



POLITÉCNICA



GRUDILEC

CONECTANDO A PROFESIONALES



El Mundo Smart



Miembros de:



SMART CITIES

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Desde finales del siglo XVIII, las ciudades se han ido convirtiendo paulatinamente en centros de atracción de la población mundial, debido a la generación de una creciente riqueza económica que ha permitido un mayor acceso a trabajos mejor remunerados, a la educación, a la sanidad y a otros servicios sociales, comparado con las oportunidades que ofrecía el entorno rural.

En estos momentos, más de la mitad de la población mundial vive en entornos urbanos (UN, 2014) y la tendencia es que esta proporción siga aumentando en los próximos decenios. Esta concentración de población urbana está dando a las ciudades un mayor peso político y económico mundial, pero a su vez, este rápido crecimiento somete a las ciudades a una serie de retos relacionados con la sostenibilidad de recursos (tales como la energía, el agua, el medio ambiente, etc.) y sobre la calidad de vida de sus habitantes, para los cuales las ciudades actuales no están preparadas. Estos retos también afectan a la economía urbana, ya que en el entorno global y competitivo en el que vivimos, aquellas ciudades que no sean capaces de solventar estos problemas, perderán competitividad, aumentando el desempleo y empeorando el nivel de vida de sus ciudadanos.

Por todo ello, es necesario que se produzca un cambio disruptivo en la forma de operar los

complejos núcleos urbanos, apoyándose en la utilización cada vez mayor de las nuevas tecnologías, en particular en Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC). El uso de estas tecnologías permitirá:

- Reducir los costes de operación de la ciudad, permitiendo ser más eficientes y aumentando su competitividad.
- Crecer de una forma orgánica, permitiendo a sus gestores disponer de una visión global e integrada de la ciudad, favoreciendo la toma de decisiones y la priorización de inversiones.
- Aumentar la calidad de vida de sus ciudadanos, mejorando los índices medioambientales y proporcionando nuevos servicios que les facilite su vida.

Las Ciudades Inteligentes (más conocidas por su nombre anglosajón, *Smart Cities*), pretenden ser la solución global a este complejo problema y el objetivo de este prontuario consiste en presentar los aspectos fundamentales ligados a las *Smart Cities*, describiendo sus ámbitos de aplicación así como los aspectos normativos y regulatorios aplicables actualmente. Se ha tenido en cuenta las normas UNE que están siendo publicadas por AENOR a lo largo de todo el documento.

Después de la introducción, en la segunda sección se describirán los factores que tienen una influencia directa en la creación de las *Smart Cities*.

En la siguiente sección se presenta el concepto de *Smart City*. Pese a que existen multitud de definiciones al respecto, en este texto se ha utilizado la definición recientemente publicada en la norma UNE 178201:2016. En esta norma también se presentan los seis ámbitos que puede cubrir cualquier ciudad para ser considerada una *Smart City*.

Toda *Smart City* debe fundamentarse en una arquitectura que permita proveer servicios a los distintos ámbitos, por ello, en la cuarta sección de este documento se presenta la arquitectura de la *Smart City* definida en la citada norma UNE.

En la quinta sección se presenta una *Hoja de Ruta* que deberían seguir las ciudades para transformarse en *Smart City*. La sexta sección es la más amplia y es donde se presenta, de forma pormenorizada, algunos de los servicios más importantes que se han implementado en distintos ámbitos de la *Smart City*. Este número de servicios aumenta día a día, evolucionando en complejidad, pero el objetivo de esta sección es presentar al lector de una forma didáctica qué se puede hacer en las *Smart Cities*, permitiéndole tener una visión completa de este amplio concepto.

Finalmente, el prontuario finaliza con un resumen de la normativa vigente, describiendo brevemente la estructura del comité AEN/CTN

178, encargado de preparar las normas para la estandarización de lo que debe ser una ciudad inteligente. Algunas de las normas están, a día de hoy, pendientes de publicación.

2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CREACIÓN DE LAS SMART CITIES

Evolución de urbanización mundial

La población mundial ha pasado de 2.000 millones de personas a principios del siglo XX a los 7.330 millones en junio de 2016 (Bureau, 2016) y la previsión es que estas cifras aumenten un 33% hasta 2050, alcanzando un valor de 9700 millones (UN, 2015). El crecimiento no se realizará de forma uniforme en todo el mundo, sino que la mitad de dicho crecimiento se concentrará en 9 países: India, Nigeria, Pakistán, República Democrática del Congo, Etiopía, Tanzania, Estados Unidos, Indonesia y Uganda. China e India seguirán siendo los países más poblados del mundo con más de 1.000 millones de personas cada uno, pero se espera que India supere a China en número de habitantes a principios de la década de 2020.

La mayor parte de esta nueva población vivirá en las ciudades. En la Figura 1, se muestra la evolución de las poblaciones urbanas y rurales en el mundo desde mitad del siglo XX hasta mitad del siglo XXI. En 1950, el 30% de la población mundial vivía en áreas urbanas, y esta relación ha ido creciendo de forma constante, alcanzándose la paridad en el año 2007. En la actualidad, habitan más personas en las

ciudades que en los entornos rurales (en 2014, el 54% de la población mundial era urbanita) y se estima que para el año 2050, este porcentaje aumente hasta el 66%, alcanzándose una cifra de 6400 millones de personas urbanitas (UN, 2014), mientras que la población rural se mantendrá estable alrededor de los 3300 millones.

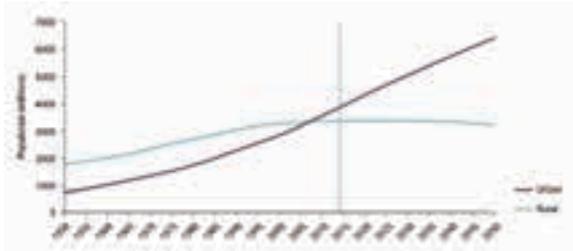


Fig. 1. Evolución de la población urbana y rural en el mundo, desde 1950 hasta 2050 (UN, 2014).

Este reparto tampoco es homogéneo en todo el mundo, tal y como se observa en la Figura 2. En estos momentos, las regiones más urbanizadas se encuentran en Norte América (donde un 82% de su población es urbana), Latino América y el Caribe (80%), Europa (73%) y Oceanía (71%). Por el contrario, África y Asia siguen siendo regiones fundamentalmente rurales, con tasas de urbanización del 40 y del 48% respectivamente. Por esta razón, se estima que estas dos últimas áreas tengan un mayor crecimiento urbano en los próximos años, estimando alcanzar porcentajes del 56 y 64% de tasa de urbanización en 2050.

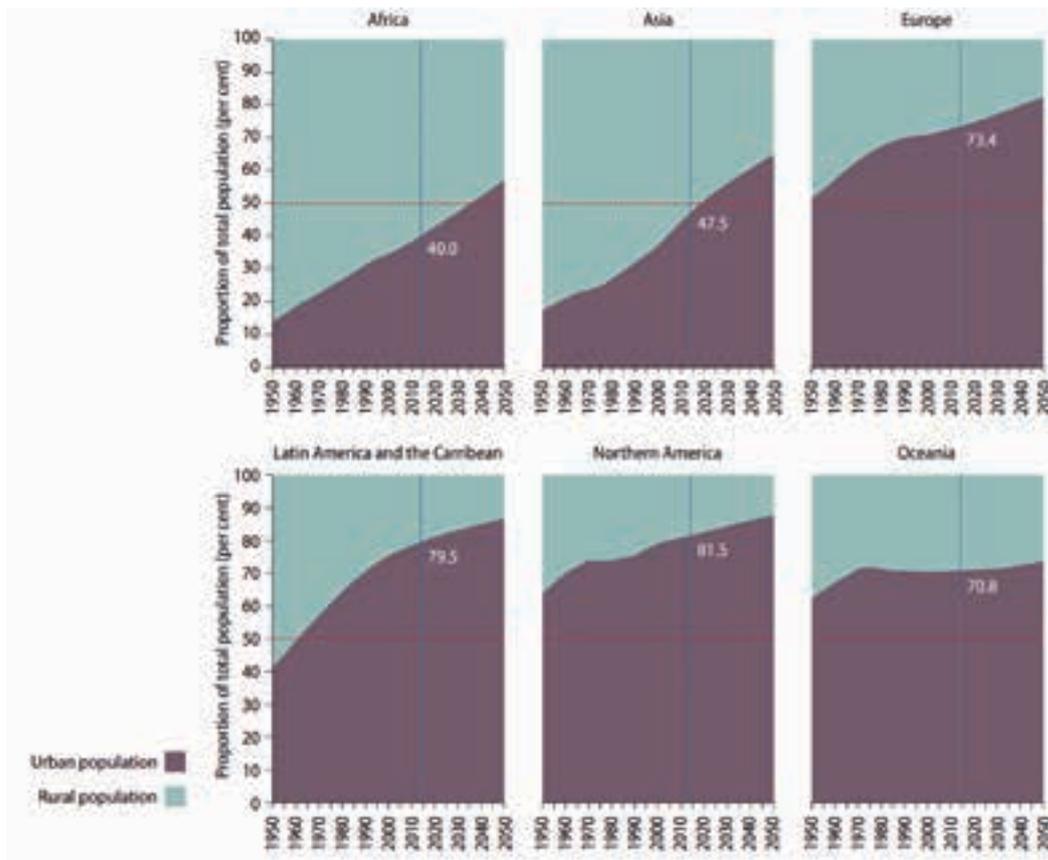


Fig. 2. Proporción de población urbana y rural en distintas regiones del mundo. Evolución desde 1950 hasta 2050 (UN, 2014).

Alrededor del 50% de la población urbana actual vive en ciudades pequeñas (menores de 500.000 habitantes), mientras que 1/8 de la población urbana actual reside en una de las 28 mega-ciudades con más de 10 millones de habitantes. En estos momentos, Tokio es la ciudad más poblada del mundo, con 38 millones de habitantes, seguida de Delhi (con 25 millones), Shanghai (23 millones) y Ciudad de México, Bombay y Sao Paulo (con 21 millones de habitantes cada una). Se estima que, en 2030, el número de mega-ciudades en el mundo aumentará hasta alcanzar las 41.

La vida urbana ofrece a sus habitantes numerosas ventajas: por un lado, los habitantes de las ciudades disponen de un mayor acceso a servicios ya sean públicos o privados (sanidad, educación, telecomunicación, etc.). Para que estos servicios sean viables, deben estar localizados lo más cerca posible de la mayor cantidad de personas y por ello, la concentración de población urbana facilita su viabilidad.

Por otro lado, los habitantes de las ciudades están mejor comunicados con el resto del mundo. Las grandes urbes tienen una amplia red de transporte público (metro, autobús, tranvía, trenes, etc.) que permite una interconexión rápida entre las distintas zonas o entre ciudades y dispone también de mayores infraestructuras para el transporte con vehículos privados.

Además, la atracción de personas de orígenes diversos hace que se cree una amalgama multicultural que permite acceder a nuevas ofertas de ocio (comercio, turismo, restauran-

tes, etc.) y cultura (cine, teatro, religión, etc.), enriqueciendo a la sociedad.

Pero el mayor motivo por el que la población rural abandona el campo y viaja a la ciudad es una razón económica. Las ciudades permiten una mayor oportunidad de desarrollo económico y laboral (GlobeScan y MRC McLean Hazel, 2007). En las ciudades existe una mayor oferta educativa y hay una mayor concentración económica que genera riqueza y puestos de trabajo. El 60% del PIB del mundo se produce actualmente en las ciudades (McKinsey Global Institute, 2011) y el 80% del crecimiento económico mundial se genera en las urbes (Department for Business, Innovation and Skills, 2013). Esta es una de las razones por las que, en la actualidad, las ciudades de todo el mundo se han convertido en focos de atracción de la población, creciendo en 200.000 habitantes nuevos más por día.



Fig. 3. Retos de las ciudades. Aumento del tráfico, contaminación atmosférica, crecimiento de infraviviendas en barrios marginales.

Este crecimiento desmesurado de población conlleva problemas severos a distintos niveles:

- El crecimiento de población es tan rápido que no es posible realizar una urbanización adecuada. Por este motivo, se produce un aumento de las infraviviendas y barrios marginales alrededor de las ciudades, que crean bolsas de población desfavorecida, concentrándolas en ciertas zonas geográficas y aumentando la brecha entre ricos y pobres.

- Dificultad para que una parte de la población pueda acceder a servicios básicos esenciales tales como el agua, la energía (eléctrica, gas, etc.), la salud y la sanidad, la educación, la seguridad, las comunicaciones, los servicios sociales, etc.

- Aumento del estrés sobre las infraestructuras actuales, ya sean de transporte, energía, agua, etc.

- Aumento de los problemas medioambientales, acentuados por el carácter focalizado de su producción: aumento de los residuos urbanos, contaminación atmosférica y gases de efecto invernadero, debido al aumento de las emisiones producidas por el tráfico rodado, aumento del nivel de ruido, etc. Las ciudades consumen más de 2/3 de la energía mundial y representan el 70% de las emisiones de CO₂ (UN-Habitat, 2011).

El mayor desafío mundial en los próximos años será asegurar la sostenibilidad económica y medioambiental de la sociedad. Para ello, es necesario encontrar soluciones innovadoras, que permitan que las ciudades crezcan de forma armónica, manteniendo (o mejorando) la calidad de vida actual de sus habitantes.

Aunque existen diversas soluciones conjuntas para solventar este reto, tales como el cambio del modelo de movilidad urbano, la sustitución de fuentes de energía clásica por energías renovables o el cambio de los hábitos de consumo; la solución fundamental para resolver estos desafíos urbanos radica en el aumento de la conectividad y el avance de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) entre los miembros la sociedad.

Las TICs como elemento clave en el mundo Smart

El incremento de la población urbana mundial ha estado evolucionando al tiempo que la democratización de internet y la hiperconectividad entre individuos. Tal y como se observa en la Figura 4, a principios del siglo XXI, el número de usuarios mundiales de internet era de 400 millones, estando $\frac{3}{4}$ partes de ellos localizados en países desarrollados. Quince años después, hay más de 3.200 millones de usuarios de internet, 2.000 millones de los cuales están en países en vías de desarrollo, según la Unión Internacional de Telecomunicación (ICT, 2015).



Fig. 4. Tasa de penetración mundial de internet (ICT, 2015)

La forma de acceder a internet ha ido variando de forma significativa con los años y con las regiones. A principios del siglo XXI comenzó el despliegue del ADSL para internet fijo (sustituyendo al modem por cable de par telefónico) en los países desarrollados, y aparecieron los primeros operadores que ofertaban servicios 3G, que permitía disponer de acceso a internet, realizar envíos de correos electrónicos, video llamadas, etc. a través del teléfono móvil.

En la actualidad, el ADSL ha sido sustituido por fibra óptica para internet fijo (aumentando el número de servicios complementarios de banda ancha ofertados, como TV a la carta, teléfono fijo, etc.), pero la mayor revolución se ha producido con el despliegue de telefonía móvil 4G, que permite navegación y voz sobre IP, alcanzando velocidades de descarga de más 300 Mbps, revolucionando el mundo de la conectividad global. El despliegue en los países en desarrollo ha sido todavía más rápido, puesto que, debido a sus escasos recursos, han ido saltando etapas y pese a que no han desplegado servicios de internet fijo, han comenzado a utilizar

internet directamente utilizando sus terminales móviles.

En estos momentos, hay ya más teléfonos móviles que personas en el mundo y el acceso a internet se realiza mayoritariamente a través de estos dispositivos móviles, ya sean smartphones o tablets, en detrimento al ordenador fijo, tal y como se muestra en la evolución de los distintos terminales presentados en la Figura 5 (Ditrendia, 2015). Esto hace que los hábitos de consumo de los usuarios hayan cambiado significativamente y que las empresas deban adaptarse rápidamente para seguir siendo competitivas. Por ejemplo, a finales de 2014, más de 800 millones de personas en el mundo accedían a su banco a través de un terminal móvil y las perspectivas afirman que esta cifra se duplicará en los próximos 4 años. Para adaptarse a este cambio, muchos de los bancos están reduciendo sus sucursales. En España se ha pasado de tener 46118 sucursales en 2008 (1 sucursal cada 1000 personas) hasta 31087 (1 cada 1500 personas) a finales de 2015 y se estima que todavía deben eliminarse 9000 más



Fig. 5. Evolución de los dispositivos utilizados para acceder a internet. (DITRENDIA, 2015)

en los próximos meses, alcanzándose una relación de 1 sucursal cada 2100 personas (Calvo, 2016). De la misma forma, el comercio a través del móvil (m-commerce) ha crecido 3 veces más que el comercio electrónico tradicional, y más de la mitad de los usuarios de smartphones han realizado compras a través de sus terminales en el último año.

Todos estos cambios indican que la sociedad se está transformando en una sociedad hiperconectada, capaz de intercambiar información entre sus miembros, en cualquier momento y desde cualquier lugar.

Por otro lado, el 90% del tiempo de conexión de estos dispositivos móviles se destina al uso de aplicaciones, como las presentadas en la Figura 6. Entre ellas, destacan las apps de corte social que incluyen mensajería instantánea (WhatsApp, Facebook Messenger, Telegram, etc.) y redes sociales (Twitter, Facebook, Instagram, etc.).

El consumo de contenidos audiovisuales y digitales por parte de los usuarios ha ido variando con el tiempo y, en la actualidad, se pasa más tiempo utilizando las redes sociales que viendo la televisión (Ditrendia, 2015). En particular, los usuarios con edades comprendidas entre los 18 y 64 años, pasan más de 3 horas al día utilizando las redes sociales y la tendencia sigue creciendo. De nuevo, esto implica cambios profundos en la sociedad y en cómo sus miembros gestionan su tiempo libre. Todos estos aspectos sociales deberán considerarse a la hora de proponer nuevas soluciones a los problemas de las ciudades. Por

ello, cualquier servicio de la *Smart City* deberá considerar que los ciudadanos están conectados permanentemente.



Fig. 6. Principales redes sociales (CAVAZZA, 2016)

Esta capacidad de comunicación no sólo está siendo utilizada por las personas para relacionarse, sino que también va a permitir a los sensores y dispositivos conectarse entre ellos e interrelacionarse con la sociedad, permitiendo medir y almacenar cualquier información en tiempo real, a través del conocido concepto de Internet de las cosas (Internet of Thing-IoT). Desde una farola a una papelería o un semáforo, todos los dispositivos de nuestro entorno van a poder comunicarse e interactuar entre sí y con nosotros (Figura 7), liberando a las personas de su supervisión y permitiendo una gestión más eficiente. Además, el IoT permitirá aumentar la resiliencia de la ciudad, favoreciendo que los servicios urbanos funcionen de forma ininterrumpida y sin incidencias. Según algunas previsiones, este año el negocio de IoT generará

145.000 millones de dólares sólo en Europa, alcanzando los 290.000 millones en el año 2020 (Lamy, 2016). Los sectores que impulsarán este negocio son el sector industrial, seguido del sector de transporte, servicios, retail y seguros.



Fig. 7. Sistemas de iot y conexiones posibles (RES, 2013).

Con la actual explosión de datos generados por la interacción de los usuarios a través de las redes sociales y de los millones de sensores y dispositivos conectados a la red, la gestión y análisis de dichos datos para extraer conocimiento y facilitar la toma de decisiones va a ser fundamental dentro de la ciudad. El conocido como *Big Data* va a tener un papel clave en el desarrollo de las *Smart Cities*, permitiendo gestionar un gran volumen de datos, de diversos tipos y orígenes, con una gran velocidad de procesamiento y obtener la información correcta en el momento adecuado.

Hasta ahora, las herramientas de *Big Data* requerían de una enorme infraestructura de procesamiento al alcance de unas pocas instituciones, pero con el desarrollo de la computación en la nube (*Cloud computing*), cualquier persona puede crear nuevas aplicaciones de forma económica, pagando únicamente por la capacidad del servicio utilizado y permitiendo una

mayor flexibilidad, debido a su carácter escalable, que evita realizar altas inversiones iniciales (Amazon, 2016). **Esto permitirá generar nuevos negocios y trabajos inexistentes hasta la fecha y, la mayor parte de ellos se generarán en las ciudades.**

En relación con el *Big Data*, en los últimos años se está fomentando la apertura de los datos públicos generados por la ciudad, a través de formatos digitales estandarizados y abiertos, conocidos como Open Data. Este acceso permite una mayor transparencia de la gestión pública y la reutilización de los datos por parte de la sociedad, a través de las empresas, instituciones y emprendedores, que permiten la creación nuevos servicios, monetizando dichos datos, generando riqueza y fomentando la innovación local (Madrid, 2016).

Finalmente, es muy importante situar al ciudadano en el centro de toda esta transformación, involucrándole en todas las etapas. El ciudadano tiene que estar informado de las distintas actuaciones del gestor de la *Smart City*, y a su vez, debe de ser capaz de proporcionarle a este último realimentación sobre sus acciones, permitiendo conocer su opinión en relación a dichas actuaciones. Los sistemas de *Big Data* y de análisis de emociones permitirán conocer la opinión de los usuarios a través de los datos obtenidos de sus redes sociales y de otros servicios complementarios, como los registros de audio y vídeo obtenidos a través de las cámaras desplegadas por toda la ciudad (Hedonometer-Team, 2016).

Adicionalmente, el ciudadano de forma agregada, puede actuar sobre la ciudad, pro-

porcionando diversos tipos de información a través de sus dispositivos móviles, tales como la información de tráfico en tiempo real (Google, 2016), plazas de aparcamiento disponibles (Wazypark, 2016), incidencias ocurridas en el ámbito urbano (ReparaCiudad, 2016), (Mejora-TuCiudad, 2016) etc. También se pueden crear nuevas aplicaciones basadas en economía colaborativa donde, a través de una plataforma digital, los usuarios interactúen compartiendo un determinado recurso como alojamientos (Airbnb, 2016), vehículos (Uber, 2016), etc. Todos estos ámbitos de actuación se describirán con detalle en los próximos apartados.

3. EL CONCEPTO DE SMART CITY

Definición de *Smart City*

En los últimos años se ha comenzado a utilizar masivamente el concepto *Smart City* en distintos entornos, con acepciones distintas, en función del enfoque realizado (por empresas TIC, por empresas eléctricas, por ayuntamientos, etc).

Para evitar toda esta ambigüedad, en España, la Secretaría de Estado de Telecomunicación y para la Sociedad de la Información (SETSI) creó en 2012 el Comité Técnico de Normalización AEN/CTN 178 “Ciudades Inteligentes” dentro de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) para trabajar en todos los aspectos normativos referidos a las *Smart Cities*.

Dicho Comité publicó en Abril de 2016, la norma UNE 178201:2016 Ciudades Inte-

ligentes. Definición, atributos y requisitos, donde se presenta la siguiente definición:

Una Ciudad Inteligente (*Smart City*) es una ciudad justa y equitativa centrada en el ciudadano, que mejora continuamente su sostenibilidad y resiliencia, aprovechando el conocimiento y los recursos disponibles, especialmente las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), para mejorar la calidad de vida, la eficiencia de los servicios urbanos, la innovación y la competitividad, sin comprometer las necesidades futuras en aspectos económicos, de gobernanza, sociales y medioambientales (Aenor, 2016).

Pese a que no hay un consenso en relación a los ámbitos mínimos que deben cumplir una *Smart City*, diversos organismos han tratado de homogeneizarlo. El Parlamento Europeo presentó, en 2014, un modelo específico para describir los distintos ámbitos de aplicación de las *Smart Cities* (European Parliament, 2014) y posteriormente, estos ámbitos han sido definidos como atributos en la norma española UNE178201:2016, publicada en 2016. La *Smart City* debe cubrir a todos los servicios que se prestan en una ciudad, tales como:

Energía y Medio Ambiente (*Smart environment*), cuyo principal objetivo es asegurar la sostenibilidad medioambiental, reduciendo el consumo de energía (electricidad, gas, etc.) a través de la aplicación de distintas medidas de eficiencia energética, realizando una gestión eficiente del ciclo del agua, mejorando la ges-

ción de residuos y los indicadores ambientales, a través de la reducción de las emisiones contaminantes.

