera utilizar y combinar varios medios de transporte (metro, tren, bicicleta o coche eléctrico) de la forma más sencilla posible.

Por último, se muestra un caso sobre la distribución de última milla en Barcelona. La empresa Vanapedal coordina un centro de consolidación urbana (*urban consolidation center* – UCC) que realiza la distribución de carga de la última milla con *e-cargobikes*, ofreciendo excelentes oportunidades para la entrega de mercancías sin emisiones de GHG y reduciendo la congestión del tráfico.



4.1. Estaciones de recarga

Con el objetivo de promover formas de movilidad con bajas emisiones de carbono, ciudades de Europa y de todo el mundo están instalando redes de terminales de carga para vehículos eléctricos. La movilidad eléctrica es un mercado que está creciendo junto con las inversiones en innovaciones tecnológicas, avanzando hacia una transformación en el sector de la automoción y que tiene un alto potencial para ayudar a reducir las emisiones contaminantes y la contaminación acústica.

En el taller en el que se abordó el tema de las estaciones de recarga para vehículos eléctricos participaron dos operadores de servicios diferentes relacionados con este mercado: Electromaps y Nissan.

Electromaps es una empresa que ha desarrollado una aplicación que muestra en el mapa todas las estaciones de carga de vehículos eléctricos del mundo. Dicho mapa es dinámico y proporciona información en tiempo real del funcionamiento de las estaciones. Además, esta compañía también ofrece como producto un software de gestión de estaciones de carga eléctrica.

Por su parte, Nissan, uno de los mayores fabricantes de automóviles del mundo, está elaborando un ecosistema que conecta los coches eléctricos con los hogares, las empresas y las redes eléctricas, desarrollando nuevas formas de reutilizar las baterías. Este ecosistema es posible gracias a los terminales de carga eléctrica y a sus vehículos eléctricos, diseñados con una tecnología bidireccional V2G, la cual permite que un coche eléctrico con una batería sobrecargada devuelva su energía eléctrica a la red, haciendo que todo el sistema de carga sea más eficiente y extendiendo la vida útil de las baterías. La idea es que el vehículo eléctrico almacene en su batería energía limpia (por ejemplo, solar) y/o de bajo coste generada por placas fotovoltaicas instaladas en viviendas o edificios comerciales. En los momentos de mayor demanda energética, que coincide con las horas en que el precio kilovatio hora es más caro, la energía de la batería del coche, que ya está cargada con energía más barata, puede volver a la red eléctrica y ser utilizada como fuente de carga, reduciendo el coste total de la energía de la casa o del edificio.

Electromaps opera con dos modelos de negocio diferentes. El primero es un B2C (*business to consumer*) en el que los consumidores son los usuarios que se registran y pagan por la aplicación que les permite el uso de las estaciones de recarga. El segundo es un B2B (*business to business*) y se basa en la venta de una plataforma que permite gestionar y controlar la infraestructura de los cargadores proporcionados por empresas públicas y privadas.

El modelo de negocio de este nuevo servicio que Nissan está desarrollando es un B2C, enfocado al usuario del vehículo. El plan es comercializar el sistema para su uso en viviendas, edificios o cualquier otro contexto que utilice una red eléctrica, y que los vehículos puedan ser aparcados en los alrededores para facilitar estos intercambios de energía.

El mercado de las estaciones de carga para vehículos eléctricos es aún incipiente, bastante pequeño en España, pero su número de puntos de carga está creciendo exponencialmente. Los usuarios y empresas tienen cada vez más confianza en los vehículos eléctricos, que día a día disponen de más capacidad, mayor autonomía y más rapidez de carga. Se trata, por tanto, de un mercado en expansión.

La infraestructura actual se ha financiado principalmente con subvenciones públicas. Algunos actores privados han construido su propia infraestructura, pero se ven limitados por los elevados



costes. En concreto, el coste del hardware supera los 10.000 euros y la instalación, otros 30.000, además de los costes operativos. Hoy en día, estas estaciones de carga se utilizan poco y tienen un estrecho margen por kilovatio. Por consiguiente, hace falta un volumen de vehículos importante para compensar los costes de inversión.

En infraestructura de recarga eléctrica existe una cierta distorsión en la competencia debido a la existencia de cargadores públicos con recargas gratuitas. Estos cargadores públicos, además de limitar la competencia, dada la dificultad de los operadores privados para competir con un operador público, no promueven el uso eficiente de la energía, pues son gratuitos y llevan a excesos de consumo. Además, al no tener el usuario que hacer frente a los costes de reparaciones, se ha detectado un pobre cuidado del equipamiento por su parte.

En cuanto a los costes de la carga eléctrica, una encuesta realizada por Electromaps mostró que el usuario es partidario de que se pague la cantidad de energía consumida y no por tiempo de carga, lo cual debería estar penalizado una vez que la carga esté completa. Nissan considera que es necesario cobrar por el servicio y establecer precios diferentes en función del tipo de recarga utilizada (dado el tipo de tecnología y la cantidad de kilovatios hora consumidos).

Para aumentar el volumen de circulación de los coches eléctricos durante el citado taller se identificaron tres barreras:

- El precio de los vehículos (una posible solución sería eliminar casi completamente los tipos de IVA sobre estos coches)⁶.
- La autonomía de los vehículos eléctricos (aunque los avances tecnológicos están permitiendo mayores autonomías).
- La falta de infraestructura de puntos de recarga para los automóviles.