Movilidad (*Smart Mobility*), que agrupa todos los atributos relativos al transporte y la logística. Su objetivo es utilizar la tecnología para reducir el tráfico urbano, la contaminación urbana y los tiempos de los desplazamientos en la ciudad, desarrollándose sistemas integrados para promover el transporte urbano sostenible, combinando el transporte privado (automóvil, motocicletas, bicicletas, etc.) con el transporte público (tren, metro, tranvía y autobuses urbanos). También se desarrollarán sistemas de información en tiempo real al conductor sobre el estado del tráfico, el estado de las plazas de aparcamiento, etc.

Bienestar inteligente (*Smart Living*), cuyo objetivo consiste en desarrollar servicios que mejoran la calidad de vida de los ciudadanos y su estilo de vida. Dentro de este ámbito se engloba el tema de la salud, con la gestión de la demanda asistencial, tele-asistencia, asistencia a colectivos vulnerables como enfermos crónicos, niños o ancianos, gestión de emergencias sanitarias, etc. y la seguridad, tanto personal como material (ciber-seguridad, video-vigilancia urbana, gestión de contingencias, seguridad en el transporte, localización de desaparecidos, etc).

Sociedad Inteligente (*Smart People*), que engloba todos los ámbitos relacionados con el capital humano de la sociedad urbana, educación, colaboración ciudadana y temas de inclusión social.

Economía Inteligente (*Smart Economy*), que cubre aspectos relacionados con la economía y negocios urbanos, empleo, marketing personalizado, fomento del turismo, etc.

Gobierno inteligente (*Smart Governance*), donde se agrupan todos aquellos servicios destinados a modernizar la administración, optimizando los recursos públicos, aumentando la transparencia de la gestión y facilitando la administración electrónica, para hacer que sea más rápida y cómoda para los ciudadanos.

Las ciudades se convierten en ciudades inteligentes cuando (Aguirre, 2014):

- **Son más eficientes**, mejorando el intercambio de información, mejorando las respuestas a los incidentes que ocurren en ella y teniendo un mayor control sobre todos sus sistemas.
- **Son más habitables**, aumentando la calidad de vida de sus ciudadanos, atrayendo el talento y el empleo y aumentando su competitividad.
- **Son más sostenibles**, reduciendo su consumo de energía, agua y emisiones, ahorrando en costes de operación.

Para ello la administración debe liderar este cambio de paradigma, pero colocando al ciudadano en el centro de esta transformación y utilizando la tecnología como elemento habilitador de dicho cambio.

4. ARQUITECTURA DE LA SMART CITY

Con objeto de describir una estructura común para todas las *Smart Cities*, la *City Protocol Society* (City Protocol Society, 2016), presentó en noviembre de 2015, una anatomía de la ciudad, mostrada en la Figura 8, con objeto de que pueda utilizarse en todas las iniciativas de evaluación y estandarización de las *Smart Cities*. Esta misma arquitectura está definida en (Aenor, 2016) y consta de tres niveles para definir la ciudad:

Estructura. Que engloba toda la infraestructura física de la ciudad. Consta de tres partes diferenciadas: el entorno donde está situada la ciudad, las **infraestructuras**, que engloban los elementos que permiten a los habitantes de la ciudad obtener los recursos necesarios y su gestión a través de las redes de energía, transporte, agua, telecomunicación, etc. y, finalmente, el **territorio**, que define las estructuras donde habitan los ciudadanos, desde las casas, pasando por los edificios, calles, manzanas, etc.

Interacciones, que engloban las actividades que realizan los ciudadanos como sociedad. Entre otras cosas destacan: la educación, el trabajo, la salud, el ocio, la cultura, la seguridad, etc.

Sociedad, que engloba a los individuos y a la forma de organizarse. A su vez se dividen en dos partes: ciudadanos y gobierno.

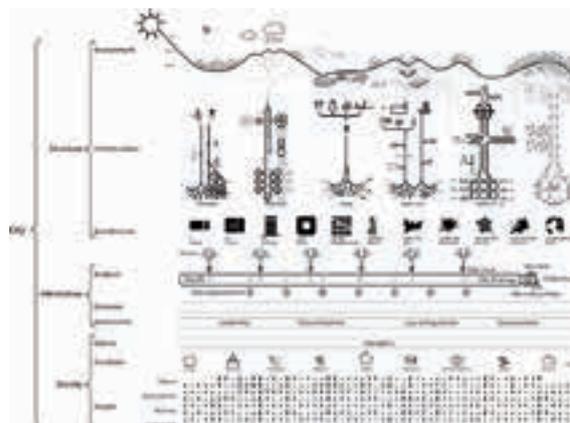


Fig. 8. Anatomía de una Ciudad
(CITY PROTOCOL SOCIETY, 2016)

La *Smart City* es un espacio urbano compuesto por las infraestructuras, redes y ciudadanos que intercambian constantemente información. La *Smart City* debe ser capaz de monitorizar su estado en tiempo real, comprendiendo qué está ocurriendo y siendo capaz de actuar en consecuencia. Por todo ello, el elemento fundamental de la *Smart City* es la arquitectura TIC, que permite que todos los ciudadanos, componentes y aplicaciones se comuniquen entre sí.

El funcionamiento de esta infraestructura es crítico, puesto que el resto de aplicaciones se basa en ella y en su disponibilidad. Por ello, la infraestructura TIC debe ser tolerante a fallos, adecuándose no sólo a las necesidades actuales sino también a las futuras y eso implica que tenga que ser flexible, escalable, interoperable y basada en estándares abiertos. Finalmente otro aspecto fundamental es asegurar la seguridad de las comunicaciones y los datos, evitando el acceso a información confidencial.

En (Aenor, 2016) se propone una arquitectura funcional TIC, mostrada en la Figura 9, donde

se detallan cada una de los niveles que la componen. El nivel más bajo es el del entorno natural, que engloba los aspectos medioambientales de la ciudad. Posteriormente, está el nivel de infraestructuras físicas no TIC, que engloba todas las infraestructuras necesarias para el correcto funcionamiento de la ciudad (agua, energía, transporte, etc.) y que deben ser supervisados por las infraestructuras de comunicaciones. La tercera capa engloba a los usuarios que utilizan la infraestructura TIC en la ciudad y contiene a todos aquellos que generan e intercambian información, ya sean los habitantes, las máquinas o los propios procesos.

Dentro de la infraestructura TIC, se presentan a su vez, distintos niveles: el más bajo son los sensores y actuadores, utilizados para monitorizar la información relevante. Pueden ser fijos (cuando el sensor está en una farola o en un

contenedor) o móviles (sensores incorporados en el móvil de los usuarios).

Toda esta información pasa por una serie de redes de acceso muy heterogénea, pudiendo ser cableada o inalámbrica, dependiendo de las necesidades específicas de transmisión (ancho de banda, latencia, movilidad, etc.).

Encima de esta capa se desarrolla una capa adicional de control, que se ocupa no sólo de gestionar de la infraestructura TIC sino también de asegurar la calidad de las comunicaciones y su seguridad.

Finalmente, en la última capa aparecen todos los servicios y aplicaciones que la *Smart City* ofrece a sus ciudadanos. En esta capa, los datos adquiridos por los distintos sensores son procesados y se hacen disponibles a los dis-

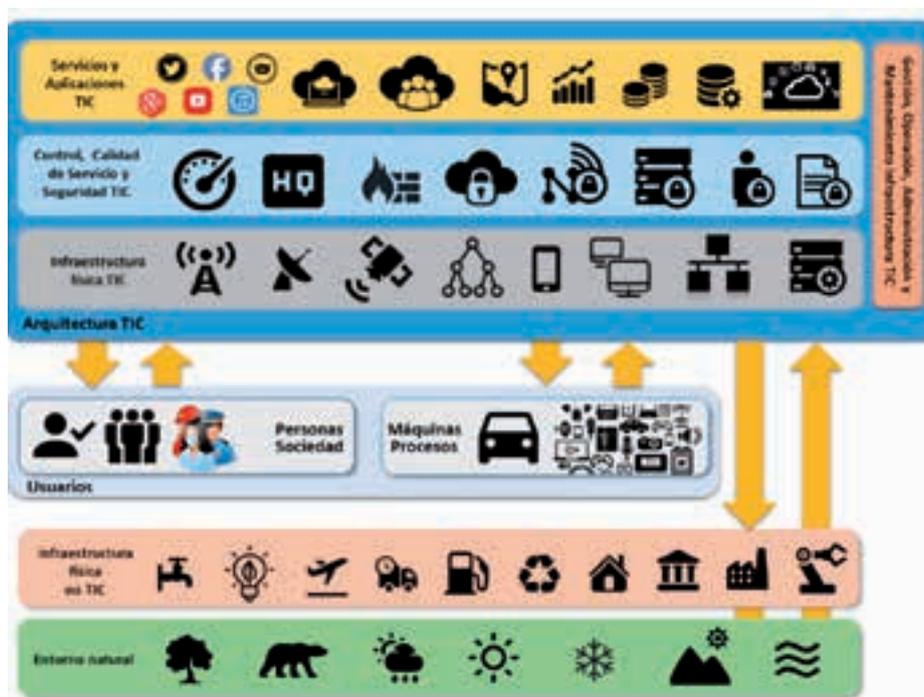


Fig. 9. Arquitectura TIC de la Smart City (MARCOS, 2016)

tintos ámbitos: movilidad, sociedad, energía y medio ambiente, economía, gobernanza y bienestar.

5. IMPLEMENTACIÓN DE LAS SMART CITIES

Hasta ahora, los servicios de la ciudad funcionaban de forma vertical y aislada, pero la mayor parte de los servicios tienen elementos comunes entre ellos que podrían compartirse, evitando sobrecostos. Es por ello que la conversión de una ciudad a una *Smart City* requiere una visión global, transversal e integrada que contenga a todos los servicios de la ciudad a través de una plataforma común tal y como se muestra en la Figura 10 (Santander, 2012).

Esta plataforma debe proporcionar una solución flexible y fácilmente ampliable (modular y adaptable a la posible evolución tecnológi-

ca), abierta (evitando quedar cautivo de un único proveedor), horizontal (que permita integrar distintos servicios), interoperable y que permita soportar todos los servicios que puede ofrecer la *Smart City*, asegurando su seguridad (privacidad) y funcionamiento (robusta frente a fallos).

Para poder implantar los conceptos de una *Smart City* en una ciudad es necesario que sus gestores conformen una estrategia clara y que ésta se vaya revisando y actualizando a medida que se van consiguiendo las distintas metas marcadas, modificando las siguientes fases de dicha estrategia, en función de la experiencia obtenida mediante el análisis de los resultados.

Este plan de acción debe constar de las siguientes fases (Catalunya, 2012):

1. **Definición de una misión clara** que sintetice los principales propósitos de la ciudad a través de la definición de unos **objetivos asociados**. Estos objetivos deben ser realizables y deben

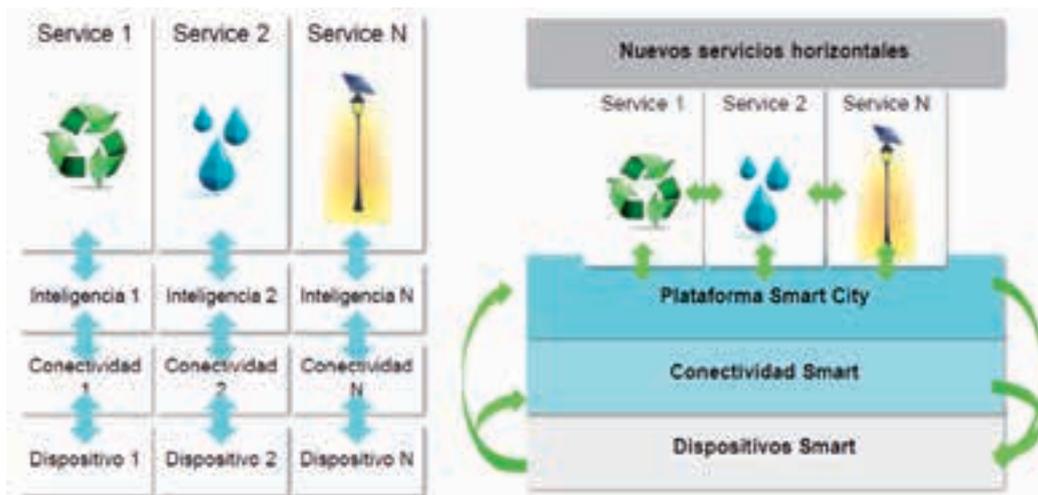


Fig. 10. Estructura de servicio aislados clásicos vs. servicios horizontales de una Smart City (SANTANDER, 2012)

llevar asociados **indicadores**¹ (*Key Performance Indicators-KPIs*) que permitan analizar si se alcanzan (o no) dichas metas. Esta misión debe ser clara y conocida por todos los agentes involucrados, desde el ayuntamiento al mayor número de ciudadanos, de forma que se fomente al máximo su participación, potenciando así el sentimiento de pertenencia. Al conocer la misión y los objetivos, los ciudadanos ven esta transición a la ciudad a una *Smart City* como “algo suyo” e involucrándose más.

2. Análisis de la situación actual, identificando los recursos existentes y los necesarios para alcanzar los objetivos propuestos, permitiendo evaluar las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades del proyecto (análisis DAFO).

3. Analizar las experiencias de otros desarrollos de Smart Cities. Debido al carácter novedoso de estos despliegues en estos momentos, es fundamental estudiar cómo se están implantando las Smart Cities en otras ciudades, analizando sus circunstancias específicas para poder aprender de las experiencias previas y no cometer los mismos errores.

4. Elaboración del Plan de Acción, donde se detallarán las iniciativas a desarrollar así como los instrumentos formales para su implantación (costes, tiempo de desarrollo, recursos requeridos para su consecución, beneficiarios de estas iniciativas, etc). Estas iniciativas formarán un catálogo completo y ordenado con los que se pretende cumplir los objetivos iniciales definidos. Es fundamental disponer no sólo iniciativas para alcanzar los objetivos a lar-

go plazo sino también es importante incluir los denominados *quick-wins*, que son pequeñas acciones que permiten ir mostrando pequeñas mejoras intermedias que los ciudadanos pueden constatar a medida que se van cumpliendo etapas en la implantación de la *Smart City*.

5. Impulsar la colaboración social. Una vez definido el Plan de Acción, será necesario darlo a conocer en distintos ámbitos: administración pública, empresas, universidades, centros de investigación, ciudadanía, para fomentar su participación.

6. Estudio económico-financiero. Es importante realizar una buena previsión de los costes de la implantación de todas estas iniciativas, analizando la forma de financiación más adecuada (pública, privada o conjunta), así como asegurar el retorno de la inversión no sólo desde un punto de vista económico, sino también desde el punto de vista social o medioambiental.

7. Implantación. Es la fase más crítica, donde se ejecuta cada una de las iniciativas definidas en el Plan de Acción. Para ello es importante disponer de una serie de órganos que se encarguen de la dirección, coordinación, seguimiento y actualización de la ejecución.

8. Evaluación y análisis de resultados. A partir de los KPIs previamente definidos, se evaluarán los resultados, analizando el grado de consecución de las mejoras alcanzadas con respecto a la situación inicial y se ajustará la implantación de las iniciativas restantes en función de dicho análisis.

6. ÁMBITOS DE LA SMART CITY

SMART ENVIRONMENT

Como se ha comentado anteriormente, el Entorno inteligente o *Smart Environment* agrupa todos los servicios relacionados con las estructuras que permiten acceder a los ciudadanos a los recursos del entorno tales como el agua, energía, etc. Una gestión eficiente de estos recursos, reduciendo su consumo, permitirá a los habitantes satisfacer sus necesidades, pero protegiendo el medio ambiente asegurando su preservación futura.

La norma UNE 178201:2016 (Aenor, 2016) clasifica este ámbito en dos subconjuntos:

- **Infraestructuras eficientes**, que incluyen los elementos necesarios para proveer de servicios a los ciudadanos, incluyendo el ciclo del agua, la energía, las redes de telecomunicaciones y el urbanismo y la vivienda.
- **Sostenibilidad medioambiental**, que permite obtener los recursos de una forma eficiente, preservando el medio ambiente a través de una gestión de los residuos, y control de calidad del medio ambiente (emisiones contaminantes y acústicas).

Infraestructuras eficientes. EDIFICACIÓN

En la UE, el sector de la edificación es el responsable del 40% del consumo de energía final y del 36% de la generación de las emisiones totales de efecto invernadero, que contribuyen al calentamiento global (Madrid C. d., 2016).

Para hacer frente a este elevado consumo, se están potenciando acciones de mejora de la eficiencia energética en el ámbito de la edificación. La directiva 2010/31/UE de Eficiencia Energética en Edificios, obliga a todos los edificios de nueva construcción a que sean de consumo casi nulo de energía a partir del 1 de enero de 2021. Esta obligación se adelanta al 1 de Enero de 2019, para todos los edificios de titularidad pública. En España, el Código Técnico de la Edificación fue actualizado en 2013 para incluir medidas de ahorro de energía (HE) en edificios de nueva planta y se aprobó el R.D. 235/2013 para incluir la obligación de certificar la eficiencia energética de edificios, tanto de nueva construcción como los ya existentes, clasificando a los edificios a través de unas etiquetas que varían desde la clase A (para los más eficientes) a la clase G (para los menos eficientes), de la misma forma que ya se venía haciendo previamente con los electrodomésticos o los automóviles.

La *Smart City* debe asegurar que todos los edificios sean lo más eficientes posibles, reduciendo su demanda de energía y manteniendo el máximo confort de sus moradores. Para ello será necesario actuar en varios aspectos: el aislamiento y el control, ya se del alumbrado como de la climatización.

Aislamiento. Un mal aislamiento incrementa el consumo de calor (en invierno) y aire acondicionado (en verano), aumentando significativamente el consumo total de energía. Las acciones para mejorar el aislamiento tienen que actuar sobre las *paredes exteriores*, aumentando su inercia térmica para estabilizar las tempe-

raturas en el interior, sobre las *ventanas* y *puertas acristaladas*, renovando los vidrios y marcos para reducir la entrada de aire a través de los cerramientos, sobre las *cubiertas*, puesto que es el elemento más sensible y expuesto a agentes climatológicos y finalmente sobre los *suelos*, por donde las viviendas pueden perder calor innecesariamente a través de sótanos y garajes (Vitoria-Gasteiz, 2016). En la Figura 11 se muestra, a través de fotografías termográficas, las pérdidas de calor a través de la envolvente de un edificio y las acciones de aislamiento necesarias para disminuir dichas pérdidas.

El elemento clave para mejorar la eficiencia energética en la edificación es la implantación de sistemas de control centralizado y remoto de los edificios (tanto públicos como privados), que permitirán registrar el consumo y actuar sobre el edificio de forma automática (apagando/encendiendo la iluminación o la climatización en

función de las necesidades). La domótica a nivel doméstico y la inmótica en edificios del sector terciario, permitirán monitorizar y controlar todos los aspectos energéticos de los edificios y barrios.

Iluminación. Su consumo puede reducirse significativamente aprovechando la luz natural y cambiando las lámparas poco eficientes (como lámparas incandescentes o lámparas fluorescentes con balastos electromagnéticos) por lámparas de bajo consumo (ver más adelante el apartado Smart lighting). Los sistemas de alumbrado en los edificios de las *Smart Cities* disponen de sistemas de control que se encargan de reducir el flujo luminoso artificial cuando hay luz natural suficiente disponible, controlar la entrada de luz natural mediante cortinas, toldos, estores, persianas, etc. cuando la luz natural es excesiva, evitando aumentar la carga térmica y, finalmente, encender/apagar o regular la inten-

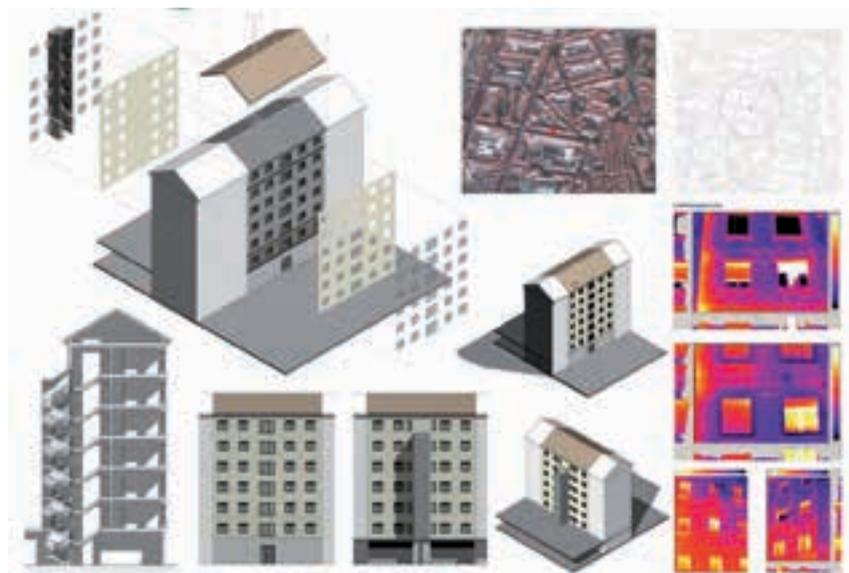


Fig. 11. Rehabilitación de edificios para mejorar la eficiencia energética (VITORIA-GASTEIZ, 2016)

sidad luminosa artificial en función de la detección de presencia o del control horario.

SMART Metering

La Directiva Europea 2009/72/CE obliga a que todos los Estados miembros utilicen sistemas de contador inteligente (*Smart Metering*) que contribuyan a la participación activa de los consumidores en el mercado de suministro de electricidad.

Esta directiva se articuló en España a través de las órdenes ITC/3860/2007 y IET/290/2012, donde se estableció la obligatoriedad de instalar nuevos contadores de medida en suministros de energía eléctrica con una potencia contratada de hasta 15 kW (usuarios domésticos). Estos contadores debían permitir la discriminación horaria y la tele-gestión y deberían instalarse antes del 31 de diciembre de 2018. A 31 diciembre de 2014, el 36% de los contadores en España habían sido ya sustituidos.

Uno de los objetivos fundamentales perseguidos por la directiva europea era la de involucrar al usuario en aspectos relativos al ahorro energético, de forma que la realimentación de su consumo le permitiese fomentar nuevos hábitos de consumo más eficientes.

Mediante la información proporcionada por el contador inteligente es posible conseguir estos objetivos. En todos aquellos países donde se ha implantado este tipo de contadores, se han producido ahorros significativos: en Ontario (Canadá) el consumo se ha reducido entorno a un 7%, en Oklahoma (EE.UU.) reducción media

está comprendida entre un 10 a un 13% y en Norman (EE.UU.) este ahorro ha subido hasta el 33% .

Este tipo de tecnología no sólo es aplicable a la electricidad, sino que se puede utilizar también para tener información en tiempo real sobre el consumo de agua o gas natural, permitiendo concienciar al usuario de su consumo y realizar medidas fácilmente cuantificables de eficiencia.

Smart lighting. Los sistemas de alumbrado en los edificios de las *Smart Cities* disponen de sistemas de control que se encargan de reducir el flujo luminoso artificial cuando hay luz natural suficiente disponible, controlar la entrada de luz natural mediante cortinas, toldos, estores, persianas, etc. cuando la luz natural es excesiva, evitando aumentar la carga térmica y, finalmente, encender/apagar o regular la intensidad luminosa artificial en función de la detección de presencia o del control horario.

Climatización. Es el responsable de más del 50% del consumo de energía en los edificios y por ello su correcto dimensionamiento es fundamental para asegurar el ahorro energético. Existen multitud de tecnologías disponibles en el mercado (calderas de condensación, biomasa, suelo radiante, etc.) que se pueden complementar con sistemas de energía renovable (geotermia, aerotermia, solar térmica, etc.) (CECU, 2010). En ocasiones pueden combinarse con sistemas de producción de energía eléctrica, aprovechando el calor producido para generar electricidad a través de los sistemas de cogeneración (en entorno industrial) o microgeneración

(viviendas). De nuevo, los sistemas de control son los encargados de reducir el consumo, apagando los equipos de climatización o reduciendo su consumo cuando no se detecte ninguna presencia dentro de las salas del edificio.