Los coches eléctricos de Nissan van dirigidos a clientes urbanos que tienen la posibilidad de cargar sus vehículos en casa. Los usuarios que deseen contratar el servicio de esta empresa deben tener en cuenta las tarifas eléctricas domésticas para la carga de los coches. Es decir, deben ajustar la potencia contratada (y el contrato en sí) a las necesidades de carga del vehículo; por ejemplo, aprovechándose de la tarifa nocturna. Por otro lado, las infraestructuras de carga rápida en sitios públicos deben ser únicamente de uso puntual.

La geografía española, poco densa en términos de población —excepto en la costa y en el centro de la meseta— hará que la red de cargadores sea menos eficiente en términos de uso en lugares no urbanos. Para asegurar que los corredores de movilidad en estas zonas poco pobladas disponen de cargadores eléctricos será necesaria la participación del sector público.

Una forma de empezar a reducir la contaminación en las zonas urbanas sería invertir primero en la sustitución de los vehículos convencionales que están en las calles la mayor parte del día (como taxis, autobuses, camiones de basura...) por vehículos eléctricos para, luego, ir sustituyendo progresivamente los vehículos particulares.

⁶ Esto tendría un impacto positivo tanto para el comprador, que se beneficiaría de su menor coste, como para el medioambiente, por la reducción de emisiones del parque de vehículos. Sin embargo, no se puede obviar que conllevaría una reducción de los ingresos en las arcas públicas, que deberían ser obtenidos de otras fuentes.



4.2. MaaS e integración de servicios de movilidad

La aplicación de movilidad sostenible (MaaS) experimentó en el proyecto SMILE, desarrollado en Viena, su funcionamiento y sus resultados. El proyecto SMILE consistió en una plataforma *online*, en forma de aplicación móvil, en la que los usuarios del transporte público de Viena y sus alrededores podían encontrar todos los servicios disponibles ofrecidos por operadores públicos y privados de acuerdo con sus preferencias y necesidades.

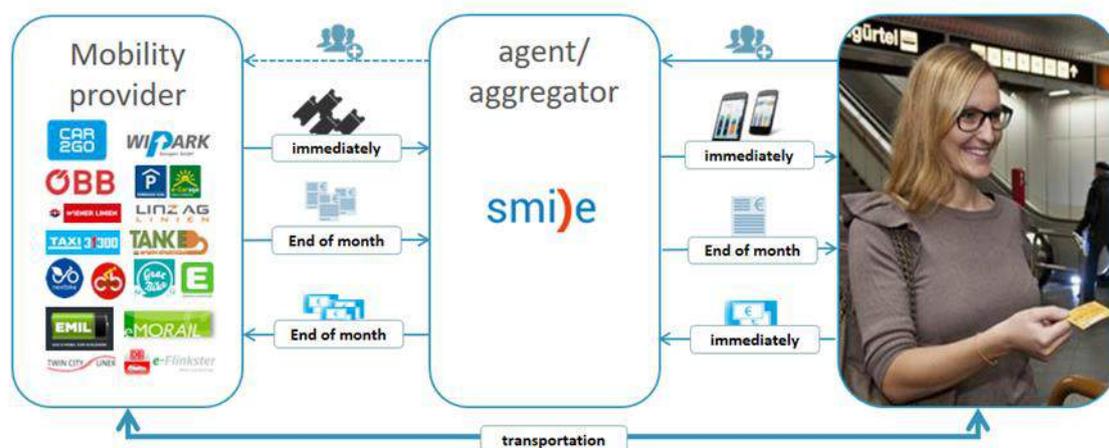
Esta medida fue una experiencia piloto basada en un consorcio público-privado que reunió a los actores más relevantes de la movilidad urbana de la ciudad, aprovechando los conocimientos de cada miembro en servicios de movilidad, ingeniería y desarrollo de software, usabilidad, diseño de sistemas, medioambiente y sostenibilidad, y gestión de proyectos, con el objetivo de ofrecer un sistema de transporte público atractivo, integrado, eficiente y sostenible para la urbe.

En este proyecto participaron operadores del sistema de transporte público municipal, de la empresa ferroviaria nacional, así como de empresas privadas de taxis, de transporte fluvial, de *e-bike sharing* e *e-car sharing*, de aparcamiento y de estaciones de recarga de coches eléctricos, junto con compañías especializadas en la provisión de información sobre rutas de transporte y movilidad.

En Viena se han identificado los problemas relacionados con la congestión del tráfico y el sistema de transporte público de la ciudad. La calidad del servicio de este tipo de transporte puede mejorarse y el sistema de tarificación puede adaptarse mejor al uso real del sistema de transporte. Además, la ineficiencia del tráfico urbano agrava problemas como el de la contaminación atmosférica provocada por el uso de vehículos privados.

La plataforma SMILE (véase la **Figura 7**) integra la información sobre el tráfico y las rutas de transporte público con las distintas opciones de *e-mobility* y *bike-sharing*. Así, es posible planificar y pagar con un billete único un viaje con transporte público intermodal, o sea, haciendo uso de distintos servicios.

Figura 7
Proyecto SMILE – Simply Mobile



Fuente: Everis.



La aplicación SMILE puede instalarse en un *smartphone* y permite a los usuarios saber qué opciones de viaje están disponibles para ir de un punto a otro de la ciudad. Las sugerencias de viajes combinados se crean a partir de los servicios individuales ofrecidos. Los clientes pueden elegir la ruta y el modo de transporte, reservar sus viajes y obtener un billete que cubra todos los servicios de movilidad que han seleccionado y que permite pagar en un solo paso. La plataforma sirve de mediadora y facilitadora entre el sistema de transporte y el usuario.