A nivel doméstico, la mayor parte de las instalaciones de climatización son individuales pero, en general, el ahorro económico es superior en los sistemas centralizados debido a que el rendimiento de estos últimos es más elevado. Por ello, se están proponiendo sistemas autosuficientes a nivel de edificios de comunidades de vecinos (multi-vivienda) e incluso a nivel de barrio (barrios autosuficientes). Esta idea no es novedosa y se utiliza desde hace tiempo en varios países europeos como Islandia, Finlandia, Suecia, Austria, Alemania, etc. En Copenhague

(Dinamarca), el 95% de las zonas pobladas de la ciudad reciben el calor mediante una red de 54 km de longitud, que recibe el 80% del calor de las instalaciones de cogeneración, mientras que el 20% restante se obtiene del calor recuperado en incineradoras de residuos urbanos. En España, son varias ciudades las que han comenzado a implantar este tipo de sistemas comunitario/vecinales. Por ejemplo, en la Figura 12 se muestra la propuesta de instalación de una calefacción centralizada de un barrio en Vitoria-Gasteiz. Se observa como la estación generadora de calor (indicada mediante una línea azul), distribuye la calefacción centralizada a todas las viviendas del barrio a través de una red de tuberías aisladas térmicamente e instaladas bajo la calzada. Con este sistema, se estima un ahorro de, al menos, un 50% en el gasto familiar en calefacción.



Fig. 12. Sistema de calefacción de barrio en Vitoria (VITORIA-GASTEIZ, 2016).

Desde el punto de vista de la administración, el gestor tendrá que optimizar la gestión de las infraestructuras de iluminación y climatización de los edificios públicos tales como los centros de enseñanza, los centros de salud y hospitales, las residencias de ancianos, los centros deportivos, etc. y apoyar a los ciudadanos a que renueven sus infraestructuras, proporcionando información adecuada sobre ahorros estimados y sobre las posibles ayudas económicas a las que pueden optar, para llevar a cabo las reformas necesarias en sus viviendas a través de fondos de distintos tipos (locales, nacionales o europeos).

Infraestructuras eficientes. AGUA

CICLO INTEGRAL DEL AGUA

El agua es un elemento fundamental para el desarrollo de las ciudades y su actividad económica. Las ciudades deben disponer de un sistema integral de gestión del agua, que permita su captación, tratamiento, distribución y posterior saneamiento de forma adecuada, asegurando la calidad de la misma. En la mayoría de los casos, este sistema integral no abastece una única población sino que es compartido entre varios núcleos urbanos y por ello varias ciudades suelen compartir la responsabilidad de su operación y mantenimiento.

Las aguas superficiales se almacenan en embalses situados en las cuencas de los ríos, mientras que el aprovechamiento de las aguas subterráneas se hace a partir de la explotación de pozos. En poblaciones costeras es posible desalinizar el agua del mar, para obtener agua potable.

Independientemente de cómo se realice la captación y almacenamiento, un aspecto fundamental dentro de la *Smart City* consiste en involucrar a la ciudadanía para hacerla partícipe de las distintas acciones urbanas. Por ello, es muy importante concienciar a los usuarios de que el agua es un recurso escaso (sobre todo en determinadas regiones de España), a través del desarrollo de un sistema de información en tiempo real del agua disponible a través de una app o una aplicación web. Esta información permitirá a la ciudadanía conocer el estado de los embalses, su evolución con el tiempo y recibir alertas en épocas de restricciones. Esta información puede estar ligada también a sus propios contadores de agua inteligentes (Kamstrup, 2016), permitiendo recibir información de su consumo diario y comparar dicho consumo con el realizado por otros usuarios que viven en la misma zona y tienen características similares (habitan en una vivienda con una superficie similar o con el mismo número de habitantes). De esta forma el usuario puede comparar fácilmente su patrón de consumo y actuar en consecuencia, si está consumiendo más que la media.



Fig. 13. Contadores inteligentes de agua (KAMSTRUP, 2016)

Una vez captada el agua, es necesario tratarla para que pueda ser consumida sin ningún

riesgo para la salud, eliminando sustancias nocivas (contaminantes biológicos, químicos o radioactivos) y proporcionando una cantidad adecuada de gases y sales minerales disueltas. Para hacer esta agua apta para el consumo humano se disponen de diversas estaciones de tratamiento de agua potable (ETAP) (Canal Isabel II, 2015). Es importante asegurar que el agua tenga las mismas propiedades organolépticas a lo largo de todo el año y para ello, se incluyen sensores que miden la calidad del agua y, mediante modelos matemáticos, predicen cómo variará la calidad a lo largo del tiempo, con objeto de poder ajustar adecuadamente las consignas de explotación en las ETAPs.

Posteriormente, el agua pasa por una red de distribución hasta el consumidor final. Muchas de estas redes sufren variaciones de su presión interior (como consecuencia de los consumos instantáneos) y exterior (como consecuencia del tráfico rodado en la superficie de la calzada) que ocasiona roturas y pérdidas de agua (Madrid C. d., 2016). Una *Smart City* dispondrá de una mayor sectorización de la red de aguas, con válvulas de presión que mantengan dicha presión según el consumo demandado e incluirá una red de caudalímetros en todas las conducciones, permitiendo detectar rápidamente cualquier fuga o fraude. Por ejemplo, la *Smart City* de Vitoria dispone de un sistema de detección de fugas y pre-localización de las mismas basado en una serie de equipos móviles que registran el nivel de ruido de la red de abastecimiento durante la noche. Al localizar un indicio de fuga, se desplaza un operario que localiza con mayor precisión el punto de fuga, reparándolo antes incluso de que la fuga produzca un corte

de agua que afecte a los ciudadanos, realizando una labor preventiva.

Una vez utilizada, el agua pasa a la red de saneamiento, donde es dirigida a las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) y devueltas al cauce del río. En estas estaciones también se regenera agua que, una vez sometida a un tratamiento adicional, se pueden reutilizar para riego de zonas verdes y determinados usos industriales, aprovechándola de nuevo (Canal Isabel II, 2015).

Todos estos sistemas son controlados de forma remota, permitiendo conocer en tiempo real el estado de todas las infraestructuras hidráulicas, la calidad del agua y otros parámetros. En el caso del Canal de Isabel II, en la Comunidad de Madrid, se disponen de más de 19.000 sensores distribuidos en 1.664 localizaciones distintas que son controlados desde sus oficinas, tal y como se observa en la Figura 14, permitiendo hacer frente rápidamente a cualquier contingencia que se produzca en el sistema. A nivel normativo, la norma **UNE 178101-1: 2015: Parte 1: Redes de agua, define las métricas aplicables a las redes del servicio público de aguas, limpias y sucias, de una ciudad.**



Fig. 14. Control del ciclo integral del agua de una Smart City (CANAL DE ISABEL II GESTIÓN, 2016).

RIEGO INTELIGENTE PARA PARQUES Y JARDINES

Como hemos visto, es posible ahorrar una cantidad considerable de agua a través de la reutilización de la misma. Mucha de esta agua regenerada se vuelve a utilizar para el vadeo de las calles y el riego de parques y jardines. Esta actividad es uno de los usos del agua más visibles en la ciudad y su limitación es una de las primeras medidas que se toma en caso de restricciones en épocas secas.

Con los actuales sistemas de riego automático, el controlador dispone de un sistema temporizado que activa/desactiva el riego periódicamente. Generalmente el tiempo de riego se ajusta únicamente un par de veces al año y se riega siempre con el caudal máximo, sin ningún tipo regulación. La consecuencia de ello es que, habitualmente, se utiliza entre 2 y 3 veces más agua de la requerida (Meza, 2015).

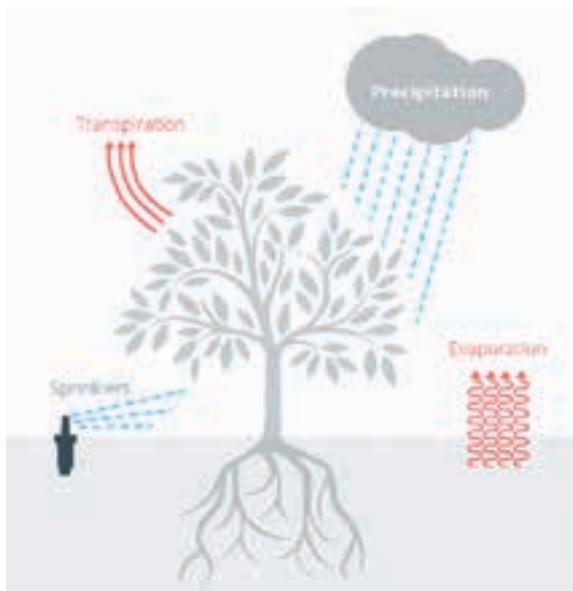


Fig. 15. Concepto de evotranspiración (BLOSSOM, 2016)

El riego inteligente consiste en suministrar, a cada planta, la cantidad exacta de agua, sin necesidad de realizar ningún ajuste manual, teniendo en cuenta diversos factores tales como:

- El tipo de planta.
- La disposición de las plantas y su densidad.
- Factores atmosféricos.

Para ello es clave conocer el concepto de evapotranspiración presentado en la Figura 15, que muestra la tasa de transferencia de agua a la atmósfera que tiene un cultivo en un momento determinado (blossom, 2016).

El evapotranspiración varía a lo largo del día debido principalmente a la radiación solar y la humedad relativa de la atmósfera, pero también depende de otras variables climatológicas tales como la temperatura media, la velocidad del viento y su dirección, etc., por ello tiene también una variación estacional significativa tal y como se muestra en la Figura 16 (Hugo Hidalgo, 2005)

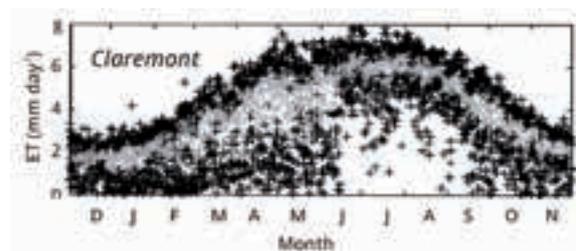


Fig. 16. Variación mensual de la evapotranspiración en una ciudad de california (USA) (HUGO HIDALGO, 2005)

Midiendo todas estas magnitudes climatológicas, utilizando estaciones como las mostradas en la Figura 17, es posible estimar el valor

de la evapotranspiración real del cultivo y ajustar exactamente la cantidad de agua requerida para el riego.



Fig. 17. Medida de magnitudes climatológicas para la estimación de la evapotranspiración de referencia (MEZA, 2015).

Los sistemas más avanzados de riego inteligente son capaces de evaluar cuánta agua se va a perder en el cultivo diariamente y, calculan la cantidad exacta de agua que es necesario reponer teniendo en cuenta las previsiones meteorológicas de lluvia.

Estos sistemas también ajustan el caudal de agua, teniendo en cuenta el terreno (si hay pendientes o está horizontal), zonas sombreadas (donde la evaporación de agua es menor), tipo de raíces de los cultivos, etc., evitando el riego excesivo y aprovechando al máximo este escaso recurso (ver Figura 18).

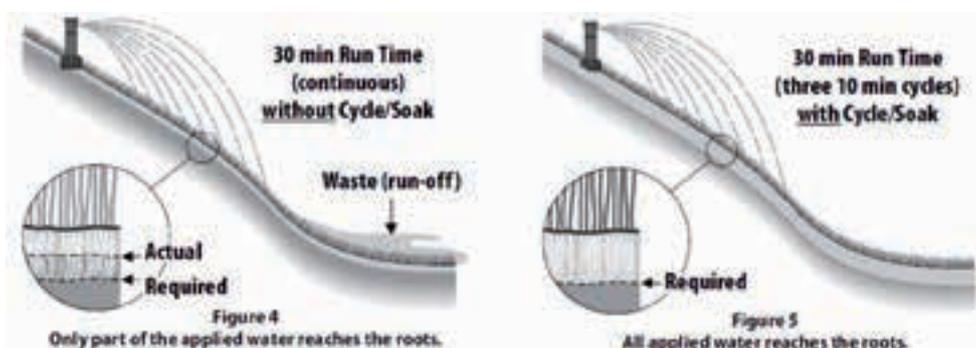


Fig. 18. Ajuste de la cantidad de agua y ciclos de riego en función del terreno (BLOSSOM, 2016).

Infraestructuras eficientes. ENERGÍA ELÉCTRICA

SMART GRIDS

La mayor parte de la energía eléctrica consumida se genera en grandes instalaciones de forma centralizada muy alejadas de los centros de consumo, mediante centrales de distintos tipos de tecnologías de generación: nuclear, hidráulica, térmica, eólica, solar, biomasa, etc. Esta energía se transporta a grandes distancias hasta llegar a los consumidores a través de las redes de transporte y distribución eléctricas, produciendo, durante dicho transporte, unas pérdidas de casi el 10% de la energía generada (Figura 19).



Fig. 19. Esquema del sistema eléctrico tradicional (MOHSENIAN-RAD, 2012).

La red tiene distintos grados de monitorización y control. Así, la parte de transporte en alta tensión, gestionada en España por Red Eléctrica de España (REE), dispone de información

precisa del comportamiento de la generación y su red de transporte y puede asegurar altos niveles de fiabilidad a través de un elevado grado de automatización, mientras que los niveles más bajos de la red de distribución apenas están automatizados.

Desde el punto de vista del consumidor clásico, éste apenas dispone de información para gestionar su consumo, recibiendo las lecturas de sus contadores con periodos mensuales o bimensuales, de forma que no le es posible planificar una estrategia de actuación que le permita optimizar su consumo, mediante selección de la tarifa más adecuada a su perfil de consumo.

Pero esto tiene que cambiar porque en los próximos 20 años, la demanda de electricidad va a aumentar rápidamente. Se estima que va a ser necesario incrementar la capacidad de generación mundial en 1000 MW (el equivalente a una central nuclear media) a la semana, sólo para satisfacer este incremento. Por otro lado, en un mundo cada vez más automatizado, globalizado e interconectado, la energía eléctrica es fundamental para su funcionamiento y por ello, asegurar la fiabilidad del sistema es un aspecto crítico. Por último, más del 40% de la energía eléctrica generada en el mundo proviene del carbón de las centrales de generación eléctrica, que expulsan el 72% del dióxido de carbono emitido a la atmósfera cada año (ABB, 2012).

Las redes inteligentes (*Smart Grids*), van a ayudar a solventar todos estos problemas, satisfaciendo las crecientes necesidades de energía eléctrica, facilitando la integración de energías renovables que minimicen el impacto

ambiental y ayudando al consumidor a jugar un papel activo en la transformación de la red eléctrica actual.

Las Smart Grids van a permitir integrar de manera inteligente el comportamiento y las acciones de todos los usuarios conectados a ellas (los generadores y los consumidores) con el fin de funcionar de manera eficiente, sostenible y económica y garantizar el suministro de electricidad (European Technology Platform, 2010). En la Figura 20 se observa cómo las Smart Grids no sólo suministran energía sino también información. La "inteligencia" se manifiesta en una mejor utilización de las tecnologías y soluciones para optimizar la planificación y funcionamiento de las redes de electricidad existentes, para controlar de forma inteligente la generación y permitir nuevos servicios y para mejorar la eficiencia energética.

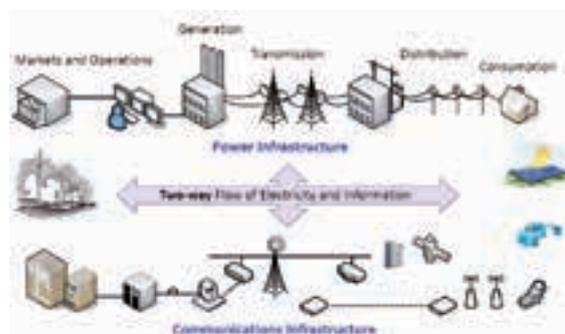


Fig. 20. Esquema de una smart grid (MOHSENIAN-RAD, 2012).

Las *Smart Grids* son la columna vertebral que permite que otras tecnologías pertenecientes a sectores como la movilidad sostenible se integren correctamente en el concepto *Smart City*. Según (IDAE, 2012), entre las funciones de una *Smart Grid* se encuentran:

- Robustecer y automatizar la red, mejorando la operación de la red, los índices de calidad y las pérdidas en la misma.
- Optimizar la conexión de las zonas con fuentes de energía renovable, maximizando las capacidades de conexión y minimizando su coste.
- Desarrollar arquitecturas de generación descentralizadas, permitiendo el funcionamiento de instalaciones de menor tamaño (generación distribuida) en armonía con el sistema, mediante Tecnologías renovables de generación tales como generación solar fotovoltaica y térmica, mini eólica, geotérmica, etc.
- . Mejorar la integración de la generación intermitente y de nuevas tecnologías de almacenamiento (baterías eléctricas, pilas de combustible-hidrógeno, etc.).
- Avanzar en el desarrollo del mercado de la electricidad, posibilitando nuevas funcionalidades y servicios a los comercializadores y a millones de consumidores en el mercado.
- Gestión activa de la demanda, permitiendo que los consumidores gestionen de manera más eficiente sus consumos y mejorando la eficiencia energética.
- Posibilitar la penetración del vehículo eléctrico, acomodando estas nuevas cargas móviles y dispersas a la red eléctrica, minimizando el desarrollo de nueva infraestructura y habilitando las funcionalidades de almacenamiento de energía que poseen.

- Centrales eléctricas virtuales (VPP).
- Contadores inteligentes (consumo de electricidad, gas y agua).

MICROREDES, GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y AUTOCONSUMO

La generación distribuida o descentralizada será una parte fundamental de la *Smart City*. Se caracteriza por el uso, de forma integrada o individual, de pequeñas fuentes de generación, instaladas cerca de los puntos de consumo. Esta tipo de generación deberá cooperar con la red clásica y sus grandes centrales de generación convencional, haciendo que la ciudad sea más autosuficiente y no dependa tanto de la red convencional para su abastecimiento.

Las características básicas de este tipo de generación son las siguientes:

- Reducción de las pérdidas en la red eléctrica, al acercar la generación y el consumo.
- Mejora de la fiabilidad y del suministro eléctrico, puesto que se dispone de varios generadores distribuidos por la ciudad y el fallo de uno de ellos puede asumirse por el resto. De la misma forma, si se produce un fallo en la red convencional (fallo de un centro de transformación, por ejemplo, los usuarios pueden autoabastecerse hasta que se solventa dicha contingencia).
- Potencias reducidas, no soliendo sobrepasar

los 10 kW y conectadas a la red de distribución.

- Fomenta el autoconsumo, porque la mayor parte de dicha generación se consume en la propia instalación y el excedente se exporta a la red de distribución.
- Generación renovable, utilizando energía de origen autóctono, en el mismo lugar donde se está demandando y desarrollando espacios industriales, urbanos o infraestructuras ya construidas, sin necesidad de invadir nuevos espacios.
- Desarrollo modular, que le permite crecer en función de la demanda sin realizar grandes inversiones iniciales.
- El consumidor asume también el rol de productor, convirtiéndose en **prosumidor**, concienciándole sobre la energía y el medio ambiente.

Estos sistemas de generación distribuida estarán conectados a través de unas **microrredes**. Las microrredes se definen como un conjunto de cargas eléctricas, elementos de generación distribuida (eólica, fotovoltaica, pila de combustible, microturbina, etc.) y elementos de almacenamiento (baterías, hidrógeno, volante de inercia, aire comprimido, supercondensadores, bobinas superconductoras, etc.) que, conectados a la red eléctrica a través de un único punto de conexión, llevan asociada una estrategia que gestiona tanto el flujo de energía dentro de la microrred como el intercambio de potencia con la red general de suministro. Las

microrredes pueden configurarse con viviendas unifamiliares, edificios de oficinas, entornos industriales, bloques de pisos, barrios e, incluso, las *Smart Cities* tal y como se observa en la Figura 21.

La microrred puede operar conectada a la red eléctrica convencional, importando y/o exportando energía, o en modo isla (de forma autónoma).

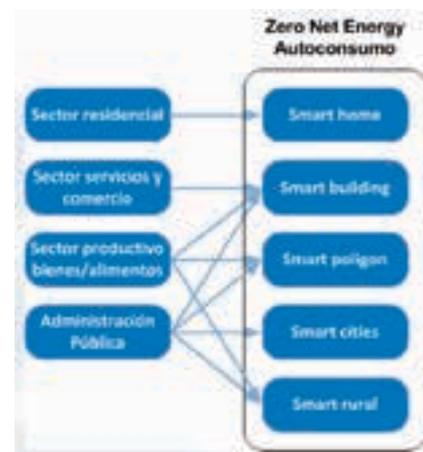


Fig. 21. Jerarquía dentro de una microrred (ROBLES, 2013).

Los sistemas que mejor se adecúan a este tipo de generación distribuida son los siguientes:



Fig. 22. Generación fv local

La **energía solar fotovoltaica** utiliza paneles solares que transforman los fotones de las radiaciones solares en corriente eléctrica, sin necesidad de partes móviles. Es la tecnología más implantada actualmente y con mayor potencial para instalaciones de autoconsumo (Figura 22).



Fig. 23. Microgeneración eólica.

La **generación micro-eólica**, dispone de distintas soluciones para generar energía eólica de pequeña potencia para el autoconsumo, pero tiene una serie de problemas asociados: fiabilidad (al tener partes móviles), mayor precio y menor predictibilidad de la energía generada a través del viento (Figura 23). Este tipo de tecnología se puede hibridar con la generación fotovoltaica y sistemas de almacenamiento eléctrico en lugares ventosos (como las localidades de costa), donde existe un mínimo nivel de velocidad de viento que puede ser explotado.



Fig. 24. Sistema de micro-cogeneración doméstico

Existen otro tipo de tecnologías como la **micro-cogeneración**, donde se produce la generación combinada de energía eléctrica y calorífica. Estos sistemas se instalan con facilidad con inversiones razonables en edificios industriales, comerciales y residenciales, pero su viabilidad económica depende de la evolución del precio del combustible utilizado, gasolina, gasoil o gas natural (Figura 24).

Pese a que la Comisión Europea contempla el autoconsumo como un elemento estratégico para integrar a los consumidores en el sistema eléctrico, el desarrollo del autoconsumo está condicionado en gran medida por la regulación de cada país. En particular, España es uno de los países europeos con la regulación más restrictiva y que, por tanto, limita el desarrollo del autoconsumo, y por ello, pese a disponer de un gran potencial de generación fotovoltaica, no se ha producido el desarrollo esperado (BOE, 2015).

Existen varias formas de aumentar el autoconsumo, por un lado, mediante acciones de gestión activa de la demanda (GAD) mediante las cuales, es posible desplazar el funcionamiento de ciertas cargas en el tiempo, evitando que éstas operen cuando el precio de la electricidad es muy elevado. Por ejemplo, en el ámbito doméstico, se puede desplazar la puesta en marcha de la lavadora o el lavavajillas para que funcionen en aquellos periodos en los que el precio de la energía es más barata. En una *Smart City*, los electrodomésticos están conectados al sistema domótico del hogar y éste se encarga de optimizar el desplazamiento de las cargas de forma transparente al usuario, sin necesidad de estar

pendiente del precio de la energía y respetando las restricciones impuestas.

También es posible aumentar el autoconsumo instalando baterías de almacenamiento como las mostradas en la Figura 25. Habitualmente el pico de máxima generación fotovoltaica no coincide con el de mayor consumo. Por ello, el excedente de generación se puede almacenar en las baterías, para ser recuperado durante los periodos nocturnos de mayor consumo. Algunos países disponen de legislación de balance neto, por el cual, los excedentes de energía se inyectan a la red y posteriormente se recuperan, en horario nocturno, evitando el sobrecoste de adquisición de las baterías.

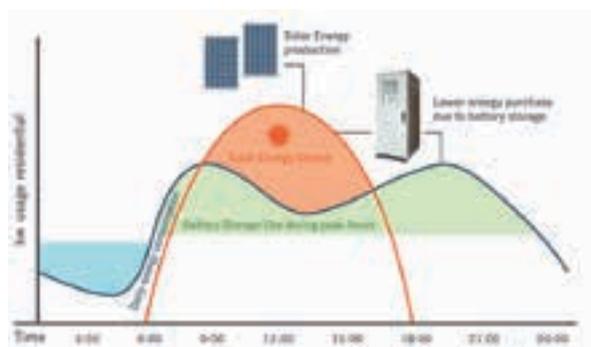


Fig. 25. Autoconsumo solar con baterías (MONERATOR, 2015).

SMART METERING

La Directiva Europea 2009/72/CE (UE, 2009) obliga a que todos los Estados miembros utilicen sistemas de contador inteligente (*Smart Metering*) que contribuyan a la participación activa de los consumidores en el mercado de suministro de electricidad.

Esta directiva se articuló en España a

través de las órdenes ITC/3860/2007 (BOE, 2007) y IET/290/2012 (BOE, 2012), donde se estableció la obligatoriedad de instalar nuevos contadores de medida en suministros de energía eléctrica con una potencia contratada de hasta 15 kW (usuarios domésticos). Estos contadores debían permitir la discriminación horaria y la tele-gestión y deberían instalarse antes del 31 de diciembre de 2018. A 31 de diciembre de 2014 (CNMC, 2015), el 36% de los contadores en España habían sido ya sustituidos.

Uno de los objetivos fundamentales perseguidos por la directiva europea era la de involucrar al usuario en aspectos relativos al ahorro energético, de forma que la realimentación de su consumo le permitiese fomentar nuevos hábitos de consumo más eficientes.

Mediante la información proporcionada por el contador inteligente es posible conseguir estos objetivos. En todos aquellos países donde se ha implantado este tipo de contadores, se han producido ahorros significativos: en Ontario (Canadá) el consumo se ha reducido entorno a un 7%, en Oklahoma (EE.UU.) reducción media está comprendida entre un 10 a un 13% y en Norman (EE.UU.) este ahorro ha subido hasta el 33% (RES, 2013).

Este tipo de tecnología no sólo es aplicable a la electricidad, sino que se puede utilizar también para tener información en tiempo real sobre el consumo de agua o gas natural, permitiendo concienciar al usuario de su consumo y realizar medidas fácilmente cuantificables de eficiencia.

SMART LIGHTING

Los núcleos urbanos son responsables de alrededor del 75% del consumo mundial de energía, siendo el alumbrado público uno de los mayores consumidores; responsable del 30% del consumo eléctrico en el ámbito local (Sturn, 2014).

Los gestores de los ayuntamientos son conscientes de la importancia de alumbrado público para la ciudad, ya que un buen alumbrado aumenta la seguridad de los ciudadanos, disminuyendo el número de delitos, y hace que las zonas mejor iluminadas sean más atractivas para los ciudadanos y visitantes, invitando a pasear por ellas, fomentando los negocios y el turismo, aumentando el consumo en tiendas y restaurantes en un horario más amplio. Además, una buena iluminación de edificios públicos y lugares de interés, permite crear una identidad de ciudad propia.

Por otro lado, los gestores locales tienen cada día mayores presiones para disminuir los costes, ser más eficientes y sostenibles, reduciendo las emisiones de CO₂ en las ciudades y asegurando la mayor fiabilidad posible en esta infraestructura crítica.



Fig. 26. Iluminación viaria con lámparas de vapor de sodio y con led (SEGOVIA, 2010).

Hasta ahora, el alumbrado público viario estaba basado en lámparas de descarga de vapor de sodio (High Pressure Sodium, HPS). Estas lámparas producían una radiación muy monocromática con dos rayas situadas en 589 nm y 589.6 nm, dentro del espectro visible (Academy, 2008), tal y como se muestra en Figura 26 (izquierda). Esta longitud de onda está próxima a la máxima sensibilidad del ojo, favoreciendo la agudeza visual y permitiendo una buena percepción de los contrastes a pesar de falsear los colores. La lámpara HPS tiene un rendimiento elevado, alrededor de 160-180 lm/W y una vida útil de unas 12.000 horas (Figura 27).

Los principales problemas de este tipo de lámparas radican en su escasa reproducción cromática y la imposibilidad de una regulación del nivel de intensidad luminosa dependiendo de las condiciones de la calzada. Generalmente estas lámparas pueden operar hasta 12 horas al día, pero a intensidad máxima. La única regulación se realizaba mediante la conexión/desconexión de ciertos tramos (HP, 2012). Por otro lado, este tipo de luminarias tiene un elevado mantenimiento, porque dichas lámparas tienen un menor tiempo de vida que las modernas lámparas LEDs y además, los fallos de alumbrado se detectan, en la mayoría de los casos, mediante inspecciones visuales periódicas.

Un LED (*Light Emitting Diode*) es un dispositivo semiconductor que emite luz de una longitud de onda determinada, cuando se polariza de forma directa una unión PN, haciendo circular por él una corriente eléctrica. Se caracterizan por una gran eficiencia energética, una elevada vida útil, próxima a las 100.000 horas (Figura

27), una excelente reproducción cromática y sobre todo, por ser fácilmente controlables.

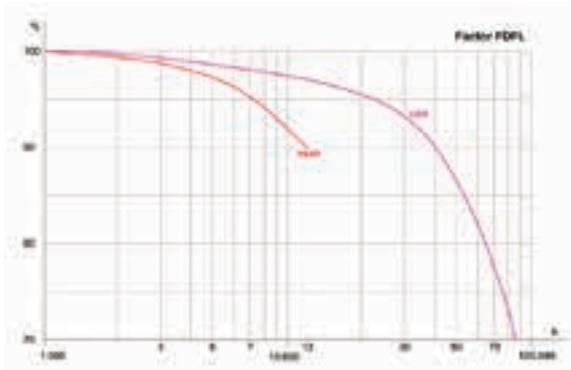


Fig. 27. Tiempo de vida de las lámparas de vapor de sodio (vsap) frente a la tecnología led (JUAN ANDRÉS GUALDA GIL, 2012).

La luz LED es también muy monocromática, como las lámparas de HPS. Por ello, existen dos soluciones en el mercado para obtener luz blanca: la primera consiste en 3 componentes de luz monocromática de distinta frecuencia e independientes y regular su intensidad, mediante un led de luz RGB como el mostrado en la Figura 28. La segunda solución consiste en utilizar un LED azul con un encapsulado fluorescente (LED fosforescente blanco), que es más barato, pero no permite regular el color dinámicamente.

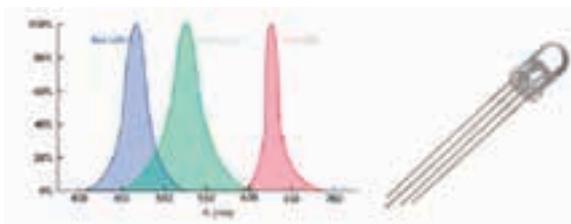


FIG. 28. LED RGB

Debido a su alta eficiencia (Tabla 1), en los últimos años estamos siendo testigos de la transición de lámparas de HPS a las lámparas LEDs. Alrededor de 10% de las instalaciones de alumbrado público han cambiado ya a tecnología LED y se estima que en el 2020 este valor supere el 80% (James Crowther, 2012). Las lámparas LEDs permiten ahorros muy importantes con periodos de retorno medios, reduciendo significativamente los gastos de consumo eléctrico y los gastos de mantenimiento. Ayuntamientos como el de Valencia ya ahorran más de un 30% con medidas de este tipo

TABLA 1. EFICIENCIA ENERGÉTICA DE DISTINTOS TIPOS DE LÁMPARAS

Tecnología	Eficiencia energética
Lámpara Incandescente	10-15 lm/W
Lámpara Halógena	15-20 lm/W
Lámpara Fluorescente compacta	45-80 lm/W
Lámpara Fluorescente lineal	80-100 lm/W
Lámparas de Descarga	70-150 lm/W
LED	160-200 lm/W

Pero la solución no es sólo reemplazar las luminarias con otras más eficientes. Las ciudades necesitan de estrategias de alumbrado como una parte fundamental de la estrategia de desarrollo urbano global.

Por ello, el alumbrado público se tiene que hacer también inteligente, aportando distintas

soluciones:

1. Los niveles de iluminación deben adecuarse a las calzadas.

a. Para zonas poco transitadas como jardines, zonas de aparcamiento o calles residenciales, es posible conectar/desconectar el alumbrado mediante sensores de presencia o bien regular el nivel de iluminación, disminuyéndolo cuando no hay nadie y aumentándolo al detectar alguna actividad (Figura 29).



Fig. 29. Ajuste del nivel de iluminación basado en la detección de presencia.

b. Para calles más transitadas, es posible detectar no sólo la presencia sino también la velocidad y el sentido del objeto que se desplaza, de forma que se pueda adecuar el nivel de iluminación (Figura 30).



Fig. 30. Ajuste del nivel de iluminación, basado en la detección de la velocidad y sentido del desplazamiento (OWLET, 2013).

c. Ajuste dinámico del nivel de iluminación, de esta forma se evita sobre-iluminar cier-

tas zonas al cambiar de lámparas o bien, se compensa dinámicamente la pérdida de iluminación debido al envejecimiento o suciedad de la propia luminaria (Figura 31).

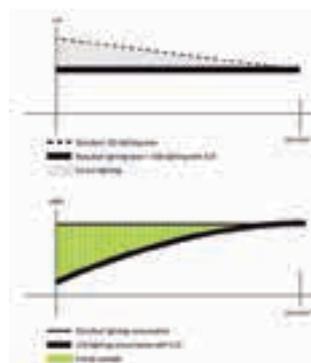


Fig. 31. Ajuste dinámico de la iluminación en función del tiempo (OWLET, 2013).

2. Un sistema centralizado, como el mostrado en la Figura 32, permite monitorizar remotamente todos y cada uno de los puntos de luz, teniendo la posibilidad de actuar sobre ellos (enciendo-apagando cada uno de ellos o ajustando dinámicamente su nivel de iluminación). Esto permitirá mejorar su mantenimiento, al conocerse en todo momento el estado de cada una de las luminarias. El sistema avisará cuándo se ha producido algún fallo, actualizando el sistema de información geográfica que utiliza el personal de mantenimiento, ayudando a que pueda repararse cuanto antes. Además, se conocerá el consumo de cada una de las luminarias, siendo posible hacer un mantenimiento preventivo en caso de detectar alguna anomalía (por ejemplo, si se detecta un aumento de consumo significativo en una de ellas, puede ser debido a una conexión fraudulenta).

Todo el sistema de control del alumbrado público no tiene porqué funcionar verticalmente de forma aislada sino que puede estar integrado en otros sistemas de la ciudad. Por ejemplo, las cámaras de tráfico se pueden instalar en las farolas y pueden detectar ciertos tipos de matrículas, permitiendo modificar la intensidad del alumbrado si se ha producido un accidente o bien se detecta policía, bomberos o servicios médicos en la zona.



Fig. 32. Sistema de control centralizado de alumbrado público (T-LIGHT, 2015).

Las farolas pueden utilizarse también como puntos de recarga de vehículos eléctricos durante el día, como el sistema propuesto por el fabricante BMW denominado *Light and Charge* (BMW, 2015) y mostrado en la Figura 33.



Fig. 33. Utilización de las farolas como puntos de recarga diurnos (BMW, 2015).

Las farolas también pueden utilizarse para ofertar otros sistemas en la ciudad tales como WIFI y funcionar como sensores de plazas de aparcamiento, detectando si existe algún coche aparcado debajo de su zona de iluminación y transfiriendo esta información al gesto de tráfico y de aparcamiento en la ciudad (Figura 34).



Fig. 34. Detección de plazas de parking (BMW, 2015).

Sostenibilidad medioambiental. EMISIONES CONTAMINANTES y RUIDO

Según la Organización Mundial de la Salud, la contaminación atmosférica en la mayor parte de las ciudades del mundo es directamente responsable del aumento de las enfermedades respiratorias y cardiovasculares de la población. Si comparamos la situación actual con la de hace unos años, la calidad del aire ha disminuido en la mayor parte de las ciudades (WHO, 2015). La contaminación atmosférica provoca la muerte de más de 370.000 personas en la UE, de los que más de 16.000 fallecen sólo en España (EC, 2006).



Fig. 35. Tráfico urbano y contaminación asociada (GREEN PARTY, 2015).



Fig. 36. Medidas de la contaminación acústica en Madrid (AYUNTAMIENTO DE MADRID, 2011).

Según los últimos estudios de la Agencia Europea de Medio Ambiente, el tráfico rodado es el mayor emisor de contaminantes atmosféricos, emitiendo una infinidad de productos nocivos tales como el CO, NOx, compuestos orgánicos volátiles (*volatile organic compounds*-VOCs) y partículas -PM10. Estas emisiones están directamente relacionadas con problemas médicos crónicos como el cáncer de pulmón, asma, enfisemas pulmonares y ataques al corazón (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2015).

Por otro lado, la ciudad actual es un lugar lleno de ruido. La contaminación acústica puede causar efectos fisiológicos y psicológicos nocivos, interfiriendo con la actividad habitual o con el descanso (Ormaechea, 2016). El ruido puede facilitar la aparición de enfermedades auditivas, cardiovasculares o de tipo nervioso. Existen diversas causas responsables del ruido en la ciudad: construcción, actividades indus-

triales, animales, actividades lúdicas, etc., pero de entre todos ellos, el ruido del tráfico es una de las principales fuentes de contaminación.

Para un adecuado control, sensores distribuidos por toda la ciudad bien en farolas, papeleras, flotas de autobuses urbanos, o incluso en los móviles de los ciudadanos, permitirán monitorizar el nivel de emisiones contaminantes y ruido en cada momento con una granularidad muy elevada, permitiendo generar mapas dinámicos muy precisos que ayuden al gestor a tomar medidas, cuando los niveles de contaminación superen los umbrales de seguridad (Ayuntamiento de Madrid, 2011)

En relación al control del ruido, es posible, mediante procesamiento digital, identificar el tipo de sonido medido, pudiendo discriminar entre tráfico, alarmas, música, etc. y enviar notificaciones a un centro de control, para su posterior proceso (Figura 36). En función de estos datos,

ayuntamientos como el de Logroño, reducen las velocidades de circulación por vías urbanas para reducir el ruido (o la contaminación) ambiental.

Esta misma red de sensores modificada puede también medir otro tipo de variables que afectan a la salud tales como el polen (Figura 37) o la radiación UV.

Por otro lado, la electrificación del transporte urbano es fundamental para solventar todos estos problemas de contaminación y emisiones en el entorno urbano. Por un lado permitirá reducir las emisiones directas de contaminantes que afectan a la calidad de vida de los ciudadanos y por otro, también se reducen las emisiones acústicas del tráfico rodado, haciendo de la ciudad un entorno mucho más agradable (AFI-Consultores de las administraciones públicas, 2011). Es fun-

damental que las administraciones den ejemplo y adquieran vehículos eléctricos para sus flotas.



Fig. 38. Flota de vehículos eléctricos en Madrid (EUROPAPRESS, 2016).

Existen diversas formas de promover el despliegue de vehículos eléctricos en las ciudades por parte de las administraciones públicas:

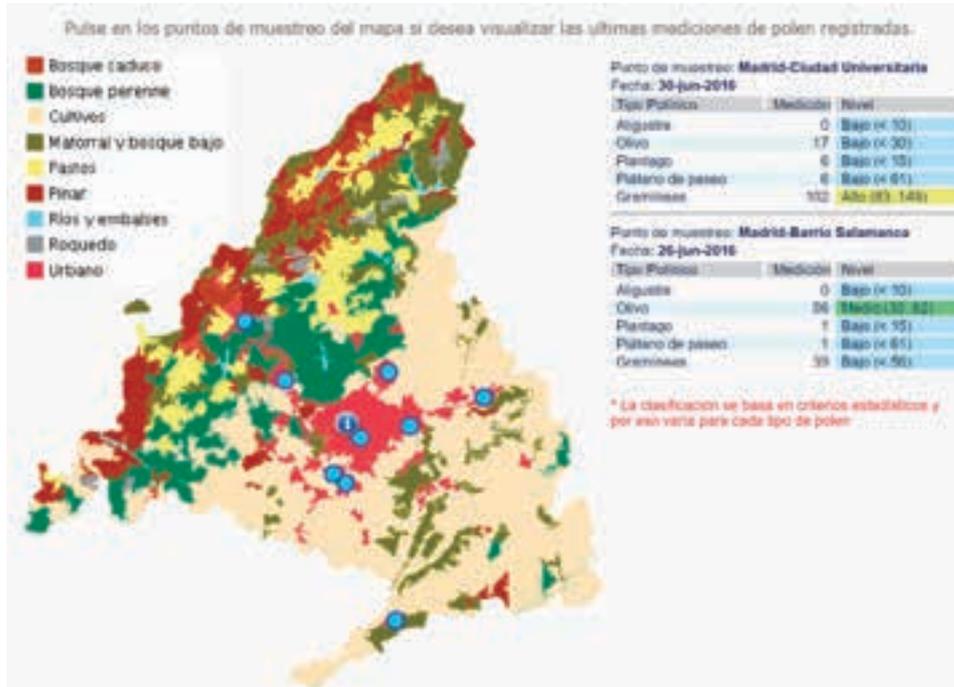


Fig. 37. Mapa de polen de la comunidad de Madrid (CAM, 2016).

- Ayudas administrativas para la adquisición de este tipo de vehículos (plan MOVEA en España).
- Eliminación (o rebaja) del impuesto de circulación.
- Posibilidad de acceder a zonas de acceso restringido en el centro de las ciudades.
- Aparcamiento gratuito en las zonas controladas.
- Posibilidad de circular por carriles específicos (carril bus o carril VAO, por ejemplo).
- Despliegue de puntos de recarga para evitar la ansiedad por la falta de autonomía.
- Fomento de plataformas de *vehicle-sharing* eléctricas (bicis eléctricas o sistemas como el *car2go* en Madrid, como el mostrado en la Figura 38)

En el apartado de SMART MOBILITY se desarrollarán más estas ideas.

Sostenibilidad medioambiental. RECOGIDA Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS URBANOS

Los sistemas actuales de recogida de residuos se basan en el vaciado de contenedores en base a unos horarios y rutas predefinidas. Estos sistemas son muy ineficientes porque los camiones repiten la ruta diariamente y vacían los contenedores independientemente de su estado (por ejemplo, pueden estar vacíos porque muchos vecinos de la zona están de vacaciones), generando más tráfico, ruido y emisio-

nes contaminantes en la ciudad y un consumo innecesario de combustible.

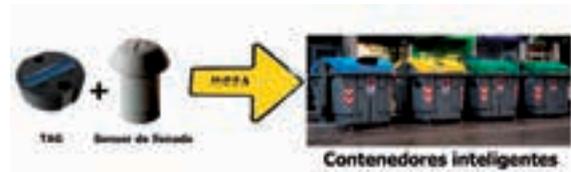


Fig. 39. Sensores para contenedores inteligentes.

Por todo ello, las administraciones públicas necesitan operar este servicio de una forma más eficiente. Por un lado es fundamental conocer el estado de los contenedores incluyendo en éstos un sistema embebido de sensorización, como los mostrados en la Figura 39, junto con un sistema de comunicación en tiempo real que permite conocer dicho estado y su localización exacta.

La flota de camiones está también monitorizada, conociéndose en todo momento su localización exacta y con esta información y con la información disponible de nivel de llenado de los distintos contenedores, es posible ajustar dinámicamente las rutas de dichos vehículos, optimizando el recorrido y los consumos.

Con toda esta información es posible realizar un despliegue de contenedores adecuado a la demanda real. Además, los contenedores están geo-localizados y el usuario puede consultar la localización más próxima de un determinado tipo de contenedor (papel, vidrio, etc.) a través de una aplicación móvil.

Complementariamente, es posible dotar a los camiones de recogida con sensores adi-

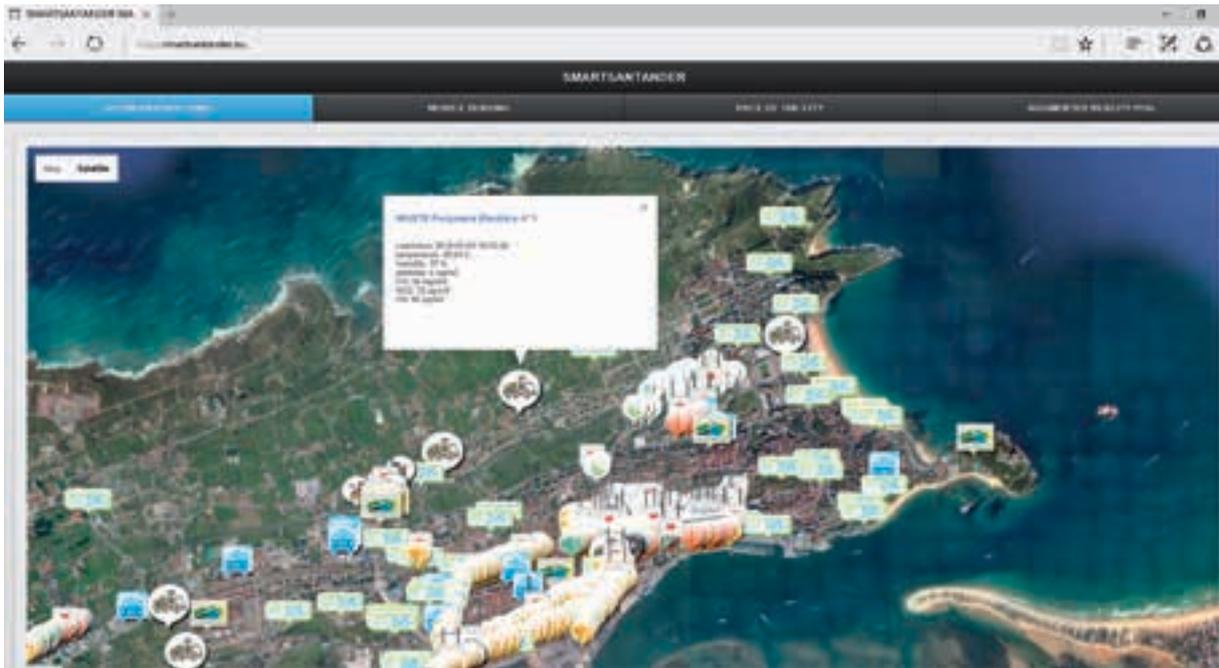


Fig. 40. IOT en smartsantander. Visualización de los datos de los vehículos de recogida de residuos sólidos urbanos

cionales, que permitan medir otros parámetros medioambientales como la temperatura, humedad, calidad del aire, etc. a medida que recorren la ciudad actuando como sensores móviles (Figura 40).

De la misma forma es posible disponer de un sistema de papeleras inteligentes. Mediante un sistema información geográfica se podrá llevar el inventario y localización de cada papeleras y ésta puede utilizarse para mostrar información relevante de la ciudad en sus pantallas dispuestas en los laterales.

Adicionalmente, estas papeleras podrán contar el número de dispositivos móviles que pasan a su alrededor (tal y como se muestra en la Figura 41), pudiendo contar el número de personas que se aproximan y ajustar dinámicamente la publicidad mostrada, en función de dicha información.



Fig. 41. Papeleras inteligentes en Londres (DATOO, 2013).