En el año 2014, la aplicación se puso a disposición del público y contó con más de mil usuarios a lo largo de un año. Cuando se evaluó la fase piloto a través de una encuesta, los resultados revelaron que la plataforma de movilidad podía utilizarse para aumentar el uso compartido y los servicios de movilidad que utilizan energía eléctrica, al tiempo que se reducía el número de viajes realizados en coche privado. Un total del 26% de los participantes declararon que habían empezado a utilizar el transporte público con mayor frecuencia y el 21% de los usuarios piloto encuestados dijeron que utilizaban su coche privado con menos frecuencia.

Un elemento clave para el desarrollo exitoso de este sistema de integración de movilidad y pagos es el apoyo financiero por parte de las instituciones capaces de recaudar por la prestación del servicio y, posteriormente, distribuir esos ingresos entre los prestadores del mismo.

4.3. Distribución de última milla

En las últimas décadas, el Ayuntamiento de Barcelona ha regulado el acceso y las posibilidades de aparcamiento de los vehículos que utilizan combustibles fósiles en determinadas zonas de la ciudad. Debido a esta normativa, los transportistas solo pueden acceder con sus furgonetas al centro de la ciudad en horas restringidas. Sin embargo, los triciclos eléctricos tienen un acceso fácil y sin limitaciones a la todas las áreas de la ciudad.

Ante este escenario, la empresa Vanapedal ha creado un UCC para proporcionar un servicio de distribución de última milla utilizando triciclos eléctricos. La actividad principal del UCC es operar como un microcentro de distribución que recibe los paquetes traídos por los transportistas y los entrega en triciclos eléctricos en su destino final.

El modelo de negocio actual es un B2B. Vanapedal ofrece el servicio a las empresas de transporte tradicionales y, más recientemente, también a las de comercio electrónico. En el caso del servicio con los grandes transportistas tradicionales, el empleado de Vanapedal se viste con la ropa corporativa de la empresa cliente y los triciclos se pintan con los mismos colores corporativos y los mismos símbolos que las compañías a las cuales prestan servicios.

Vanapedal también prevé la posibilidad de ampliar su servicio más allá del de última milla que ofrece a los transportistas e iniciar operaciones de servicio de entrega del vendedor al consumidor.

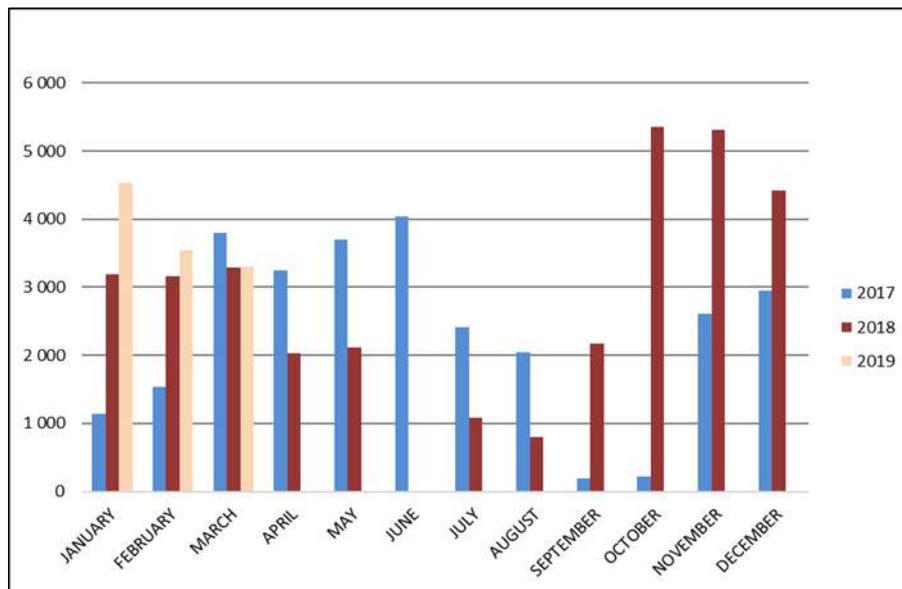
La instalación de un UCC para la entrega de mercancías de última milla en una zona céntrica de Barcelona reduce la congestión en zonas peatonales y/o muy pobladas, además de disminuir los plazos de entrega, los costes para los transportistas convencionales y las emisiones contaminantes.

Otro valor añadido de este negocio es la mejora del servicio de entregas a los consumidores, ya que tienen la posibilidad de recibir sus mercancías en un plazo más amplio que el que les ofrecen los transportistas tradicionales.



En el caso de Vanapedal, tal como se puede observar en la **Figura 8**, el número de entregas realizadas en los últimos dos años dio un salto considerable en octubre del 2018, cuando la empresa comenzó a hacer las entregas de uno de los principales competidores de comercio electrónico.

Figura 8
Evolución de la distancia recorrida por los triciclos eléctricos (en km)



Fuente: CENIT.

Una posible debilidad de este modelo de negocio es que, cada cinco años, aproximadamente, es necesario adquirir nuevos triciclos eléctricos de carga. Estos vehículos suponen un alto coste de inversión teniendo en cuenta el moderado volumen de flujo de caja que tiene una pyme como Vanapedal. Es decir, el año en el que toca reemplazar los triciclos se generan déficits significativos para la compañía que deben ser financiados. Hoy en día, al menos en Barcelona, no existe un mercado para el leasing de este tipo de activos. Este instrumento financiero favorece a las empresas logísticas, porque evita el pago del IVA sobre la venta, que abona la entidad arrendadora, y permite deducirse hasta tres veces la amortización fiscal de la base imponible del impuesto sobre sociedades (IS).