En Nueva York se han instalado 200 quioscos informativos similares (Figura 41) a estas papeleras. Estos quioscos disponen de paneles publicitarios laterales, acceso Wifi, llamadas gratuitas dentro de Estados Unidos, cargadores para teléfonos móviles, botón de emergencia y un teclado ratón accesible a personal con algún tipo de discapacidad. En Columbus (Ohio) van a instalar próximamente una nueva versión, que llevarán incorporados varios sensores que medirán distintas magnitudes: medioambienta-

les (tales como temperatura, humedad, presión, etc.), contaminantes (CO₂, NOX, concentración de partículas en suspensión, etc.), comportamiento natural y humano (vibraciones producidas por vehículos, niveles de sonido, luminosidad en varios rangos espectrales-IR, visible y UV, campos electromagnéticos, registro de dispositivos inalámbricos próximos y videocámara que registra el perímetro del quiosco). La empresa no factura el precio del quiosco (aunque sí la instalación y el mantenimiento, que se hace cargo el ayuntamiento) y se reparten los beneficios obtenidos por la publicidad (ver el apartado de Comercio y Marketing personalizado).



Figura 42. Quiosco inteligente en Nueva York (GREENFIELD, 2016).

SMART MOBILITY

La movilidad urbana es uno de los grandes retos de las ciudades actuales. La movilidad inteligente agrupa todos los atributos relativos al transporte y la logística. Su objetivo es utilizar la tecnología para favorecer la movilidad urbana, reduciendo el tráfico, la contaminación y los tiempos de los desplazamientos en la ciudad. Para ello es necesario desarrollar sistemas integrados para promover el transporte urbano sostenible, com-

binando el transporte privado (automóvil, motocicletas, bicicletas, etc.) con el transporte público (tren, metro, tranvía y autobuses urbanos). También se desarrollarán sistemas de información en tiempo real al conductor (estado del tráfico, estado de las plazas de aparcamiento, etc.).

Gestión del Tráfico en tiempo real

Uno de los mayores problemas en relación a la movilidad urbana es la congestión del tráfico, que disminuye la productividad (en España perdemos una media de 18 horas anuales en atascos) y empeora la calidad de vida de sus habitantes, al aumentar la contaminación acústica y las emisiones contaminantes.

La *Smart City* debe proporcionar soluciones a estos inconvenientes, proporcionando al conductor información en tiempo real del tráfico, alertando de las distintas incidencias en la vía. Esta comunicación de incidencias debe realizarse a través de sistemas multi-plataformas, enviando información actualizada a móviles y navegadores y a las pantallas de señalización en la vía pública.

Los gestores de tráfico utilizan también esta información para ajustar automáticamente la temporización de los semáforos, haciendo más fluido el tránsito dentro de la ciudad y reduciendo la contaminación. Por ejemplo, en 's-Hertogenbosch (Holanda), los semáforos miden la velocidad y dirección de todos los usuarios que llegan y pasan a verde automáticamente si las condiciones de la vía lo permiten, aumentando la fluidez (Gnaticov, 2016). También es posible modificar la temporización y dar prioridad semafórica a los transportes públicos (autobuses,

tranvías, etc.) y servicios especiales (ambulancias, policía y bomberos).

Siguiendo con la información de tráfico, en estos momentos existen apps colaborativas, como Waze (Figura 43), que permiten integrar toda esta información junto con el cálculo de rutas óptimas, favoreciendo el tránsito en las ciudades.



Fig. 43. Información en tiempo real del tráfico en Madrid (WAZE-LIVEMAP, 2016).

Existen otras aplicaciones complementarias que indican al conductor el tiempo que queda para que el semáforo cambie de color, haciendo que el tráfico sea más fluido, aumentando la seguridad y reduciendo las emisiones y el consumo, puesto que se evitan aceleraciones innecesarias. La información puede aparecer en la propia pantalla del navegador o estar integradas en el teléfono móvil, tal y como se muestra en Figura 44.



Fig. 44. Sistema Enlighten para conocer la temporización de los semáforos (SIGNALS, 2016).

Los últimos desarrollos en esta línea son las tecnologías Vehículo a Vehículo (*Vehicle to Vehicle-V2V*) y Vehículo a infraestructura (*V2I*), donde los vehículos y la propia infraestructura (semáforos, señales y las propias vías) se comunican automáticamente entre sí, sin necesidad de que sean los conductores los que avisen de las incidencias. De esta forma, el vehículo puede anticiparse a los distintos peligros que puedan aparecer, pudiendo tomar el control momentáneo del vehículo en caso de peligro inminente (ver Figura 45). Por ejemplo, la calzada puede disponer de sensores de humedad y temperatura, detectando que las condiciones son resbaladizas y comunicándoselo al vehículo que se acerque, para que frene antes de llegar a esa zona. Estos sistemas serán una de las bases sobre las que se desarrollará la siguiente revolución en el transporte: la conducción autónoma, del cual se hablará más adelante.



Fig. 45. Sistemas V2V (TMCNET, S.F).

Otras soluciones para aumentar la fluidez del tráfico son aquellas relacionadas con el pago de peajes sin necesidad de parar (sistemas Free Flow), utilizando diversas soluciones, en las vías de entrada o circunvalación a la ciudad. Estos peajes desincentivan acceder al centro de la ciudad con vehículo privado. Así,

ciudades como Lisboa, Londres o Estocolmo, que disponen de diversos peajes para entrar a la ciudad, han reducido el tráfico y las emisiones en sus centros urbanos. Los sistemas de peajes más avanzados disponen de tarifas variables, cuyo precio cambia dinámicamente en función del tráfico en cada momento. Ferrovial está probando esta tecnología en la autopista LBJ Express en Dallas (USA) mostrada en la Figura 46, donde unos paneles informativos indican las tarifas durante todo el trazado y éstas se actualizan cada 5 minutos, produciendo un efecto disuasorio cuando el tráfico es más intenso. Los vehículos disponen de transpondedores similares a los utilizados en España (VIA-T) o también son tarificados mediante la identificación de su matrícula y el precio exacto es cargado dinámicamente (Ferrovial, 2015).

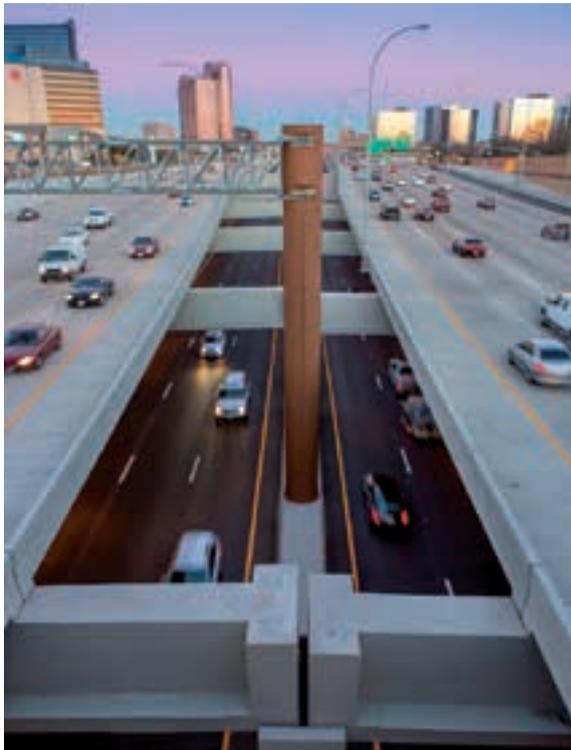


Fig. 46. Sistema de peaje dinámico (FERROVIAL, 2015).

Finalmente, existen también sistemas de control automático de viales en áreas urbanas, que mediante visión artificial con cámaras situadas en pódicos y semáforos, pueden detectar distintos tipos de infracciones como estacionamientos en doble fila, circulación por el carril bus, saltos semafóricos, giros indebidos, etc. (BHTVision, 2016).

Transporte urbano

La movilidad urbana está cambiando y las nuevas generaciones ven la movilidad como un servicio. La gente ya no desea tener un coche en propiedad sino que quiere combinar todos los servicios de movilidad disponibles y por ello, en la *Smart City* se deben crear sistemas integrados de transporte, combinando el transporte público y privado.

En relación al transporte público es necesario disponer de información en tiempo real de la ocupación de todos los sistemas de transporte público, así como de los horarios de llegada estimados. Con esta información el gestor municipal puede conocer la demanda real, permitiendo adecuar los servicios si es necesario. Esta información también debe estar al alcance de los usuarios a través de las marquesinas de las paradas, como la mostrada en la Figura 47. Éstas pueden disponer de sistemas de conteo de personas que están esperando en las paradas e informar al control si se produce una demanda inesperada. Adicionalmente, estas marquesinas pueden estar alimentadas con energía solar para reducir su consumo y disponer de sensores medioambientales (temperatura, humedad, emisiones contaminantes, etc.)



Fig. 47. Marquesina alimentada por energía solar.

La información también se debe presentar de forma adecuada al ciudadano, a través de apps que le permitan estimar el tiempo completo del trayecto a realizar y no sólo la parte de utilización del transporte público, tal y como se muestra en la Figura 48. En este caso, el usuario puede escoger otros medios complementarios públicos a su alcance, como desplazarse andando hasta la parada o coger una bicicleta pública o un vehículo de car-sharing. De esta forma, todas las soluciones de movilidad urbana estarían integradas, favoreciendo la elección del usuario.



Fig. 48. Estimación del tiempo de viaje combinando autobús y a pie (MADRID E, 2015).

El transporte urbano también tiene que potenciar otros medios de transportes complementarios al transporte público, que sean más eficientes y que se combinen en los recorridos de la última milla (recorrido desde el origen hasta el transporte público y desde la parada del transporte público hasta el destino final). En los últimos años se está promoviendo en diversas ciudades el alquiler de bicicleta pública (clásica o asistida eléctricamente), que es un elemento alternativo de movilidad que fomenta el transporte saludable (Figura 49).



Fig. 49. Sistema de alquiler de bicicletas eléctricas en Madrid (ENBICIPORMADRID, 2016).

También se están implantando en varias capitales sistemas de coche compartido, como el sistema Car2Go implantado recientemente en la almendra central Madrid y mostrado en Figura 38. En este caso, la idea de transporte como servicio es muy clara, puesto que el cliente únicamente paga por el trayecto efectuado, no teniendo ningún otro coste adicional al mismo.

Un aspecto importante relacionado con los modos multimodales de desplazamiento urbano es el pago de los servicios. La *Smart City* debe integrar todos los modos de pago de billetes de transporte público y reservas de vehículos de car-sharing en una misma plataforma móvil, facilitando la experiencia de usuario y no siendo necesario disponer de dinero en metálico. Para

ello, se han desarrollado plataformas de pago como las descritas en una sección posterior: SMART ECONOMY.

La siguiente evolución en la movilidad urbana está siendo liderada por la introducción progresiva de los sistemas de vehículos autónomos. Los primeros sistemas desarrollados fueron evoluciones del control de cruceo clásico, donde los vehículos, podrían mantener la velocidad prefijada y frenar automáticamente en caso de que un coche circulase por nuestro carril a una velocidad inferior, manteniendo la distancia de seguridad y volviendo a acelerar una vez que el carril por el que se circula vuelva a quedar libre. En estos momentos Tesla (Figura 50), Volvo, Mercedes, BMW y otros fabricantes disponen de sistemas de piloto automático más avanzados, capaces de leer las señales de tráfico y actuar no sólo sobre los frenos y el acelerador sino también sobre la dirección, pudiendo

cambiar de carril automáticamente. En cualquier caso, sigue siendo un sistema de ayuda a la conducción y el conductor debe mantener atención a la carretera.

La National Highway Traffic Safety Administration ha propuesto una clasificación para determinar el grado de autonomía de los vehículos (NHTSA, 2013), desde el 0 (sin ningún tipo de automatización) hasta el nivel 4, que incluye los sistemas completamente automáticos. En estos momentos, los sistemas comercializados más avanzados están en el nivel 2-3 (automatización limitada a la conducción autónoma), pero tanto los fabricantes clásicos de automóviles como empresas tecnológicas están invirtiendo en desarrollar sistemas nivel 4 (completamente autónomos), que podrán gestionar todas las situaciones encontradas en las carreteras, sin intervención humana. Por ejemplo, Google lleva años desarrollando esta tecnología y pretende



Fig. 50. Sistema de piloto automático de un Tesla Model S (RAÚL ÁLVAREZ, 2016).

llevar al límite el concepto de movilidad como servicio, lanzando un vehículo eléctrico completamente autónomo, sin volante ni pedales, como se muestra en la Figura 51 (Google Self-Driving, 2016).



Fig. 51. Vehículo completamente autónomo de Google (SOROKANICH, 2015).

Utilizando esta tecnología de conducción autónoma, los investigadores del Senseable City Lab del MIT han propuesto un sistema que prescinde de los semáforos, asegurando una mayor fluidez, seguridad y reduciendo el consumo y la polución (Figura 52). Para ello los ve-

hículos deben estar interconectados entre ellos y la infraestructura, mediante técnicas de V2V y V2I, de forma que al acercarse a una intersección, un sistema indica al vehículo a qué carril debe moverse y a qué velocidad, en función de su destino y de la densidad de vehículos que circulan en este cruce, aumentando significativamente el flujo en todos los sentidos de dicha intersección.

La versión más evolucionada de movilidad urbana la han propuesto dos investigadores del Lawrence Berkeley National Laboratory, que proponen un sistema de car-sharing automático, donde unos taxis robóticos llevarían a los mismos pasajeros que viajan en un vehículo convencional desde el origen a su destino y al finalizar el recorrido, buscarían nuevos pasajeros por la zona, para llevarlos a un nuevo destino. De esta forma, los vehículos estarían maximizando

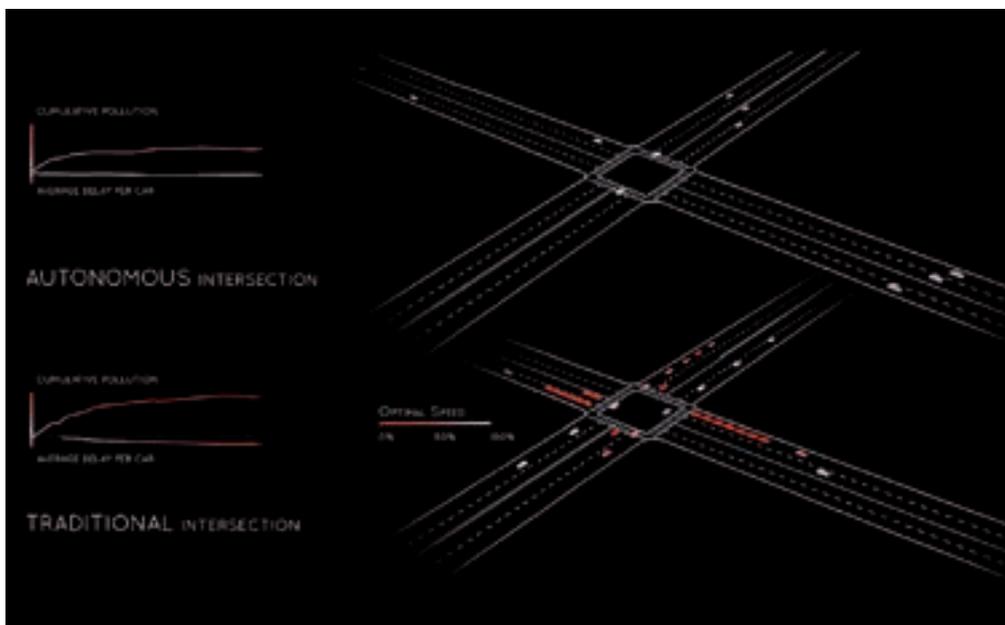


Fig. 52. Sistema de cruce inteligente desarrollado por el MIT (SENSEABLE CITY LAB, 2016).

su función (estarían la mayor parte del tiempo moviéndose y transportando gente), y según los primeros estudios, el número de vehículos en la ciudad se reducirían en un 75% evitando no sólo congestiones de tráfico, sino que se reduciría en gran medida el consumo y las emisiones contaminantes (Jeffery B. Greenblatt, 2015).

Gestión del aparcamiento

Cada año, gastamos más de 70 millones de horas buscando plazas libres de aparcamiento en todo el mundo. Esto supone unas pérdidas más de 1 billón de dólares a la economía global, aumentando el consumo, el tráfico y las emisiones contaminantes (K.V.Krishnan, 2015). En Europa, entre un 10 al 20% de los ciudadanos europeos (dependiendo de la ciudad específica) gastamos más de 15 minutos al día buscando aparcamiento (Xerox, 2016).

Por ello, la *Smart City* debe desarrollar herramientas que ayuden a los conductores a encontrar aparcamiento tanto en aparcamientos públicos al aire libre como en grandes aparcamientos en aeropuertos, estaciones de tren, centros comerciales, hospitales, etc.

Mediante una serie de sensores, se detecta el estado de cada una de las plazas de aparcamiento de la ciudad y se comprueba si están cometiendo alguna infracción (ha finalizado su tiempo de establecimiento regulado, por ejemplo). Esta información se envía a un servidor central, accediendo a ella posteriormente, mediante una aplicación móvil que combinada

con el navegador, permite guiar al conductor hacia la plaza de aparcamiento, por la ruta más rápida. La propia app permite hacer el pago y, en algunos casos, es posible incluso reservar la plaza con antelación.

Existen distintas formas de detectar las plazas libres: varias ciudades europeas, como Santander en España y Cardiff en Reino Unido, han instalado sensores ferromagnéticos enterrados en la calzada, que detectan la presencia de vehículos en los aparcamientos. Esta información pasa a unos concentradores vía radio (Zigbee o Bluetooth) y se envía al servidor central. Desde allí, se activan una serie de paneles luminosos específicos instalados en la vía pública, permitiendo guiar a los conductores hacia las plazas libres (Figura 53).



Fig. 53. Sensor ferromagnético de detección de vehículo aparcado (ITS, 2015).

Existen otras formas de detección de plazas libres que no requieren tanto despliegue de obra civil, por ejemplo, mediante un sistema de cámaras como el mostrado en la Figura 54. La cámara de vídeo de alta definición situada sobre una farola o en una posición elevada, monitoriza en tiempo real un área de aparcamiento determinado. Mediante tratamiento de imágenes, se detecta la ocupación de la plaza y esa información pasa al servidor central. Desde allí, se distribuye a los conductores a través de una app.



Fig. 54. Localización de plazas libres mediante procesado de la señal de vídeo.

Con una tecnología similar, la compañía SideWalkLabs (de Google) ha propuesto un sistema de pago dinámico de plazas de aparcamiento. Utilizando vehículos dotados de visión artificial y machine learning de varias compañías como Uber, se analizan las plazas de aparcamiento que quedan libres en toda la ciudad. Esta información se integra en una plataforma común junto con los datos de movilidad recogidos mediante teléfonos con S.O. Android y otras fuentes de información adicional, como los kioskos mostrados en la Figura 42, permitiendo conocer el estado del tráfico en tiempo real, así como el estado y localización de las plazas libres.

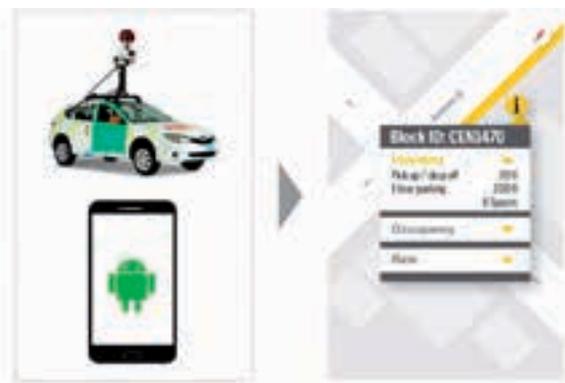


Fig. 55. Sistema de movilidad urbana y gestión de aparcamientos en ciudades de sidewalklabs (SIDEWALKLABS, 2016).

A partir de aquí, una aplicación móvil guía a los conductores hacia dichas plazas. El precio del alquiler de la plaza varía en función del tráfico y de las solicitudes de aparcamiento que se están realizando en ese momento, ajustándose dinámicamente.

Finalmente, la economía colaborativa también permite abaratar los costes del sistema, utilizando a los propios conductores como sensores. Se han desarrollado aplicaciones donde los conductores indican los huecos libres que van a dejar, señalando su posición exacta, el tipo de vehículo e introduciendo el tiempo estimado en abandonar el sitio. En ese momento, se activa un aviso a todos los otros usuarios que estén buscando aparcamiento por la zona, para que se dirijan a esa zona (Wazypark, 2016).

Gestión de flotas

Otro conjunto de aplicaciones de movilidad son todas aquellas relacionadas con la gestión eficiente de las flotas de vehículos municipales.

Es posible monitorizar toda la flota de vehículos municipales: vehículos de policía, bomberos, servicios de limpieza etc., permitiendo recopilar multitud de datos relativos a la movilidad de cada vehículo: desde conocer su ubicación en tiempo real, hasta el control de su actividad, determinando la localización de las paradas y su duración, el kilometraje recorrido, los datos del conductor del vehículo, etc. (Figura 56).

Estos sistemas permiten también monitorizar parámetros complementarios de los vehículos tales como su consumo, su nivel de combustible, su nivel de agua almacenada (para camiones cisterna de bomberos) e incluso la grabación de audio y vídeo y posterior envío a un servidor (para vehículos policiales). Con este soporte, la administración dispone de información detallada para realizar la gestión eficiente de su parque de vehículos, determinando fácilmente qué vehículo está disponible para un determinado servicio y las condiciones exactas de su utilización. Además, la plataforma permite también gestionar todos los mantenimientos y revisiones necesarias, permitiendo planificar al operador cuándo es más conveniente prescindir del vehículo, en función de la demanda de utilización esperable y su necesidad de mantenimiento.



Fig. 56. Sistema de gestión de flotas (MOBILOC, 2015).

Estos sistemas pueden incorporar funciones avanzadas como geocercas, que controlan el paso por determinadas zonas de la ciudad (con mucha utilidad para comprobar las flotas de recogida de residuos urbanos) y *corridor*ing, que avisa a un controlador si un vehículo se desvía de su ruta y sale de un trayecto prefijado.

Estos sistemas pueden integrarse con los sistemas de gestión del tráfico, como los descritos en el apartado Gestión del Tráfico en tiempo real, para facilitar el acceso de los servicios municipales críticos tales como ambulancias, policía y bomberos, al lugar del siniestro, abriendo todos los semáforos que se van a ir encontrando al llegar a las intersecciones y favoreciendo que se alcance el destino lo antes posible.

Se pueden utilizar este tipo de sistemas para reeducar a los conductores de las flotas, mejorando su estilo de conducción, reduciendo el consumo y las emisiones. Para ello, mediante técnicas de *Big Data* y *gamificación*, se puede analizar cómo es el comportamiento de cada uno de los conductores (si realiza frenadas bruscas o fuertes aceleraciones, por ejemplo), permitiendo establecer una clasificación de los conductores, ordenándolos de más a menos eficientes, permitiéndoles recibir información sobre cómo están conduciendo y cómo mejorar, comparando sus resultados con el de sus compañeros a través de una aplicación de red social como la mostrada en la Figura 57. En esta figura se compara el consumo realizado durante el último viaje con los consumos obtenidos durante los últimos viajes realizados por el mismo conductor en todo su histórico (el consumo de su último trayecto ocupa la posición 31 de 212 viajes realizados previamente) y se compara también con el consumo de otros vehículos de las mismas características que están circulando en ese momento por la misma zona. Este tipo de medidas son muy efectivas para reducir significativamente el consumo de una flota completa sin apenas inversión; simplemente informando a los conductores del coste de sus acciones.



Fig. 57. Sistema de información al conductor de una flota (FLEETKARMA, 2015).

Promoción del VE

El sector del transporte es uno de los sectores de actividad con mayor consumo energético y el mayor productor de emisiones de efecto invernadero en el entorno urbano. Los altos índices de contaminación, elevan los riesgos para la salud pública. En estas condiciones, la promoción del vehículo eléctrico se presenta como una de las vías para avanzar en la mejora del medio ambiente a nivel local.

Las ventajas de la introducción del vehículo eléctrico en la ciudad son numerosas: los vehículos eléctricos son más eficientes, no emiten gases contaminantes de forma local, no emiten ruidos y tampoco emiten calor dentro de los núcleos urbanos.

Por ello, las administraciones están llevando a cabo distintas políticas activas para la promo-

ción de este tipo de vehículos ya descritas en el apartado de Sostenibilidad medioambiental. EMISIONES CONTAMINANTES y RUIDO: desde ayudas a su adquisición, pasando por exenciones de pago de impuestos, posibilidad de circular por zonas limitadas al tráfico rodado o exclusivas para otro tipo de transportes, como el carril bus o carril VAO, posibilidad de aparcar gratuitamente en zonas de estacionamiento regulado, etc.

Debido a la limitada autonomía de este tipo de vehículos, las administraciones de las *Smart Cities* deben promover también el despliegue de puntos de recarga a lo largo de distintos puntos de la ciudad, para evitar la conocida como ansiedad por la (reducida) autonomía. Es vital que el usuario disponga de un acceso sencillo, a través de una *app*, a la información de todos los puntos de recarga de la ciudad, indicando su localización, el tipo de cargador, el estado de operación del mismo (ocupado, libre, en mantenimiento, estropeado, etc.) así como que el sistema de pago de todos los cargadores esté unificado, pudiendo pagar desde una plataforma única.

El vehículo eléctrico es un nuevo consumidor de electricidad y por ello, un despliegue masivo de este tipo de vehículos en la ciudad pueden impactar negativamente en la red eléctrica, si la recarga se realiza sin ningún tipo de coordinación y se efectúa durante las horas de mayor consumo. En cambio, es posible que con coordinación, desplazando su recarga a horas de menor consumo, el despliegue masivo de estos vehículos eléctricos mejoren la eficiencia del sistema eléctrico, permitiendo aplanar la curva de demanda y evitando los vertidos de energía renovable (habitualmente energía eólica) que, en ocasiones se

produce durante la noche, cuando la demanda eléctrica baja y la generación es elevada.

Todos los vehículos suelen estar estacionados la mayor parte del tiempo. Si estos vehículos fueran eléctricos, durante estas paradas, estarían conectados a la red y sería posible aprovechar la capacidad de almacenamiento distribuido para gestionar de forma efectiva la energía y ayudar a la red eléctrica.



Fig. 58. Sistema vehículo hacia el edificio (V2B) desarrollado por Nissan (NISSAN, 2016).

Las denominadas tecnologías de vehículo hacia la red (conocidas por sus siglas en inglés, *Vehicle to Grid-V2G*), permitirán prestar servicios a la red eléctrica de forma agregada (varios vehículos de forma conjunta), permitiendo aportar energía a la red eléctrica durante las horas punta o trabajar de forma conjunta con fuentes intermitentes de energía renovable (eólica o fotovoltaica), permitiendo una mayor regulación de este tipo de centrales.

Existen aplicaciones más sencillas, como las mostradas en la Figura 58, donde los vehículos eléctricos son capaces de inyectar energía a la red de los edificios (conocido como *Vehicle to Building-V2B*), reduciendo la cantidad

de energía comprada a precios elevados disminuyendo los costes de explotación del edificio o funcionando como sistema de *back-up*, pudiendo alimentar al edificio en caso de un corte en el suministro eléctrico.

SMART GOVERNANCE

El Gobierno inteligente engloba todos aquellos servicios destinados a modernizar la administración, optimizando los recursos públicos, aumentando la transparencia de la gestión y facilitando la administración electrónica, para hacer que sea más rápida y cómoda para los ciudadanos y fomentando su participación en la toma de decisiones.

La mayor parte de los servicios relacionados con *Smart Governance* buscan promover la administración electrónica, con la que se elimina el papel en el funcionamiento interno de las administraciones. De esta forma se produce un ahorro económico y de tiempo. Para ello se crea una plataforma integral de administración electrónica (como la mostrada en la Figura 59) que funciona como punto de acceso único de ciudadanos y empresas con las administraciones públicas.

Desde esta plataforma se accede a un catálogo de servicios y procedimientos del ayuntamiento tales como solicitud de empadronamiento, pago de impuestos, multas, tasas, reclamaciones, solicitud de citas previas, etc. priorizando, para su implantación inicial, aquellas que sean las más demandadas.



Fig. 59. Sede electrónica del ayuntamiento de Madrid.

Es importante realizar auditorías periódicas de los procesos a realizar en la tramitación electrónica, de forma que se asegure su usabilidad y simplificación, permitiendo también acceder a personas con algún tipo de discapacidad. El ayuntamiento de Edimburgo, por ejemplo, ha dispuesto una web abierta a sus ciudadanos, que permite a éstos indicar qué servicios se deberían incluir en la web del ayuntamiento y mejorar la experiencia de usuario a través de sus comentarios (Edimburgo, 2009).

Para fomentar la transparencia de la gestión es importante que la administración pública aporte la mayor cantidad de datos abiertos en formatos estándar (abiertos e interoperables) como los datos accesibles a través plataformas como la mostrada en Figura 60, de forma que cualquier ciudadano pueda acceder a ellos y ayude a crear nuevas oportunidades de negocios, desarrollando nuevos servicios sobre es-

tos datos abiertos. En general, estos datos de la Administración han sido financiados con dinero público y tratan sobre temáticas muy diversas. Además, en España, deben estar acordes a la norma UNE 178301:2015. *Ciudades Inteligentes. Datos Abiertos (Open Data)*.

La administración debe velar también por la privacidad de los datos personales de sus ciudadanos, siendo responsable de evitar dar acceso a datos relevantes (nombre, edad, sexo, religión, dirección, DNIs, número de tarjeta de crédito, claves de acceso a servicios, etc.) que pueden ser utilizados con fines maliciosos.

SMART ECONOMY

La Economía Inteligente engloba todos los aspectos relacionados con la economía y nego-



Fig. 60. Catálogo a los datos abiertos del ayuntamiento de Barcelona.

cios urbanos, empleo, marketing personalizado, fomento del turismo, etc.

Turismo

El Turismo es un sector estratégico en España y por eso es una de las principales líneas de desarrollo dentro del ámbito de la Smart Economy. El Turismo dentro de la *Smart City* debe cubrir los tres aspectos fundamentales:

1. La Promoción de la ciudad y su entorno, a través de un portal único que ofrezca todos los recursos de información turística (Figura 61). Dicho sistema debe disponer de un gestor de contenidos focalizado en el contenido audiovisual multi-idioma, para actuar como principal escaparate de la ciudad. El portal será también multi-dispositivo, para poder acceder a él a través de la web antes de

viajar a la ciudad, y a través de dispositivos móviles una vez que el turista ya ha llegado a la misma. También se puede disponer de información turística en pantallas situadas en la recepción de los hoteles y en la vía pública, como el mostrado en la Figura 61.



Figura 61. Sistema de información turística exterior (DIGITALAV, 2016).

En esta línea, se debe potenciar la presencia del turismo de la ciudad en las Redes Sociales y disponer de un *Community Manager* activo que cree contenido atractivo y de calidad en relación al turismo local y resuelva todas las dudas de los visitantes.

Un aspecto novedoso es la creación de visitas virtuales bien a través de la web (Figura 62) o a través de aplicaciones de realidad aumentada de forma que el visitante pueda explorar de forma remota cada uno de los lugares de interés de la ciudad, haciéndose una idea de lo que va a encontrarse al llegar, optimizando el tiempo disponible.

2. **Reservas**, a través de la plataforma se integrará el acceso a la gestión de reservas de los agregadores (booking.com, tripadvisor.

com, trivago.es, etc.) y centrales de reserva *on-line* de las grandes cadenas hoteleras. Es también importante apoyar el pequeño comercio local y para ello será también necesario integrar en el portal las ofertas de servicios de aquellas empresas locales que, por tamaño, no tienen presencia *on-line*.

Dentro de este apartado también está el **Planificador del viaje**, que permitirá planificar la compra o reserva de billetes, hotel y reservar servicios de valor añadido más específicos como servicios culturales con reservas de espectáculos (conciertos, teatros, etc.) o servicios deportivos (reservas para asistir a partidos de fútbol, reservas para jugar en campo de golf, etc.) Este planificador tendrá en cuenta la segmentación del usuario (por sexo, edad, lugar de procedencia, etc.),



Fig. 62. Visita virtual al British Museum (BRITISH MUSEUM-GOOGLE, 2016).

ajustando las propuestas en función de los intereses personales de cada visitante. De nuevo la presencia de las Redes Sociales será fundamental para ayudar a los visitantes a reservar ciertos servicios a través de la consulta de comentarios y opiniones previas de otros turistas.

Una vez en la ciudad, la realidad aumentada puede ayudar al visitante a ampliar la información obtenida *in situ*. El sistema utilizando el posicionamiento GPS integrado en su móvil, permite geolocalizar al usuario y proporcionar información adicional sobre el entorno que le rodea (monumentos, horarios, acceso a transporte público, restaurantes próximos, etc.) tal y como se observa en la Figura 63.



Fig. 63. Aplicación de realidad aumentada en el turismo urbano (MANUEL, 2015).

3. **Fidelización**, al finalizar el viaje es fundamental obtener realimentación de los visitantes. Para ello, el Community Manager se encargará de seguir los comentarios sobre la ciudad en las principales redes sociales, para conocer sus opiniones y resolver cualquier crisis de reputación que pueda aparecer.

Comercio y Marketing personalizado

Otro aspecto importante dentro del *Smart Economy* es el comercio y marketing personalizados. Hasta ahora las campañas de marketing estaban dirigidas a públicos muy amplios y por ello la información era general y poco relevante. En estos momentos, los clientes están solicitando información y productos personalizados y para ello, el conocimiento de cada uno de ellos y sus preferencias, son aspectos claves para la *Smart City*. Esta información relevante procede de múltiples fuentes (localización geográfica, accesos a páginas webs, comentarios en redes sociales, etc.). El *Big Data* permite segmentar a los clientes en grupos homogéneos, ofreciendo la información adecuada en el momento adecuado a todos los usuarios.

Empresas como BBVA está utilizando los datos de sus TPV procesados mediante técnicas de *Big Data* para aportar información relevante a sus clientes empresariales ya sean pymes o autónomos que, por tamaño, no pueden desarrollar este tipo de aplicaciones por sí mismos. Estas herramientas permiten: *captar nuevos clientes*, descubriendo los lugares de procedencia de los mismos, estudiando la segmentación demográfica (sexo, edad, etc.). *Analizar su sector específico*, comparando las ventas con otras empresas de la zona y del mismo sector, comparando precios de productos o incluso a qué horas o días se vende más un determinado producto en una determinada zona y finalmente, permiten también conocer mejor sus propias ventas, analizando su evolución día a día. En la Figura 64 se presenta el *dashboard* de esta aplicación.



Fig. 64. Analítica urbana utilizando la información de los tpv (Terminales De Punto de Venta) (INTEREMPRESAS, 2015)

Es posible combinar esta información con Datos Abiertos (*Open Data*) generados por la administración, para tratar de conocer mejor a los clientes. Por ejemplo, existen correlaciones entre el aumento de las visitas a cines y centros comerciales cuando el tiempo empeora (llueve o hace frío). Toda esta fusión de información es relevante para que los comercios optimicen sus recursos (horario de empleados, gestión de almacenes, etc.), mejorando su competitividad a través conocimiento de sus clientes y sus comportamientos.

Los usuarios están cada vez más acostumbrados a realizar compras *on-line*. Inicialmente estas compras se realizaban mediante plataformas de *e-commerce* a través de una página web, pero debido a la hiperconectividad actual,

la tendencia es comprar desde dispositivos móviles. El crecimiento del *mobile-commerce* en el mundo se sitúa en un 23,8%, mientras que en España este crecimiento se duplica, con tasas del 48% en 2015 (Ditrendia, 2015).

Una vez realizada las compras, el cliente espera que el producto o servicio adquirido llegue a su poder tan pronto como sea posible. Por ello, varias empresas están desarrollando distintos prototipos que permitirán reducir el tiempo de entrega. En algunas ciudades australianas, el reparto de las *pizzas* a domicilio se realiza de forma autónoma, mediante un robot, mientras que otras empresas, como Amazon, DHL, etc, están desarrollando drones para realizar las entregas de paquetería exprés (Figura 65).



Fig. 65. Sistema automático de entregas.

Otro aspecto importante a la hora de dinamizar el comercio en la ciudad es facilitar los pagos. Debido a la ubicuidad del dispositivo móvil entre los ciudadanos, éste se va a convertir en el elemento central de las plataformas de pago. En estos momentos es posible pagar por el estacionamiento en las ciudades, pagar impuestos, incluir tarjetas de fidelización y utilizarlo como tarjeta de débito-crédito controlados por el banco (Figura 66). La *Smart City* y sus gestores pueden ayudar a realizar este despliegue, permitiendo incluir el abono de transpor-

te, el carnet de las bibliotecas municipales o de instalaciones deportivas municipales a partir de la misma plataforma común.

El negocio del pago con el móvil va a suponer una revolución en el mundo de la banca y por ello empresas de distintos sectores están desarrollando plataformas de pago con idea de liderar esta revolución (Figura 67). Estas empresas engloban a empresas tecnológicas, como Apple o Google, pasando a los grandes bancos clásicos o incluso a fabricantes de dispositivos, como Samsung.

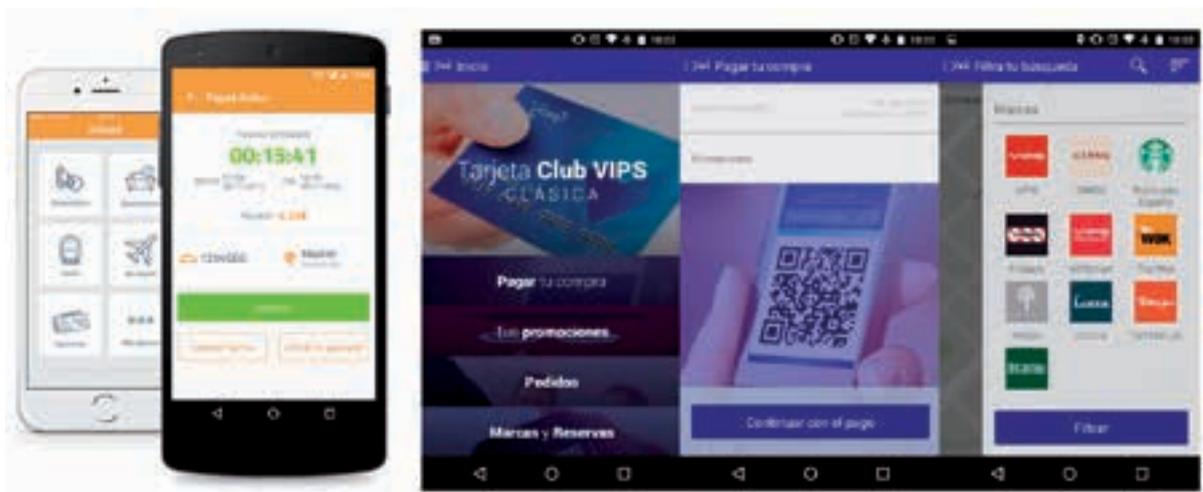


Fig. 66. Utilización del móvil como plataforma de pagos y fidelización.



Fig. 67. Plataformas de pago del Banco Santander, Apple y Samsung.

Fomento del emprendimiento

La ciudad es un destino de inversión y talento y por ello, la administración pública debe potenciar el emprendimiento, la investigación y el conocimiento, creando un ecosistema innovador. La *Smart City* debe disponer de herramientas para estimular el tejido empresarial a través de:

- **Planes de formación**, para satisfacer las necesidades de adquisición de competencias por parte de los emprendedores.
- **Crear entornos tecnológicos colaborativos** a través de relaciones con grandes empresas, centros de investigación y universidades. También deben facilitar la creación de viveros de empresas y acceso a herramientas de desarrollo de aplicaciones, para que los emprendedores puedan comenzar a desarrollar sus ideas, sin grandes costes iniciales.

- **Promoción de resultados**, poniendo en contacto a los emprendedores con posibles inversores, y con otros autónomos y pymes que puedan estar interesadas en sus productos.

SMART PEOPLE

La Sociedad Inteligente engloba todos los aspectos relacionados con el capital humano de la sociedad urbana, la educación, la colaboración ciudadana y temas de inclusión social.

Educación

La educación es, junto a la sanidad, uno de los servicios públicos por excelencia. Los ayuntamientos, junto con las Comunidades Autónomas y el Gobierno Central, pueden promover la incorporación de tecnología dentro de los centros educativos, instalando sistemas de conectividad, pizarras digitales y suministrando

dispositivos (ordenadores y *tablets*) que permitan a los usuarios formarse de una forma más dinámica y accediendo a nuevos contenidos interactivos, facilitando su aprendizaje.

Por otro lado, la formación ya no se reduce a lo aprendido en el aula durante la etapa formativa de las personas. En estos momentos, la posibilidad de disponer de tutoriales y cursos de casi cualquier cosa (aprender idiomas, programar, desarrollar habilidades creativas, etc.) permite a cualquier persona completar su formación *online* y, en la mayoría de los casos, de forma gratuita. Dentro de estas plataformas, destacan las MOOCS (*Massive Open Online Course*) ofrecidas por prestigiosas universidades que acercan la formación y la cultura a la sociedad, globalizando el conocimiento (Figura 68).

Este nuevo paradigma permite a las personas actualizar sus conocimientos y aprender bajo demanda y en exclusiva aquellos contenidos que les interesa, de una forma flexible. Este tipo de herramientas también presenta ciertas desventajas como que el estudiante se encuentra solo y por ello debe ser organizado y disciplinado para poder finalizar la formación.

Colaboración ciudadana

Otro aspecto clave de las *Smart Cities* es la promoción de la colaboración ciudadana. Para ello, el administrador público debe promover esta colaboración a través de una línea de atención al ciudadano.



Fig. 68. Cursos abiertos de la Universidad de Stanford.

Esta línea permitirá acceder a los servicios de la administración electrónica, obtener información relevante de la ciudad tal como el horario de apertura de instalaciones municipales, la información meteorológica, la calidad del aire, el tráfico urbano, los horarios de paso del transporte público, la información de actividades culturales y turísticas, etc.).



Fig. 69. Plataforma de reporte participativo urbano.

Además esta línea de atención al ciudadano debe incluir herramientas de colaboración, permitiendo al ciudadano actuar como un sensor del pulso de la ciudad, pudiendo reportar cualquier tipo de suceso o incidencia que se produzca (accidentes, tráfico, vía pública, etc.). En los últimos años se han desarrollado distintas plataformas colaborativas como la mostrada en Figura 69, que permiten al ciudadano informar de cualquier incidencia, indicando su localización y una descripción (incluso añadiendo imágenes). Esta información es compartida con el resto de ciudadanos y con la administración y es posible seguir su tratamiento y gestión por parte del ayuntamiento, recibiendo un aviso cuando la incidencia esté resuelta.

También son importantes los servicios de

participación electrónica, mediante las cuales las administraciones fomentan la colaboración mediante la formulación de preguntas a sus conciudadanos en relación a determinados ámbitos urbanos que les afecta directamente: peatonalización de una calle, ubicación de un nuevo parque, etc. Este ámbito de participación también tiene que apoyarse en las redes sociales, para medir rápidamente el “sentir” de la ciudadanía. Algunas ciudades han dado un paso más y han empezado a complementar esta información en redes sociales con la registrada a través de cámaras y micrófonos desplegados por el centro de las sus núcleos urbanos (Schofield, 2012) como el sistema mostrado en la Figura 70, que permite fusionar toda la información disponible sobre la ciudad y generar conocimiento sobre el pulso de la propia ciudad.

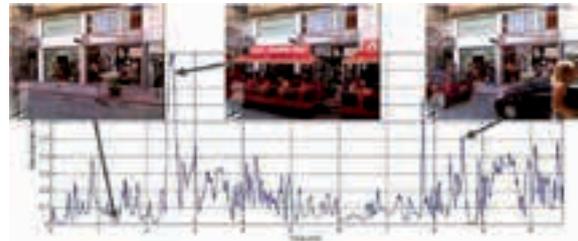


Fig. 70. Monitorización del pulso de la calle a través de cámaras y micrófonos.
Proyecto SMARTFP7 (SCHOFIELD, 2012).

SMART LIVING

El objetivo del Bienestar Inteligente consiste en desarrollar servicios que mejoran la calidad de vida de los ciudadanos y su estilo de vida. Dentro de este ámbito se engloba el tema de salud, con la gestión de la demanda asistencial, teleasistencia, asistencia a colectivos vulnerables como enfermos crónicos, niños o ancianos.

nos, gestión de emergencias sanitarias, etc. y la seguridad, tanto personal como material (ciberseguridad, videovigilancia urbana, gestión de emergencias, seguridad en el transporte, localización de desaparecidos, etc.).

Smart Health

La salud inteligente se refiere al uso de las herramientas e infraestructuras de la *Smart City* en los servicios de la salud, mejorando la calidad de vida de los ciudadanos.

El envejecimiento de la población es una tendencia en la mayoría de los países desarrollados, debido a la mayor esperanza de vida y las mejores condiciones sanitarias. Este grupo es más vulnerable a padecer enfermedades crónicas y la *Smart Health* puede ayudar a mantener los elevados costes de la asistencia sanitaria, manteniendo la calidad del servicio.

Una de las primeras aplicaciones en este campo es la telemonitorización. Se monitorizará el estado de salud de los pacientes de forma remota a través de *wearables* (nuevos dispositivos que se pueden llevar puestos: pulseras, gafas, camisetas, etc.), permitiendo a los enfermos ser diagnosticados y atendidos desde sus casas, sin necesidad de desplazarse a los centros de salud u hospitales.

Para poder realizar estas acciones, es necesario que todos los miembros sanitarios (médicos de atención primaria, hospitales y farmacias) compartan la información del paciente y

puedan acceder de forma remota a su historial clínico, a los resultados de las pruebas diagnósticas y a las recetas en formato electrónico. En este caso, el sistema de acceso a datos personales debe estar controlado, disponiendo de sistemas de autenticación, que aseguren que cada miembro accede únicamente a la información relevante que necesita para una correcta atención del paciente.

La teleasistencia permite que personas ancianas o enfermas puedan mantener su independencia y sigan viviendo en sus domicilios, dándoles asistencia en caso de necesidad. Para ello, se han desarrollado aplicaciones para geolocalizar a pacientes con problemas de deterioro cognitivo (Alzheimer, por ejemplo), que avisan cuando el paciente sale de una determinada zona. También existen sistemas que ayudan a los pacientes a recordar qué medicinas deben tomar en cada momento del día y monitorizan su estado de salud, avisando a los servicios sanitarios. Para enfermos diabéticos, se han desarrollado sistemas de monitorización automática del nivel de glucosa en sangre que, con la ayuda de una bomba de insulina, permiten mantener su nivel dentro de sus límites de seguridad (Figura 71).



Figura 71. Sistema de control de nivel de glucosa en sangre (MINIMED, 2016).

A nivel de Sanidad Pública, se pueden combinar los datos proporcionados por los usuarios y la geolocalización para alertar a la población de posibles riesgos para la salud. En este sentido, se han desarrollado aplicaciones móviles como *Don't Eat at* (Stoller, 2016) que avisan al usuario cuando entra en un restaurante que no cumple la normativa de sanidad pública en Nueva York. También se han desarrollado *app* que generan distintas rutas en función de los problemas de salud específicos de cada paciente (respiratorios, cardiovasculares, etc.) y de la información medioambiental monitorizadas en la ciudad, sugiriendo aquellas rutas que son más beneficiosas en cada momento (evitando en primavera pasear por ciertos parques si eres alérgico a alguna de las especies vegetales que haya allí, o evitando grandes desniveles a personas con problemas de corazón).

A través de estos ejemplos se observa que la *Smart Health*, en el contexto de la *Smart City*, tiene un campo de crecimiento inmenso en los próximos años.

Smart Security

Las nuevas tecnologías de la *Smart City* permiten crear entornos seguros sobre infraestructuras cuyo mal funcionamiento puede afectar a la sociedad en su conjunto o al individuo.