Elementos clave de escalabilidad

Ubicación de las instalaciones. Un elemento importante para obtener un retorno adecuado de la inversión es la ubicación de las estaciones de recarga eléctrica de vehículos particulares. Estas deben estar ubicadas donde el público objetivo tenga mayores probabilidades de utilizarlas, es decir, en áreas residenciales o comerciales en las que la gente tenga poder adquisitivo para comprar coches eléctricos, ya que su coste todavía es superior al de uno convencional.

Enfoque en los principales vehículos contaminantes. La conclusión del taller en el que participaron Electromaps y Nissan fue que hay que focalizar las políticas de renovación de vehículos tradicionales por eléctricos en los grandes focos de contaminación (autobuses urbanos, taxis, etc.). El vehículo privado urbano que se utiliza pocas horas al día o esporádicamente no es muy problemático desde el punto de vista de la contaminación. La Administración pública ha de centrar sus esfuerzos en los más contaminantes.

Alianzas estratégicas y multiplicidad de actores. Para diferenciarse de las aplicaciones concurrentes que también informan de las distintas maneras de desplazarse del punto A al punto B, es necesario que una plataforma como SMILE ofrezca la opción de pagar y/o reservar el uso del transporte (multimodal) a través del *smartphone*, generando así una mayor comodidad para el usuario de la aplicación. En este caso, los gestores de esta aplicación deben asociarse con todos los medios de transporte para garantizar que la plataforma puede servir de intermediario entre el usuario y el servicio de movilidad urbana.

Instituciones financieras. Las plataformas de movilidad integrada, como SMILE, han de contar con el apoyo de entidades financieras, que han de facilitar el pago de los servicios de movilidad por parte de los usuarios de manera integrada, así como la posterior distribución entre los operadores.

Legislación y sector público. Para que el negocio de la distribución de última milla tenga éxito, es muy importante que las autoridades públicas estén dispuestas a restringir los vehículos de motor contaminantes, como los coches y las furgonetas, en determinadas zonas de la ciudad. Esta regulación fomenta el mercado potencial en el que los triciclos eléctricos tienen ventaja sobre otros modos de entrega de productos.

Aprovechar el mercado digital. En el ejemplo de Vanapedal se observa que el comercio electrónico tiene cada día un mayor volumen de entregas, en general, de paquetes pequeños o medianos que se pueden cargar fácilmente con un triciclo de carga. A medida que crece el comercio electrónico, el negocio de distribución de última milla tiene un mayor potencial para aprovechar esta nueva forma de consumo.



5. Instrumentos de financiación

La inversión en soluciones innovadoras en los ámbitos de la energía, el transporte y las TIC en ciudades sigue, en última instancia, los mismos principios de inversión que se aplican a cualquier tipo de proyecto. Sin embargo, en las ciudades hay una mayor densidad de población, más nivel de renta y un mejor acceso a los servicios financieros por parte de sus habitantes.

Las inversiones representan decisiones para adquirir activos, ya sean reales, en forma de capital fijo (es decir, terrenos, edificios, instalaciones, equipos..., pero también patentes, marcas registradas, etc.), o activos financieros (es decir, valores, depósitos, etc.), teniendo en cuenta los costes de explotación de la inversión a lo largo de la vida de los proyectos (Medarova, Volkery, Sauter, Skinner, Withana y Núñez, 2013). La decisión de financiación se refiere, pues, a la cuestión de qué capital debe reunir la empresa para financiar sus proyectos y qué combinación de financiación (capital/deuda) ha de utilizar. Las compañías pueden acumular capital, a través de sus propios flujos de caja operativos netos, o externamente, a través de los mercados de capitales, el mercado de bonos corporativos o el sistema bancario.

El sistema financiero actúa como un canal a través del cual el excedente de liquidez de los ahorradores se distribuye entre las empresas que necesitan capital para realizar sus inversiones. Sin embargo, muchas empresas, especialmente las pymes, necesitan financiación a través de intermediarios financieros, como bancos comerciales, compañías de seguros, fondos de pensiones y fondos de capital riesgo que actúan como agentes entre los beneficiarios finales del capital y el proveedor de este.

Los intermediarios financieros, a su vez, ofrecen una variedad de instrumentos financieros para aquellos que desean invertir en sus negocios. En función del objeto de inversión o del volumen requerido de esta, cada proyecto contará con diferentes instrumentos financieros adaptados. En relación con las soluciones *smart*, esta lógica no es diferente, aunque frente a los proyectos tradicionales, implican un mayor riesgo, al ser modelos de negocio innovadores y sin un histórico de riesgo crediticio.

A continuación presentamos los instrumentos de financiación más adecuados para los grupos de soluciones previamente descritas.

5.1. Financiación para la rehabilitación energética de edificios

Según el informe *Residential Retrofits at district scale*, elaborado por el IREC, Aiguasol e InnoEnergy en el 2019, los instrumentos financieros para las inversiones en eficiencia energética de los edificios son los que se muestran en la **Figura 9**:

Figura 9

Resumen de los instrumentos financieros para inversiones en eficiencia energética en edificios. La puntuación de 3 es adecuada; 1, mínimamente útil; y 0, no aplicable.

| Mature financial instruments | Commercial | Public | Public rental | Private rental | Owner occupied |
|---|------------|--------|---------------|----------------|----------------|
| Dedicated credit lines | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| Energy performance contracting (undertaken by private sector) | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 |
| Risk-sharing facilities | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| Direct and equity investments in real estate and infrastructure funds | 2 | 1 | 1 | 2 | 0 |
| Subordinated Loan | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Covered Bonds | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Leasing | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Emerging financial instruments | Commercial | Public | Public rental | Private rental | Owner occupied |
| On-bill repayment | 2 | 1 | 2 | 3 | 3 |
| On-tax finance (PACE) | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| Energy efficiency investment funds | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Energy services agreement | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| Public ESCOS for deep renovation of housing | 0 | 0 | 3 | 2 | 2 |
| Factoring fund for energy performance contracts | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| Public ESCOS for deep renovation of public buildings | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 |
| Green bonds | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Citizens financing | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 |

Fuente: Energy Efficiency Financial Institutions Group.

Entre estos instrumentos vemos que los más adecuados para los proyectos de interés de este proyecto son los siguientes:

Líneas de crédito. Están diseñadas para inversiones en eficiencia energética y algunas veces son apoyadas por instituciones financieras públicas. En algunos casos, las entidades de crédito ya definen objetivos específicos y ofrecen un procedimiento simplificado y normalizado para acceder al crédito.

Contrato de rendimiento energético (EPC – energy performance contracting). Se trata de un acuerdo contractual entre el contratante de la reforma de edificios y el proveedor de la medida de eficiencia energética que se verifica y supervisa durante toda la duración del contrato. La inversión se paga, principalmente, gracias a los ahorros energéticos generados por la



implementación de medidas de eficiencia energética. Este tipo de contrato define el modelo de negocio más característico de las ESCO.

Mecanismos de reparto de riesgos. Reducen los riesgos para los bancos y los inversores cubriendo parte del riesgo de impago. Tienen la ventaja de eliminar parte de la incertidumbre y los riesgos, favoreciendo así el uso de instrumentos privados más grandes.

Fondos de inversión en eficiencia energética. Se trata de fondos que solo se dedican a proyectos de eficiencia energética y que buscan una rentabilidad basada en el ahorro conseguido. Algunos de ellos están asociados a los Gobiernos.

Contratos de servicios energéticos. Estos acuerdos se llevan a cabo entre un tercer inversor y el propietario de un activo para proporcionar ahorros de energía como un servicio; es una evolución del modelo tradicional de economía compartida que se proporciona a través del EPC. El inversor proporciona fondos para la realización de proyectos de eficiencia energética y opera el equipo de energía necesario para el propietario del activo, quien, a cambio, se compromete a pagar al inversor el valor antiguo de las facturas de electricidad durante la vigencia del contrato.

ESCO públicas para la renovación. Son empresas que gestionan la inversión en eficiencia energética y garantizan ahorros de electricidad al cliente, actuando como contraparte de un EPC financiado con fondos públicos.

Por último, presentamos un creciente mecanismo de financiación privada en el PACE:

Property Assessed Clean Energy (PACE). Se trata de un mecanismo de financiación que permite financiar a bajo coste y a largo plazo proyectos de eficiencia energética, energía renovable y conservación del agua. El financiamiento de PACE se paga como un suplemento de la factura de impuestos regulares de la propiedad.

El propietario, conjuntamente con un contratista, determina qué mejoras de energía limpia tienen sentido para recibir fondos a través del programa local PACE.

El 100% de los costes del proyecto, incluyendo los más bajos, pueden ser financiados a través del PACE, lo que elimina la necesidad de gastos recurrentes para los propietarios.

El PACE es una financiación basada estrictamente en la propiedad y garantizada por los impuestos sobre la propiedad. Por lo tanto, el propietario no está obligado personalmente a devolver el impuesto, que puede ser cobrado a través de los inquilinos. El PACE permite abordar y financiar proyectos de rehabilitación de edificios plurifamiliares (como bloques completos de pisos) sin precisar la unanimidad ni ofrecer financiación personalizada a los propietarios con menor poder adquisitivo, a la vez que facilita al propietario mejorar la eficiencia energética de la propiedad sin ningún efecto negativo en sus ingresos de alquiler. El PACE podría ser compatible con esquemas de ayudas sociales que condonasen, total o parcialmente, las cuotas a los vecinos que no las puedan asumir. Al mismo tiempo, el coste de los inquilinos puede reducirse gracias a un ahorro anual de energía que podría llegar a compensar el valor de las cuotas de pago para el financiador del proyecto.

El financiamiento PACE está disponible con vencimientos flexibles de hasta veinte años, con *paybacks* simples de hasta doce años. A su vez, la dilución de las cuotas para reembolsar la financiación permite reducir los costes de explotación de la propiedad durante todo el plazo de vencimiento del PACE.



El PACE se adjunta a la factura del impuesto predial, y la obligación de reembolsar la financiación se transfiere automáticamente al nuevo propietario en el momento de la venta de la propiedad, junto con los beneficios de ahorro de energía generados por el proyecto. Esto elimina cualquier preocupación que los propietarios puedan tener sobre una posible venta de la propiedad en un futuro próximo, es decir, fomenta la producción de energía, incluso si el propietario no espera conservar la propiedad durante el periodo de amortización.

El financiamiento se suele proporcionar a través de compañías financieras especializadas que utilizan capital del sector privado para invertir en proyectos PACE. Una unidad del Gobierno local "administra el préstamo" haciendo una valoración anual de la propiedad, facturando el impuesto sobre bienes inmuebles junto con otras tasas fiscales sobre la factura del impuesto sobre la propiedad, y aportando la cantidad debida al financiador del proyecto. El Gobierno local, además, impone sus derechos de recaudación de impuestos para asegurar el pago al financiador.

De acuerdo con la información disponible, después de haber completado cientos de proyectos hasta ahora, la iniciativa PACE parece ser exitosa para todo tipo de bienes comerciales⁷, incluyendo edificios sin fines de lucro, oficinas, comercios, naves industriales, agrícolas, multifamiliares, etc. Para poder beneficiarnos de esta fuente de financiación es preciso adaptar el marco legislativo nacional a la nueva ley de economía sostenible, dejando que las ciudades elaboren ordenanzas municipales para actuaciones específicas.

La UE dispone de un programa piloto, EuroPACE, que se ha iniciado en la ciudad de Olot (Gerona) en octubre del 2019⁸.

5.1.1. Nuevas propuestas de financiación en PPP

Las colaboraciones público-privadas pueden complementarse con propuestas alternativas de financiación de proyectos de rehabilitación energética para atraer mayor inversión. A continuación planteamos dos propuestas a tener en cuenta para los futuros proyectos de rehabilitación energética.

a) Licitación del proyecto de rehabilitación para el aprovechamiento de potenciales ventajas de escala

En aquellos casos en los que el sector público vea un interés o identifique una necesidad de rehabilitación, puede licitar el proyecto a un agente privado o público-privado con el fin de que lleve a cabo las distintas actuaciones y, a su vez, capture los beneficios de escalar el proyecto. En este caso se hace necesario elaborar un precontrato entre el sector público y el privado donde se consideren los riesgos a asumir por cada una de las partes. Se trata de los riesgos en el diseño, la construcción, por inversiones adicionales o los ingresos.

La presencia de ventajas de escala para los trabajos meramente de construcción puede ser discutible. En la industria de la construcción—muy competitiva—, los márgenes ya son ajustados. Sin embargo, es posible encontrar ventajas de ese tipo en la agregación de usuarios de bloque o de barrio gracias al acopiamiento de materiales o por cuestiones de andamiaje, entre otros motivos.

⁷ Para más información: www.pacenet.org/wp-content/uploads/2016/05/The-benefits-of-PACE-for-CRE-FINAL-1.pdf.

⁸ Para más información: www.europace2020.eu.



Por otra parte, parece haber ventajas evidentes a la hora de escalar soluciones de eficiencia energética. El ejemplo de las placas fotovoltaicas es uno de los más claros, ya que todavía son pocos los edificios terciarios y, sobre todo, residenciales que cuentan con instalaciones de ese tipo. La implementación de soluciones activas, como las placas solares, es todavía un mercado por desarrollar, donde los costes de instalación son elevados y, por lo tanto, existen opciones de ahorro si ello se hace a escalas mayores.

b) Licitación de la gestión de proyectos de rehabilitación y cobro de recibos y pagos a cambio de la titulización de la deuda

Se trata de una colaboración público-privada en donde la parte pública asume los costes de ejecución de la obra de rehabilitación y, posteriormente, se amortiza la deuda mediante la licitación de los cobros a los usuarios. Es decir, la Administración vende paquetes de deuda de los usuarios, de forma similar a lo que se hace actualmente con las hipotecas, dejando de gestionar y percibir los ingresos (titulización de activos, *securitization* en inglés).

En el caso de edificios residenciales, vemos que, en muchos casos, los costes esperados en forma de ahorros energéticos no compensan el coste de inversión, al no existir un consumo intensivo de energía. Por ese motivo, habría que diseñar un contrato entre el sector público y el privado ajustado a los riesgos en ingresos. Además, podría ser dificultoso colocar la totalidad de la deuda si esta no puede ser pagada con las cuotas y los beneficios del proyecto.

Son pocos los precedentes de una colaboración público-privada en ese sentido, sin poderse encontrar ninguno en Cataluña. En Nueva York, sí, pues en esta ciudad la entidad pública que promueve proyectos de rehabilitación energética tituliza la deuda para comercializarla entre las entidades financieras interesadas.

5.2. Sensorización en las ciudades

Flexibilidad presupuestaria. Aunque una ciudad disponga de presupuesto suficiente para adquirir el hardware necesario que permita desplegar una red de sensorización, esta no siempre resulta la mejor opción. Explorar posibilidades alternativas, por ejemplo, el uso de contratos ESE (empresas de servicios energéticos) o de *renting* permite dedicar recursos a otras áreas que requieran mayor atención por las características del municipio (promoción económica, servicios sociales, etc.). En este sentido, es importante tener en cuenta los contratos que no generen deuda ni consumo de partida presupuestaria a corto plazo. Adicionalmente, este tipo de contratos permiten una mejor adaptación a las nuevas tecnologías, dado que no se encuentran ligados a un nivel evolutivo que se pueda quedar obsoleto y aseguran que solo se paga por la tecnología que está reamente disponible, acelerando el ritmo de renovación y, con ello, los beneficios económicos y medioambientales esperados.

Performance risk en concesiones. Muchas de las tecnologías de sensorización requieren la colaboración entre distintos actores (públicos y privados). Esto significa que existe un riesgo de que alguno de los actores no sea capaz de proveer lo especificado en el contrato o licitación. Si el operador es una gran empresa de telecomunicaciones, el *performance risk* es relativamente bajo. Por tanto, es importante tener en cuenta la solvencia no solo técnica de las soluciones, sino también la financiera, a la hora de establecer y delimitar los riesgos que debe asumir cada actor.



5.3. Movilidad sostenible

Renting o leasing. En este caso, el contratista obtiene el uso de máquinas o equipos eficientes, tales como taxis, furgonetas o triciclos de carga eléctrica, para la distribución de última milla. La propiedad queda en manos del arrendatario, mientras que la empresa se reserva el derecho real de utilizar el equipo. La compañía de *renting* asume el riesgo tecnológico y la gestión operativa.

Para el sector público, una renovación rápida del parque móvil permitirá, sin duda, reducir emisiones a la vez que dar ejemplo al resto de los sectores de actividad. Una gran parte de las cuotas de *renting* futuras serán compensadas con el menor coste de combustible y mantenimiento, por lo que, al final, el coste presupuestario de la inversión debería ser fácilmente asumible.

Sistema de pagos. El desarrollo de un sistema integrado de movilidad público y privada requiere de un sistema de captación y distribución de ingresos entre los diferentes operadores de transporte. En este sentido, el sector financiero debe facilitar el funcionamiento de este sistema de pagos de manera ágil y transparente.



6. Conclusiones

A continuación, presentamos las conclusiones obtenidas a partir del análisis de los apartados anteriores, respecto de la rehabilitación energética de edificios, la sensorización en las ciudades y la movilidad sostenible.

6.1. Rehabilitación energética de edificios

Según se desprende de los talleres mencionados que se han celebrado durante el curso 2018-2019 en el IESE Business School, actualmente, y por diferentes motivos, operacionales, de regulación o climatológicos, no hay una demanda importante de rehabilitación energética en España.

Parece difícil obtener retornos razonables sobre la inversión (entre diez y treinta años, sin intereses) en entornos de poco consumo energético. Sin embargo, en algunos casos, la implementación de medidas activas, especialmente fotovoltaicas, sí permite conseguir mejores retornos.

La mayor eficiencia en términos de coste-beneficio se obtiene con actuaciones a gran escala, sobre edificios o manzanas completas, en las barriadas. Sin embargo, si no existe un proyecto liderado por el sector público, resultan muy difíciles de financiar debido a la multiplicidad de actores privados. Así, numerosas experiencias público-privadas en Barcelona no han llegado a tener éxito. La creación de un marco legal que facilite los esquemas de financiación tipo PACE parece ser la vía más relevante para poder dar un impulso definitivo a dicho tipo de actuaciones.

En un contexto social y político cada vez más sensibilizado en materia medioambiental, las Administraciones públicas sí parecen querer impulsar proyectos de rehabilitación energética. Existe voluntad de inversión pública, pero se demuestra preceptiva la necesidad de explorar nuevas fórmulas de financiación, pasando de la vía de la subvención a la de la difusión, facilitación, subvención de estudios y certificados energéticos.

A continuación, citamos algunas oportunidades a corto y medio plazo para el sector financiero (sin contar con el soporte del sector público). A corto plazo:

- Identificación de los colectivos más apropiados bajo una perspectiva tanto financiera como energética.
- Lanzamiento de campañas conjuntas por parte del sector financiero y algunos operadores energéticos para dar impulso a proyectos de rehabilitación energética, priorizando aquellas medidas que puedan demostrar una mayor efectividad en la obtención de ahorros y en la mejora de la calidad de vida (placas fotovoltaicas, calderas o sustitución de electrodomésticos ineficientes).

A medio plazo:

- Potenciación de las campañas de concienciación medioambiental y de información acerca de los beneficios de la rehabilitación energética de edificios, ofreciendo difusión y subvenciones desde las Administraciones públicas.
- PACE: creación de una contribución especial que se concretaría en unos suplementos del impuesto sobre bienes inmuebles (IBI) recaudados por las Administraciones públicas y que las instituciones financieras podrían considerar con el fin de financiar la implementación de medidas de eficiencia energética, actuaciones periféricas o proyectos integrales que las incluyan.

- Mitigación de riesgos, ya sea a través de las Administraciones públicas o del Banco Europeo de Inversiones (BEI). Es necesario que los recursos públicos, limitados, sean utilizados para apalancar la financiación privada, no para sustituirla.

6.2. Sensorización en las ciudades

En este apartado, podemos dividir las conclusiones en dos grandes grupos, según el contexto en el que se apliquen. En primer lugar, si se trata de financiación directa (despliegue de infraestructura), existen necesidades de financiación en función de la escala del proyecto. Si bien la tecnología es relativamente asequible para pequeños proyectos, puede llegar a ser elevada en despliegues a gran escala. Además, el hecho de que la evolución tecnológica haga que cierto tipo de hardware quede obsoleto en un periodo de tiempo relativamente corto permite explorar fórmulas de financiación más flexibles como, por ejemplo, el leasing de sensores.

En segundo lugar, existen oportunidades no directamente ligadas al despliegue de infraestructura sensorica, pero sí a la gestión de diferentes activos, basándose en los datos generados por el hardware desplegado. Por ejemplo, en el caso de la recogida de residuos, puede explorarse la posibilidad de tener flotas dinámicas en las que los vehículos de recogida en circulación se utilicen en función de las necesidades de cada zona y cada momento. Esto puede suponer importantes ahorros para la empresa concesionaria, así como una oportunidad de financiación flexible para este tipo de vehículos. Finalmente, también es importante destacar la posibilidad de capturar mayor valor a través del uso de los datos generados. Muchos de los datos generados por instituciones financieras son susceptibles de ser mezclados y analizados para una mejor toma de decisiones en las ciudades, por lo que existe una oportunidad de negocio en este sentido. La dirección, profundidad y facilidad de este supuesto dependen, en gran medida, de la existencia de casos de uso y casos de buenas prácticas, por lo que se trata de una alternativa a medio plazo que, a pesar de su alto potencial para la economía de los datos, requiere de nuevas formas de colaboración entre las empresas privadas y el sector público.

Para rentabilizar dichas inversiones es imprescindible utilizarlas en la "digitalización" de la prestación de los servicios públicos, mejorando su eficiencia económica y medioambiental. Esto debe ser valorado en las nuevas licitaciones de concesiones municipales: romper con las inercias históricas es, sin duda, un reto mucho más complejo que el tecnológico.

6.3. Movilidad sostenible

Durante el taller sobre movilidad sostenible quedó claro que el sector del transporte y la movilidad se encuentra en un periodo de cambio de paradigma. Están surgiendo innovaciones y alternativas a través de cambios en el uso de la energía, con vehículos eléctricos y nuevas tecnologías energéticamente más eficientes; una mayor conectividad digital para la integración del transporte público y privado; nuevos modelos de negocio que ofrecen servicios como la entrega en la última milla, y con un bajo impacto ambiental.

No obstante, para lograr una plena transición hacia una movilidad más sostenible se requieren grandes inversiones en infraestructuras que, dadas las limitaciones presupuestarias de los Gobiernos, deben desarrollarse en forma de financiación privada para apoyar las inversiones necesarias. El *renting* operativo es el mecanismo de financiación que mejor se adapta a la gestión del riesgo tecnológico y a la renovación acelerada con capacidad presupuestaria limitada.

En paralelo con la renovación de la flota pública, es importante incentivar la renovación de las flotas que tienen mayor frecuencia de uso en las zonas urbanas: vehículos de logística y taxis. Al



tratarse de vehículos en manos de trabajadores autónomos, en su mayoría, habrá que impulsar la oferta de sistemas de financiación que se adapten a sus necesidades. De nuevo, el *renting* y el *leasing* deberían jugar un papel relevante.

Para las inversiones en infraestructura, los modelos de alianzas público-privadas (APP) pueden ser más apropiados; sin embargo, para los nuevos modelos de negocio de soluciones inteligentes en el ámbito de la movilidad y el transporte se pueden proporcionar varios instrumentos financieros, de modo que la empresa tenga éxito e impulse las innovaciones del sector.

En cuanto a la movilidad *as a service*, debe haber medios de pago disponibles que faciliten la integración de los pagos (más allá del servicio) y el posterior reparto de ingresos entre los operadores de transporte.

Bibliografía

- ALLAM, A. (2018). World Sustainable Development Outlook 2018: Public private partnerships for the implementation of the 2030 Agenda for Sustainable Development, World Association for Sustainable Development (WASD).
- BATTY, M. (2013). Big data, smart cities and city planning. *Dialogues in Human Geography*, 3, pp. 274-279. doi: 10.1177/2043820613513390.
- BUILDING PERFORMANCE INSTITUTE OF EUROPE (2018). 97% of buildings in the EU need to be upgraded. Recuperado de bpie.eu/publication/97-of-buildings-in-the-eu-need-to-be-upgraded.
- BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO - Diario Oficial de la Unión Europea. (14 de noviembre del 2012). L 315/1. I (Actos legislativos). Directivas. Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre del 2012, relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE. Recuperado de www.boe.es/doue/2012/315/L00001-00056.pdf.
- COMISIÓN EUROPEA. ERESEE 2017 (actualización del 2017). De la Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España. Recuperado de www.fomento.gob.es/recursos_mfom/pdf/9DFC55DD-B6F8-4C40-8634-8B199A6770A8/135887/INF_CARAC_EDIF_RESID_2001.pdf.
- COMISIÓN EUROPEA. (s. f.). Developments and Forecasts on Continuing Urbanisation. Recuperado de ec.europa.eu/knowledge4policy/foresight/topic/continuing-urbanisation/developments-and-forecasts-on-continuing-urbanisation_en.
- GAIDAJIS, G., Angelakoglou, K. y Aktsoglou, D. (2010). E-waste: Environmental Problems and Current Management. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 3. doi: 10.25103/jestr.031.32.
- GOBIERNO DE ESPAÑA-MINISTERIO DE FOMENTO. (junio del 2014). Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España en desarrollo del artículo 4 de la Directiva 2012/27/UE. www.fomento.gob.es/recursos_mfom/pdf/39711141-E3BB-49C4-A759-4F5C6B987766/130069/2014_article4_es_spain.pdf.
- IREC, AIGUASOL; *Residential Retrofits at district scale. Business Models under Public Private Partnerships*. InnoEnergy, 2018, ISBN 978-84-09-07914-8, Documento recuperado de www.innoenergy.com.
- KAPELAN, Z., Savic, D. y Walters, G. A. (2005). Multiobjective design of water distribution systems under uncertainty. *Water Resources Research*, 41(11). doi: 10.1029/2004WR003787.
- MEDAROVA K., Volkery A., Sauter, R., Skinner, I., Withana, S. y Núñez J. (2013). Study on the optimal use of EU grants and financial instruments in the next Multiannual Financial Framework to address the climate objective. Para el BP Clima.
- NACIONES UNIDAS. Smart Sustainable Goals. Recuperado de www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/
- NACIONES UNIDAS (2018). Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2018). World Urbanization Prospects: The 2018 Revision, Online Edition.



NACIONES UNIDAS (2019). Cities and Pollution contribute to climate change. Recuperado de www.un.org/en/climatechange/cities-pollution.shtml

PIEDRA, Juan et al. Gestión del servicio público de residuos sólidos (Santander). PPP for Cities case study, próxima publicación.

PROYECTO GROWSMARTER - Financiado por el programa H2020 de la Comisión Europea en virtud del acuerdo de subvención no. 646456. Contract Agreement. www.grow-smarter.eu

PROYECTO GROWSMARTER - Financiado por el programa H2020 de la Comisión Europea en virtud del acuerdo de subvención no. 646456 *Implementing Low Energy Districts in European Cities – Conclusions From Growsmarter. D2.6. Concluding Report Wp2. (2019)*. www.grow-smarter.eu

PROYECTO GROWSMARTER - Financiado por el programa H2020 de la Comisión Europea en virtud del acuerdo de subvención no. 646456. *Proyecto GrowSmarter. Smart City Market Introduction Deliverable 6.4.(2019)*. www.grow-smarter.eu