El primer punto a cubrir por la *Smart Security* es una gestión adecuada de las Emergencias. Sabemos que el tiempo de respuesta frente a determinadas contingencias puede resultar

crítico. Por ello, es necesario recopilar todos los datos de distintas fuentes (sensores instalados en la ciudad, llamadas al 112, comentarios en las redes sociales), fusionándolos, para detectar de manera temprana los incidentes y crear el conocimiento necesario para ayudar a tomar las decisiones adecuadas. En ocasiones, es necesario poder realizar simulaciones en tiempo real, partiendo de los datos conocidos hasta ese momento, para poder estimar cuál va a ser la evolución de la contingencia y poder adelantarse a los efectos en el futuro (por ejemplo, estudiando cómo se va a propagar el fuego o el humo en un determinado entorno, para poder priorizar la evacuación de los afectados).

En estas situaciones de emergencia también es importante informar adecuadamente y lo antes posible a los ciudadanos, aportándoles una información veraz y centralizada. Para ello la *Smart City* debe contar con un sistema multicanal que combine las llamadas de voz automatizadas, la utilización de redes sociales (Facebook, Twitter, etc.) y medios tradicionales como la radio y la televisión, de forma que se pueda informar al usuario de cualquier contingencia rápidamente, dándole instrucciones claras sobre cómo debe actuar en esa situación.

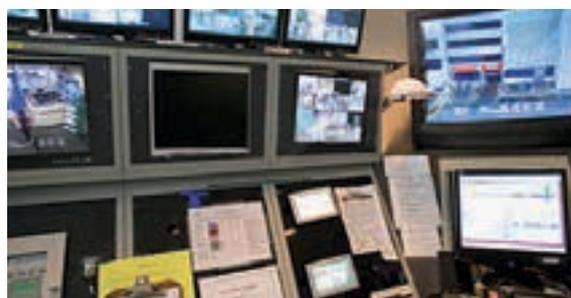


Figura 72. Servicio de video vigilancia (VISTO SEGURIDAD, 2016).

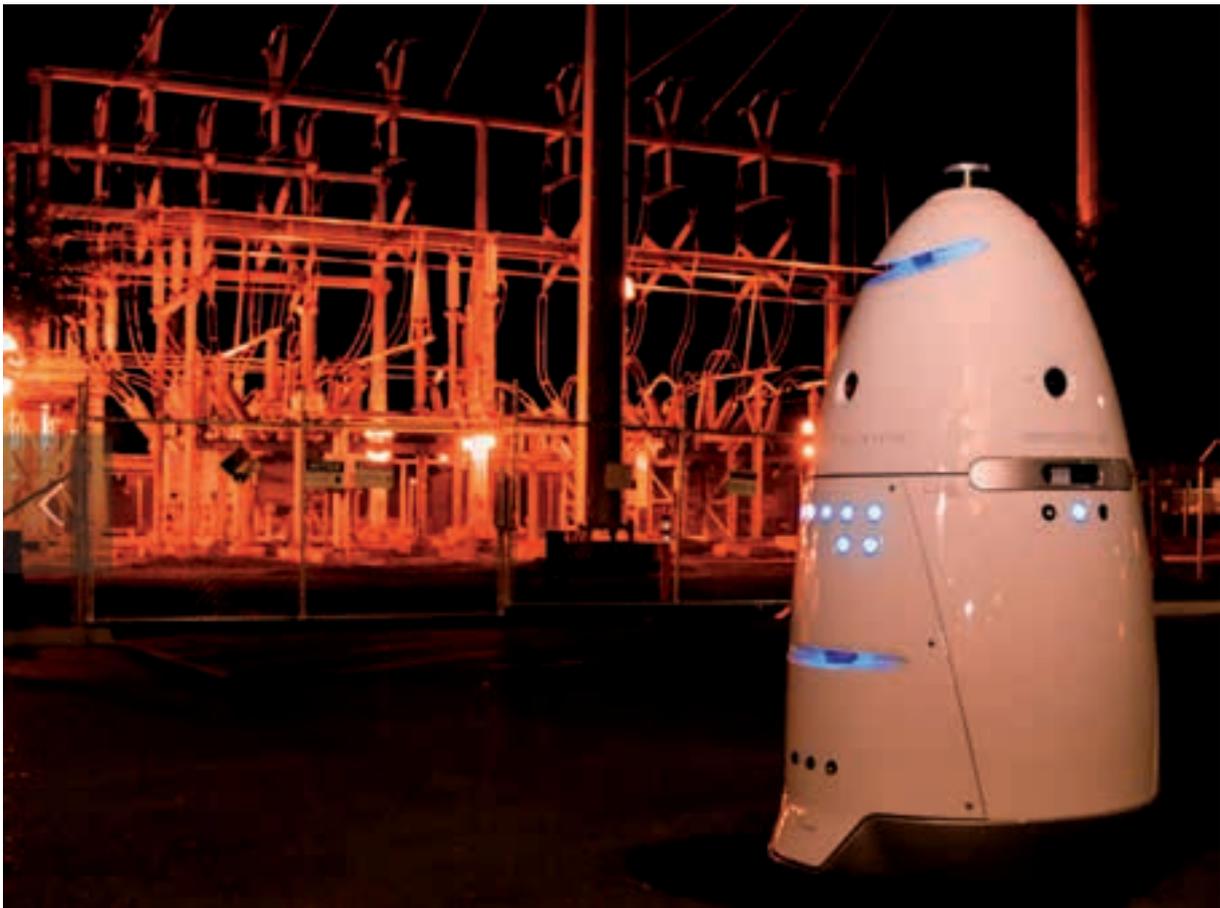


Fig. 73. Vigilancia de estructuras críticas en la ciudad mediante robots (DORMEHL, 2016).

En segundo aspecto a cubrir es la vigilancia y prevención de delitos. Para ello, los servicios de video vigilancia ayudan a controlar las actividades ilícitas en determinadas zonas urbanas. Para facilitar el proceso de esta información, se puede pre procesar la imagen y complementar con otros sensores, por ejemplo: Metro de Madrid dispone de cámaras de vídeo que permiten identificar comportamientos anómalos de personas en los andenes (detección de gente corriendo, detección de bolsas u objetos abandonados, etc.). Al producirse un evento de este tipo, el sistema de procesamiento de imagen avisa

al vigilante permitiéndole centrarse en analizar una de las varias vistas que tiene disponible para clasificar adecuadamente la amenaza. El ayuntamiento de Chicago dispone de cámaras de video vigilancia dotadas de micrófonos, que permiten enfocarlas automáticamente a aquellos lugares donde se ha oído un disparo.

Las cámaras pueden estar instaladas sobre semáforos, farolas o edificios públicos o incluso montadas sobre robots móviles como el mostrado en la Figura 73. Estos robots se encargan de realizar rutas pre programadas alrededor de las

infraestructuras críticas de la ciudad (como depósitos de agua o instalaciones eléctricas), revisar matrículas en aparcamientos y, mediante reconocimiento facial, detectar a determinadas personas en el entorno de eventos masivos (terroristas próximos a aeropuertos, estadios de fútbol, etc).

7. NORMAS UNE PARA LAS CIUDADES INTELIGENTES

El Comité Técnico de Normalización sobre Ciudades Inteligentes (AEN/CTN 178), promovido por la SETSI (Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información) fue creado por AENOR en diciembre de 2012, para llevar a cabo la tarea de normalización en el área de interés de las ciudades inteligentes.

Por otra parte, España, a través de la SETSI y AENOR, **está promoviendo estas normas técnicas en el ámbito de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU)**, donde ya han aceptado varias de las normas españolas para establecer recomendaciones mundiales en este campo, en temas como plataformas o puertos inteligentes (Marcos, 2016). Lo cual indica la relevancia que las normas emitidas por AENOR tienen para la comunidad no sólo nacional, sino también para la internacional. Ha de tenerse en cuenta que AENOR ha sido el primer organismo nacional de normalización en publicar normas técnicas para ciudades inteligentes.

AENOR, ha venido publicando desde enero de 2015 una serie de normas e informes (20 en total hasta el día de hoy, julio de 2016), que se

recogen a lo largo de este documento para la normalización y estandarización de lo que debe de ser una ciudad inteligente. Además, hay 12 proyectos de norma de Ciudades Inteligentes, la mayoría correspondiente a las métricas de infraestructuras aplicables a las redes de los servicios públicos: agua, telecomunicación y energía eléctrica, y a las redes municipales multiservicio. Estos 12 proyectos de norma se podrán consultar y realizar comentarios hasta la mencionada fecha del próximo 8 de agosto, a través del Sistema de revisión de proyectos de AENOR (<https://srp.aenor.es/>). La publicación de estas normas está prevista para finales de este año.

El Comité Técnico AEN/CTN 178, se organiza en 5 grupos o subcomités. Cada uno de ellos se encarga de la normalización de un área temática, según se indica a continuación (entre paréntesis aparece la institución u organismo que lidera cada subcomité):

- SC 1 Infraestructuras (Ayuntamiento de Rivas Vaciamadrid)
- SC 2 Indicadores y Semántica (Ayuntamiento de Santander)
- SC 3 Gobierno y Movilidad (Ayuntamiento de Valladolid)
- SC 4 Energía y Medio ambiente (Ayuntamiento de Málaga)
- SC 5 Destinos turísticos (SEGITTUR y Red.es).

Cada subcomité cuenta con varios grupos de trabajo, con más de 700 expertos en total

y con la participación de cinco ministerios del Gobierno de España. A continuación se indica la estructura de los grupos de trabajo por cada subcomité:

AEN/CTN 178/SC 01 “INFRAESTRUCTURAS”

- AEN/CTN 178/SC 01/GT 01 “RSP, Redes de Servicios Públicos”
- AEN/CTN 178/SC 01/GT 02 “Despliegue de Infraestructuras TIC”
- AEN/CTN 178/SC 01/GT 03 “Convergencia de los Sistemas de Gestión-Control en una Ciudad Inteligente”
- AEN/CTN 178/SC 01/GT 04 “Sistemas Integrales para una Ciudad Inteligente”
- AEN/CTN 178/SC 01/GT 05 “Accesibilidad Universal, Planeamiento Urbano y Ordenación del Territorio”
- AEN/CTN 178/SC 01/GT 06 “Guía de Especificaciones para Edificios Públicos”

AEN/CTN 178/SC 02 “INDICADORES Y SEMÁNTICA”

- AEN/CTN 178/SC 02/GT 01 “Definición”
- AEN/CTN 178/SC 02/GT 02 “Indicadores”
- AEN/CTN 178/SC 02/GT 03 “Indicadores de Los Derechos de los Ciudadanos”

AEN/CTN 178/SC 03 “GOBIERNO Y MOVILIDAD”

- AEN/CTN 178/SC 03/GT 01 “Gobierno”
- AEN/CTN 178/SC 03/GT 02 “Movilidad”
- AEN/CTN 178/SC 03/GT 1.1 “Open Data”
- AEN/CTN 178/SC 03/GT 1.2 “Gestión de Activos de la Ciudad”
- AEN/CTN 178/SC 03/GT 2.1 “Infraestructura de Recarga Inteligente de Vehículos Eléctricos”
- AEN/CTN 178/SC 03/GT 2.2 “KPI Para Logística Urbana o Distribución Última Milla”

AEN/CTN 178/SC 04 “ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE”

- AEN/CTN 178/SC 04/GT 03 “Medidas de Eficiencia Energética en Edificios”
- AEN/CTN 178/SC 04/GT 04 “Alumbrado Público”
- AEN/CTN 178/SC 04/GT 05 “Gestión de Servicios Básicos y Suministro de Agua y Energía Eléctrica en Puertos Inteligentes”
- AEN/CTN 178/SC 04/GT 7.1 “Sistema de Control de la Contaminación Atmosférica”
- AEN/CTN 178/SC 04/GT 7.2 “Sistema de Control de la Contaminación Acústica”

- AEN/CTN 178/SC 04/GT 7.3 “Sistema de Riego Inteligente”
- AEN/CTN 178/SC 05 “DESTINOS TURÍSTICOS”
- AEN/CTN 178/SC 05/GT “Grupo Redactor”
 - AEN/CTN 178/SC 05/GT 01 “Innovación”
 - AEN/CTN 178/SC 05/GT 02 “Tecnología”
 - AEN/CTN 178/SC 05/GT 03 “Accesibilidad”
 - AEN/CTN 178/SC 05/GT 04 “Sostenibilidad”
 - AEN/CTN 178/SC 05/GT 05 “Gobernanza”

Las normas UNE que emanen de este comité técnico se identifican de la siguiente forma:

Proyecto de Norma en elaboración:

PNE 178X0X-“Título”, donde la primera X identifica el subcomité

Norma publicada UNE:

UNE 178X0X: AÑO-“Título”

Ejemplo: UNE178301:2015

La redacción que se incluye a continuación se ha tomado de la referencia (AENOR, 2015) y de los textos de las mismas normas (en especial a lo que se refiere al objetivo de cada una de ellas).

En la Figura 74 se indican los subcomités que han generado normas publicadas y vigen-

tes a la fecha de redacción de este documento (julio de 2016). Para los demás subcomités y grupos dentro de estos comités, se han ido estableciendo los distintos proyectos de normas, unos ya en desarrollo y a la espera del proceso de información pública y otros en proceso de toma de consideración.

SUBCOMITÉ SC 1 “Infraestructuras”

- SC1/Grupo de trabajo GT1 “Redes de Servicios Públicos (RSP)”

La serie de Normas UNE 178101 “Ciudades Inteligentes. Infraestructuras. Redes de Servicios Públicos” tiene por objeto definir métricas aplicables a las redes de los servicios públicos: agua, residuos, energía (electricidad y gas), telecomunicaciones y transporte, para facilitar los mejores servicios a los ciudadanos, a la vez que procurar la máxima eficiencia y una fácil integración en el entorno, todo ello en el marco de las ciudades inteligentes y sostenibles.

Incluye, para cada uno de los indicadores, el rango de valores y el valor umbral, ambos definidos en base a la tecnología actual, y un procedimiento para ponderar, puntuar y publicar el grado de inteligencia de una red de servicio público específica y del conjunto de estas redes en una ciudad, al objeto de poder calificar a las ciudades desde el punto de vista de su infraestructura.



Figura 74. Norma UNE 178 y subcomités asociados (AENOR, 2015).

En su desarrollo se está teniendo en cuenta la especificación internacional ISO/TS 37151 “Infraestructuras comunitarias inteligentes. Principios y requisitos para la métrica del desempeño”.

La serie de Normas UNE 178101, bajo el título general Ciudades Inteligentes. Infraestructuras. Redes de los Servicios Públicos, consta de las partes siguientes:

- UNE 178101-1 Parte 1: Redes de aguas.
- UNE 178101-2 Parte 2: Redes de residuos.

- UNE 178101-3 Parte 3: Redes de transporte.
- UNE 178101-4 Parte 4: Redes de telecomunicación.
- UNE 178101-5-1 Parte 5-1: Redes de energía. Electricidad.
- UNE 178101-5-2 Parte 5-2: Redes de energía. Gas.

A Julio de 2016, ya han sido aprobadas las siguientes partes de la norma UNE 178101:

- **UNE 178101-1: 2015:** Redes de agua. Define las métricas aplicables a las redes del servicio público de aguas, limpias y sucias, de una ciudad.
- **UNE 178101-3: 2016:** Redes de transporte. Define las métricas aplicables a las redes de transporte de una ciudad.
- **UNE 178101-4: 2015:** Redes de telecomunicación. Define las métricas aplicables a las redes del servicio público de telecomunicación de una ciudad.
- **UNE 178101-5.1: 2015:** Parte 5.1: Redes de energía. Electricidad. Define las métricas aplicables a las redes del servicio público de Energía Eléctrica de una ciudad.

Próximamente se espera también haber finalizado las demás normas de la serie y que se apruebe someterlas a Información Pública:

- **UNE 178101-2:** Redes de residuos.

- **UNE 178101-5-2:** Redes de energía. Gas.

- SC1/Grupo de trabajo GT2 “Despliegue de Infraestructuras TIC”

Encargados de la publicación de la serie de Normas UNE 178102 “*Ciudades Inteligentes. Infraestructuras. Redes Municipales Multiservicio*” y la serie de Informes UNE 178107 IN “*Ciudades inteligentes. Infraestructuras. Redes de acceso y transporte*”.

Una red municipal multiservicio permite a las ciudades disponer de servicios de telecomunicación que facilitan la gestión de determinados servicios a los ciudadanos, como los de Agua, Residuos, Seguridad, Transporte, Tráfico, Comunicaciones, Información y Telecontrol. La implantación de estas redes multiservicio es objeto de la serie de normas UNE 178102 “*Ciudades Inteligentes. Infraestructuras. Redes Municipales Multiservicio*”, que define las redes municipales multiservicio, su arquitectura, sus elementos y su escalabilidad para adaptarse a diversos tamaños de ciudades.

Una red Municipal Multiservicio abarca muchos sistemas que se tratarán en la serie de Normas UNE 178102: “*Centros de Proceso de Datos (CPD), Sistema de Comunicaciones Unificadas (SCU), Sistema de Información Ciudadana (SIC), Sistema de Telecontrol (STC), Sistema de Seguridad y Emergencia (SSE), Sistema de Transporte Inteligente (STI), Sistema de Gestión de Tráfico (SGT), Sistema de Agua y Residuos (SAR)*”.

La serie de normas, UNE 178102, bajo el título general *Ciudades Inteligentes. Infraestructuras. Sistemas de Telecomunicación*, consta al menos de las partes siguientes:

- Parte 1: Red Municipal Multiservicio.
- Parte 2: Centros de Proceso de Datos, CPD.
- Parte 3: Sistema de Comunicaciones Unificadas, SCU.
- Parte 4: Sistema de Información Ciudadana, SIC.
- Parte 5: Sistema de Telecontrol, STC.
- Parte 6: Sistema de Seguridad y Emergencia, SSE.
- Parte 7: Sistema de Transporte Inteligente, STI.
- Parte 8: Sistema de Gestión de Tráfico, SGT.
- Parte 9: Sistema de Abastecimiento y Saneamiento de Agua, SAS.
- Parte 10: Sistema de gestión de Residuos, SGR.

Acompañan a esta serie de normas la serie de Informes UNE 178107 IN, sobre las redes de acceso y transporte que son soporte de una red municipal multiservicio.

Las siguientes partes de la norma UNE 178102 “*Ciudades Inteligentes. Infraestructuras.*

Redes Municipales Multiservicio” ya han sido publicadas:

- **UNE 178102-1:2015:** *Ciudades Inteligentes. Infraestructuras. Sistemas de Telecomunicación. Parte 1. Red Municipal Multiservicio.* Esta parte 1 tiene por objeto la definición de una red de telecomunicaciones municipal multiservicio soporte de las infraestructuras y servicios municipales gestionados por el Ayuntamiento; así como su composición y desglose en sistemas de telecomunicación y medios y redes de transmisión.
- **UNE 178102-3:2015:** *Ciudades Inteligentes. Infraestructuras. Sistemas de Telecomunicación. Parte 3: Sistema de Comunicaciones Unificadas, SCU.* Esta parte 3 tiene por objeto la definición de un Sistema de Comunicaciones Unificadas, SCU, que forma parte de una red de telecomunicaciones municipal multiservicio, definida en la parte 1 y soporte de las infraestructuras y servicios municipales gestionados por el Ayuntamiento; así como su arquitectura, despliegue y dimensionamiento.

Próximamente se espera también haber finalizado las demás normas de la serie y se apruebe someterlas a información pública:

- UNE 178102-2: Centros de Proceso de Datos, CPD.
- UNE 178102-4: Sistema de Información Ciudadana, SIC.

A continuación e indican los informes publicados hasta la fecha de redacción de este docu-

mento:

- UNE 178107-1: 2015 IN: Guía para las Infraestructuras de las Ciudades Inteligentes. Redes de Acceso. Parte 1: Redes de Fibra Óptica.
- UNE 178107-2: 2015 IN: Guía para las Infraestructuras de las Ciudades Inteligentes. Redes de Acceso. Parte 2: Redes inalámbricas de área ancha WMAN.
- UNE 178107-3: 2015 IN: Guía para las Infraestructuras de las Ciudades Inteligentes. Redes de Acceso. Parte 3: Redes inalámbricas de área local WLAN.
- UNE 178107-4: 2015 IN: Guía para las Infraestructuras de las Ciudades Inteligentes. Redes de Acceso. Parte 4: Redes de sensores, WSN.
- UNE 178107-5: 2015 IN: Guía para las Infraestructuras de las Ciudades Inteligentes. Redes de Acceso. Parte 5: Redes móviles de seguridad y emergencia, SSE.
- UNE 178107-6: 2016 IN: Guía para las Infraestructuras de las Ciudades Inteligentes. Redes de Acceso. Parte 6: Radioenlaces.

Faltan por redactar los siguientes informes:

- Parte 7: Cableado estructurado.
- Parte 8: Redes Móviles Públicas.
- Parte 9: Comunicaciones mediante cable eléctrico, PLC.

- Parte 10: Telecontrol.
- Parte 11: Aspectos de Privacidad.
- Parte 12: Aspectos de Seguridad.

- SC1/Grupo de trabajo GT4 “Sistemas integrales para una Ciudad Inteligente”

Norma **UNE 178104:2015**: “*Ciudades Inteligentes. Infraestructuras. Sistemas integrales de gestión de la Ciudad Inteligente*”

Su objetivo es establecer los requisitos que deben satisfacer las Plataformas de Ciudad Inteligente. Para ello se ha llegado a un modelo de capa de módulos con el que ciudadanos, empresas y operadores se sientan cómodos.

SUBCOMITÉ SC 2 “Indicadores y Semántica”

- SC 2/Grupo de trabajo GT1 “Definición”

UNE 178201:2016: “**Ciudades inteligentes. Definición, atributos y requisitos**”

Esta norma tiene por objeto proponer una definición formal del concepto “Ciudad Inteligente”, identificar los atributos que la caracterizan, los requisitos necesarios para que una ciudad pueda ser considerada Ciudad Inteligente y por último, describir una semántica de Ciudad que permita una definición coherente

de indicadores normalizados, coherentes y comparables en el tiempo y entre ciudades. Estos indicadores deben proporcionar un enfoque uniforme respecto a lo que se mide y de cómo se tiene que llevar a cabo dicha medición.

La definición, los atributos y los requisitos de una Ciudad Inteligente serán útiles no solamente para la definición del concepto en sí, sino también como base de una semántica común y elemento de relación entre las infraestructuras TIC, métricas y políticas de las Ciudades Inteligentes.

Esta norma es de aplicación a todos los actores con intereses en el desarrollo de Ciudades Inteligentes tanto públicos como privados; ayuntamientos, gobiernos regionales y nacionales, empresas TIC y de servicios, asociaciones, universidades e institutos de investigación, organizaciones no gubernamentales, foros, consorcios, organismos de normalización, ciudadanos, etc.

Por otra parte, se aprobó publicar la norma UNE-ISO 37120:2015: Desarrollo sostenible en las ciudades, indicadores para los servicios urbanos y la calidad de vida, que supone la adopción de la norma internacional ISO 37120.

MUY IMPORTANTE: El Plan Nacional de Ciudades Inteligentes seguirá la definición propuesta por el Grupo Técnico de Normalización 178 de AENOR (AEN/CTN 178/SC2/GT1 N 003) (Ministerio de Industria, Turismo, Energía y Turismo, RED.ES, SEGITTUR, EOI e IDAE, 2015)

**- SC 2/Grupo de trabajo GT2
“Indicadores”**

UNE 178202:2016: “Ciudades inteligentes. Indicadores de gestión en base a cuadros de mando de gestión de ciudad”

El objeto de esta norma es desarrollar indicadores de gestión que puedan ser una referencia para cada ciudad dentro de sus competencias municipales entre las que se encuentran, según las materias descritas en la Ley 7/1985, Reguladora de las Bases de Régimen Local:

- La ordenación, gestión, ejecución y disciplina urbanística; Patrimonio histórico-artístico.
- La protección del medio ambiente.
- La protección de la salubridad pública.
- La participación en la gestión de la atención primaria de la salud.
- La prestación de los servicios sociales y de promoción y reinserción social.
- El suministro de agua y alumbrado público; servicios de limpieza viaria, de recogida y tratamiento de residuos, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.
- El transporte público de viajeros.
- La participación en la programación de la enseñanza y cooperar con la Administración educativa en la creación, construcción y sostenimiento de los centros docentes públicos.

SUBCOMITÉ SC 3 “Gobierno y Movilidad”

- SC3/Grupo de trabajo GT1.1 “Open Data”

La norma **UNE 178301:2015**: “*Ciudades inteligentes. Datos abiertos (Open Data)*”.

Esta norma establece la forma de evaluar la publicación de Datos Abiertos u Open Data de una Ciudad. Se determina en forma de métricas y un indicador que permiten medir el grado de madurez de la apertura de datos elaborados o custodiados por el sector público de forma que se facilite su reutilización, en el ámbito de las Ciudades Inteligentes.

Esta norma es de aplicación al organismo del sector público responsable de la gestión de una ciudad. Además se establece una lista de conjuntos de datos que se consideran prioritarios en las iniciativas de datos abiertos, acompañados de una serie de vocabularios recomendados para ser utilizados en su publicación.

- SC3/Grupo de trabajo GT1.2 “Gestión de activos de la ciudad”

La norma **UNE 178303:2015**: “*Ciudades inteligentes. Gestión de activos de la ciudad. Especificaciones*”.

Especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de activos municipales, con el propósito de permitir a una entidad local contar con

un enfoque sistemático para alcanzar una mejora continua en su gestión, incluyendo todos los elementos que componen el inventario de bienes y derechos.

SUBCOMITÉ SC 4 “Energía y Medio Ambiente”

- SC4/Grupo de trabajo GT3 “Medidas de eficiencia energética en edificios”

Se quiere definir los elementos de control que ha de tener un edificio para ser considerado inteligente desde el punto de vista de la eficiencia energética en el ámbito de la *Smart City*.

El grupo de trabajo está constituido pero no se ha realizado la toma en consideración de ningún proyecto, hasta que no se defina claramente el alcance de la norma que se pretende elaborar, ya que existen otros CTN con competencia de normalización en la materia, como: AEN/CTN 217 “Sistemas de Suministro de energía”, AEN/CTN 100 “Climatización”, AEN/CTN 216 “Eficiencia Energética, Cambio Climático y Energías Renovables”.

- SC4/Grupo de trabajo GT4 “Alumbrado público”

PNE 178401 “*Ciudades Inteligentes. Alumbrado público. Tipología de telecontrol según zonificación*”

La norma pretende definir los requisitos mínimos que debe cumplir un sistema de alum-

brado público y determinar su tipificación en las ciudades inteligentes. También se quiere normalizar los indicadores de mando para el seguimiento y control de las instalaciones, para el establecimiento de ahorros energéticos objetivos.

Continúa en elaboración y se espera disponer de un borrador final para la próxima reunión del CTN 178.

- SC4/Grupo de trabajo GT5 “Gestión de servicios básicos y suministro de agua y energía eléctrica en puertos inteligentes”

UNE 178402:2015: “*Ciudades Inteligentes. Gestión de servicios básicos y suministro de agua y energía eléctrica en puertos inteligentes*”

La norma define los requisitos mínimos que deben cumplir los puertos en relación a los servicios requeridos en atraques, los sistemas de gestión de suministros y servicios en las instalaciones portuarias y las plataformas de comunicación puerto-ciudad.

- SC4/Grupo de trabajo GT 7.1 “Sistema de control de la contaminación atmosférica”

PNE 178403 “*Ciudades Inteligentes. Sensorización ambiental. Sistema de Control de Contaminación Atmosférica*”

El 12 de mayo se aprobó constituir este

grupo de trabajo para la elaboración de la norma, centrándose en las posibilidades que ofrece la red específica de monitorización de contaminantes por medio de analizadores automáticos. Se realizó la toma en consideración del proyecto.

- SC4/Grupo de trabajo GT 7.2 “Sistema de control de la contaminación acústica”

PNE 178404 “*Ciudades Inteligentes. Sensorización ambiental. Sistema de Control de Contaminación Acústica*”

El 12 de mayo se realizó la toma en consideración del proyecto de norma y se aprobó constituir este grupo de trabajo para su elaboración.

- SC4/Grupo de trabajo GT 7.3 “Sistema de riego inteligente”

PNE 178405 “*Ciudades Inteligentes. Sensorización ambiental. Sistema de Riego Inteligente*”

El 12 de mayo se realizó la toma en consideración del proyecto de norma y se aprobó constituir este grupo de trabajo para su elaboración.

SUBCOMITÉ SC 5 “Destinos turísticos”

- SC5/Grupo de trabajo GT1 “Innovación”

- SC5/Grupo de trabajo GT 2 “Tecnología”

- SC5/Grupo de trabajo GT 3 “Accesibilidad”

- SC5/Grupo de trabajo GT 4 “Sostenibilidad”

- SC5/Grupo de trabajo GT “Grupo redactor”

En la referencia (Ministerio de Industria, Turismo, Energía y Turismo, RED.ES, SEGITTUR, EOI e IDAE, 2015) se indica que: “El Plan de Ciudades Inteligentes seguirá la definición propuesta por el Grupo Técnico de Normalización 178 de AENOR (AEN/CTN 178/SC5 Destinos Turísticos): “Un destino turístico innovador, consolidado sobre una infraestructura tecnológica de vanguardia, que garantiza el desarrollo sostenible del territorio turístico, accesible para todos, que facilita la interacción y la integración del visitante con el entorno e incrementa la calidad de su experiencia en el destino y mejora la calidad de vida de los residentes.”

UNE 178501: “Sistema de gestión de los destinos turísticos inteligentes. Requisitos”.

SEGITTUR ha confiado a AENOR la elaboración de la norma UNE 178501 dinamizando las estructuras existentes, a fin de contar con ella en la próxima reunión del CTN 178.

Esta norma nacional especificará los requisitos de un sistema de gestión de los Destinos Turísticos Inteligentes (DTI) a partir del cual el ente gestor del destino turístico puede desarrollar e implementar una política de gestión y esta-

blecer objetivos, metas y planes de acción, para crear un marco que le permita su desarrollo de forma inteligente. Teniendo en cuenta los cuatro ejes fundamentales sobre los que se asienta un DTI: innovación, tecnología, accesibilidad y sostenibilidad en todos sus aspectos (social, económico y ambiental).

PNE 178502 “Indicadores de los destinos turísticos inteligentes”

Este trabajo está a la espera, dando prioridad a la otra norma.

REFERENCIAS

ABB. (2012). *¿Por qué las redes inteligentes? Un sistema eléctrico eficiente y fiable para un mundo sostenible.*

Academy, P. L. (2008). *Basics of light and lighting.* Koninklijke Philips Electronics N.V.

AENOR. (2015). *Las Normas para las Ciudades Inteligentes. Informe de Situación.* Madrid (Spain): AENOR.

Aenor. (2016). UNE 178201. *Ciudades Inteligentes: Definición, atributos y requisitos.* Madrid: AENOR.

AFI-Consultores de las administraciones públicas, D. V. (2011). *Guía para la introducción del vehículo eléctrico en el ámbito urbano.* Ma-

drid (Spain): IDAE.

Agencia Europea de Medio Ambiente. (2015). *El Medio Ambiente en Europa. Estado y Perspectivas 2015.* Compenhague (Dinamarca): AEMA.

Aguirre, J. (2014). *Ejemplos de estrategia de expansión Smart City.* Madrid: Schneider Electric.

Airbnb. (2016). *Airbnb.* Obtenido de <https://www.airbnb.es>

Amazon. (2016). *Amazon Web Services.* Obtenido de <https://aws.amazon.com/es/>

Ayuntamiento de Madrid. (2011). *Mapa Estratégico de Ruido de Madrid.* Madrid (Spain): Ayuntamiento de Madrid.

BHTVision. (2016). *BHTVision.* Obtenido de <http://bhtvision.com/smart-city/>

Blossom. (2016). *What is Smart Watering?*

BMW. (2015). *Light and Charge.* Munich (Alemania): BMW Group.

BOE. (2007). *ORDEN ITC/3860/2007, de 28 de diciembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de enero de 2008.* Madrid (Spain): BOE.

BOE. (2012). *Orden IET/290/2012, de 16 de febrero, por la que se modifica la Orden ITC/3860/2007, de 28 de diciembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de*

enero de 2008 en lo relativo al plan de sustitución de contadores. Madrid (Spain): BOE.

BOE. (2015). *Real Decreto 900/2015, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo*. Madrid (Spain): BOE.

British Museum-Google. (2016). *Visita Virtual Al British Museum*. Obtenido de <https://britishmuseum.withgoogle.com/>

Bureau, U. C. (junio de 2016). *US and World Population Clock*. Obtenido de <http://www.census.gov/popclock/>

Calvo, P. (6 de Abril de 2016). *La banca enfila el cierre de 9.000 oficinas a rebufo del Santander y BBVA*. Obtenido de http://www.elconfidencial.com/empresas/2016-04-06/la-banca-enfila-el-cierre-de-9-000-oficinas-y-30-000-despidos-a-rebufo-del-santander-y-bbva_1179272/

CAM. (1 de 7 de 2016). *Concentración de Tipos Polínicos*. Obtenido de http://gestionamadrid.org/spol_web_inter/BusquedaCaptadoresGISAccion.icm

Canal de Isabel II. (2015). *Banco de Imágenes*. Obtenido de <https://www.canalgestion.es/es/comunicacion/banco/imagenes/gestionamos/>

Canal de Isabel II Gestión. (2016). *El ciclo integral del agua*. Obtenido de <http://www.canalcicointegraldelagua.es/centro-de-control.html>

Canal Isabel II. (2015). *Tratamiento*. Ciclo integral del agua.

Catalunya, C. T. (2012). *Hoja de Ruta para la Smart City*. Barcelona (Spain).

Cavazza, F. (23 de abril de 2016). *Social Media Landscape 2016*. Obtenido de <http://www.fredcavazza.net/2016/04/23/social-media-landscape-2016/>

CECU, C. d. (2010). *Guía Práctica sobre Ahorro y Eficiencia Energética en Edificios*. Madrid (Spain): CECU.

Chaffey, D. (21 de Abril de 2016). *Global social media research summary 2016*. Obtenido de <http://www.smartinsights.com/social-media-marketing/social-media-strategy/new-global-social-media-research/>

City Protocol Society, C. (2016). *City Protocol*. Obtenido de <http://cityprotocol.org/>

CNMC. (2015). *Informe sobre el cumplimiento del primer hito del plan de sustitución de contadores*. Madrid (Spain): CNMC.

Datoo, S. (8 de 8 de 2013). *This recycling bin is following you*. Obtenido de <http://qz.com/112873/this-recycling-bin-is-following-you/>

Department for Business, Innovation and Skills. (2013). *The Smart City Market: Opportunities for the UK*. London: BIS.

DigitalAV. (5 de 7 de 2016). *Santa Susanna*

apuesta por la información digital. Obtenido de <http://www.digitalavmagazine.com/2012/07/25/santa-susanna-apuesta-por-la-informacion-digital/>

Ditrendia. (2015). *Informe Mobile en España y en el Mundo 2015*. Madrid: Ditrendia.

Dormehl, L. (7 de 7 de 2016). *Look out mall cops — this 300 pound security robot might be your replacement*. Obtenido de <http://www.digitaltrends.com/cool-tech/security-robot-knightscope-k5/#/7>

EC, E. C. (2006). *Moving towards clear air for Europe*. European Commission.

Edimburgo, A. d. (2009). *Smart Cities Pilot - Web Services Pilot - Edinburgh*. Obtenido de <http://www.smartcities.info/smart-cities-pilot-web-services-pilot-edinburgh>

EnBiciPorMadrid. (6 de 4 de 2016). *Las 22 iniciativas pro-bici aprobadas por el Ayuntamiento, a examen: 1. BiciMAD*. Obtenido de <http://www.enbicipormadrid.es/2016/04/las-22-iniciativas-pro-bici-aprobadas.html>

Europapress. (20 de 6 de 2016). *Car2go afirma que el uso de sus vehículos eléctricos evita 343 toneladas de emisiones de CO₂*. Obtenido de <http://www.europapress.es/madrid/noticia-car-2go-afirma-uso-vehiculos-electricos-evita-343-toneladas-emisiones-c02-20160620193641.html>

European Parliament. (2014). *Mapping Smart Cities in the EU*. Bruselas (Bélgica): Eu-

ropean Union.

European Technology Platform. (2010). *SmartGrids. Strategic Deployment Document for Europe's Electricity Networks of the Future*.

Evans, D. (2011). *Internet of Things. La próxima evolución de Internet lo está cambiando todo*. San José (USA): Grupo de Soluciones Empresariales para Internet (IBSG) de Cisco.

Ferrovial. (3 de 6 de 2015). *Autopistas*. Obtenido de <https://blog.ferrovial.com/es/autopistas/>

FleetKarma. (2015). *Fleet Karma*. Obtenido de <http://www.fleetcarma.com/>

Fundación InnDEA Valencia. (2015). *Valencia. Ciudad Inteligente*. Valencia (España): Fundación InnDEA Valencia.

GlobeScan y MRC McLean Hazel. (2007). *Desafíos de las Megaciudades. Una perspectiva de los líderes y expertos*. Bogotá (Colombia): Siemens AG.

Gnaticov, C. (3 de 7 de 2016). *This Is How The Netherlands' Intuitive Traffic Lights Cut Waiting Times*. Obtenido de <http://www.carscoops.com/2016/07/this-is-how-netherlands-intuitive.html>

Google. (2016). *Waze*. Obtenido de <https://www.waze.com/es/>

Google Self-Driving. (2016). *Google Self-Driving Car Project*. Obtenido de <https://www>.

google.com/selfdrivingcar/

Green Party. (2015). *New Ham Green Party*. Obtenido de <http://newhamgreenparty.com/2015/03/15/tackling-air-pollution/>

Greenfield, R. (5 de 1 de 2016). *Bloomberg*. Obtenido de New York City Unveils Its First Super-Fast WiFi Kiosks: <http://www.bloomberg.com/news/articles/2016-01-05/new-york-city-unveils-its-first-super-fast-wifi-kiosks>

Hedonometer-Team. (2016). *Hedonometer*. Obtenido de <http://hedonometer.org/index.html>

HP. (2012). *Be a smart city. Look at smart street lighting*. San Jose, USA: HP Enterprise.

Hugo Hidalgo, D. C. (2005). *Sources of Variability of Evapotranspiration in California*. Journal of Hydrometeorology, <http://dx.doi.org/10.1175/JHM-398.1>.

ICT. (2015). *ICT Facts & Figures. The world in 2015*. Geneva, Switzerland: International Telecommunication Union.

IDAE. (2012). *Mapa Tecnológico "Ciudades Inteligentes"*.

Interempresas. (28 de 10 de 2015). *BBVA aporta nuevas herramientas para medir el pulso vital de las ciudades*. Obtenido de https://www.interempresas.net/Smart_Cities/Articulos/146309-BBVA-aporta-nuevas-herramientas-para-medir-el-pulso-vital-de-las-ciudades.html

ITS. (24 de 6 de 2015). *Welsh capital delivering smart parking solution*. Obtenido de <http://www.its-ukreview.org/welsh-capital-delivering-smart-parking-solution/>

James Crowther, C. H. (2012). *The Time is Right for Connected Public Lighting Within Smart Cities*. Amsterdam: Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG).

Jeffery B. Greenblatt, S. S. (2015). *Autonomous taxis could greatly reduce greenhouse-gas emissions of US light-duty vehicles*. Nature Climate Change, 860-863.

Juan Andrés Gualda Gil, J. A. (2012). *Alumbrado público: ¿VSAP o LED?* *Luminotecnia*, 7.

K.V.Krishnan. (2015). *Workshop on Smart Solutions for Service Delivery in Cities*. Chennai.

Kamstrup. (2016). *Contadores inteligentes de agua Kamstrup*. Obtenido de <https://www.kamstrup.com/es-es/products-and-solutions/water-meters>

Lamy, L. (2016). *IDC Spending Guide Finds Western European Organizations Accelerating Their Investment in the Internet of Things as Meaningful Use Cases Find Their Way to Fruition*. London (UK): IDC.

Madrid, A. d. (2016). *¡Madrid! Datos abiertos*. Obtenido de <http://datos.madrid.es/portal/site/egob>

Madrid, C. d. (2016). *Ciudades del futuro: Propuestas desde la Ingeniería*. Madrid (Spain):

Caminos Madrid.

Madrid, E. (9 de 1 de 2015). *EMT Madrid*. Obtenido de <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.emtmadrid.emt&hl=es>

Manuel. (4 de 5 de 2015). *App erstellen mit erweiterter Realität für Android*. Obtenido de <https://de.yeeply.com/blog/app-erstellen-mit-erweiterter-realitaet-fuer-android/>

Marcos, T. (2016). *Normas Técnicas para las Ciudades Inteligentes en España: Actividad del Comité CTN 178 de AENOR*. Madrid: II Congreso de Ciudades Inteligentes.

McKinsey Global Institute. (2011). *Urban world: Mapping the economic power of cities*. Washington, DC: McKinsey Global Institute.

MejoraTuCiudad. (2016). *Mejora tu ciudad*. Obtenido de <http://www.mejoratuciudad.org/>

Meza, A. (2015). *Smart Irrigation Practices and new Technology*. RainBird.

MiniMed. (2016). *MiniMed Paradigm Veo*. Obtenido de http://www.diabetes-support.org.uk/info/?page_id=729

Ministerio de Industria, Turismo, Energía y Turismo, RED.ES, SEGITTUR, EOI e IDAE. (2015). *Plan Nacional de Ciudades Inteligentes*. Madrid (Spain).

Mobiloc. (2015). *Mobiloc*. Obtenido de <http://www.moviloc.com/index.php/es/moviloc>

Mohsenian-Rad, H. (2012). *Communications and Control in Smart Grid*. Texas (USA).

Monerator. (2015). *MONERATOR Smart Hybrid UPS*. Obtenido de http://monerator.com/product_smart_hybrid_ups.html

NHTSA. (30 de 5 de 2013). *U.S. Department of Transportation Releases Policy on Automated Vehicle Development*. Obtenido de <http://www.nhtsa.gov/About+NHTSA/Press+Releases/U.S.+Department+of+Transportation+Releases+Policy+on+Automated+Vehicle+Development>

Nissan. (2016). *Nissan Introduces the FUEl Station of the Future*. Obtenido de <https://youtu.be/zLs7YOjC2mE>

Ormaechea, E. (2016). *Hábito de vida saludable*. Madrid: Mapfre. Obtenido de <http://www.mapfre.es/salud/es/cinformativo/ruido-salud.shtml>

Owlet. (2013). *Smart Control for Efficient Lighting*. Schröder.

Patricio, J. (23 de 2 de 2011). *Las paradas solares del bus: así son y así funcionan*. Obtenido de <https://ecomovilidad.net/barcelona/las-paradas-solares-del-bus-asi-son-y-asi-funcionan/>

Raúl Álvarez. (30 de 6 de 2016). *Se confirma la primera muerte a bordo de un Tesla con piloto automático activado*. Obtenido de <http://www.xataka.com/automovil/se-confirma-la-primera-muerte-a-bordo-de-un-tesla-con-piloto-automatico-activado>

ReparaCiudad. (2016). *ReparaCiudad*. Obtenido de <http://reparaciudad.com/>

RES. (15 de 8 de 2013). *¿Qué servicios ofrece una Smart City a sus ciudadanos? Smart Metering (4)*. Obtenido de <http://www.ecointeligencia.com/2013/08/que-servicios-ofrece-una-smart-city-a-sus-ciudadanos-smart-metering-4/>

RES. (6 de 9 de 2013). *6 claves que debes conocer sobre Internet de las Cosas*. Obtenido de <http://www.ecointeligencia.com/2013/09/6-claves-internet-de-las-cosas-iot/>

Robles, R. V. (2013). *Jornada Monográfica sobre Smart grids*. CITCEA-UPC.

Santander, A. d. (2012). *Santander Smart City-Plan Director de Innovación*. Santander (Spain).

Schofield, J. (11 de 6 de 2012). *Glasgow's SMART search engine senses cities*. Obtenido de <http://www.zdnet.com/article/glasgows-smart-search-engine-senses-cities/>

Secmotic. (2 de 3 de 2016). *Smart City Málaga*. Obtenido de <https://secmotic.com/blog/smart-city-malaga-ya-es-una-realidad/>

Segovia, A. d. (10 de 12 de 2010). *Adaptación y mejora de las instalaciones de la iluminación viaria en El Carmen, La Albuera y Madrona*. Obtenido de <http://www.segovia.es/index.php/mod.pags/mem.detalle/id.10821>

Senseable City Lab. (2016). *Light Traffic*. Obtenido de <http://senseable.mit.edu/light-traffic/>

Sidewalklabs. (2016). *Sidewalklabs*. Obtenido de <https://www.sidewalklabs.com/flow/index.html>

Signals, C. (2016). *EnLighten enabled for BMW Apps*. Obtenido de https://connectedsignals.com/enlighten_BMW_users_guide.php

Sorokanich, B. (13 de 7 de 2015). *Google Self Driving Car's Interior Looks Like it Was Made by Playskool*. Obtenido de <http://www.roadandtrack.com/new-cars/car-technology/news/a26070/google-self-driving-car-interior-looks-like-playskool/>

Stoller, M. (2016). *Don't Eat at*. Obtenido de <http://www.donteat.at/>

Sturn, J. (2014). *Smart Cities, Smart Infrastructure, Smart Lighting-An Integrative Approach to Outdoor Lighting*. Abu Dhabi: Global Lighting Association.

Tesla Team. (30 de 6 de 2016). *A Traffic Loss*. Obtenido de https://www.teslamotors.com/en_EU/blog/tragic-loss?redirect=no

T-Light. (2015). *Smart Lighting Control*. Tele-matics Wireless.

TMCNET. (s.f.). V2V. Obtenido de <https://images.tmcnet.com/>

Uber. (2016). *Uber*. Obtenido de <https://www.uber.com/es-ES/>

UE. (2009). *Directiva 2009/72/CE sobre normas comunes para el mercado interior de la*

electricidad. Bruselas (Belgium): UE.

UN. (2014). *World Urbanization Prospects*. UN.

UN, D. o. (29 de July de 2015). UN. Obtenido de <http://www.un.org/en/development/desa/news/population/2015-report.html>

UN-Habitat. (2011). *Informe mundial sobre asentamientos humanos 2011. Las ciudades y el cambio climático: orientaciones para la política*. Washington DC (USA): UN.

Visto Seguridad. (2016). *Servicios de Televigilancia*. Obtenido de <http://www.vistoseguridad.es/servicios/televigilancia>

Vitoria-Gasteiz. (2016). *Proyecto de Regeneración urbana integrada en el barrio de la Coronación*. Vitoria-Gasteiz (Spain): Ayuntamiento de Vitoria.

Waze-Livemap. (7 de 7 de 2016). *waze*. Obtenido de <https://www.waze.com/es/livemap>

Wazypark. (2016). *Wazypark*. Obtenido de <http://www.wazypark.com/>

Wazypark. (2016). *Wazypark. Aparca a la primera*. Obtenido de <http://www.wazypark.com/>

WHO, W. H. (2015). *Air quality deteriorating in many of the world's cities*. WHO.

Xerox. (2016). *Keeping our cities moving. The four big challenge cities are facing in 2016*. Xerox.



GRUDILEC

Distribución Material Eléctrico

Carrera de San Jerónimo 15, 2ª planta / 28014 Madrid

T: +34 914 54 70 81 / F: +34 914 54 70 01

gerencia@grudilec.com / grudilec.com



Miembros de:

