

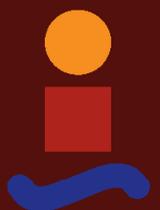
Trabajo Fin de Grado  
Grado en Ingeniería de las Tecnologías de  
Telecomunicación

Estudio del estado del arte de las infraestructuras y  
tecnología en el ámbito de la ciudad inteligente

Autor: Francisco Gamero Matador  
Tutor: María Auxiliadora Sarmiento Vega  
Tutor: Irene Fondón García

Dep. Teoría de la Señal y Comunicaciones  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2018





Trabajo Fin de Grado  
Grado en Ingeniería de las Tecnologías de Telecomunicación

# **Estudio estado del arte de las Infraestructuras y Tecnología en el ámbito de la ciudad**

Autor:  
Francisco Gamero Matador

Tutor:  
María Auxiliadora Sarmiento Vega  
Profesora contratada doctora interina

Tutor:  
Irene Fondón García  
Profesora contratada doctora

Dep. de Teoría de la Señal y Comunicaciones  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla  
Sevilla, 2018



Trabajo fin de Grado: Estudio estado del arte de las Infraestructuras y Tecnología en el ámbito de la ciudad

Autor: Francisco Gamero Matador

Tutores: María Auxiliadora Sarmiento  
Vega

Irene Fondón García

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2018

El Secretario del Tribunal

*A mi madre, que estuvo y  
siempre estará.*

# Agradecimientos

---

En primer lugar, quisiera comenzar agradeciendo a mi madre todo lo que hizo por mí y todo lo que me enseñó, que, si no llega a ser por ella y por el esfuerzo de mi padre, hoy no estaría escribiendo estas letras.

Agradezco a mi prometida Katherine el haber aparecido en mi vida para cambiarla por completo, que con la ayuda y confianza que me brinda en cada momento, hace posible que ahora esté culminando esta etapa.

También quiero acordarme de los amigos que me han apoyado y han dado ánimos en los buenos y malos momentos, y a los compañeros que siempre han estado cuando se les necesitaba.

Y gracias a mi tutora Auxiliadora Sarmiento por haberme dado la oportunidad de realizar este trabajo fin de grado.

*Francisco Gamero Matador  
Sevilla, 2018*



# Resumen

---

El desarrollo de este TFG está encaminado al conocimiento del estado en el que se encuentran nuestras ciudades en la actualidad, sumergidas en un proceso de cambio como lo puede estar cualquier faceta de nuestra vida o de la sociedad en general. Este cambio ha llegado para instaurar lo que denominan la transformación digital, transformación que convierte a nuestras urbes en entes inteligentes y más eficientes, las *Smart Cities*. Plantea el estudio de los desafíos más notables en la gestión y planificación, y del papel que juegan las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en la mejora de la organización y la vida en las ciudades.

En particular, se estudia la ciudad en un ámbito general en un principio, para luego proceder a la definición de ciudad inteligente de modo más concreto y exhaustivo. Consecutivamente, se trabaja sobre la transformación digital de las ciudades, del modo en el que las ciudades adaptan e integran unas infraestructuras y hábitos existentes en pleno funcionamiento a otros hábitos e infraestructuras inteligentes, donde las TIC dotan a las ciudades de nuevas capacidades de comunicación, almacenamiento, detección, análisis y visualización de incommensurables sumas de datos. Después de esto, se presentan las soluciones vigentes a servicios de infraestructuras y la forma en que estas son gestionadas. Finalmente, se estudian los estándares de referencia que ayudan a solucionar el mayor obstáculo de la transformación digital de las ciudades, la interoperabilidad.



# Abstract

---

The development of this final project is directed at the knowledge of the singular moment in which our cities are found today, immersed in a process of digital transformation not very different from the one that affects other areas of our lives and societies that lead to the condition of Smart Cities. This project proposes the study of the most relevant challenges in urban planning and management, and how ICTs are a facilitator to improve the organization of life in cities.

In particular, the city is studied in a general setting in the beginning, and then proceeds to define the smart city in a more concrete and exhaustive way. Consecutively, we are working on the digital transformation of cities, to the extent that the major challenge is the fundamental adaptation and integration of infrastructures and traditional processes to the already existing framework found in cities to be smart and connected, supported by the new capabilities of detection, communication, storage, analysis and visualization of huge amounts of data that enable information and communication technologies (ICT). After this, solutions to infrastructure services are presented today and the way they are managed. Finally, the reference standards that help solve the greatest obstacle to the digital transformation of cities, interoperability, are studied.



# Índice

---

<b>Agradecimientos</b>	<b>vii</b>
<b>Resumen</b>	<b>ix</b>
<b>Abstract</b>	<b>xi</b>
<b>Índice</b>	<b>xiii</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>xvi</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>xviii</b>
<b>1 Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos	2
1.2 Estructura del Estudio	2
<b>2 La Ciudad Inteligente</b>	<b>5</b>
2.1 Origen	7
2.2 Definición	8
2.3 Agentes involucrados	10
2.3.1 Administración Pública Local	10
2.3.2 Sector Privado	12
2.3.3 Ciudadano Inteligente	12
2.4 Ventajas de una Ciudad Inteligente	14
2.5 Las Ciudades más Inteligentes	16
<b>3 Transformación Digital</b>	<b>20</b>
3.1 Tendencias	20
3.2 Motivos de transformación	21
3.3 Ciudades inteligentes	22
3.3.1 El alcance	25
3.3.2 El tiempo y el coste	25
3.4 Estrategias de transformación	26
3.4.1 Estrategia 1 - Planes	26
3.4.2 Estrategia 2 - Modelos	33
<b>4 Gestión y planificación de la ciudad</b>	<b>37</b>
4.1 Integración vertical	37
4.1.1 Servicios	37
4.2 Integración horizontal	55
4.2.1 Plataforma horizontal	55
<b>5 Estandarización</b>	<b>69</b>
5.1 UNE 178 104	70

5.2	UNE 178 301	77
5.3	TS-0001 Arquitectura funcional	78
5.3.1	Definiciones	78
5.3.2	Modelo de capas	79
5.3.3	Entidades funcionales	79
5.3.4	Puntos de referencia	80
5.3.5	Nodos	81
5.3.6	Funciones de servicios comunes	82
5.4	TS-0002 Requisitos	84
5.5	TS-0001 Casos de uso	86
5.6	Últimas normas publicadas	87
<b>6</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>92</b>
<b>7</b>	<b>Referencias</b>	<b>95</b>
	<b>Glosario</b>	<b>103</b>



# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 2-1. Ranking 10 ciudades más Inteligentes	18
Tabla 3-1. Planes estratégicos	26
Tabla 3-2. Estructura del plan	28
Tabla 3-3. 1ª Convocatoria de Ciudades Inteligentes	29
Tabla 3-4. Convocatoria Islas Inteligentes	30
Tabla 3-5. 2ª Convocatoria de Ciudades Inteligentes	30
Tabla 5-1. Clasificación casos de usos oneM2M	86



# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 2-1. Síntesis Smart City	6
Figura 2-2. Huella Global	8
Figura 2-3. Rol del ciudadano digital	13
Figura 2-4. Mapa ciudades inteligentes	18
Figura 3-1. Tendencias que impactan en el desarrollo de las ciudades inteligentes	21
Figura 3-2. Modelo de 6 bloques desarrollado por la Universidad de Viena	23
Figura 3-3. Modelo de ciudad inteligente	24
Figura 3-4. Objetivos generales del PNTI	31
Figura 3-5. Modelo del PNTI	33
Figura 3-6. Modelo simple de transformación de ciudad	34
Figura 3-7. Arquitectura de Ciudad	35
Figura 4-1. Smart traffic	39
Figura 4-2. Pantalla autobús de Madrid	40
Figura 4-3. Bicicleta proyecto Copenhagen Wheel	41
Figura 4-4. Detección de estacionamiento por WeGo&Park de Wellness Telecom	42
Figura 4-5. Etiqueta RFID	44
Figura 4-6. Electrolineras	45
Figura 4-7. Dispositivo de medición volumétrico	47
Figura 4-8. Esquema de funcionamiento de SmartAqua	48
Figura 4-9. Sistema de medición móvil de calidad de aire	49
Figura 4-10. Esquema de solución WeSave	50
Figura 4-11. Proyecto WikiCity	53
Figura 4-12. Dispositivo teleasistencia	54
Figura 4-13. Arquitectura plataforma IOC de IBM	59
Figura 4-14. Arquitectura plataforma Sofia2 de Indra	60
Figura 4-15. Esquema modular de SmartBrain	62
Figura 4-16. Vista general sistema Carriots	64
Figura 4-17. Arquitectura general plataforma horizontal	66
Figura 5-1. Plataforma horizontal	73
Figura 5-2. Modelo capas Servicios M2M	79
Figura 5-3. Arquitectura funcional	79
Figura 5-4. Nodos y entidades de oneM2M	82
Figura 5-5. Capa de servicios comunes	83
Figura 5-6. Cargos funcionales del sistema M2M	85
Figura 5-7. Estructura de Nodo IoT de edificio	88
Figura 5-8. Integración Edificio Inteligente	89





# 1 INTRODUCCIÓN

---

Las ciudades han sido desde sus orígenes lugares de congregación de personas, donde estas veían en ellas, un lugar donde aumentaban sus expectativas de alcanzar una oportunidad laboral o de negocio, y en definitiva una mejor calidad de vida. Aunque a día de hoy, algunas de ellas se encuentran en un punto de inflexión en lo que a sostenibilidad y ganancias de bienestar se refiere, debido a la gran capacidad de absorción de población mostrada hasta el momento.

Por ello, las autoridades públicas locales tienen, por normativa, las competencias necesarias para garantizar niveles mínimos de bienestar a los residentes y transeúntes. El bienestar es una cualidad de dimensiones múltiples cuando se trata de un pensamiento generalizado de un gran número de personas. Para conseguirlo las ciudades deben ser buenas proveedoras de bienes y servicios públicos además de ser impulsoras de economías, políticas, servicios sociales y planes urbanísticos.

La forma en la que las ciudades crecen ha de hacerse de forma planificada y ordenada. Esto conlleva múltiples retos a todos los que en ellas habitan, trabajan o visitan y, en especial, a quienes las gobiernan y administran. He aquí donde entran en juego las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), teniendo un papel fundamental en las mejoras de eficiencia en la gestión de los servicios públicos de carácter urbano; de la calidad del entorno, aire que respiramos, agua que consumimos, espacios públicos en los que realizamos múltiples actividades; del atractivo para emprendimientos y actividades económicas; de la movilidad de mercancías (logística) y personas; y de la consideración de la opinión de los ciudadanos en la toma de decisiones que atañen a la ciudad.

El concepto de *Smart City*, podemos encontrarlo definido de diversas y distintas formas, no existe una definición formal, pero si existe un denominador común en la mayoría de ellas, que no es otro que la utilización de las TIC para mejorar la calidad de vida de las ciudades, independientemente de país, continente o región del planeta de donde provengan. Es de notar, que las TIC son un gran soporte en la transformación de una ciudad independientemente de cuales sean sus raíces sociales, culturales, de las problemáticas más acuciantes de la ciudad en cuestión, de su pasado más inmediato —que comprende su planificación—, de su orografía y demografía y, en definitiva, de las prioridades que los ciudadanos tengan y declaren.

El presente trabajo fin de grado busca agrupar el conocimiento acumulado de los desarrollos más

destacados en relación con la transformación digital de las ciudades en favor de la eficiencia, la sostenibilidad y el bienestar de los que pasan y habitan en ellas.

### 1.1 Objetivos

El objetivo principal de este Trabajo Fin de Grado está relacionado con lo que podríamos denominar la transformación digital de las ciudades, en la forma de como las ciudades adaptan unos hábitos e infraestructuras tradicionales ya existentes en pleno funcionamiento a unos inteligentes y conectados, donde las tecnologías de la información y comunicación (TIC) dotan a las ciudades de nuevas capacidades de comunicación, detección, análisis, almacenamiento y visualización de ingentes cantidades de datos. En particular, los objetivos del trabajo son los siguientes:

- Introducir una visión conjunta de los retos de las ciudades, y de cómo la tecnología contribuye a afrontar estos retos.
- Entender el concepto de ciudad inteligente.
- Analizar que entendemos por transformación digital y las estrategias para llevarla a cabo.
- Estudio de los servicios y plataformas de gestión de una ciudad inteligente.
- Mencionar y resumir los estándares que ayudan a tratar el problema de la interoperabilidad y compartición de datos.

### 1.2 Estructura del Estudio

En este apartado vamos a comentar brevemente la organización del presente documento, el cual lo componen seis capítulos, cada uno de los cuales consta a su vez de diferentes secciones y subsecciones:

- En primer lugar, está el capítulo La Ciudad Inteligente. En este capítulo se hace una breve introducción y se explica el origen de las ciudades, el concepto de Smart City, los agentes involucrados y por último se trata el por qué son estas ciudades necesarias.
- En segundo lugar, en el capítulo Transformación digital se desarrolla el proceso de transformación digital en el ámbito de la ciudad, buscando en un primer lugar las tendencias de interés, luego los motivos para la transformación, medidores como alcance

tiempo y coste y al final del capítulo se estudian las distintas estrategias de transformación.

- En el cuarto capítulo Servicios, se presentan las verticales o servicios que gestionan la ciudad junto con la integración de todas ellas en una gran estructura centralizada de gestión transversal que definiremos y estudiaremos, la plataforma horizontal.
- En el quinto capítulo se aborda el estado actual de la estandarización, pieza fundamental a los problemas relacionados con la interoperabilidad.
- Por último, se muestran las conclusiones del proyecto.



## 2 LA CIUDAD INTELIGENTE

---

La mayor parte de la población mundial ya es urbanita. En España [1] el 80% de las personas viven en ciudades, residentes que gracias a las aplicaciones tecnológicas, han cambiado la forma de relacionarse con los demás y con su entorno. Esta nueva forma de vida lleva consigo la creación de cantidades ingentes de información procedente de distintos ámbitos, como, por ejemplo, del ámbito de la sanidad, de servicios públicos, transporte, energía, turismo, etc. Una nueva ciudad emana de la digitalización del mundo que nos rodea, con el objetivo principal de mejorar la calidad de vida de las personas haciendo un uso inteligente de la información que las TICs le proporcionan.

Las ciudades tienen un gran impacto en el desarrollo económico y social de las naciones. Son grandes centros de consumo de recursos. Según la ONU las ciudades son responsables del gasto del 75% de la energía mundial y generan el 80% de los gases responsables del efecto invernadero [2].

Para optimizar ese consumo de recursos, hacer un uso eficiente de energía y minimizar las emisiones contaminantes las Administraciones públicas han de renovar los modelos de gestión de las ciudades, debido a un nuevo entorno urbano que solicita una sabia gestión de los recursos, un aumento de eficiencia y una mayor calidad de vida. Para ello, la aplicación de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) tienen un papel fundamental y se traduce en el concepto *Ciudad Inteligente*.

En una primera introducción, y digo esto porque más adelante se profundizará en su definición, se define *Ciudad Inteligente* “como aquella ciudad que usa las TIC para hacer que, tanto su infraestructura crítica, como sus componentes y servicios públicos ofrecidos, sean más interactivos, eficientes y los ciudadanos puedan ser más conscientes de ellos” [3].

Son muchas las ventajas a la hora de disponer de una Ciudad Inteligente: reducción del gasto público, mejora de la calidad de los servicios prestados y mejora en toma de decisiones como consecuencia de la gestión automática y eficiente de las infraestructuras y servicios urbanos. Además, un proyecto de *Smart City* genera las siguientes ventajas descritas en la figura 2-1.

Un proyecto de *Smart City* abarca los temas que tienen que ver con la eficiencia energética, la movilidad urbana y en general, la gestión de infraestructuras de la ciudad, la gestión sostenible

de los recursos, los ámbitos de la educación, salud y cultura, el gobierno participativo y la seguridad pública.

La tarea de gestionar información proveniente de distintos ámbitos en tiempo real o casi real, es algo que caracteriza a una ciudad inteligente, que le da valor y favorece la manera de gestionar las ciudades.

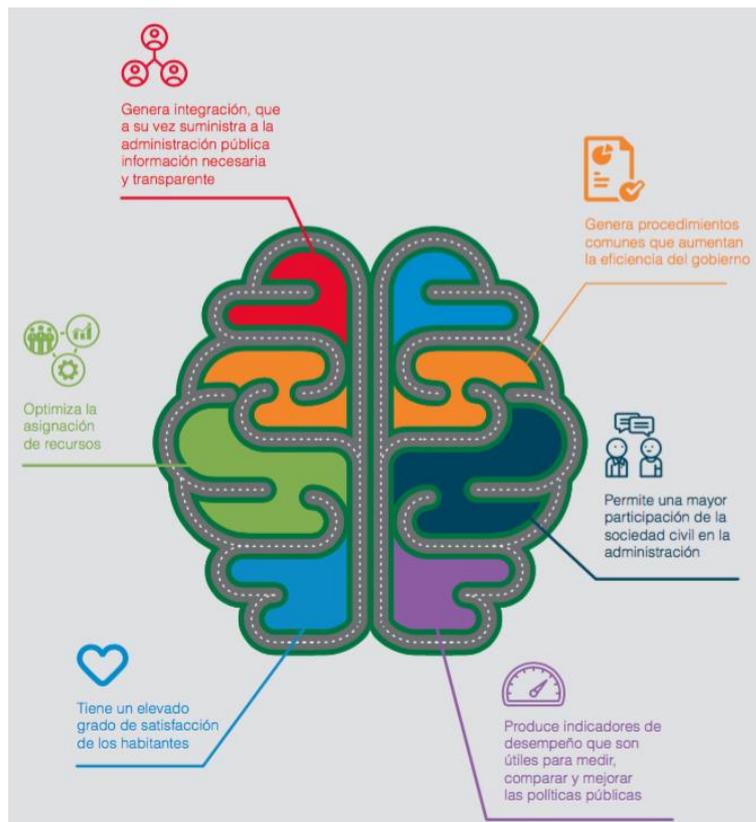


Figura 2-1. Síntesis Smart city [4]

La creación de una ciudad inteligente no es una tarea sencilla, donde se le requiere a los agentes involucrados un compromiso a largo plazo. Además, tiene que ser viable y sostenible como modelo de negocio y serle útiles a ciudadanos y negocios al mismo tiempo. Aunque los servicios de una ciudad inteligente sean de carácter público, la gestión de los mismos tendrá parte pública y parte privada, de manera que, las posibilidades de satisfacer las demandas de la sociedad se vean incrementadas.

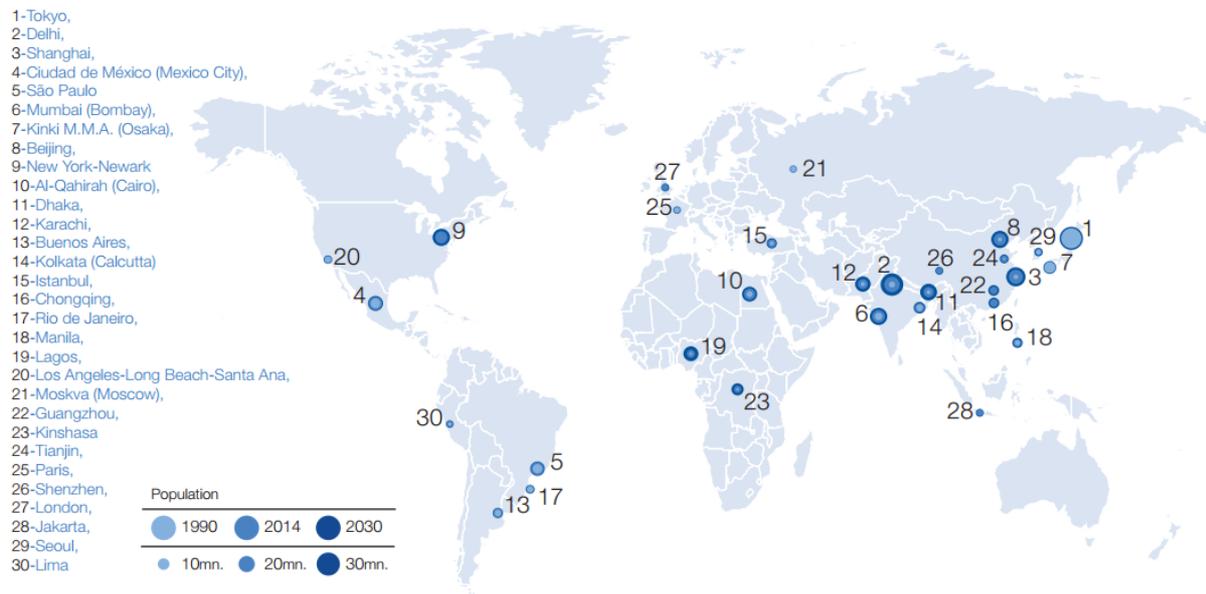
## 2.1 Origen

Desde el principio de los tiempos la ciudad es un punto de doble sentido donde coexiste, por una parte, un intercambio de oportunidades y de ideas, y por otra un lugar de conflicto y aislamiento. Las ciudades generan beneficios obtenidos por las empresas por localizarse en las cercanías de otras. También proporciona déficits por congestión, contaminación y exclusión que reducen las eficiencias económicas y crean impactos medioambientales y sociales. Las Administraciones públicas locales y los ciudadanos mediante sus actos y preferencias declaradas, determinan el equilibrio entre los beneficios y déficits aportados por la ciudad [5].

Las motivaciones económicas de las ciudades han ido cambiando con el transcurso del tiempo. Las primeras ciudades prehistóricas nacieron durante la revolución del Neolítico debido a un aumento de la actividad agropecuaria generadora de remanentes para el intercambio, del surgimiento de la artesanía, la especialización y la división del trabajo, así como del comienzo de los registros oficiales y de una incipiente administración de lo público. En la Edad Media surgieron las ciudades-Estado europeas, modelo que se asentó tras la caída del Imperio romano, que estableció divisiones administrativas del territorio centradas en la ciudad gracias al comercio proveniente de rutas comerciales tanto marítimas como terrestres. Las ciudades-Estado europeas nacieron originalmente en el norte de Italia alrededor del mar del Norte y el mar Báltico, donde se encontraban las vías fluviales más importantes. En esta época surgieron innovaciones clave tanto en el ámbito de las finanzas (seguros y otros productos financieros), como de la contabilidad y administración empresarial y del transporte marítimo. Las ciudades-Estado son paulatinamente absorbidas por los Estados-Nación absolutistas en la Edad Moderna, que abandonaron las rutas de comercios tradicionales, tras la conquista de territorios lejanos y exóticos, por las nuevas que habilitaron el gran comercio transatlántico entre la colonia del lugar conquistado y la metrópoli [6].

Con la llegada de la revolución industrial iniciada a finales del siglo XVIII se constituyen las ciudades como lugares de concentración de asalariados provenientes del entorno rural en busca de empleo en el sector industrial y empresarial. La ciudad del siglo XXI en la actualidad se está constituyendo como un sitio de concentración de capital activo e innovador, que busca por encima de todo el aprovechamiento del espacio público para aquellos que la visitan o habitan y sobretodo busca el bienestar de sus ciudadanos [6]. Las treinta ciudades más conformadas como lugares de concentración de personas se muestran en la figura 2-2 en la siguiente página.

Figure 2: Global Footprint – The 30 Most Populated Urban Agglomerations (as of 2014)



Source: Data from United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. "World Urbanization Prospects, the 2014 Revision", Highlights, 2014

Figura 2-2. Huella Global [7]

## 2.2 Definición

Debido a que no hay una definición consensuada sobre que es una ciudad inteligente, comencemos tomando diferentes definiciones o conceptos para tener una idea más clara.

Según [3], “se define *Smart City* (en castellano Ciudad Inteligente) como aquella ciudad que usa las tecnologías de la información y las comunicaciones para hacer que tanto su infraestructura crítica, como sus componentes y servicios públicos ofrecidos sean más interactivos, eficientes y los ciudadanos puedan ser más conscientes de ellos”.

Según [4], define una ciudad inteligente como “aquella que coloca a las personas en el centro del desarrollo, incorpora Tecnologías de la Información y Comunicación en la gestión urbana y usa estos elementos como herramientas para estimular la formación de un gobierno eficiente que incluya procesos de planificación colaborativa y participación urbana” (Mauricio Bouskela, Marcia Casseb, Silva Bassi, 2016).

Según [8], “una ciudad inteligente es aquella que es capaz de aprovechar los datos que produce en su funcionamiento diario para generar información nueva que le permita mejorar su gestión y ser más sostenible, más competitiva y ofrecer mejor calidad de vida, gracias a la participación y colaboración de todos los actores ciudadanos”.

Desde un punto de vista descriptivo, podríamos decir que una *Smart City* es un espacio urbano con infraestructuras, redes y plataformas inteligentes, con millones de sensores y actuadores, sin olvidarnos también de las propias personas y de sus teléfonos móviles. Un espacio que es capaz de recopilar cantidades ingentes de datos que le permitirá mejorar las tomas de decisiones y proporcionar la información y los servicios adecuados a sus habitantes. Además, el uso de técnicas analíticas avanzadas en tiempo real, ayudan a obtener un mayor grado de entendimiento sobre la ciudad, mejorando los servicios prestados [3].

En particular, la definición puede ser más o menos técnica y se puede definir con diversos grados de abstracción. En este caso, en todas las definiciones se repiten varias palabras claves; tecnologías de la información y comunicaciones, mejora de gestión y eficiencia, ciudadanía y gobierno. Todas estas palabras serán incluidas en cualquier otra definición. También hay otras que, aunque no aparezcan tan asiduamente como las anteriores, también merecen mención para proveer una definición más amplia, nos referimos a palabras sobre elementos sociales (educación, población...) y económicos (producción, consumo, distribución...)

Según [3], de forma más conocida, “una *Smart City* es una ciudad comprometida con su entorno, tanto desde el punto de vista medioambiental como en lo relativo a los elementos culturales e históricos, con elementos arquitectónicos de vanguardia, y donde las infraestructuras están dotadas de las soluciones tecnológicas avanzadas para facilitar la interacción del ciudadano con los elementos urbanos, haciendo su vida más fácil”.

En un contexto tecnológico, el concepto *Smart City* y el de Internet de las cosas son dos términos que van de la mano, teniendo ambos las comunicaciones M2M (máquina a máquina) como base. El Internet de las cosas se refiere a una evolución de Internet donde habrá más objetos o cosas conectadas a Internet que personas, con el fin de recabar conocimiento sobre el estado de las mismas [9]. Esto conllevará a la Internet del futuro, donde todo podrá estar conectado, desde dispositivos, hasta objetos que antes no disponían de esta conectividad; es el caso de los coches, los edificios, los contadores, los electrodomésticos, etc. y en general todo aquello que haya que controlar o gestionar. Según Carlo Ratti director del *Senseable City Lab de Massachusetts Institute of Technology* (MIT), “en una *Smart City* la información adecuada llega en el momento preciso, integrando así “digitalmente” a las personas y a las cosas del entorno. Los espacios digital y físico se recombinan en la ciudad; por ello, la *Smart City* constituye un primer paso de la Internet de las cosas y del futuro”. Indudablemente, esta forma de comunicación entre objetos en red va a cambiar la forma de gestionar una casa, una comunidad, una empresa, cualquier infraestructura, una ciudad o incluso la economía de un país [3].

Cuando se tienen en cuenta a los agentes de una Ciudad Inteligente: usuarios, empresas y Administración, el concepto de Ciudad Inteligente evoluciona al concepto de Plataforma digital.

En este evolucionado concepto se encuentran muchos procesos ligados y que resultan muy difíciles de abordar de forma individualizada. La Plataforma permite mejorar la economía, la sociedad, el entorno y el bienestar de las ciudades, y facilita el cambio hacia un comportamiento más sostenible entre sus agentes. Busca además aprovechar al máximo los presupuestos públicos y también permite habilitar nuevos modelos de negocio [3].

## 2.3 Agentes involucrados

### 2.3.1 Administración Pública Local

La Administración pública local es un tipo de administración territorial que rige sus competencias en un espacio físico determinado jurídicamente por límites geográficos (territorio). Ejemplos de Administración Pública local son los ayuntamientos o municipalidades [10].

Estas competencias regidas en un territorio determinado tienen que ver con las materias de urbanismo, medio ambiente urbano, agua y saneamiento, infraestructura viaria local, promoción del deporte e instalaciones deportivas y de ocupación del tiempo libre, asuntos sociales y salud pública, seguridad y protección civil, tráfico y movilidad, información y promoción turística, comercio local, promoción de la cultura y equipamientos culturales, actuaciones en la promoción de la igualdad entre hombres y mujeres así como contra la violencia de género, y así entre otras muchas destacando el fomento en su término municipal de la participación ciudadana para el uso eficiente y sostenible de las TIC [10].

Las Administraciones locales tienen topado el presupuesto público de gastos, debido a los presupuestos generales del estado, no obstante, están obligadas a proporcionar según el número de habitantes ciertos servicios como: cementerio, alumbrado público, limpieza viaria, recogida de residuos, abastecimiento domiciliario de agua potable, acceso a los núcleos de población, alcantarillado, control de alimentos y bebidas y pavimentación de las vías públicas [10].

La Administración pública local tiene un papel esencial en el proceso de transformación de las ciudades en ciudades inteligentes, pudiéndose desglosar en [10]:

- Un liderazgo visionario capaz de planificar adecuadamente el cambio de las ciudades. Un liderazgo que debe ir seguido de los suficientes recursos para hacer frente a la dimensión del reto planteado, como de la enseñanza que los funcionarios públicos han de adquirir para trabajar con las nuevas herramientas tecnológicas que harán posible la transformación digital de la ciudad.
- La coordinación y complementariedad entre ciudadanos y empresas, asegurando la

compatibilidad de los procesos puestos en marcha, la adaptación con la normalización y estandarización, la interoperabilidad y evitar duplicidades.

- El entendimiento con la ciudadanía, identificando sus problemas y necesidades recopiladas por medio de múltiples mecanismos de participación ciudadana tanto físicos como digitales.
- La distinción de incoherencias normativas que puedan ser identificadas por la Administración pública local.
- El fomento activo de la cultura de la innovación:
  - Desempeñando la función de agente innovador mediante compra pública innovadora (CPI), esto es un contrato que la entidad pública pone a concurso con el fin de que las entidades locales aporten una solución innovadora. La CPI satisface tres objetivos, de acuerdo al Ministerio de Economía y Competitividad [10]:
    1. “Mejora de los servicios públicos mediante la adquisición de bienes o servicios innovadores”.
    2. “El fomento de la innovación en el tejido empresarial e, incluso, la generación de nuevos mercados innovadores impulsados desde la demanda pública (*lead markets*)”.
    3. “El apoyo a la internacionalización de las empresas y, en particular, a la comercialización internacional de la tecnología nacional, aprovechando el mercado público local como una primera referencia”.
- Disposición de convertir las ciudades en Ciudades-*Living labs* (ciudades que son bancos de pruebas reales en entornos de experimentación, donde intervienen procesos tanto privados como públicos para cooperar en la creación de innovaciones tecnológicas para el bienestar del ciudadano [11]), darles visibilidad y venderlas a terceros. De este modo, las Administraciones públicas locales no solo ejercen el rol tradicional de cliente en los procesos de contratación pública, sino que se convierten en socios innovadores.
- La protección de datos y garantizar la privacidad, cumpliendo con todos los estándares normativos, y mostrando que no existe riesgo para los usuarios de los servicios públicos.

### 2.3.2 Sector Privado

El sector privado [10] lo configuran las empresas, que hoy día están fomentando relaciones en entornos laborales y sociales para lograr un mayor entendimiento sobre qué es lo que la ciudadanía necesita y demanda. Actualmente, las empresas gracias al entorno y a tecnologías digitales son capaces de detectar los excedentes de productos y servicios, lo que les permite hacer un uso más eficiente de sus recursos. Los distintos tipos de empresas que habilitan a las nuevas ciudades son las siguientes [10]:

- Empresas que proporcionan conectividad y también aquellas que son proveedoras de plataformas de integración de servicios y de información. Estas empresas pueden ser Indra, Telefónica, Idom, entre otras.
- Empresas proveedoras de soluciones específicas y servicios integrales para cada área de una entidad pública local. Como ejemplo tenemos Wellnes Telecom para servicios de alumbrado público o gestión de recogida de residuos, Bioagro y SmartAqua para sistemas de riego inteligente, etc.
- Empresas y profesionales que proveen servicios de asesoramiento. Como Aalto consultores y Grupo Eulen.
- Empresas sociales. Podemos decir que estas hacen referencia a todas aquellas que contribuyen a un impacto medioambiental o social, como pueden ser cualquiera de las mencionadas anteriormente.
- *Startups*. Odilo proveedora de servicios de soporte a la administración electrónica, Smart DS para mejora de la calidad ambiental, etc.

Las ciudades inteligentes están albergando un potencial de una inmensa magnitud. Navigant Research calcula que el mercado crecerá desde 40 mil millones de dólares en 2017 a 94 mil millones de dólares para 2026 [12]. Siendo la mayor aportación en inversión en infraestructuras tecnológicas, lo que le supondrá a las empresas una gran oportunidad para que se desarrollen en el mercado.

### 2.3.3 Ciudadano Inteligente

El ciudadano inteligente o *Smart Citizen* es el máximo exponente de una ciudad inteligente, que con sus actuaciones contribuye a la construcción y consolidación de la misma. Es el protagonista que tiene la capacidad de gestionar su entorno y colaborar en acciones de participación ciudadana, como lo son el reciclaje, gestión de recursos naturales, movilidad colectiva o no

contaminante y muchas otras para el bien de la viabilidad. También, obtiene información en tiempo real relacionada con la ciudad y de sus instituciones, y al revés, es fuente de información para el bien de la ciudad, alertando de posibles incidencias o accidentes, el estado de las infraestructuras, servicios que no están operativos, etc. Y además, ayuda a que se consigan metas de eficiencia energética en el conjunto de la ciudad gracias al uso que hace de las TIC, para conocer información del consumo de agua y energía, por ejemplo, consumidos por su hogar [10].

### 2.3.3.1 La función del ciudadano inteligente

Las ciudades inteligentes se forman, en parte, por el uso que los ciudadanos hacen de las tecnologías digitales (p. ej. comentarios de restaurantes, vehículos compartidos, datos de tráfico, reportes de incidencias, etc.) y de la emisión del consentimiento para el uso de los datos generados [10].

En la figura 2-3 podemos ver el rol del ciudadano digital, así como que tipos de servicios demandan, sus responsabilidades y de que forma parte. Los ciudadanos reclaman nuevos servicios que le faciliten la vida y les hagan ahorrar tiempo.



Figura 2-3. Rol del ciudadano digital [10]

La ventaja de hoy en día de que el ciudadano puede comunicarse y transmitir sus necesidades o preferencias a las autoridades locales, es gracias a la condición de ciudad conectada. Antes no existía tal cantidad de información para conocer aquello que el ciudadano demandaba. Ahora incluso se puede establecer medios y canales de comunicación para una comunicación directa y en tiempo real. Para que un canal de información funcione, el ciudadano debe sentirse informado

y seguro, protegido de problemas relacionados con la privacidad de sus datos [10].

Para ayudar a capturar información global que permita la creación de modelos para la gestión más eficiente de la ciudad, se precisa de dispositivos móviles como los *Smartphones*, dispositivos inteligentes que permiten recoger y analizar información personal o sensores y equipamiento adaptado que recopilen información de un lugar o servicio público. Los teléfonos inteligentes permiten: (i) realizar transacciones, (ii) recibir información sobre el entorno que le ayude a tomar mejores decisiones; (iii) enviar información que permita conocer aspectos propios de la persona, como su localización, preferencias o planificación a corto plazo, entre otros. En muchos casos, son conectados a otros dispositivos con el fin de actuar sobre actuadores o sistemas, como puede ser la climatización de un edificio, la iluminación, seguridad, etc. Sin la existencia de estos dispositivos móviles de comunicación no sería posible la creación y consecución de la ciudad inteligente, quedando los individuos desconectados de la ciudad [10].

## 2.4 Ventajas de una Ciudad Inteligente

Las ventajas de una ciudad inteligente podríamos clasificarlas en 6 beneficios claves:

1. Ahorro de costes: Un libro blanco publicado por ABI Research in 2017 predijo que las tecnologías de las *Smart Cities* podrían ahorrar a empresas, gobiernos y ciudadanos alrededor de 5 billones de dólares [13] anuales para el 2022. Además, incrementando el uso de las TICs empresas y las autoridades están mejorando enormemente la eficiencia de las operaciones públicas y comerciales, lo que en última instancia conduce a un enorme ahorro de costos.

Los ciudadanos también pueden beneficiarse económicamente, ahorrando en transporte con medios más inteligentes y ecológicos, como el ciclismo y el uso del vehículo compartido, o ahorrando a la hora de comprar bienes y servicios mediante plataformas online, como por ejemplo Wallapop.

2. Impacto medioambiental: Las nuevas tecnologías, como los sistemas de gestión del agua con IoT, herramientas de gestión de movilidad y redes de energía inteligentes, mejoran la eficiencia de las operaciones y servicios de la ciudad, reduciendo el consumo de energía y agua, reduciendo el tráfico y la congestión (y emisiones de carbono) y la mejora de la gestión de residuos. La ciudad de Chicago [14], por ejemplo, ha puesto en marcha una iniciativa denominada "Array of Things" [15], instalando sensores y cámaras en las farolas de la calle para medir la calidad del aire, los niveles de ruido, la temperatura, los

niveles del agua en calles y tráfico también. Esto actuará como un "medidor físico" para toda la ciudad [16], ayudando a los operadores de la ciudad a identificar formas de ahorrar energía, usar sus recursos de manera más efectiva, abordar problemas ambientales como inundaciones, reducir la producción de desechos y mejorar las condiciones de vida para los ciudadanos. La tecnología también puede emplearse para revertir condiciones climáticas en las ciudades; por ejemplo, en Beijing, una ciudad conocida por sus altos niveles de contaminación atmosférica, se instaló un purificador de aire de 23 pies de alto [17] que limpia el humo, filtra las partículas malas y libera el aire se está probando actualmente.

3. Mejora en la eficiencia: Intel estima que las soluciones de las ciudades inteligentes podrían ahorrar a cada ciudadano unas 125 horas al año [18]. Gran parte de esto vendría por el tiempo ahorrado en atascos. Las ciudades con infraestructuras integradas habilitadas para IoT, que conducen a una mejor gestión del tráfico y, por lo tanto, carreteras más rápidas y seguras, podrían por lo tanto devolver a los conductores muchas horas perdidas. Una opción más radical que la anterior, sería alejarse del uso del coche propio hacia las tecnologías de compartición de automóviles, como Journify en España o Zipcar en el Reino Unido. Como señala Carlo Ratti, director de *MIT Senseable Lab*, "los coches están inactivos el 95% del tiempo", lo que significa que cada automóvil compartido podría reemplazar eficazmente entre 10 y 30 automóviles de uso privado [19]. Los vehículos autónomos son también un paso hacia el futuro próximo, prometiendo un uso más eficiente. Compartir vehículos que sean autónomos o no será altamente eficiente, no solo ahorrando tiempo, sino también en recursos y energía.
4. Conectividad: Internet de las cosas, la computación en la nube y *Big Data*, entre otras tecnologías, están haciendo de la ciudad un mundo más conectado. El IoT, en particular, está creando una comunicación continua y en tiempo real entre ciudadanos y objetos estáticos y móviles, desde teléfonos inteligentes hasta despertadores, edificios, puentes, trenes y camiones. Esto les permite a los operadores de la ciudad administrar y monitorear de manera más eficaz sus activos, y mejorar la vida de los ciudadanos a través, por ejemplo, de una reducción de tráfico y atendiendo a llamadas de emergencia de forma más rápida.

Además, una mayor conectividad, a través de tecnologías como *Google Hangouts* y *Skype*, elimina la necesidad de viajes innecesarios, permite conectar a personas que están en distintos puntos de la ciudad en tiempo real haciéndoles ahorrar tiempo y dinero.

5. Mejora de la calidad de vida: Las iniciativas de ciudades inteligentes que priorizan a las personas, tanto a residentes como a visitantes. Estas iniciativas pueden ser: servicios de

transporte más eficientes, aplicaciones de estacionamiento inteligente, servicios gubernamentales digitalizados e incluso cosas simples como WiFi público y mobiliario urbano inteligente con puntos de recarga, por ejemplo, a menudo tienen un impacto positivo directo en la vida de los ciudadanos porque se crean específicamente por las peticiones de los mismos.

La ciudad de Barcelona es un ejemplo de cómo un enfoque holístico e inclusivo de ciudad inteligente puede mejorar la calidad de vida para todos: al crear una red autónoma de autobuses inteligentes y ofrecer WiFi gratuito en toda la ciudad, Barcelona aprovechó su poder como autoridad municipal para implementar iniciativas que animó a sus residentes a conducir menos, caminar más y salir y explorar sus calles. Como resultado, los niveles de contaminación disminuyeron, las tasas de obesidad disminuyeron y los residentes informaron sentirse más comprometidos con su localidad [20].

6. Prosperidad económica: Las ciudades inteligentes son más atractivas para las empresas. Esto se debe a que las empresas acuden a las ciudades por tener una infraestructura más inteligente que reduce los costos, mejorando así sus márgenes de ganancia y las oportunidades de crecimiento, como consecuencia de esto, la ciudad logra una tasa de desempleo menor y un aumento en su economía. Por ejemplo, los edificios inteligentes ahorran enormes costos a las empresas: las ventanas inteligentes por sí solas pueden ahorrar hasta un 26 por ciento en refrigeración y un 67 por ciento en costos de iluminación [21]. También hay algunos beneficios indirectos de las ciudades inteligentes que ayudan a impulsar la economía. Las iniciativas inteligentes como la educación, ayudan a capacitar a la población para que esté más preparada para el mercado de trabajo. Por lo tanto, las ciudades inteligentes ayudan a construir economías más resistentes y estables que se entrelazan naturalmente con la sostenibilidad y el bienestar de los ciudadanos.

## 2.5 Las Ciudades más Inteligentes

Según el informe *Cities in Motion* del *IESE Business School*-Universidad de Navarra [22] en su quinta edición de 2018 elaborado por el Centro de Globalización y Estrategia, Europa tiene la mayor concentración de ciudades inteligentes en el mundo. Este informe consta de 83 indicadores para comparar 165 ciudades, de las cuales 74 son capitales de países. En el informe no sólo se puede comprobar el nivel actual de las ciudades, sino también comparar cuánto han progresado o retrocedido en los últimos años.

Para determinar el nivel de “inteligencia” de cada ciudad se realizó un análisis de la situación de 9 dimensiones claves que exponemos a continuación [22]:

1. Capital humano: se ocupa de determinar la educación de los ciudadanos, capacidad de atraer talento humano e impulsar la creatividad e innovación.
2. Cohesión social: es una dimensión sociológica que se encarga de medir la intensidad de la interacción social entre personas con rentas, culturas, edades o profesiones diferentes. Los factores que influyen son la sanidad, el desempleo, índice de criminalidad, seguridad ciudadana, entre otros.
3. Economía: promueve todos los aspectos relacionados con un incremento del desarrollo económico, que se mide a través de factores como el PIB, número de emprendedores, productividad, etc.
4. Gobernanza: se encarga de medir los derechos legales, índice de corrupción, nivel de participación ciudadana, políticas de datos abiertos y otros que tengan que ver eficiencia de la administración.
5. Medioambiente: en esta dimensión influyen factores como planes anticontaminación, apoyo a los edificios ecológicos y a las energías alternativas, gestión eficiente del agua, reciclaje y existencias de políticas que ayuden a contrarrestar los efectos del cambio climático.
6. Movilidad y Transporte: determina la eficacia de la movilidad urbana analizando factores como tráfico, compartición de bicicletas y medios de transporte urbano.
7. Planificación Urbana: se encarga de medir aspectos relacionados con planes urbanísticos, la calidad de las infraestructuras sanitarias y las políticas de vivienda.
8. Proyección Internacional: dimensión que cuantifica la marca de la ciudad y su reconocimiento internacional. Los factores que influyen son aeropuertos, número de pasajeros por aeropuertos, cantidad de hoteles en una ciudad, *ranking* de los lugares más populares del mundo y número de reuniones y congresos.
9. Tecnología: muestra el grado de desarrollo tecnológico con los indicadores de números de usuarios en redes sociales, porcentajes de hogares con internet y con telefonía móvil, así como de suscripciones a banda ancha y telefonía fija.

Del *ranking* que nos ofrece el informe *Cities in Motion*, podemos extraer las 10 ciudades más inteligentes mostradas en la siguiente tabla:

Tabla 2-1. Ranking 10 Ciudades más Inteligentes [22]

Ranking	Ciudad
1	Nueva York – Estados Unidos
2	Londres – Reino Unido
3	París – Francia
4	Tokio – Japón
5	Reikiavik – Islandia
6	Singapur – Singapur
7	Seúl – Corea del Sur
8	Toronto – Canadá
9	Hong Kong – China
10	Ámsterdam – Países Bajos

Como podemos apreciar, nos encontramos con 2 ciudades europeas en el podio de las 10 ciudades más inteligentes del mundo. Entre las 165 del ranking mundial destacan las ciudades europeas por mayoría. En el ámbito nacional tenemos a Madrid como la ciudad más inteligente del país en la posición número 25 del *ranking*, y en siguiente lugar a Barcelona en la posición número 26. Las siguientes ciudades españolas que suceden a Barcelona son: Valencia (63°), Sevilla (85°), Málaga (89°), Palma de Mallorca (92°), Zaragoza (93°), Murcia (95°), Valladolid (99°), Bilbao (103°), Vigo (104°) y A Coruña (105°). Las restantes ciudades españolas que no han conseguido entrar todavía en este *ranking* mundial y que esperamos que lo hagan pronto se muestran en la siguiente figura de la Red Española de Ciudades Inteligentes.



Figura 2-4. Mapa ciudades inteligentes [23]



## 3 TRANSFORMACIÓN DIGITAL

---

Este capítulo trata sobre la complejidad del proceso de transformación de las ciudades y de las herramientas de las que se disponen para llevar a cabo el cambio, comenzando por el estudio de las tendencias de la sociedad moderna y de los argumentos que propician el cambio. Posteriormente se propone un modelo de Ciudad Inteligente y se citan restricciones que surgen en el desarrollo de un proyecto de *Smart city*. Y finalmente se citan una serie de herramientas basadas en estrategias de transformación, donde se destacan el Plan Nacional de Ciudades Inteligentes y El Plan Nacional de Territorios Inteligentes.

### 3.1 Tendencias

La transformación de la sociedad moderna se caracteriza por dos grandes tendencias:

- El proceso de urbanización: Es una de las tendencias que se van a notar con fuerza en el siglo XXI y que ha provocado que, ya desde 2014, el 54% de la población mundial viva en ciudades [24]. Esto es consecuencia de la aceleración proveniente de los procesos de urbanización en los últimos sesenta años [25]. Como dato, solamente el 30% de la población mundial habitaba en asentamientos urbanos y el 70% lo hacía en asentamientos rurales por el año 1950 [25]. Recientemente el porcentaje de los asentamientos urbanos superó al de los rurales con el 54 % en 2015 para los urbanos, estimándose que en 2020 se llegue al 60% equivaliendo a más de cinco mil millones de residentes en urbes [7]. De hecho, la ONU calcula que para el 2050 el 68% de la población será urbana [26].
- La revolución digital: La evolución de las TIC ha hecho crecer los dispositivos conectados, tanto fijos como móviles, entre máquinas (M2M o *machine to machine*) y entre personas. Estas conexiones producen un aumento de la comunicación y por lo tanto un crecimiento de la sociedad colaborativa [25]. La ITU prevé que hasta 25 mil millones de dispositivos en red estén conectados para 2020 [27], impulsados en gran medida por empresas, hospitales, autoridades locales y otras organizaciones e instituciones y seguidas por la fabricación, los servicios públicos y el transporte. En términos de ingresos, se espera que el mercado de IoT crezca a 1,7 billones de dólares en 2019 para convertirse en el mercado de dispositivos más grande del mundo [27]. Continuando en la

búsqueda de más datos interesantes, en esto de la revolución digital, encontramos que según Statista [28], hay más de dos mil millones de usuarios activos en redes sociales y se espera que esa cifra aún siga creciendo, siendo el líder del mercado Facebook con 2.2 mil millones de usuarios activos en Julio de este mismo año. Otras empresas tecnológicas como Uber, alcanzó la cifra de 40 millones de usuarios al mes alrededor del mundo [29].

En el encuentro de estas dos tendencias es donde surge el concepto de ciudad inteligente, donde surge una nueva ciudadanía, más participativa y demandante, con una forma de ver la ciudad más eficiente y más comprometida con la sostenibilidad [25].

Como ejemplo de herramientas digitales tenemos: redes sociales, movilidad, *cloud computing* y *big data*, entre otros, protagonistas del cambio de la economía digital en la actualidad [25].

A modo gráfico, se muestran las tendencias mencionadas anteriormente en la figura 3-1.

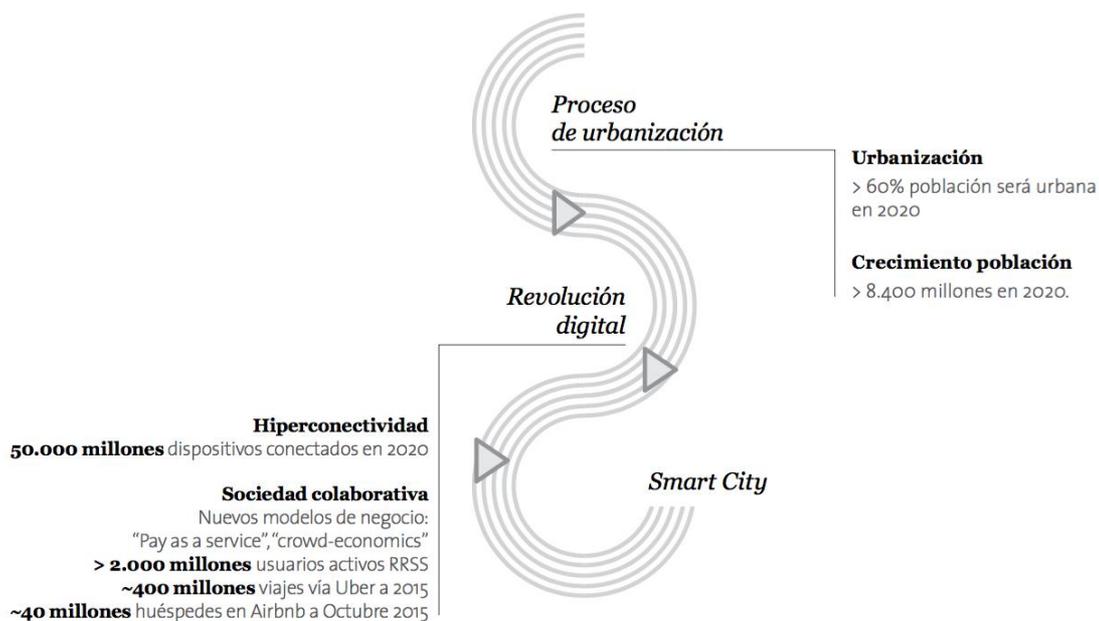


Figura 3-1. Tendencias que impactan en el desarrollo de las ciudades inteligentes [25]

### 3.2 Motivos de transformación

La razón fundamental de un cambio viene siempre precedida por ánimos de mejora en la calidad de los ciudadanos y conjuntamente con la eficiencia de la ciudad. Este cambio podría realizarse a través de planes urbanísticos, ciertamente hay muchos cambios en las ciudades no estrictamente tecnológicos cuyo impacto resulta interesante, como por ejemplo este caso de planificación

urbanística, pero son costosos y lentos de realizar viendo sus resultados a largo plazo [30].

Por lo mencionado anteriormente, muchas ciudades apuestan por la tecnología en vez de planes urbanísticos, debido a cambios más rápidos, con la ventaja de obtener resultados más a corto plazo [30].

Pero no todo lo Smart tiene que ser tecnológico y viceversa, cuando se crean infraestructuras viarias con el fin de reducir el tráfico en ciertos puntos de la ciudad o cuando se construyen viviendas cerca de áreas de trabajo, pueden servir como ejemplo de que no todo lo Smart tiene que ser tecnológico. Por el contrario, hay tecnologías que no solventan del todo los problemas, como, por ejemplo, una aplicación móvil que informa de las plazas de garajes ocupadas en un edificio, esto ayudaría a la movilidad, pero no soluciona nada más si la demanda en ese edificio es alta. La solución inteligente hubiera sido construir un edificio bien dimensionado que se correspondiese con esa demanda [30].

### **3.3 Ciudades inteligentes**

La transformación inteligente es un proceso de largo plazo donde la ciudad requiere supervisión permanente. Es difícil imaginar que una ciudad en menos de 4 o 5 años, sea capaz de liderar y desarrollar una transformación tal amplia que implique a tantos ámbitos como se muestran en la figura 3-2 [30].



Figura 3-2. Modelo de 6 bloques desarrollado por la Universidad de Viena [31]

Atendiendo al gráfico anterior y, según [32] el informe de la Dirección General para Políticas Internas del Parlamento Europeo de enero de 2014 (“*Mapping Smart Cities in the EU*”), diferencia 6 ejes o características fundamentales para abordar una propuesta de ciudad inteligente: Economía Inteligente, Personas Inteligentes, Movilidad Inteligente, Entorno Inteligente, Gobierno Inteligente y Forma de Vida Inteligente. Todas ellas provenientes del inglés *Smart People, Smart Economy, Smart Environment, Smart Mobility, Smart Governance y Smart Living* [30].

Así, el Estudio y Guía Metodológica sobre Ciudades Inteligentes de ONTSI, propone un Modelo de Ciudad Inteligente representado en la figura 3-3, formado en base a unos ámbitos y sub-ámbitos clave que se verán a continuación.



Figura 3-3. Modelo de ciudad inteligente [33]

Los ámbitos y sub-ámbitos claves mencionados anteriormente son [33]:

- *Smart Environment* trata los recursos de la ciudad de forma más eficiente y sostenible, y cuenta con los sub-ámbitos de: agua, energía, gestión de residuos y medio ambiente.
- *Smart Mobility* abarca todo lo relacionado con movilidad mediante los sub-ámbitos de: estacionamiento, transporte y tráfico, accesibilidad, conectividad TIC e infraestructura viaria.
- *Smart Governance* trata de usar la tecnología para facilitar una mejor planificación y toma de decisiones en un gobierno abierto y transparente englobando los sub-ámbitos de: información geográfica de la ciudad, planificación estratégica, administración digital, transparencia y participación.
- *Smart Economy* fomenta el ahorro en su gestión económica basándose en el conocimiento y la innovación, con los sub-ámbitos de: empresa digital, consumo,

turismo, comercio y negocios, ecosistema de innovación y empleo y emprendimiento.

- *Smart People* está orientado hacia un aumento del capital social y humano de la ciudad, y encuadra los sub-ámbitos de: colaboración ciudadana e inclusión digital.
- *Smart Living* se enfoca en mejorar la calidad de vida de las personas, trabajando en los siguientes sub-ámbitos: educación, salud, cultura y ocio, seguridad y emergencias, urbanismo y vivienda, asuntos sociales e infraestructura pública y equipamiento urbano.

### 3.3.1 El alcance

Nos encontramos con tres restricciones a la hora de plantear un proyecto de *Smart City*. La primera y no por ello más importante es el alcance. Los proyectos *Smart City* no deben limitarse a pruebas piloto, espacios reducidos o a *City labs* (ciudades laboratorio), sino que deben abarcar a toda la ciudad en su extensión. Debido a plazos muy cortos para obtener resultados y/o inversiones limitadas, algunas ciudades contabilizan las ventajas de una solución puntual como si fueran las de una ciudad entera o se tratara de un proyecto global [30].

Muchas ciudades se topan con problemas de financiación y abordan el desarrollo de proyectos inteligentes en zonas muy acotadas (barrios piloto, por ejemplo) no pudiéndose plantear el despliegue completo de la solución. Una ciudad inteligente debe convertirse en algo en el que se reconozca un cambio significativo por parte de sus ciudadanos y que estos y visitantes perciban mejoras cuantitativas y/o cualitativas. Por el contrario, no debe convertirse en un laboratorio de pruebas puntuales [30].

Siguiendo con el alcance, el concepto “inteligente” no solo debe abarcar a ciudades o a grandes ciudades, también puede extenderse a regiones y territorios [30]. De hecho, ya existe el Plan Nacional de Territorios Inteligentes que desarrolla la entidad Red.es que da continuidad al Plan Nacional de Ciudades Inteligentes el cual abordaremos brevemente.

### 3.3.2 El tiempo y el coste

Segunda y tercera restricciones existentes. La transformación de “City a *Smart City*” es un proceso que requiere de tiempo. Los encargados de la ejecución del proyecto se obsesionan por completarlo en plazos nada razonables, sin entender la transformación como un proceso a largo plazo que se realimenta [30].

En cuanto a lo que al coste se refiere, es una labor compleja saber cuál ha sido el coste total del desarrollo de una ciudad inteligente, ya que habría que considerar parámetros nada cuantificables

y otros que están por medir por primera vez, como el ahorro de los efectos sociales o el ahorro de los sistemas de gestión y monitorización [30].

### 3.4 Estrategias de transformación

La transformación de una ciudad no sería posible solamente con tecnología. Para llevar a cabo cualquier transformación se precisa de planes estratégicos, que permitan el cambio y lo sustente. A continuación, vemos algunos de estos planes.

#### 3.4.1 Estrategia 1 - Planes

Existen planes específicos para la transformación inteligente de la ciudad, para sectores concretos de la ciudad como pueden ser el turismo, la economía o el medio ambiente y también hay otros que no tienen por qué ser para una transformación inteligente, como son los Planes Estratégicos, que dotan a un proyecto de las necesidades requeridas por los ciudadanos, con el fin de mejorar en un futuro [30].

Como ejemplo, en la tabla 3-1, tenemos los planes y estrategias desarrollados para algunas ciudades españolas.

Tabla 3-1. Planes estratégicos [30]

Ciudad	Documentos
Málaga	Plan Estratégico 2020 Plan Estratégico de Turismo (2016/2020)
Barcelona	Plan Estratégico Metropolitano 2025 Plan Estratégico de Turismo (2016/2020) Plan Barcelona Digital (2017/2020)
Bilbao	Plan de Gobierno (2015/2019) Plan Estratégico de Turismo 2020 Estrategia de Desarrollo Urbano Sostenible
Rivas Vaciamadrid	Estrategia Rivas 2020 Plan Estratégico Rivas Ecópolis
Las Palmas de Gran Canaria	Plan Estratégico de Turismo 2020 Plan Estratégico Institucional (2015/2018) Estrategia Integral de Turismo (2017/2020)

### 3.4.1.1 El Plan Nacional de Ciudades Inteligentes

El gobierno de España ha diseñado una estrategia, llamada el Plan Nacional de Ciudades Inteligentes cuya primera convocatoria data el 14 de junio de 2014, su segunda en julio de 2015, y una primera convocatoria de Islas Inteligentes que se lanzó en julio de 2015. El Plan cuenta en la actualidad con una red de más de 60 ciudades inteligentes y ofrece la creación de nuevos escenarios urbanos que promueven el turismo y el emprendimiento basándose en la transformación digital de las ciudades. Para abordar esta transformación, el gobierno aprobó en 2013 La Agenda Digital para España (ADpE), de donde nace el Plan Nacional [34]. La Agenda Digital es una estrategia del gobierno para desarrollar la economía y la sociedad digital en nuestro país marcando la hoja de ruta en materia de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y de Administración Electrónica [35]. Debido a esto, la industria TIC obtuvo una importante oportunidad para crecer debido a la inversión en el desarrollo de las ciudades, habilitándola para abordar nuevas soluciones convirtiéndolas en productos o servicios de éxito dirigidos a la exportación [34].

Consciente de ello, el Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital (MINETAD) formó el siguiente grupo conformado por los siguientes organismos para trabajar por y para la tecnología y la industria TIC: la entidad pública empresarial Red.es, la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información (SETSI), la Sociedad Estatal para la Gestión de la Innovación y las 5 Tecnologías Turísticas, S.A. (SEGITTUR), el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y la Escuela de Organización Industrial (EOI) así como la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) [34]. Red.es ha sido la encargada de gestionar las tres convocatorias (dos de ciudades y una de islas inteligentes) desde el año 2014, con la cofinanciación del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

El Plan Nacional de Ciudades Inteligentes [34] nació con el fin de:

- Impulsar en España la industria tecnológica de las ciudades inteligentes para ayudar a que el PIB español sea del 20% en el sector industrial y aumente la aportación de las TIC al PIB del sector industrial, todo esto para el año 2020.
- Ayudar a las entidades locales en sus procesos de transformación hacia Ciudades y Destinos Inteligentes haciendo uso de las TIC para una mejora en la eficacia y eficiencia de las entidades locales en la prestación de servicios públicos.
- Gobernanza del sistema de ciudades inteligentes. Evolucionar el concepto de ciudades y destinos turísticos inteligentes desarrollando la industria tecnológica que se precise. Para ello, se requiere de una colaboración y participación mutua entre empresas, expertos,

proveedores, asociaciones sectoriales y entidades locales con la idea de que se intercambien información y experiencias acumuladas permitiendo un adecuado avance hacia las metas propuestas.

- Impulsar en Estandarización, regulación y normativa. Para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de la ciudad hacen falta estas medidas que permiten comportamientos más sostenibles a la hora de implantar infraestructuras tecnológicas.

El Plan Nacional de las Ciudades Inteligentes propuso una lista de acciones, para conseguir los objetivos propuestos, estructuradas según los siguientes ejes en la tabla 3-4:

Tabla 3-2. Estructura del Plan [34]

<b>Eje</b>	<b>Presupuesto</b>
I. Facilitar a las ciudades el proceso de transformación hacia una ciudad inteligente	109,9 M€
II. Proyectos demostradores de la eficiencia de las TIC en la reducción de costes, mejoras en la satisfacción ciudadana y creación de nuevos modelos de negocio	65,5 M€
III. Desarrollo y crecimiento de la industria TIC aplicada a las ciudades inteligentes	11,7 M€
IV. Comunicación y difusión del Plan Nacional de Ciudades Inteligentes	0,775 M€
V. Actuaciones transversales de seguimiento del Plan	0,5 M€

En la actualidad, ninguna de las tres convocatorias ha concluido. El montante financiado total entre las tres es de 96.133.727,72 €, movilizándolo la primera 13.794.021,90 €, la segunda 63.054.258,06 € y la primera convocatoria de Islas Inteligentes 19.285.447,76 €. Aunque aún no

hayan concluido, un balance de la SESIAD a finales de 2017 afirma que no se sabe con exactitud cuál ha sido la aportación de las TIC al PIB industrial o como ha sido la mejoría en la calidad de vida de los ciudadanos [36].

A continuación, se muestran tres tablas correspondientes a cada una de las convocatorias mencionadas anteriormente, con la relación de ciudades y proyectos finalistas junto al importe de la inversión asignado para cada proyecto.

Tabla 3-3. 1ª Convocatoria de Ciudades Inteligentes [30]

<b>1ª Convocatoria de Ciudades Inteligentes</b>		
<b>Ayuntamiento</b>	<b>Importe</b>	<b>Proyecto</b>
<b>Extremadura</b>		
Villanueva de la Serena (Badajoz)	450.846,00 €	VVA Serena Smart City
<b>Castilla la Mancha</b>		
Guadalajara	992.852,69 €	Guadalajara Conect@
Ciudad Real	832.800,23 €	Ciudad Real: Ciudad y Destino Inteligente y Sostenible
Toledo	999.333,57 €	Toledo Ciudad Inteligente
<b>Andalucía</b>		
Alcalá la Real (Jaén)	390.014,66 €	Alcalá la Real Ciudad y Destino Inteligente
Almonte (Huelva)	200.000,00 €	Smart Almonte, Turismo y Gobernanza
Lepe (Huelva)	200.000,00 €	Smart Turismo y Gobernanza Transparente
Sevilla	965.626,52 €	Sevilla Smart Accessibility & Tourist & Events
Martos (Jaén)	999.977,93 €	Martos Ciudad Inteligente
Huelva	603.405,00 €	Huelva Smartcity Route
Antequera (Málaga)	78.522,35 €	Ciudad Lista
Granada	599.029,14 €	Granada Human Smart City
<b>Agrupación Costa del Sol</b> Alhaurín de la Torre, Antequera, Benalmádena, Estepona, Fuengirola, Málaga, Marbella, Mijas, Benahavís, Algarrobo, Nerja, Rincón de la Victoria, Ronda, Torremolinos y Vélez-Málaga	5.785.930,81 €	Smart Costa del Sol

Tabla 3-4. Convocatoria Islas Inteligentes [30]

<b>Convocatoria Islas Inteligentes</b>		
<b>Cabildos / Consell</b>	<b>Importe</b>	<b>Proyecto</b>
Cabildo de El Hierro	3.852.670,00 €	El Hierro en Red
Consell de Mallorca	8.876.245,00 €	Smart Island Mallorca
Cabildo de Fuerteventura	6.556.532,76 €	Fuerteventura Open Island

Tabla 3-5. 2ª Convocatoria de Ciudades Inteligentes [30]

<b>2ª Convocatoria de Ciudades Inteligentes</b>		
<b>Ayuntamiento</b>	<b>Importe</b>	<b>Proyecto</b>
Alicante	2.942.110,59 €	Alicante se mueve: Being Smart
Gijón	7.386.118,00 €	Gijón-In (Ciudad Inteligente, Innovadora e Integradora)
A Coruña + Madrid + Santiago de Compostela + Zaragoza	2.090.461,80 €	Plataforma de Gobierno Abierto Colaborativa e Interoperable
Santander	6.675.000,61 €	Santander Smart Citizen
Las Palmas de Gran Canarias	7.974.360,82 €	LPA Inteligencia Azul
Lugo	4.112.801,08 €	Proyecto Lugo Smart
Valencia	5.998.733,46 €	Impulso VLCi
Palencia	1.850.127,51 €	DigiPal
Cáceres	3.782.805,29 €	Cáceres, Patrimonio Inteligente
Valladolid	3.614.395,90 €	S2CITY-Sistema Inteligente de Servicios al Ciudadano y Turista
Murcia	7.999.018,82 €	Mi Murcia. Tu Ayuntamiento Inteligente, Cercano, Abierto e Innovador
Ponferrada	1.570.045,55 €	Ponferrada 3.0 Administración Inteligente
Segovia	2.210.670,00 €	Smart Digital Segovia
Diputación de Córdoba	4.847.608,63 €	Municipios Cordobeses Inteligentes y Sostenibles

### 3.4.1.2 El Plan Nacional de Territorios Inteligentes

Este Plan Nacional de Territorios Inteligentes parte de las experiencias y resultados del Plan anterior y de la consulta realizada a los agentes del sector. Fue publicado por el Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital el día 29 de diciembre de 2017, con las actuaciones prioritarias de la digitalización de objetos internos de las ciudades, pilotos 5G, laboratorio virtual de interoperabilidad, turismo inteligente, territorios rurales inteligentes (haciendo énfasis en estos) y servicios públicos 4.0. El Plan está dotado con un presupuesto de 170 millones de euros y ya han salido dos convocatorias: edificios inteligentes y destinos turísticos inteligentes [36].

Este nuevo plan se ha orientado a 3 campos de acción [36]:

- **Acciones territoriales:** son las actuaciones prioritarias comentadas anteriormente, objetos internos de las ciudades (edificios, estaciones, puertos, aeropuertos), 5G, laboratorio virtual de interoperabilidad, turismo inteligente, territorios rurales inteligentes y servicios públicos 4.0.
- **Acciones de soporte:** son acciones que facilitan la implementación de las actuaciones territoriales, como es el impulso a la normalización, actuaciones de carácter internacional, gobernanza del Plan Nacional, comunicación y difusión y capacitación y formación.
- **Acciones complementarias:** son las referidas a IoT para la prestación de servicios públicos (privacidad y seguridad) en territorios inteligentes y movilidad en territorios inteligentes.

Y además busca los siguientes objetivos generales mostrados en la figura 3-4.

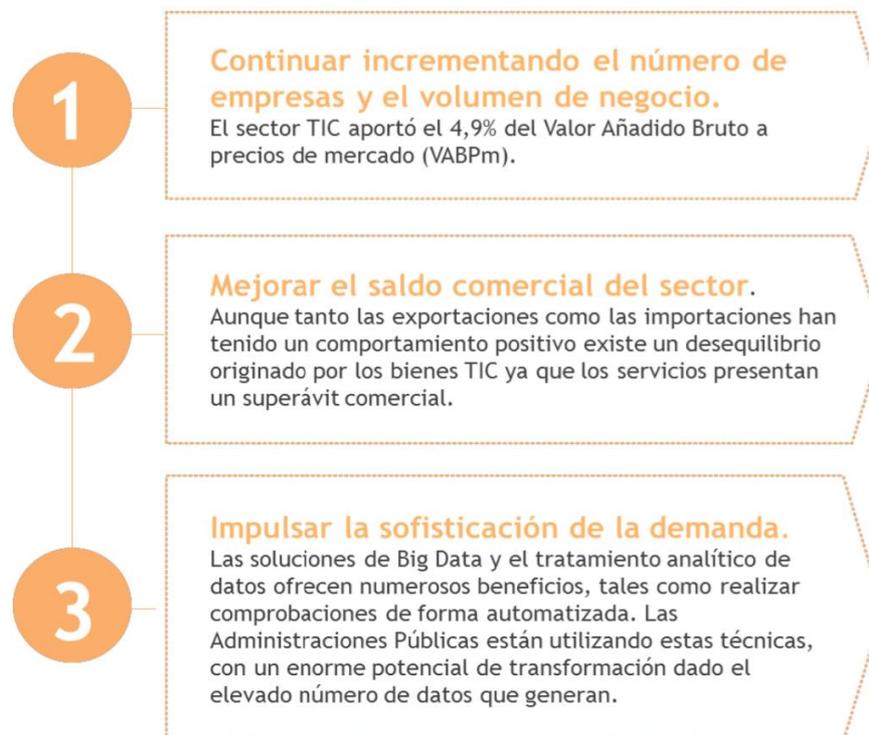


Figura 3-4. Objetivos generales del PNTI [36]

Dado que este Plan surge del Plan Nacional de Ciudades Inteligentes, cuenta con un modelo de intervención evolucionado en tres enfoques que se describen a continuación [36]:

- De Ciudad Inteligente a Territorio Inteligente (Islas y Territorios Rurales Inteligentes): se pudo comprobar que para las Islas fue necesaria una convocatoria concreta y para el entorno rural por sus peculiaridades necesitará de otra.
- Del enfoque de verticales a las plataformas de ciudad: en un principio, el Plan de Ciudades Inteligentes se centró en la mejora de servicios públicos haciéndolos más eficientes y eficaces, pero no en la gestión del conjunto de todos los servicios que requería un Ayuntamiento. Esto se solucionó con las plataformas de ciudad.
- La visión del entorno: cuando se desarrollaron e implementaron las plataformas de ciudad, no se tuvo en cuenta que había elementos que afectaban indirectamente a los servicios públicos. Estos elementos han sido clasificados como:
  - Objetos internos: objetos de la ciudad que pueden aportar información en varios ámbitos y que repercuten en la vida urbana, como son los edificios o un puerto marítimo. Estos anteriormente no habían sido considerados, obviando información como contaminación, calidad del agua, niveles de ruido, movimientos sísmicos, entre otros para el caso de los edificios y para el caso del puerto, por ejemplo, para saber cuántos visitantes desembarcarían a la ciudad.
  - Objetos externos: aquellos que no están en la ciudad, pero si tienen un enlace vinculante con su alrededor o territorio como puede ser el nivel de congestión de tráfico en una carretera de circunvalación, o el nivel de contaminación en una ciudad próxima. Son variables que afectan al funcionamiento de las prestaciones de servicios de la ciudad y para subsanarlas hay que optar por una visión territorial.
  - Turismo Inteligente: debido al incremento de turismo en nuestras ciudades, debemos ser conscientes de la presión que eso ejerce en nuestros servicios y debemos gestionar la ciudad teniendo en cuenta que aportamos servicios a dos tipos de ciudadanos, a turistas y a residentes.

Todo lo mencionado anteriormente ha dado lugar al modelo del Plan Nacional de Territorios Inteligentes que se muestra en la figura 3-5.

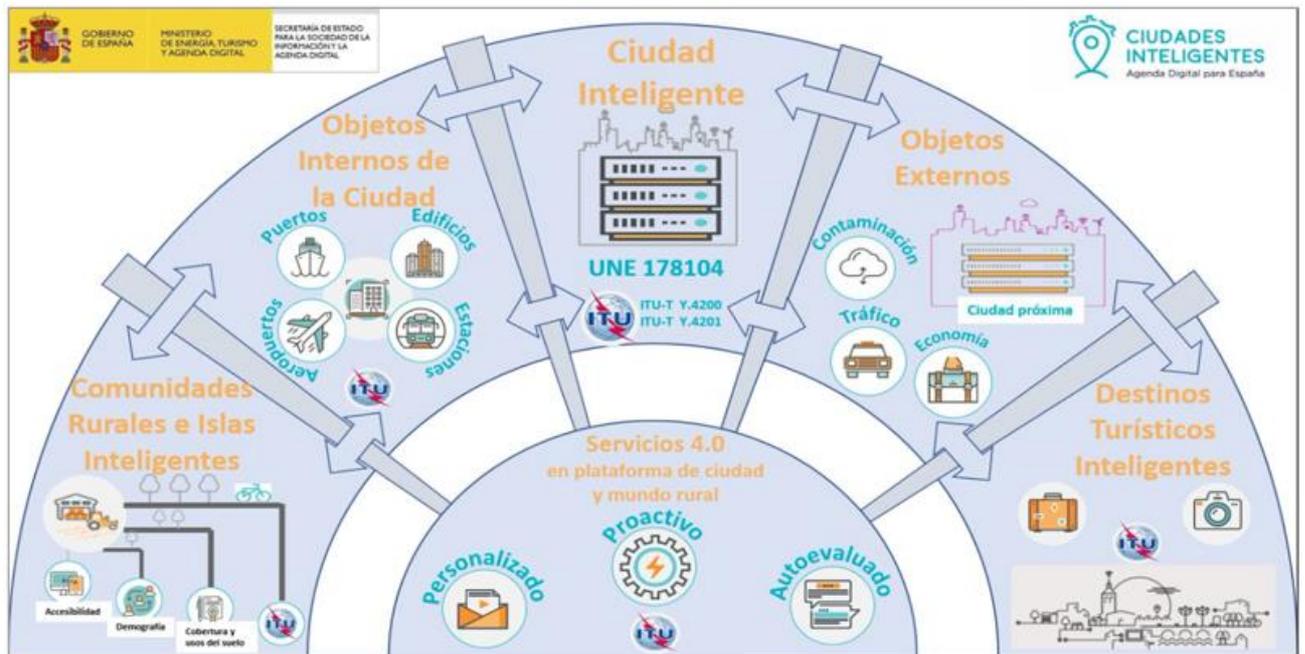


Figura 3-5. Modelo del PNTI

### 3.4.2 Estrategia 2 - Modelos

Se toma como referencia [37] “*Information Technology Smart Cities Preliminary Report 2014*” de ISO/IEC JTC 1 donde se estudia un total de 13 modelos de ciudad (no estandarizados), pero que aquí solo se tomará la información más relevante.

En general, hay dos tipos de modelos de Smart City:

- **Modelos simples:**

Que representan a la ciudad inteligente como una agrupación de proyectos de las distintas áreas o ámbitos que caracterizan a la *Smart City* [30]. Un ejemplo podría ser lo que vemos simplificado en la figura 3-6.

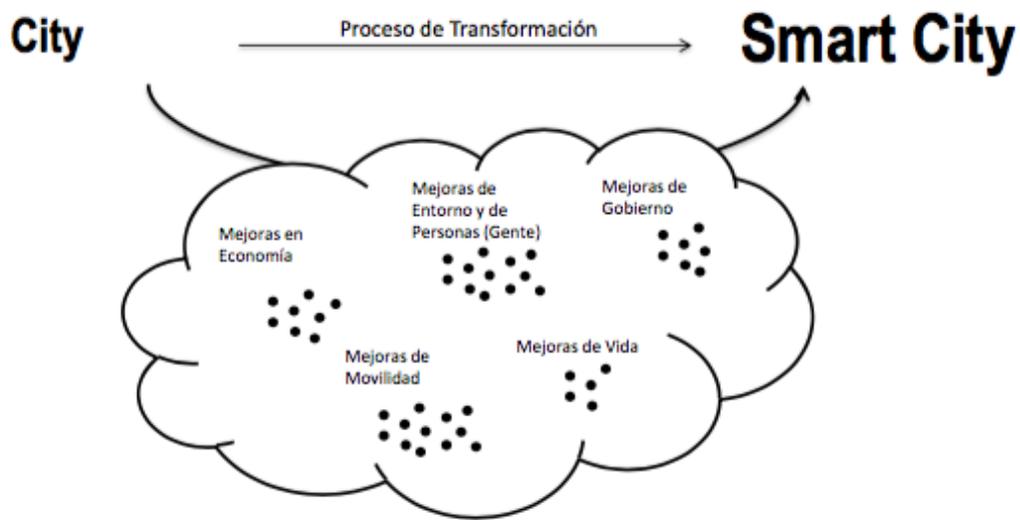


Figura 3-6. Modelo simple de transformación de ciudad [30]

#### b) Modelos complejos:

Estos ahora no se basan solamente en un área en concreto, si no que profundizan más en ellas y trabajan en la comunicación entre las distintas áreas, para que la información viaje por toda la ciudad. Para profundizar utiliza una estructura de capas. También hacen posible que los datos de una ciudad sean portados a otra ciudad, aunque aún están a la espera de estandarización [30].

El sistema representado en la figura 3-7, que tiene los siguientes componentes o capas: Estructura, Información y Sociedad. Este modelo está creado para los ingenieros y gestores [30].

Este sistema con el fin de coordinar la ciudad y controlarla, desarrolla una plataforma que le permite gestionar los distintos servicios (llamados verticales) de forma horizontal. La plataforma tiene la inteligencia necesaria para la integración de nuevas verticales [30]. A continuación, vemos la arquitectura de Ciudad.

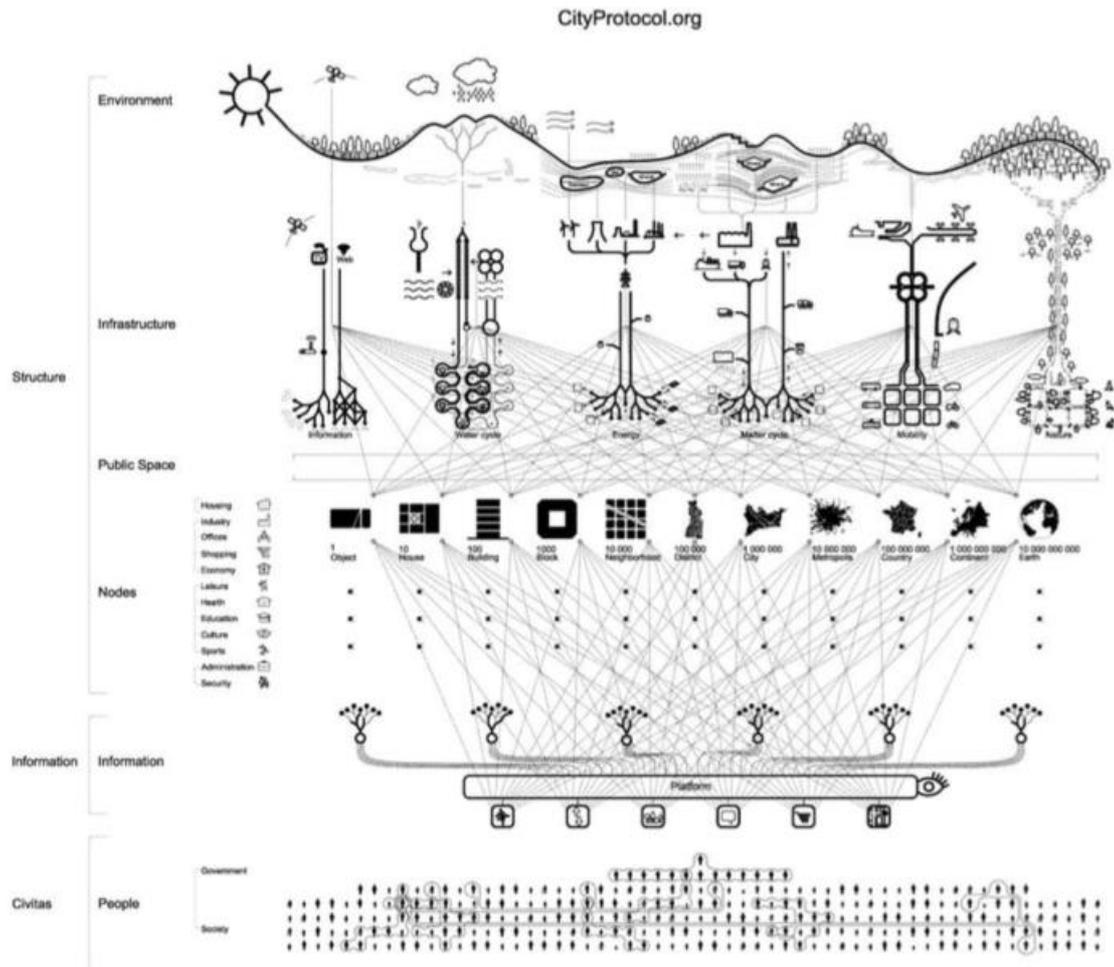


Figura 3-7. Arquitectura de Ciudad [37]

Sus características más destacadas son [30]:

- El núcleo de la transformación inteligente es la plataforma horizontal.
- Tecnología en abundancia y acciones que derivan de ella (instalación de sensores, bases de datos, integración de aplicaciones, etc.)
- Impulsa la innovación urbana, fomentando la búsqueda de nuevos estándares, la interoperabilidad entre plataformas y la implantación de servicios destinados a la ciudad.



## 4 GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN DE LA CIUDAD

---

La integración de las tecnologías de la Internet de las cosas, el *Cloud Computing* y el *Big Data*, junto a políticas de datos abiertos, forman las herramientas necesarias para trabajar en la transformación de las ciudades. Pero para usar esas herramientas se necesita algo fundamental con lo que trabajar, la información. El tratamiento de estos datos recibidos a través de redes de comunicaciones provenientes de distintas infraestructuras de la ciudad y de todo lo que la rodea, incluyendo a sus ciudadanos, es lo que convierte a una ciudad en *Smart City*.

Estos datos obtenidos provenientes de IoT, a gran velocidad y en diferentes formatos (*Big Data*) pasan por tres fases distintas; publicación, acceso y extracción [10]. Así, para la primera será esencial establecer una política pública municipal de *Open Data* o datos abiertos consistente en la publicación accesible, en código abierto, de información que permite a los ciudadanos y empresas ver la información captada por los distintos sensores de la ciudad. La segunda fase conlleva al acceso de los datos, de manera sencilla y contextualizada. Y la última fase permite la extracción de información relevante para los usuarios/ciudadanos sin necesidad de hacerlo de forma recurrente.

Volviendo al proceso de conversión de una ciudad, esta se plantea de la siguiente manera [10]:

- Integración vertical
- Integración horizontal

### 4.1 Integración vertical

La integración vertical implica el desarrollo de soluciones tecnológicas a medida, que resuelven un problema específico en un área de la gestión municipal o una mejora de los servicios públicos prestados, mejorando así la calidad de vida de los ciudadanos. Se trata de aplicar tecnologías avanzadas para hacer que los servicios públicos sean menos costosos y más eficientes. La integración se lleva a cabo mediante módulos independientes, que proceden de las soluciones figuradas por cada servicio de la ciudad. Estos módulos se refieren a las llamadas verticales [10].

#### 4.1.1 Servicios

El modelo de ciudad inteligente presentado en el capítulo anterior alberga una lista de servicios que se listan a continuación según las tres tipologías siguientes [33]:

- Servicios destinados a la Ciudad, son los relacionados con las infraestructuras propias de la ciudad y a sus espacios públicos.
- Servicios de Atención y Relación con el Ciudadano, se refieren a facilitar y mejorar la comunicación entre ciudadanos y empresas con la administración pública local.
- Servicios de soporte a una Ciudad Inteligente, son aquellos que impulsan el desarrollo de la *Smart City*.

A continuación, se listan la pila de servicios para cada uno de los ámbitos de la *Smart City*, según la clasificación anterior.

#### **4.1.1.1 Servicios destinados a la ciudad**

El conjunto de servicios agrupados en esta tipología, vista en el apartado anterior, comprenden los ámbitos de *Smart Mobility*, *Smart Environment* y *Smart Living* [33].

Comenzamos viendo los servicios para *Smart Mobility* que comprenden el siguiente grupo: gestión del tráfico en tiempo real, gestión de los medios de transporte de viajeros, gestión de aparcamientos, gestión de flotas, gestión del uso de bicicletas, aplicaciones de trazabilidad y logística, gestión de peajes, gestión y soporte de vehículos eléctricos y servicios de compartición de vehículos.

#### **Gestión del tráfico en tiempo real**

Las soluciones en este sentido estarían compuestas por sistemas de sensores y cámaras repartidas por ciudades y carreteras capaces de detectar los vehículos, con el objetivo de capturar la mayor información posible sobre el tráfico y el estado de las carreteras. Es verdad que, si queremos sacar el máximo rendimiento de esto, nuestros vehículos deben estar dotados de la última tecnología. De esta forma, podríamos obtener información de la congestión o mejorar en la gestión de la señalización haciendo un uso óptimo del control de los semáforos. A todo esto, hay que sumar la mejora en los sistemas de navegación, debido a que estos pueden ser más precisos a la hora de informarnos sobre que rutas óptimas tomar en función de tiempo y/o distancia, o consejos para hacer una conducción más eficiente, que minimicen el impacto medioambiental [3].

Estos sistemas son capaces de discernir sobre qué puntos de una red de carreteras está más concurrida, o puntos de una ciudad y tomar decisiones para que el tráfico sea fluido e incluso en casos especiales adaptarse y crear medidas como la apertura de un carril auxiliar para servicios de urgencias (p. ej. ambulancias, policía, bomberos...) [3].

Un ejemplo de sistema de gestión de tráfico es la solución *Smart Traffic* de Citibrain [38]. Consiste en la instalación de sensores de bajo costo a lo largo de las calles e intersecciones de la ciudad, proporcionando un monitoreo continuo del tráfico y recibiendo la información a través de comunicaciones inalámbricas, lo que permite un control de tráfico rápido y eficiente para los sistemas de gestión. La solución permite la interacción con señales de tráfico verticales, paneles de información de carreteras y ciudadanos, mediante el envío de notificaciones a móviles y el cálculo de la mejor ruta para llegar al destino, teniendo en cuenta las condiciones del tráfico en tiempo real. En la figura 4-1 se muestra cómo los dispositivos captadores monitorean el tráfico en una señal de tráfico y transmiten la información.

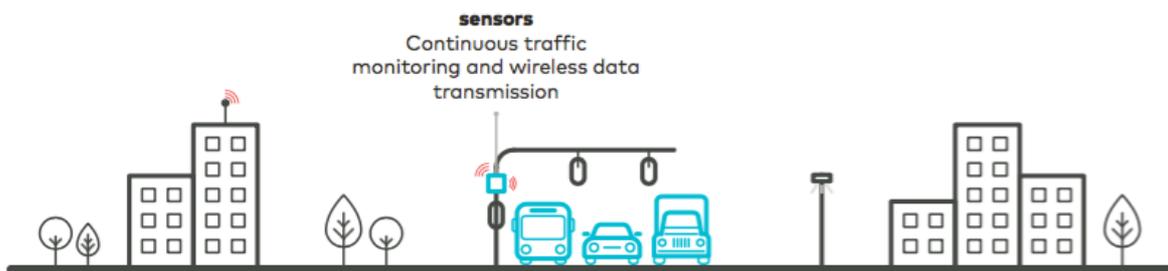


Figura 4-1. Smart traffic [38]

### Gestión de los medios de transporte de viajeros

Son aquellas soluciones que ayudan a la labor del transporte de pasajeros en medios de transportes urbanos, ya sea tanto en autobuses como trenes o bicicletas, mejorando su eficiencia, prediciendo mejor la cantidad de usuarios que demandan los servicios para mejorar el uso, minimizando los costes, incrementando la seguridad y en general, creando una mejor experiencia de usuario. Algunas de estas aplicaciones las hemos podido ver en paradas de autobuses o trenes, donde se nos indicaba el tiempo de llegada del transporte mediante una pantalla informativa. Para ofrecer esta información, las aplicaciones usan sensores y sistemas de análisis en tiempo real. La información recolectada además sirve para localizar el lugar donde se encuentran los medios de transportes públicos, conteo de pasajeros, venta de tickets, etc. Todo ello conlleva a mejorar la red de transportes de la ciudad [3].

A mediados de 2011 el Ayuntamiento de Madrid junto a Telefónica en un acuerdo de colaboración, lanzaron un proyecto para la mejora en la gestión del sistema de transporte, que a día de hoy se encuentra generalizada. El proyecto trataba sobre aportar una mayor información a los pasajeros mediante pantallas de alta definición en los autobuses, pudiendo ofrecer a los

clientes información como: próximas paradas, recorrido del autobús, tiempo de llegada al destino del itinerario, meteorología, información turística, etc [39]. Estas pantallas pueden apreciarse en la figura 4-2.

Otro dato de interés con respecto a los medios de transporte, es el aportado por el periódico EL PAÍS el día 9 de julio de 2018 [40], informando que China ya han comenzado con la fabricación masiva de autobuses autónomos. La empresa tecnológica Baidu [41] ha creado un autobús llamado el Apolong, capaz de albergar a 14 personas en su interior, con una autonomía de 100 kilómetros y una velocidad punta de 70 km/h y cuya plataforma ha sido desarrollada mediante código abierto.



Figura 4-2. Pantalla autobús de Madrid [42]

Destacando el uso de las bicicletas, donde el objetivo no es otro que la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, nos encontramos con el proyecto *Copenhagen Wheel* [43] desarrollado por el *MIT's Senseable City Lab* en colaboración con la ciudad de Copenhague en 2009 y que tras años de ingeniería, pruebas y validaciones el proyecto comenzó a rodar en los Estados Unidos en abril de 2017 y en Europa en abril del mismo año [44]. Consiste en una bicicleta eléctrica que almacena la energía proveniente de la frenada y del pedaleo. Aparentemente es una bicicleta

normal, gracias a la forma elegante de ocultar el motor eléctrico y los cables en su rueda trasera. Al mismo tiempo esta rueda alberga también sensores que recopilan información sobre contaminación atmosférica y acústica, temperatura ambiente, humedad relativa, congestión del tráfico y condiciones de la carretera. Los datos medioambientales se transforman en mapas de tráfico, ruido y contaminación [43]. También es posible mediante una aplicación móvil compartir en redes sociales la distancia recorrida o calorías quemadas. La figura 4-3 muestra la bicicleta y más en concreto su rueda trasera.



Figura 4-3. Bicicleta proyecto Copenhagen Wheel [43]

### **Gestión de aparcamientos**

Hace referencia al uso de dispositivos de detección para determinar la ocupación de las plazas de aparcamiento. Los dispositivos de detección pueden referirse a cámaras, sensores en las entradas de los aparcamientos o sensores que están incrustados en el pavimento de las plazas de estacionamiento, por nombrar algunos. Esto aporta una reducción en el tiempo de búsqueda de una plaza de aparcamiento junto a una ocupación más sencilla y una reducción en las emisiones de CO<sub>2</sub> [3].

La empresa Wellness Telecom ha desarrollado una solución llamada *WeGo&Park* [45] que detecta ausencia o no de vehículos en las zonas de aparcamiento, por medio de una red de cámaras colocadas estratégicamente usando procesado distribuido de vídeo en tiempo real.

Propone que la solución es más económica que la adoptada por otras compañías con sensores de suelo, debido a la reducción de costes de infraestructura. En la figura 4-4 tenemos una visualización de la detección de la plaza de estacionamiento por el sistema *WeGo&Park*. La solución también informa de las plazas de aparcamiento libres en las proximidades donde se está circulando o en el área cerca al destino, ofreciendo una forma sencilla de encontrar aparcamiento y evitando pérdidas de tiempo innecesarias.



Figura 4-4. Detección de estacionamiento por WeGo&Park de Wellness Telecom [45]

### Gestión de flotas

El control de flotas se basa en tecnología para el seguimiento de vehículos donde se pueden planificar rutas, hacer más eficientes los recorridos, controlar velocidades minimizando riesgos de accidentes, hacer estadísticas de uso, cuantificar kilómetros efectuados en horarios específicos, identificar conductas e infracciones de tránsito y ofrecer soluciones. Es una herramienta muy útil para transparentar la gestión y el uso de los vehículos públicos y privados [3]. Esta solución solo difiere con respecto a la gestión de medio de transporte para viajeros en generalidad de uso, ya que es más usada para el ámbito empresarial que para el público. Gracias a estos sistemas es posible reducir tiempos en los recorridos, optimizar los viajes, reducir los consumos de combustible y de material rodante, mejorar el mantenimiento y conocer la situación real de cada vehículo en cualquier momento que se desee, consiguiendo evitar actos ilegales en relación al uso de cada vehículo, como por ejemplo, la utilización del medio de transporte fuera del horario laboral [3].

Telefónica [46] cuenta con la solución Movistar gestión de flotas, que ofrece gestión completa de flota y control de cada tramo conducido, así como de rutas y viajes realizados por conductores y cualquier tipo de vehículo, ya sea turismo, maquinaria o camiones. Funciona mediante dispositivos GPS instalados en los vehículos y una línea M2M en los mismos. Esta solución aporta seguimiento avanzado con visibilidad de todos los vehículos con actualizaciones cada 20 segundos, alarma de incidencias, conducción eficiente permitiendo ahorrar un 20% en combustible, cuadro de mando para tratamiento estratégico de flotas con un gran volumen, conectividad en cualquier parte del mundo y algunas muchas más.

### **Aplicaciones de trazabilidad y logística**

Las aplicaciones de trazabilidad y logística provienen de tecnologías de la gestión de flotas. Consisten en realizar seguimientos de algo relacionado con la logística, que en este caso no son vehículos como para el caso de la gestión de flotas, sino por ejemplo seguimiento del estado o ruta de contenedores de mercancías, seguimiento de todo el proceso de producción de bienes, etc. Esto implica, por ejemplo, que sería posible detectar contenedores vacíos mediante seguimiento en las cadenas de suministros, dado que contenedores vacíos en un puerto implica pérdidas elevadas. Controlar los alimentos y bebidas en una ciudad es competencia de su ayuntamiento, por lo que un uso eficiente de la logística con ayuda de la trazabilidad ayudaría a gestionar sus bienes [3].

Por otro lado, hay aplicaciones que permiten conocer el origen de los alimentos y todo el camino seguido desde la granja hasta el *stand* del supermercado gracias a desarrollos en sistemas de trazabilidad. Para ello se suele utilizar etiquetas con la tecnología RFID (siglas de *Radio Frequency Identification*, en español identificación por radiofrecuencia), que puede ser adherida o incorporada a cualquier producto, animal o persona. Esto es una etiqueta que contiene información y antenas para recibir y responder peticiones por radiofrecuencia, pudiéndose conocer la información contenida en la misma [3]. En la figura 4-5 se muestra un ejemplo de una etiqueta RFID.

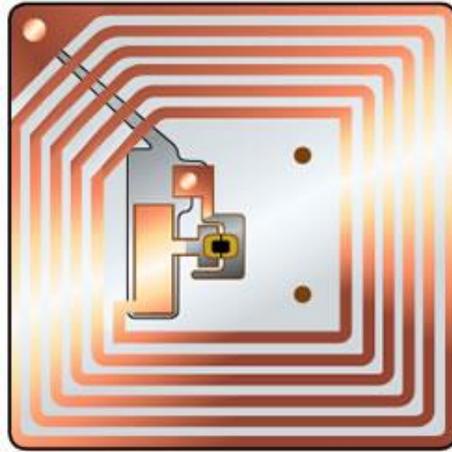


Figura 4-5. Etiqueta RFID [47]

### Gestión de peajes

Son aplicaciones que facilitan el pago de peajes sin necesidad de pasar por un puesto de pago o taquilla, usando para ello diferentes tecnologías de radiofrecuencia [3]. Como ejemplo tenemos el sistema Vía-T que mediante un dispositivo instalado en el vehículo nos permite hacer el pago del peaje automáticamente sin tener que buscar tarjetas de crédito o dinero. El pago se realiza en una cuenta o tarjeta asociada en el dispositivo y el sistema nos permite cruzar la playa de peaje a una velocidad de entre unos 20 y 40 km/h, por lo que no es necesario hacer paradas ni bajar la ventanilla [48]. Este sistema lo podemos encontrar actualmente en uso en nuestra red de carreteras de peaje, por ejemplo, en la Autopista del Sur o AP-4 que comienza en Sevilla y termina en la provincia de Cádiz.

### Gestión y soporte de vehículos eléctricos

Estas serían las aplicaciones relacionadas con el vehículo eléctrico, como, por ejemplo, sistemas que alerten del nivel de batería del coche o estado de las ruedas, reservar el puesto de recarga del vehículo y todo lo que tenga que ver con el mantenimiento del vehículo [3].

En España se desarrolló un proyecto de movilidad eléctrica en Málaga denominado ZeM2All (*Zero Emission Mobility to All*) entre 2012 y 2015 [49], con una flota de 200 vehículos eléctricos (160 *Mitsubishi i-Miev* y 40 *Nissan Leaf*), que recorrieron un total de 4,6 millones de kilómetros. El Ayuntamiento fue participe con 45 de estos vehículos. Los vehículos eléctricos contaban con una “unidad de a bordo” (OBU - *On Board Unit*) que permitía interactuar con el Centro de Control e Información, el cual enviaba información útil en tiempo real sobre aspectos que hacían más eficiente su conducción, como por ejemplo la localización del punto de carga más cercano disponible. Igualmente, se desarrollaron aplicaciones móviles de gestión e información sobre el coche y su carga [49]. Se instalaron 9 estaciones de recarga rápida con capacidad para 23 puestos

de carga [49]. Estos puntos de recargas son llamados electrolineras y en la figura 4-6 tenemos un ejemplo. El impacto medioambiental de este proyecto supuso la reducción de 330 toneladas de CO<sub>2</sub> [49].



Figura 4-6. Electrolineras [49]

### **Servicios de compartición de vehículos**

Las aplicaciones de servicios de compartición de vehículos son aquellas que permiten el ahorro del uso del automóvil, como son las de compartición de trayectos [3]. Un ejemplo podría ser la aplicación BlaBlaCar que pone en contacto a personas que tienen un destino común y deciden realizar el trayecto en un momento concreto. BlaBlaCar es la mayor red social de viajes a larga distancia con más de 65 millones de usuarios en 22 países (5 millones en España y presente desde enero de 2010) [50].

Los siguientes servicios tienen que ver con *Smart Environment*. Estos son: *Smart Energy Grid*, recogida y tratamiento de residuos, mantenimiento de jardines y parques públicos y medición de parámetros ambientales.

## **Smart Energy Grid**

*Smart Energy Grid* se basa en una red eléctrica inteligente donde la tecnología digital permite la comunicación bidireccional entre la empresa de servicios públicos y sus clientes, y la detección de averías a lo largo de las líneas de transmisión. La red que teníamos hasta hace poco era unidireccional no permitiendo flujo de información de los hogares hacia las centrales. Esto ayudará a saber con exactitud la producción frente al consumo de los hogares [3].

Para ello, en uno de los extremos de una *Smart Grid*, concretamente en el hogar, es indispensable que se disponga de dispositivos HEM (*Home energy monitoring*) conectados a la red para medición instantánea del consumo, abarcando estos sistemas tanto de monitorización como tecnologías inalámbricas [3].

Un caso relevante a nivel mundial en el ámbito de la gestión energética y eficiencia es el de Málaga *Smart City*. Proyecto que fue lanzado por Endesa en 2008 con el fin de ser uno de los mayores demostradores a escala real de nuevas tecnologías y buenas prácticas en el ámbito de las *Smart Grids*, como requisito de las políticas europeas para 2020 [51]. Este proyecto supuso la llamada a otros proyectos como el comentado anteriormente ZEM2All para el caso de la movilidad inteligente o el proyecto Accede para mejorar la accesibilidad de las calles de Málaga y el servicio de teleasistencia para las personas dependientes mediante tecnología *Fiware*.

## **Recogida y tratamiento de residuos**

Para la recogida y tratamiento de residuos las soluciones abarcan sistemas de sensores que avisan cuando los contenedores están llenos, y crean rutas óptimas de retirada de residuos, con el fin de ahorrar costes [3].

Un ejemplo podría ser la solución aportada por Wellnes Telecom en el proyecto denominado *Life Ewas* [52] en Sevilla, formado por un consorcio internacional integrado por otras empresas afines a los ámbitos de consultoría medioambiental y gestión de residuos, donde la empresa Wellness Telecom lidera el proyecto por mediación de la empresa de limpieza pública del Ayuntamiento de Sevilla Lipasam. La solución tecnológica empleada ha sido Quamtra [53], un sistema que se compone de una parte hardware y otra software. La parte hardware se encarga de la medición y transmisión de la información recopilada por unos sensores volumétricos (véase figura 4-7) y la parte software está desarrollada mediante una plataforma para visualización y gestión de los datos recogidos por los dispositivos de captura. Además, Quamtra también tiene otras funcionalidades como un acelerómetro o sensor de temperatura, para prevenir actos vandálicos o generar alertas por incendios o inundaciones.

Según [54], “Lipasam ofrece a la ciudad de Sevilla un servicio optimizado que se traduce en una reducción de los costes asociados a la recogida superiores al 60% pasando de 3 rutas fijas a 1 dinámica, reduciendo el número de salidas anuales de los camiones de recogida de 100 a 34; el número de horas de los camiones en la calle; los kilómetros transitados; el combustible empleado; ruido provocado; y descongestionando el tráfico”.

Hoy en día hay 43 municipios españoles con esta solución integrada.



Figura 4-7. Dispositivo de medición volumétrica [53]

### **Mantenimiento de parques y jardines públicos**

Las soluciones en este ámbito consiguen el ahorro de muchos litros de agua anuales, gracias a sistemas inteligentes automatizados de riego, que ajustan la cantidad de agua a suministrar según la información recopilada por redes de sensores, aportando datos, por ejemplo, sobre el grado de humedad del terreno [3].

Un ejemplo de estos sistemas es el *SmartAqua* de BioAgro Technologies [55]. *SmartAqua* es un nuevo sistema de riego inteligente, creado para controlar el riego en cualquier zona verde, aportando agua solo cuando la planta lo necesita. Con sensores monitorizan el riego, el suelo y el clima en tiempo real, alcanzando ahorros entre el 20% y 60% de agua respecto al riego convencional. El esquema de funcionamiento de la solución se representa en la figura 4-8.

Otro ejemplo es el primer sistema de riego inteligente libre de mantenimiento que se implantó en la Universidad de Cádiz en el mes de marzo de este mismo año [56]. La empresa Smart Biosystem fue la encargada de proveer la solución.



Figura 4-8. Esquema de funcionamiento SmartAqua [55]

### Medición de parámetros ambientales

Como el título indica, se emplean dispositivos para la medición de parámetros ambientales como el ruido, la temperatura, la humedad, calidad del agua, concentración de polen, calidad del aire, etc.

Las bicicletas del proyecto *Copenhagen Wheel* comentado anteriormente hacían uso de estos dispositivos para recolección de datos.

En la ciudad de Glasgow se ha desarrollado un proyecto de control de calidad de aire de bajo coste, con plataformas de sensores *Waspmote* de Libelium sobre furgonetas, para obtener mapas dinámicos de la contaminación medioambiental en diferentes zonas de la ciudad obteniendo datos en tiempo real [57]. CENSIS [58], el centro de excelencia de innovación para tecnologías de sistemas de sensores e imágenes (SIS), fue el encargado de desarrollar este proyecto. En la figura 4-9 podemos ver la plataforma de sensores instalados en furgonetas.



Figura 4-9. Sistema de medición móvil de calidad del aire [57]

Y por último con respecto al ámbito *Smart Living* tenemos los siguientes servicios hacia la ciudad: gestión de edificios públicos e inmótica y gestión de infraestructuras públicas y equipamiento urbano. Este ámbito también forma parte de otra de las 3 tipologías de servicios vistas, la topología de servicios de atención y relación con el ciudadano. Este caso se tratará más adelante.

### **Gestión de edificios públicos e inmótica**

Estas aplicaciones se encargan de gestionar de manera eficiente la energía de los edificios. El aire acondicionado, la ventilación, la calefacción, los ascensores, la iluminación y la gestión del agua son los elementos que tratados de forma eficiente se consigue un ahorro considerable [3].

Wellnes Telecom proporciona de nuevo una solución para este caso con su vertical *WeSave* [59]. *WeSave* es una plataforma de monitorización que está diseñada para convertirse en un punto neurálgico del edificio, pudiéndose instalar multitud de sensores y actuadores para la gestión de la energía. La arquitectura de comunicación está basada en IP y permite la inclusión de nuevos elementos. En la siguiente página, concretamente en la figura 4-10 se muestra el esquema de la solución *WeSave*.

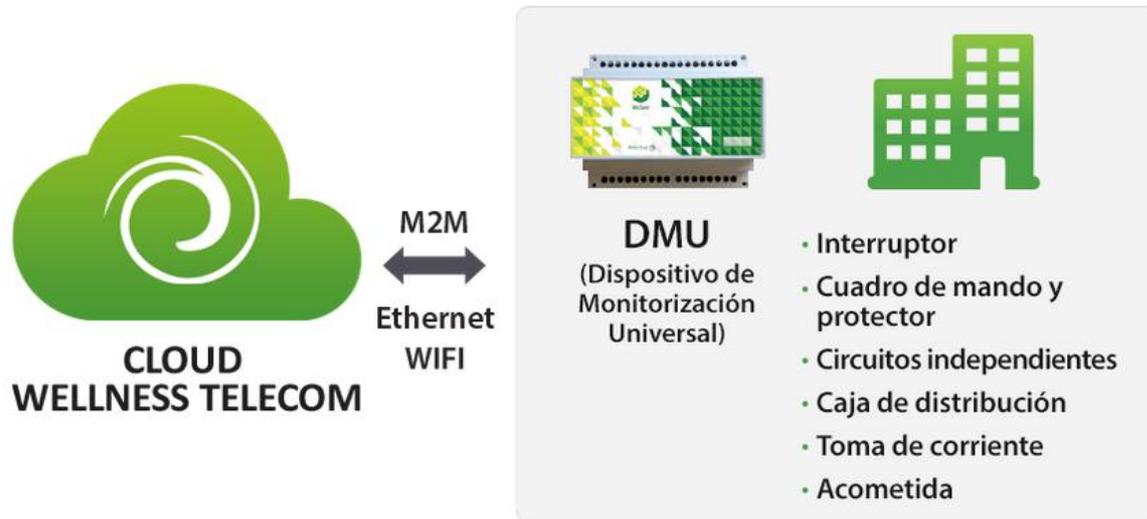


Figura 4-10. Esquema de solución WeSave [59]

Esta solución será implantada en el proyecto Smart Costa del Sol [60], donde se requiere la mejora de la eficiencia energética en edificios de 13 municipios de la provincia de Málaga.

### Gestión de infraestructuras públicas y equipamiento urbano

Se basa en aplicaciones para el mantenimiento de las infraestructuras públicas, como hemos visto ya en algunas anteriormente, pero aquí daremos otros ejemplos de soluciones más generalizadas y no tan particulares como la gestión del edificio público o el mantenimiento de parques y jardines [3].

Como ejemplos de soluciones más generalizadas, tenemos el caso del alumbrado público y el control del estado de las estructuras como edificios, puentes y carreteras, frente a envejecimiento o catástrofe natural. Usando sensores de medición para captar variaciones en las estructuras mediante la monitorización de grietas, así como los movimientos de las estructuras mediante el uso de los acelerómetros [3].

Para el alumbrado público podemos aportar una vez más otra solución de Wellness Telecom, *WeLight* [61], un sistema de telegestión que monitorea el consumo y controla zonas de alumbrado actuando ante desviaciones.

El Ayuntamiento de Gandía [62] confió en esta solución para la gestión y mantenimiento de la totalidad de la red de iluminación a través de 107 centros de mando de telegestión.

Según [61], “la renovación del sistema de alumbrado público supone un ahorro energético para la ciudad de Gandía cuantificado en aproximadamente 400.000 € anuales, un 20% menos total al año y 8,5 millones de euros en 15 años gracias a la tecnología LED y al sistema de telegestión de alumbrado público”.

#### **4.1.1.2 Servicios de Atención y Relación con el Ciudadano**

Son los servicios que tienen que ver con una administración digital, transparente, abierta y participativa, con norma general la relación con la ciudadanía [3]. Los ámbitos que alberga son *Smart Governance* y de nuevo *Smart Living* con los sub-ámbitos en este caso de salud, educación, cultura y ocio, seguridad y emergencias. Para los otros dos ámbitos se tratan los sub-ámbitos siguientes: participación, transparencia, planificación estratégica e información geográfica de la ciudad y administración digital [33].

Iniciamos los servicios de esta tipología con el ámbito *Smart Governance*, viendo los siguientes servicios: e-Administración, e-Participación y *Open Government* y *Open Data*.

#### **e-Administración**

Se trata de todos los servicios online que la Administración provee de forma transparente a sus ciudadanos, para realizar trámites, pagar tasas e impuestos, etc [3].

Según [63], “en el informe de los ayuntamientos de Galicia destaca que el 52,9% de las entidades locales con sitio web cuenta con una sede electrónica, cifra que ha experimentado un incremento de más de 20 puntos en los dos últimos años. Además, más de la mitad de los municipios tiene presencia en las redes sociales, 7,2 puntos más que hace dos años, mientras que el 26,9% de los ayuntamientos gallegos cuentan con un catálogo de procedimientos y, de estos, el 80,2% dispone de un catálogo accesible a través de la Red. Según el informe, el 29,5% de los ayuntamientos gallegos tiene disponible un portal o espacio de transparencia dentro de su entidad. Finalmente, el 77,6% de los ayuntamientos accede a las plataformas de interoperabilidad de otras Administraciones para realizar consultas y un 42,1% cuenta con procedimientos integrados con los sistemas informáticos de otras Administraciones Públicas”.

#### **e-Participación**

Los servicios de e-participación son aquellos que ofrecen un portal para la realización de encuestas y votaciones, así como el uso de las redes sociales con fines comunitarios, donde los ciudadanos planteen sus preguntas y reciban las respuestas de manera más rápida. La e-Participación está promoviendo la implicación más directa de los ciudadanos en los procesos de toma de decisiones de las autoridades públicas y privadas [3].

El Ayuntamiento de Almería lanzó el pasado mayo una app llamada Almería participa, con el fin de hacer consultas a los ciudadanos sobre temas que conciernen a la ciudad. La primera consulta trató sobre qué nombre debería asignársele a la biblioteca pública [64].

### **Open Government y Open Data**

El *Open Government* (gobierno abierto), es un conjunto de políticas que promueve la transparencia, la rendición de cuentas disponiendo a los ciudadanos y empresas los datos del gobierno de diversas áreas (meteorológica, sanidad, biodiversidad, geográfica, catastro, etc) [65].

Sobre el *Open Data* (datos abiertos) se puede decir que es básicamente la misma idea que con *Open Government*, donde se hace referencia a la disponibilidad de la información de forma gratuita para quienes quieran usarla o publicarla, sin restricciones de derecho de autor o patentes [66]. Es un punto a favor de la transparencia de un gobierno, por ejemplo, los canales de TV ofrecidos por internet. O los casos de los ayuntamientos de Zaragoza y Gijón incluyendo cientos de conjuntos de datos en formato abierto, entre ellos organigramas, puntos de interés turístico, direcciones de Zaragoza, ofertas de empleo y trámites y servicios.

Como ejemplos de iniciativas gubernamentales, se pueden destacar: data.gov [67] del gobierno de los Estados Unidos lanzada a finales de mayo de 2009, data.gov.uk [68] del Gobierno Británico en enero de 2010 y la iniciativa del Gobierno de España transparencia.gob.es [69].

A continuación, se presentan servicios relacionados a Smart Living conformado con el siguiente orden: videovigilancia y seguridad ciudadana, prevención y detección de incendios, telemonitorización y telemedicina, teleasistencia y servicios sociales, e-learning y teletrabajo y e-turismo y servicios de información culturales.

### **Videovigilancia y seguridad ciudadana**

Estas son aplicaciones para la seguridad pública que generan una gran controversia en el tema de la privacidad de los datos. Abarcan desde videovigilancia con cámaras centradas en controlar calles y zonas públicas de bien común, a aplicaciones para controlar la gestión de eventos con gran afluencia de espectadores [3].

Un ejemplo puede ser el proyecto *WikiCity* de *SENSEable City Lab* del MIT desarrollado en Roma [70], que obtiene información mediante los móviles de los ciudadanos en tiempo real y es capaz de representarla gráficamente por medio de mapas. En la figura 4-11, se observan trazas de color amarillo indicando las líneas de autobuses y las zonas coloreadas de color rojo

representa la densidad de personas.

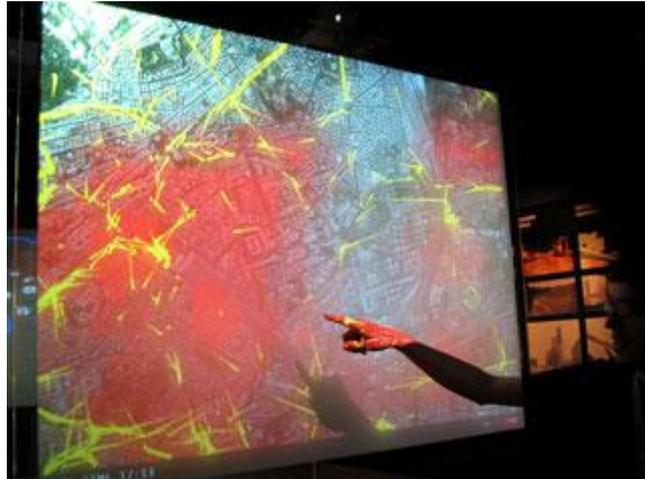


Figura 4-11. Proyecto WikiCity [71]

### **Prevención y detección de incendios**

Son los servicios que detectan mediante tecnología catástrofes naturales o incendios y avisan a los centros de emergencias de manera inmediata [3].

Cellnex tiene un sistema automático llamado Vulcano [72] para la vigilancia, detección automática y seguimiento de fuegos en el entorno forestal. La solución consta de sistemas optrónicos de giro continuo que generan barridos programados para la detección de incendios, en zonas estratégicas de vigilancia.

### **Telemonitorización y telemedicina**

En el ámbito de la salud, la telemedicina usa las TICs para realizar cualquier acto médico, entre profesionales o entre profesional y paciente sin necesidad de contacto físico. Una especialidad de la telemedicina es la telemonitorización que mejora los procesos de atención sanitaria permitiendo al personal sanitario hacer seguimiento de sus pacientes, por medio de bio-sensores, sin que estos tengan que moverse del hogar [3]. Un ejemplo claro del uso de las TICs entre profesionales sería la compartición del historial clínico electrónico.

Un caso citado por el periódico Diario de Sevilla [73] con fecha el 30 de julio de este año 2018, en el que informa que el personal sanitario del Hospital Macarena de Sevilla, gracias a la telemedicina lograrán en otoño eliminar las esperas de las consultas y favorecerá el diagnóstico precoz de todo tipo de lesiones en la piel.

### Teleasistencia y servicios sociales

Ligado a los servicios anteriores, en cuanto al cuidado de personas se refiere, existen los sistemas de teleasistencia, que ofrecen servicio de asistencia desde el domicilio las 24h a personas con capacidades disminuidas, enfermos y ancianos, mediante conexión en todo momento con un equipo sociosanitario [3].

La empresa de seguridad Prosegur ofrece un servicio de teleasistencia [74] con asistencia las 24 horas los 365 días del año dirigido a personas mayores o con necesidades especiales. En la figura 4-12 se muestra el dispositivo móvil de teleasistencia que ofrecen.



Figura 4-12. Dispositivo teleasistencia [74]

### e-learning y Teletrabajo

El *e-learning* se refiere al acceso a la educación a través de medios electrónicos, es decir tecnología [3]. Actualmente son muchas las universidades que ya ofrecen programas de grado o másteres online, como por ejemplo la Universidad Internacional de la Rioja [75]. El *e-learning* ofrece un acceso a los contenidos de estudio más fácil y un aprendizaje más flexible.

El teletrabajo, como su nombre indica, es el trabajo a distancia usando de nuevo tecnologías de la información y comunicación. A distancia significa en el hogar u otro lugar que no tenga que ver con las oficinas o centro de trabajo [76].

## **e-turismo y servicios de información culturales**

En este grupo podrían incluirse las aplicaciones móviles que informan a los turistas sobre puntos de interés de la ciudad, guía de restaurantes, callejero, museos, etc [3]. También existen aplicaciones que se han convertido en un modelo de negocio, como las visitas guiadas en realidad aumentada.

Un ejemplo de ello es *Past View* [77], donde mediante unas rutas turísticas guiadas, la aplicación te transporta a diferentes épocas de la ciudad para poder contemplar cómo era el entorno y el patrimonio en el pasado.

Según [77], “El dispositivo *Past View*, compuesto por unas *smartglasses* y un *touch pad*, permite al visitante adentrarse en el pasado a través de reconstrucciones virtuales y tecnología AR (Realidad Aumentada) que permitirán acercarse a los espacios patrimoniales de una manera cercana e inmersiva. Gracias al sensor de movimiento el usuario podrá contemplar panorámicas del pasado, compararlas con el presente mejorando así la experiencia sensorial y haciendo la visita turística diferente e innovadora. Además, el *software* lleva integrado un sistema GPS que mantiene permanentemente geolocalizado al visitante”.

## **4.2 Integración horizontal**

La integración horizontal se refiere a la conexión de todas las verticales o módulos independientes vistos hasta ahora en una plataforma central de gestión transversal, haciendo el proceso de gestión de la información proveniente de cada módulo más cómodo y ordenado [10]. Un ejemplo sería Coruña *Smart City* [78] con la plataforma SOFIA2 de Indra, que veremos más adelante y que permite una integración horizontal de los distintos servicios (parking inteligente, Administración electrónica, parámetros medioambientales, gestión del agua, optimización del tráfico).

### **4.2.1 Plataforma horizontal**

Podríamos asemejar el concepto de la plataforma horizontal con una descripción del cuerpo humano, donde a las verticales las asemejaríamos con las extremidades y a la plataforma horizontal con el cerebro. Es el centro de la ciudad, donde se monitoriza toda la información proveniente de las verticales en tiempo real, apoya a las infraestructuras y se toman las medidas oportunas convirtiendo a la ciudad en un ente inteligente [10].

Existen distintos modelos, como el desarrollado por Cisco, Microsoft, la Universidad de Stanford o la Organización Internacional de Estándares (ISO), entre otros.

Según la norma UNE 178 104 [79] los principales objetivos de una Plataforma Integral de Ciudad Inteligente son:

- “Recoger la información de la Ciudad, ciudadanos y empresas, cumpliendo los requisitos de privacidad que fueran pertinentes.
- Distribuir la información, para que pueda ser procesada por los responsables de los diferentes servicios.
- Analizar la información según los criterios definidos.
- Tomar decisiones devolviendo la información refinada a los sistemas encargados de ejecutar las distintas acciones.
- Exponer datos y capacidades a desarrolladores para facilitar la creación de un ecosistema de aplicaciones sobre la plataforma, que cree un valor adicional para el ciudadano”.

Una plataforma horizontal hace más sencillo el desarrollo de aplicaciones, minimizando costes y tiempo. También hace los desarrollos más extensibles permitiendo la acogida de estándares, y además, permiten análisis de seguridad y rendimiento [10].

Los requisitos funcionales para la gestión de infraestructuras y comunicación entre sistemas que la plataforma debe satisfacer según la norma UNE 178 104 de AENOR [79] son las citadas a continuación.

“La plataforma debe soportar Monitorización y Operación centralizada, segura y multiusuario sobre los diferentes recursos, elementos o sistemas de una ciudad, permitiendo:

- 1) Acceso a los datos de plataformas de sensores, bases de datos y a información de otras aplicaciones.
- 2) Actuaciones sobre actuadores (sensores) a través de soluciones estandarizadas.
- 3) Registro de las diferentes actividades que se desarrollan en el sistema.
- 4) Gestión del mantenimiento de los equipos e infraestructuras.
- 5) Soporte de protocolos estándar de monitorización como SNMP o JMX.

6) Integración con otros sistemas y aplicaciones, como por ejemplo:

- SCADAS para la gestión de la energía y usos de toda la ciudad (fuentes, iluminación, gestión de edificios, control semafórico, etc).
- Estaciones meteorológicas y medioambientales (emisiones, ruidos, vibraciones, movimiento de tierra por satélites, etc).
- Producción de energía.
- Fuentes.
- Gestión de agua.
- Recogida de basura.
- Video vigilancia.
- Aparcamiento público y en superficie.
- Sistemas de acceso (acceso identificado a edificios, peajes, pago por uso, ...).
- Redes sociales.
- ERP corporativo.
- GIS.
- Sistemas de sensorización.
- Sistemas de gestión de flotas (municipales, bicicletas, car- share, taxi, etc.).
- Puntos de recarga del VE (vehículo eléctrico).
- Sistemas de información ciudadana (sistemas de quejas, notificación de incidencias en la vía pública, emergencias urbanas, redes sociales o turismo) y CRMs.
- Etc”.

Con respecto a interoperabilidad, las plataformas deben permitir la comunicación entre verticales susceptibles de ser integradas, debiendo:

- “Proveer las interfaces necesarias para que eventos de un sistema puedan desencadenar acciones en otros sistemas.
- Usar APIs y protocolos normalizados para comunicación entre aplicaciones y otras plataformas o sistemas de gestión, siendo una API (*Application Programming Interface*) un conjunto de funciones, protocolos y comandos para desarrollar un programa específico según plataforma [79].
- Tener la capacidad de extenderse para soportar nuevos protocolos de comunicación, como comunicaciones entre sistemas que permitan la ejecución de funciones”.

Como ejemplos se muestran a continuación 5 plataformas de ciudad con una breve descripción de cada una de ellas.

#### 4.2.1.1 Plataforma IOC (IBM)

La plataforma de IBM IOC (*Intelligent Operation Center*) [80] el centro de gestión inteligente en español, ayuda a las ciudades ofreciendo una interfaz a sus gestores y responsables muy intuitiva con cuadro de mandos, paneles de instrumentación en línea, respuesta ante incidencias y emergencias, algoritmos de analítica, mapas integrados y otras muchas más.

La plataforma además:

- Controla gestiones a lo largo de toda la ciudad y contesta a eventos e incidencias.
- Implica a empresas y ciudadanos en la resolución y notificación de incidentes.
- Trabaja con redes sociales.
- Desplega rápidamente con pocos recursos tecnologías de la información.

IBM *Intelligent Operations Center* utiliza los datos generados en la ciudad para:

1. Acopiar y manejar los datos correctos.
2. Integrar y examinar los datos.
3. Permitir un acceso fácil de la información puntual.
4. Configurar los sistemas para que sean óptimos según experiencias tomadas.

La arquitectura del IOC se muestra en la figura 4-13.

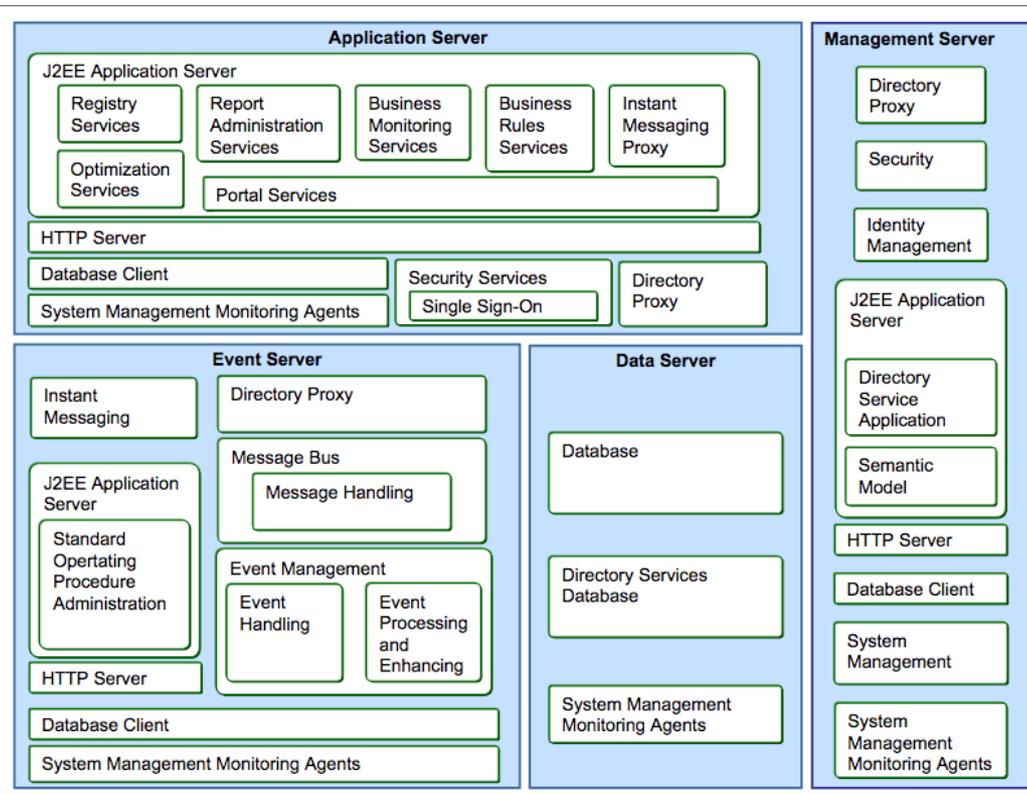


Figura 4-13. Arquitectura Plataforma IOC de IBM [80]

#### 4.2.1.2 Plataforma Sofia2 (INDRA)

La plataforma Sofia2 [81] es un programa de intercambio de información entre aplicaciones que recibe y ofrece información del internet de las cosas al mundo real. Es la plataforma de Indra [82], que surgió como un proyecto I+D de la iniciativa europea Artemis de duración tres años y que finalizó en marzo de 2012 con la colaboración de 19 socios de cuatro países de la UE, estando entre ellos Nokia, Phillips, Fiat y Acciona [83]. En la figura figura 4-14 se puede apreciar el esquema de su arquitectura.

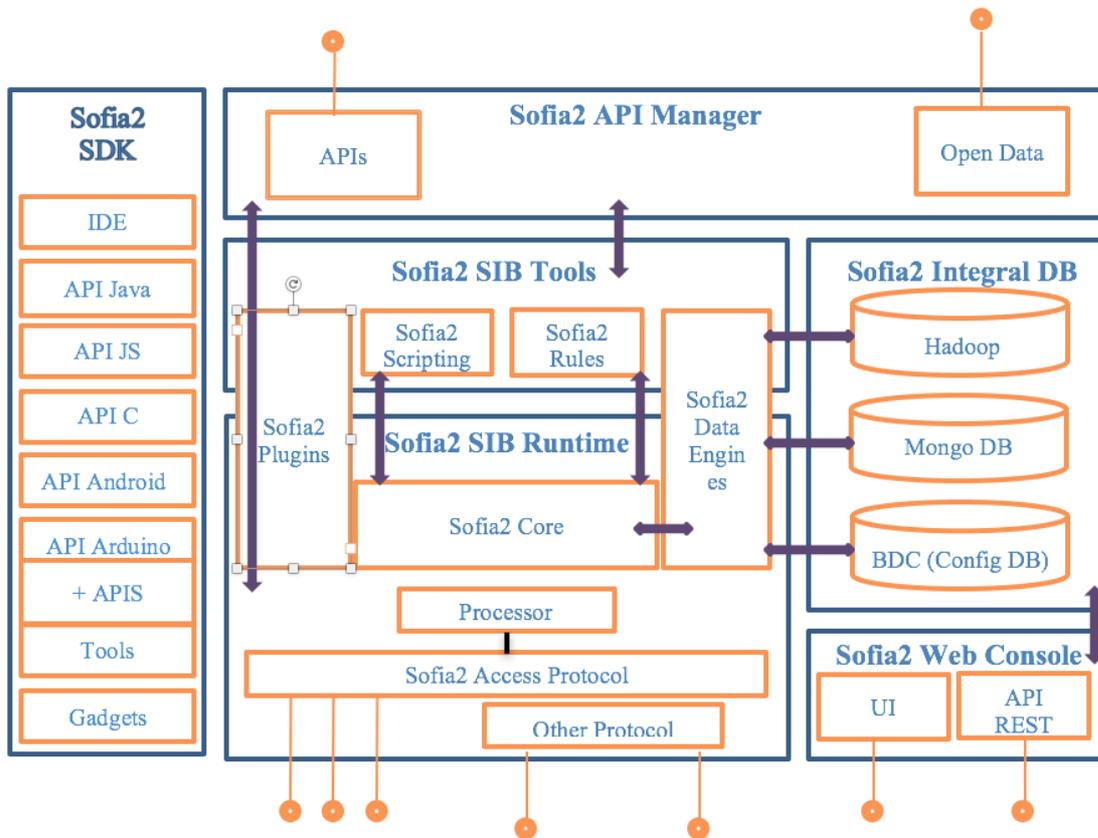


Figura 4-14. Arquitectura Plataforma Sofía2 de Indra [81]

Sofia2 abarca multitud de lenguajes y protocolos ya que se basa en software de código abierto, facilitando así la comunicación entre gran cantidad de dispositivos. Provee mecanismos de suscripción y publicación, haciendo más fácil el uso de actuadores y sensores para gestionar el entorno.

Sofia2 [81] es:

- Multidispositivo.
- Multilenguaje: Java, Javascript, C++, Arduino
- Multiplataforma: Windows, Android, Linux, iOS, ...
- Posee implementaciones de HTTP (REST y WebServices), MQTT, TCP, Ajax Push, etc.
- Código abierto.

Se basa en los siguientes estándares [83]:

- JSON (*JavaScript Object Notation*): formato de texto para intercambio de datos, fácil de leer y escribir para las personas y de generar y analizar para las máquinas [84].
- Servicios REST y RESTful: APIs Web como evolución de Servicios SOA.
- Hadoop: un sistema de código abierto que permite almacenar, analizar y procesar grandes volúmenes de datos [85].

#### 4.2.1.3 Plataforma SmartBrain (Cellnex Telecom)

Según [86] “*SmartBrain* es un servicio de Cellnex Telecom que garantiza el acceso a las infraestructuras urbanas mediante la homogeneización de los datos recopilados en distintas fuentes. Consta de una infraestructura informática de diseño modular con estándares abiertos y de una serie de aplicaciones en la nube que garantizan y posibilitan el intercambio de datos, con lo que puede usarse de forma simultánea por parte de distintos usuarios con diferentes perfiles (ciudadanos, administración, grupos de interés social, distribuidores, desarrolladores, etc.). Es una herramienta para potenciar la participación y los servicios *do-it-yourself* para los ciudadanos, así como para mejorar la interacción con la administración y la transparencia”.

En la figura 4-15 se aprecia su diseño modular, que minimiza el tiempo de arranque de los servicios integrales de la ciudad, debido también al uso de estándares abiertos y de interfaces API.



Figura 4-15. Esquema modular de SmartBrain [86]

Tiene las siguientes características principales [83]:

- Solución general y abierta para cualquier vendedor.
- Recuperación del servicio frente a cualquier anomalía.
- Intercambio de información y datos desde todas las áreas de la Administración y entre la ciudad y desarrolladores.
- Versatilidad frente a requisitos de la ciudad.
- Minimización de la fase de creación de los servicios públicos.
- Aumenta de la participación y la transparencia.
- Hace la transformación de la Administración un cambio sencillo.
- Abre un abanico de nuevas posibilidades para los negocios.

La plataforma contiene también los siguientes servicios con el fin de obtener una mayor flexibilidad y facilidad [83]:

- API Web Services utilizando XML SOAP y API basada en RESTful Web Services.
- SDK (*Software Development Kit*) un conjunto de herramientas software que engloba el uso de APIs para su desarrollo en .NET (Silverlight).

#### 4.2.1.4 Plataforma Carriots (Wairbut)

Carriots [87] “es una Plataforma como Servicio (PaaS en sus siglas en inglés) diseñada para proyectos del Internet de las Cosas (IoT) y de Máquina a Máquina (M2M)”.

Dispone de las siguientes características principales [83]:

- Conexión de cualquier tipo de dispositivo.
- Escalabilidad hasta miles de dispositivos.
- Recolección de todo tipo de datos, flujos de datos a medida, temperaturas, lecturas de sensores complejos, etc.
- Almacenamiento: base de datos NoSQL con acceso a través de APIs.
- Gestión de dispositivos y de datos: permite mantener de forma remota, control e interactuar con dispositivos, independientemente de su ubicación.
- Intercomunicación con otros sistemas: a través de los estándares REST API y *web services*.
- Construcción de aplicación propia, mediante estructuras de control sencillas, pudiendo integrar datos de las verticales propietarias en flujos externos para interactuar con otros sistemas.

En la siguiente figura se muestra una visión general del sistema Carriots con sus principales componentes.

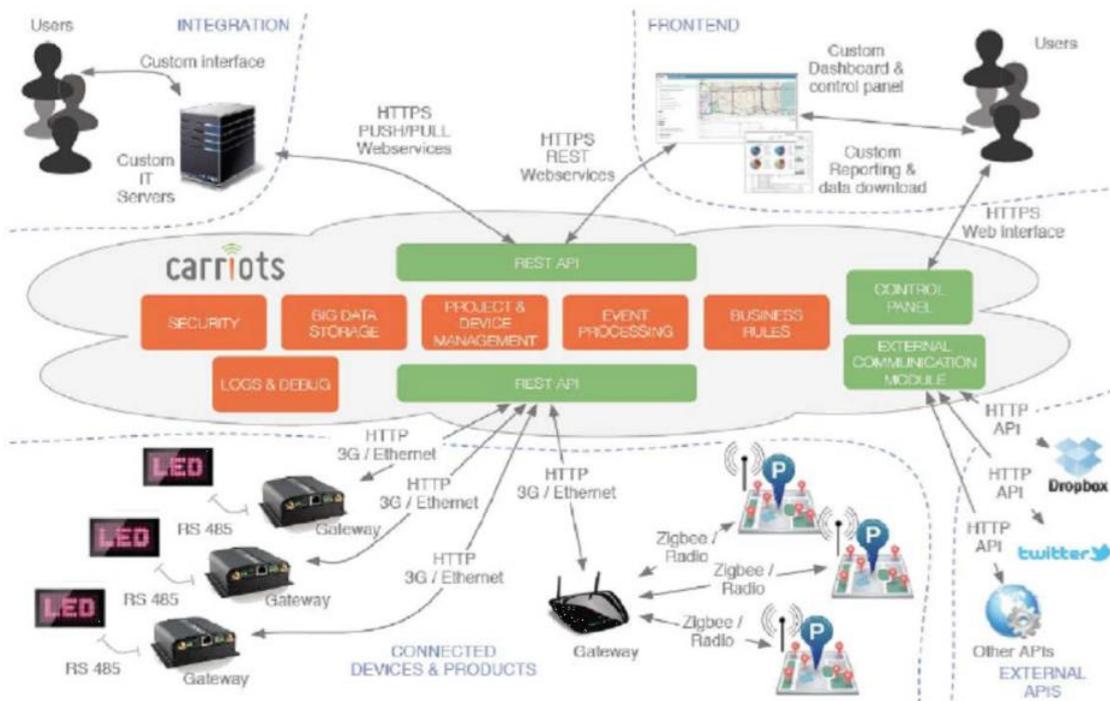


Figura 4-16. Vista general sistema Carriots [87]

#### 4.2.1.5 Plataforma Wonderware (Schneider Electric)

Wonderware System Platform [88] es la plataforma de Schneider escalable para abarcar las necesidades de automatización industrial y de información [83].

La plataforma contiene un historial redundante integrado, para ofrecer una alta fidelidad entre la red del control SCADA (acrónimo de *Supervisory Control And Data Acquisition*), Supervisión Control y Adquisición de datos en castellano y la red del negocio. Y también tiene un servidor de gestión de información industrial vía web que hace más fácil la presentación de las operaciones y la organización [83].

Los factores claves de esta plataforma son los siguientes [88]:

- Facilita el trabajo de ingeniería y desarrollo.
- Máxima agilidad operativa.
- Inteligencia de operaciones en tiempo real.

- Reduce el coste de propiedad de las aplicaciones.
- Mejora continua de procesos.
- Ayuda al cumplimiento de estándares y normas.

Cuenta con los siguientes beneficios [83]:

- La ejecución de operaciones ahorra tiempo y dinero y también la estandarización en el ámbito de desarrollo.
- Independencia de la fuente en la integración de los datos de operaciones.
- Capacidad y flexibilidad ante cambios.
- Sistema escalable para gestionar sistemas con independencia geográfica y con tamaños desde 250 hasta más de 1 millón de conexiones I/O.

Y posee las siguientes capacidades [83]:

- Reduce la complejidad mediante el uso de un modelo de planta común.
- Despliegue y mantenimiento a distancia del software.
- Fácil de mantener y extensible con uso de plantillas y estructuras orientadas a objetos.
- Modelo de seguridad potente.
- Características de redes "optimizadas para SCADA" y comunicación.
- Gráficas avanzadas y recolección de datos históricos.
- Generación de informes de base web.

Por lo tanto, cualquier *Smart City* que se sustente en una plataforma horizontal, tendrá en común la obtención, el procesamiento y el uso de la información, a pesar de que, las plataformas puedan diferir en estructura o arquitectura. Estos puntos comunes de tratamiento de información son clasificados en capas (captación, adquisición, conocimiento, interoperabilidad, servicios de inteligencia y capa de soporte). En la figura 4-17 se puede observar esta estructura de capas que será estudiada a continuación.



Figura 4-17. Arquitectura general plataforma horizontal [89]

Empecemos hablando por la capa inferior, la capa de captación. La capa de captación es la capa donde se encuentran todos los dispositivos físicos de captación de datos e información provenientes de la ciudad. Estos dispositivos están dispuestos en la ciudad formando una red de sensores, tratadas de manera privada o pública por las administraciones, sírvase de ejemplo la red de semáforos, radiobalizas, puentes, etc [10]. Esta capa no se muestra en la figura 4-17, pero tiene un papel importante para la capa de adquisición.

Profundizando un poco más en los sistemas de captación, los principales dispositivos que pertenecen a la capa de captación son los sensores y las etiquetas RFID, que pueden servir para los distintos servicios de la ciudad según su ámbito de aplicación, como puede ser monitoreo de la movilidad, del consumo energético o de otros recursos, conteo de personas, seguimiento de condiciones medioambientales, gestión de residuos, etc. La diferencia entre los sensores y las etiquetas es que los sensores captan información de su alrededor en tiempo real, y las etiquetas, que ya comentamos anteriormente, son como dispositivos de almacenamiento que tratan con información estática, haciendo registros en intervalos de tiempo, con el fin de identificar, o adquirir datos relevantes de donde están adheridos (por ejemplo, el chip de identificación de los perros, la fecha de última reparación de un aparato, el destino final de un paquete, etc.) [10].

La siguiente capa es la capa de adquisición, que se encarga de recepcionar todos los datos provenientes de la capa de captación y estandarizar la forma de los datos, para plataformas de

almacenes de datos (*Data Warehouse*), o dejándolos en su forma bruta (*raw*), ya sea estructurada o no (sistemas basados en *Data Lake*). Asimismo, permite la comunicación con otros sistemas externos que únicamente consuman los datos, como pueden ser ciertas API, las webs de transparencia, entre otros. Se definiría como una pasarela de información desde los sistemas de captación hacia el cerebro de la ciudad [10].

Luego tenemos la capa de conocimiento, encargada del procesado, explotación y transformación de los datos, de la generación de modelos, del análisis estadístico y predictivo, entre otros. Esta parte del proceso, que puede ser incorporada en forma de *cloud computing*, recibe datos también de la capa de interoperabilidad. Dependiendo de la capacidad de procesamiento y obtención de información, puede analizar información en tiempo real (*streaming*) o en lotes (procesamiento *batch*) [10].

Esta capa la podríamos llamar cerebro o centro neurálgico de la plataforma de la ciudad. Aquí es donde se encuentra la información de valor tanto para el ciudadano como para empresas o la Administración pública, después de un proceso de limpieza y otro de análisis de los datos «crudos» o sin tratar, se obtiene la información que finalmente puede considerarse de utilidad (conocimiento) [10].

La capa de interoperabilidad se encarga de la prestación de servicios ofreciendo interfaces, API y conectores para acceder con seguridad a información de la plataforma de forma externa. En esta se encuentran los elementos que permiten conectar la capa de conocimiento con la de adquisición. La normalización es un elemento fundamental para conseguir el objetivo de la interoperabilidad [10].

Y en lo más alto de la estructura tenemos la capa de servicios de inteligencia, que conecta los servicios municipales con la plataforma. De aquí se obtendrán datos que utilizarán los actuadores para actuar de una forma u otra, tales como electroválvulas para el servicio de mantenimiento de parques y jardines públicos o relés para activar o desactivar la iluminación de un servicio de alumbrado público entre otros [10].

Por último, la capa soporte es una estructura transversal que aporta servicios como seguridad monitorización o auditoría. También se encarga de asegurar el correcto funcionamiento de toda la estructura de capas y de la privacidad de los datos. Es una capa que está integrada en todas las áreas que componen la ciudad inteligente [10].



## 5 ESTANDARIZACIÓN

---

**E**l cumplimiento de los estándares internacionales es de vital importancia. En España, muchas empresas TIC invierten en tecnologías avanzadas, basadas en el uso de Plataformas de gestión, donde la interoperabilidad entre distintos servicios y plataformas y el cumplimiento de los estándares internacionales es fundamental para lograr el éxito por la inversión realizada [83].

Por esto, en este capítulo nos centraremos en el estudio de los estándares que tienen repercusión en la interacción entre plataformas y también se revisará dada su importancia el caso para los datos abiertos u *Open Data*. Comenzamos introduciendo los organismos de normalización más relevantes y luego los estándares de referencia.

Los Organismos de Normalización están en pleno proceso de desarrollo de estándares. España es el primer país en desarrollar normas específicas sobre ciudades inteligentes y un referente reconocido en el ámbito internacional. Y es que, el modelo español de normalización desarrollado en el comité técnico de UNE (Asociación Española de Normalización), el CTN 178, presidido por la Secretaría de Estado para la Sociedad de la Información y la Agenda Digital (SESIAD), cuenta ya con 25 normas técnicas nacionales [90] que están sirviendo de base para elaborar estándares internacionales en el seno de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU).

Debido al papel fundamental que tiene para el caso de estudio, se presenta también oneM2M. OneM2M es una organización formada por la unión de 8 organizaciones líderes en el desarrollo de estándares TIC (**CCSA** *China Communications Standards Association*, **TTA** *Telecommunications Technology Association*, **ARIB** *Association of Radio Industries and Business*, **TTC** *Telecommunication Technology Committee of Japan*, **ETSI** *European Telecommunications Standards Institute*, **ATIS** *Alliance for Telecommunications Industry Solutions*, **TIA** *Telecommunications Industry Association* y **TSDSI** *Telecommunications Standards Development Society India*) cuyo objetivo es asegurarse del despliegue de sistemas de comunicación M2M eficientemente [91]. OneM2M es quien está trabajando en el lanzamiento de normas europeas para las comunicaciones M2M e IoT [83].

La Asociación Española de Normalización y la organización oneM2M han desarrollado los siguientes estándares de referencia y de especial interés:

- UNE 178 104 (AENOR). “Ciudades Inteligentes. Infraestructuras. Sistemas integrales de gestión de la Ciudad Inteligente. Requisitos de interoperabilidad para una Plataforma de Ciudad Inteligente” [79].
- UNE 178 301 (AENOR). “Ciudades Inteligentes. Datos abiertos” [92].
- TS-0001 (oneM2M). “Functional Architecture”. V1.6.1 [93].
- TS-0002 (oneM2M). “Requirements” V2.7.1 [94].
- TR-0001 (oneM2M). “oneM2M Use Cases Collection” V2.4.2 [95].

A continuación, se muestra una breve descripción de cada uno de los estándares.

## 5.1 UNE 178 104

La norma UNE 178 104 de AENOR “Ciudades Inteligentes. Infraestructuras. Sistemas integrales de gestión de la Ciudad Inteligente. Requisitos de interoperabilidad para una Plataforma de Ciudad Inteligente” en su segunda edición, lanzada el pasado año, trata de establecer todo lo posible para la integración de Plataformas de Ciudad Inteligente, requiriendo ciertos puntos de interoperabilidad sobre una estructura de capas [79].

En su primera edición dio a lugar a las Recomendaciones ITU-T Y.4200: Requerimientos de interoperabilidad para plataformas de Ciudades Inteligentes, y la ITU-T Y.4201: Requerimientos de alto nivel y marco de referencia de las Plataformas de Ciudades Inteligentes, adquiriendo relevancia internacional [96].

La norma en definitiva establece una estructura de capas con interfaces abiertos y normalizados. Esto conlleva a que las capas de la plataforma puedan requerirse que sean abiertas a terceras partes, pudiéndose transferir información de forma estructurada, haciendo más sencilla la combinación de información proveniente de distintas partes. Por el contrario, no define protocolos concretos de comunicación, los tipos de bases de datos, las soluciones técnicas concretas de los componentes de la plataforma ni la semántica asociada al intercambio de información [79].

Los objetivos principales de una Plataforma de Ciudad Inteligente son según [79]:

- “Recoger la información de la ciudad, ciudadanos y empresas, cumpliendo los requisitos

de privacidad que fueran pertinentes”.

- “Distribuir la información, para que pueda ser procesada por los responsables de los diferentes servicios”.
- “Analizar la información según los criterios definidos”.
- “Tomar decisiones devolviendo la información refinada a los sistemas encargados de ejecutar las distintas acciones”.
- “Exponer datos y capacidades a desarrolladores para facilitar la creación de un ecosistema de aplicaciones sobre la plataforma, que cree un valor adicional para el ciudadano”.

La norma dice que es fundamental que la Plataforma asegure el correcto funcionamiento de los servicios de la ciudad, además de su rendimiento, eficacia, escalabilidad y seguridad.

Según [79]: “La Plataforma de Ciudad Inteligente debe capacitar a la Ciudad Inteligente para”:

- a) “Operar sus infraestructuras”.
- b) “Tomar de decisiones en base a la información que recibe y procesa”.
- c) “Coordinación de servicios (emergencias, agencias, concesiones...)”.
- d) “Controlar de la calidad de servicios”.
- e) “Difundir la información a los ciudadanos”.
- f) “Propiciar la reutilización de aplicaciones, de la infraestructura de sensores y redes y la conexión entre plataformas”.
- g) “Permitir la interconexión entre los distintos verticales”.
- h) “Permitir la conexión con otras plataformas”.
- i) “Proporcionar interfaces de referencia para el acceso de terceros cumpliendo requisitos de seguridad”.

A continuación, se listan las características técnicas que deben cumplir las plataformas. Según [79]:

- a) “Horizontalidad: capacidades de soporte en diferentes campos de aplicación, permitiendo el despliegue simultáneo de múltiples servicios en la misma infraestructura. Debe ser una solución transversal que sirva de base a los sistemas de información de la ciudad presentes y futuros”.
- b) “Interoperabilidad: disponer de interfaces que soporten diferentes tecnologías y estándares de comunicación que permitan el envío y recepción de información tanto desde sistemas de información internos y/o externos desde las diferentes capas”.
- c) “Rendimiento: capacidad de manejar un gran número de dispositivos, servicios y procesos eficientemente”.
- d) “Escalabilidad: capacidad de aumentar las capacidades de procesamiento, interconexión y almacenamiento sin necesidad de cambiar la arquitectura”.
- e) “Robustez y resiliencia: capacidad para seguir funcionando cuando se enfrentan a problemas”.
- f) “Seguridad: garantía de seguridad y fiabilidad”.
- g) “Modularidad: enfoque modular para permitir su fácil descomposición en partes”.
- h) “Flexibilidad: capacidad para proporcionar diferentes tipos de servicios ciudad”.
- i) “Extensibilidad: capacidad de ser extendida para adaptarse a las nuevas necesidades”.
- j) “Semántica: uso de conceptos semánticos para permitir la interoperabilidad entre plataformas y por lo tanto ciudades”.
- k) “Basarse en estándares abiertos: simplificar la integración con otras plataformas y desarrollar aplicaciones en la plataforma que puedan ser reutilizadas y portátiles entre diferentes plataformas”.
- l) “Operable y manejable: fácilmente manejable, operable e instalable”.

Por consiguiente, la norma propone la siguiente estructura de capas para las Plataformas de Ciudades Inteligentes como se aprecia en la figura 5-1:

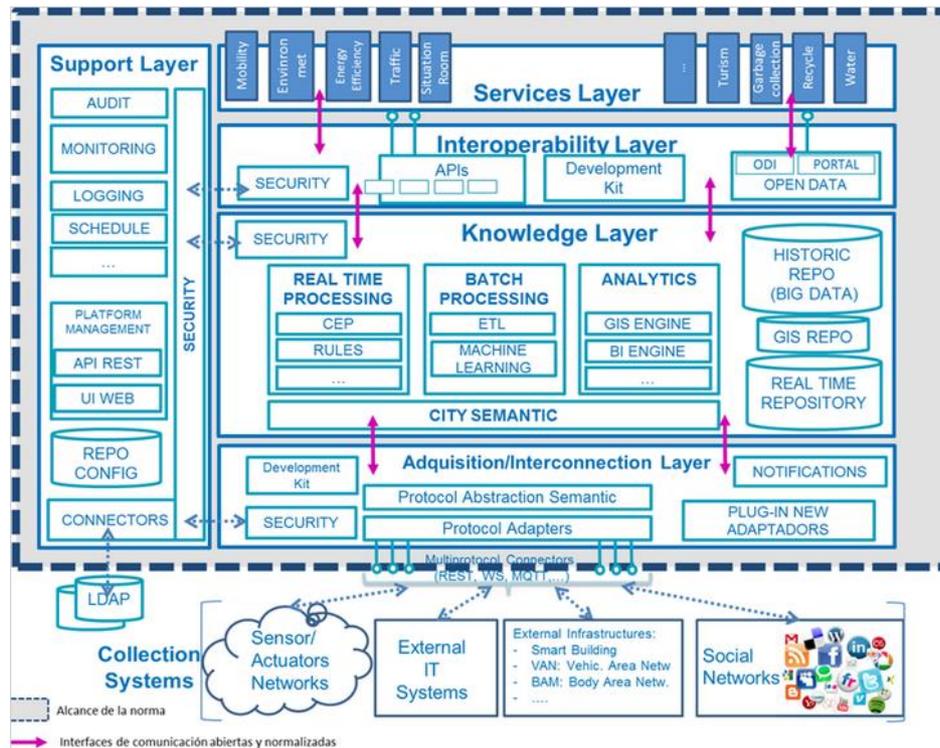


Figura 5-1. Plataforma horizontal [79]

En la figura aparecen las siguientes capas vistas en el capítulo anterior [79]:

- **Sistemas de captación:** formados por las redes de actuadores y sensores, redes sociales, sistemas externos, etc.
- **Capa de adquisición/interconexión:** capta los datos aportados por los sistemas de captación y extrae la información con una perspectiva semántica estándar.
- **Capa de conocimiento:** procesa los datos provenientes de las capas de interoperabilidad y adquisición, donde son tratados y analizados para crear nuevos *datasets* o completar/modificar los existentes.
- **Capa de interoperabilidad:** construye servicios a partir de los datos de la Plataforma, ofreciendo interfaces abiertos y normalizados, y también conectores para la intercomunicación con sistemas externos.
- **Capa de servicios:** formada por aplicaciones o servicios que están conectados a la capa de interoperabilidad y de las APIs dotadas. Las aplicaciones pueden estar funcionando en la plataforma o ser servicios externos.
- **Capa de soporte:** proporciona servicios de seguridad, auditoría, monitorización, etc.

De las capas nos interesan dos con especial interés, las capas de adquisición y de interoperabilidad, debido que es en éstas donde se produce intercambio de información entre aplicaciones y dispositivos.

Existen dos modelos para la capa de adquisición: el modelo ETSI y el modelo oneM2M [79].

Según se describe en la norma UNE 178 104 el modelo ETSI debe ajustarse a [79]:

- Interfaces abiertos y normalizados.
- La horizontal, una capa única de adquisición.
- Independencia de sensores y tecnología de acceso.
- Un bus de eventos para acceder a los sensores de la Plataforma.

Para el siguiente modelo oneM2M, sugiere que la capa de adquisición contenga un módulo de compatibilidad con las especificaciones oneM2M y clasifica distintos niveles de interoperabilidad [79]:

- “A nivel de aplicación (diversas aplicaciones sobre IoT)”.
- “A nivel de datos (a través de semántica)”.
- “Entre plataformas de servicios”.
- “A nivel de dispositivo (dispositivos de diferentes fabricantes conectan con la plataforma IoT a través de las APIS)”.
- “Entre dispositivos”.

En cuanto a la capa de interoperabilidad, ofrece interfaces y funcionalidades, como son el Kit de desarrollo y el *Open Data*, que serán usados para entregar a los clientes los siguientes servicios [79]:

- Publicación de APIs que puedan ser consumidas desde la capa de servicios.
- Interconexión entre plataformas y aplicaciones.
- Acceso a servicios externos desde la Plataforma.
- Publicación de *Open data*.

- Conceder la construcción de servicios dentro de la capa de servicios por medio de un kit de desarrollo.
- Seguridad en el acceso de todo lo anterior.

La capa de interoperabilidad debe asegurar la portabilidad entre aplicaciones y plataformas, recomendándose que las APIs sean del tipo API REST, soportando consultas geo-referenciadas y los métodos *pull* (suscripción y notificación) y *push* (petición y respuesta) [79].

En el penúltimo punto de la norma, se examina la interfaz de comunicación con terceros. En él se hace referencia a los sistemas de terceros y anuncia que estos solo necesitan implementar las funcionalidades necesarias para asegurar comunicación entre ellos. Dice sobre la interfaz de comunicación con terceros [79]:

- “Permitirá la interoperabilidad entre la Plataforma de Ciudad Inteligente y los sistemas externos y permitirá el acceso a los datos, la información y los servicios que la Plataforma de Ciudad Inteligente almacena o proporciona”.
- “Incluirá aspectos de autenticación y autorización que permitan controlar el acceso a las funciones, los cuales se otorgarán en función de los términos de uso”.

“Se requiere que la interfaz de comunicación con terceros permita el acceso a la información y las capacidades básicas ofrecidas por la capa de Adquisición/Interconexión”:

- “Debe permitir el acceso a los metadatos de los sensores registrados en la plataforma”.
- “Debe permitir el acceso a los sensores/actuadores”.
- “Debe implementar funciones de autorización y autenticación para las diferentes acciones disponibles”.
- “Debe permitir la suscripción a un sensor o grupo de sensores para comunicar sus valores en tiempo real. Esta capacidad debe permitirse en ambos sentidos”.

“Se requiere que la interfaz de comunicación con terceros permita el acceso a las capacidades ofrecidas por la capa de Conocimiento”:

- “Debe permitir acceder a la información almacenada, procesada o generada por la Plataforma de Ciudad Inteligente”.

- “Debe utilizar una semántica de ciudad estándar. Las estructuras de datos utilizadas en la comunicación deben cumplir con las reglas semánticas estándares lo cual contribuye a”:
  - “Reducir los costos de desarrollo”.
  - “Reducir los costos de integración e intercambio de información”.
  - “Incrementar la interoperabilidad del sistema”.
- “Debería permitir operar con conjuntos de datos. La interfaz debería proporcionar funcionalidades que permitan realizar operaciones en conjuntos de datos”.
- “Debería permitir la ejecución de procesos de extracción y análisis. La interfaz debe proporcionar funcionalidades que permitan trabajar con *Big Data* como funciones del tipo “MapReduce” o similar”.
- “Debe publicar APIs estandarizadas por interfaz”.
- “Debe permitir diferentes modos de acceso a datos, incluidos Push (suscripción y notificación) y Pull (solicitud y respuesta)”.
- “Debería permitir consultas geo-referenciadas”.

“La interfaz de comunicación con terceros de debe permitir acceder a las capacidades ofrecidas por la capa de Soporte del Servicio”.

Estos requisitos expuestos sobre interoperabilidad arreglan problemas como [79]:

- La dependencia entre dispositivos, red de transporte y aplicaciones.
- El concepto de horizontalidad, que antes no estaba nada claro.
- La integración de las salidas de los sistemas que gestionan los sensores, dado que las verticales existentes son tratadas como fuentes de datos externas.
- Error de interpretación en el nivel de aplicación con el concepto de interoperabilidad, dando capacidad de personalización a la interfaz de usuario.
- Problema en el intercambio de información a nivel semántico.

- Las sistemas verticales existentes y propietarios externos, en cuanto a comunicación con la plataforma, por utilizar protocolos distintos y APIs no normalizadas.

## 5.2 UNE 178 301

La norma UNE 178 301 “Ciudades Inteligentes. Datos abiertos” fue la primera norma del comité técnico AEN/CTN178 de Ciudades Inteligentes publicada por AENOR, vigente desde el 21 de enero de 2015. Esta norma indica la manera de calcular cómo de disponible están los datos abiertos u *Open Data* de una ciudad. [92]

Para la medición de la disponibilidad de los datos la norma aporta un conjunto de métricas clasificadas en cuatro niveles [92]:

- Nivel 0: resultados inexistentes. Los resultados no son relevantes o no existe iniciativa de apertura.
- Nivel 1: resultados incipientes. Datos relevantes y existe una iniciativa informal de apertura.
- Nivel 2: resultados existentes. También son relevantes y existe una iniciativa formal de apertura de datos.
- Nivel 3: resultados avanzados. Cuando los valores son los esperados y fomentan mejores prácticas.

Se han clasificado 5 dominios en los que se aplican los datos abiertos [92] :

- Dominio legal
- Dominio estratégico
- Dominio técnico
- Dominio organizativo
- Dominio económico y social

Cada dominio está dividido en dimensiones que a su vez tienen los niveles citados anteriormente. El que más concierne para evaluar el grado de interoperabilidad y la disponibilidad de los datos es el dominio técnico, ofreciendo los mecanismos y criterios adecuados [83].

Al final de la norma se muestra cómo se debe puntuar según los niveles alcanzados en las métricas para obtener una calificación. Este apartado es el quinto y se titula “Indicador de datos abiertos” [83].

La norma incluye un anexo informativo que contiene vocabulario de referencia y clasificación de datos [83].

### 5.3 TS-0001 Arquitectura funcional

La Especificación Técnica TS-0001 V1.6.1 “Functional Architecture” [93] fue publicada por oneM2M en enero de 2015 donde su primera versión fue lanzada en 2014. Detalla cómo debe ser la arquitectura funcional de las plataformas de servicios oneM2M e incluye una descripción de las entidades funcionales y los puntos de referencias de la misma [83].

#### 5.3.1 Definiciones

La especificación incluye un conjunto de definiciones generales para su correcta comprensión. Estas son algunas de ellas [93]:

- Capa de aplicación o *Application Layer*: incluye las *apps* oneM2M, y todo lo relacionado con la lógica operacional.
- Capa de servicios comunes o *Common Services Layer*: consta de funciones de servicio oneM2M que permiten aplicaciones oneM2M del tipo gestión o seguridad.
- Capa de servicios de red o *Network Services Layer*: aporta funciones de conectividad y transporte.
- Atributo: almacena información de un recurso. Un atributo dispone de nombre y valor.
- *Proxy* de gestión: entidad en la arquitectura de gestión de dispositivos que actúa como intermediaria entre el servidor de gestión y el cliente proxy de gestión.
- Cliente *Proxy* de Gestión: entidad en la arquitectura de gestión de dispositivos que provee capacidades de gestión local a un dispositivo en un área de la red oneM2M.

Posteriormente, en los siguientes apartados se definirán las entidades funcionales, los puntos de referencias, los nodos y las funciones de servicios comunes.

### 5.3.2 Modelo de capas

Lo que se muestra a continuación en la figura 5-2 es el modelo de capas de oneM2M para servicios M2M *end-to-end* (E2E) [93]:

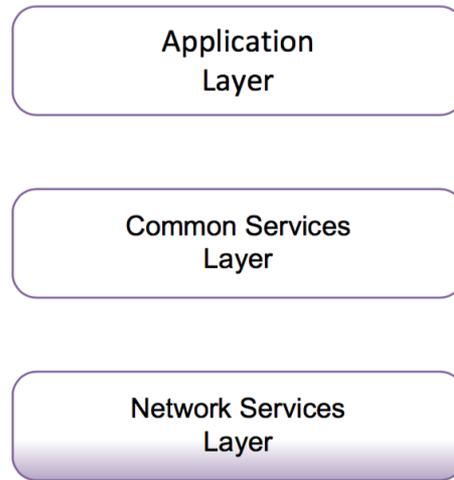


Figura 5-2. Modelo capas Servicios M2M [93]

El modelo incluye en sí los puntos de referencia y las entidades funcionales, que se explican seguidamente.

### 5.3.3 Entidades funcionales

La figura 5-3 muestra la arquitectura funcional:

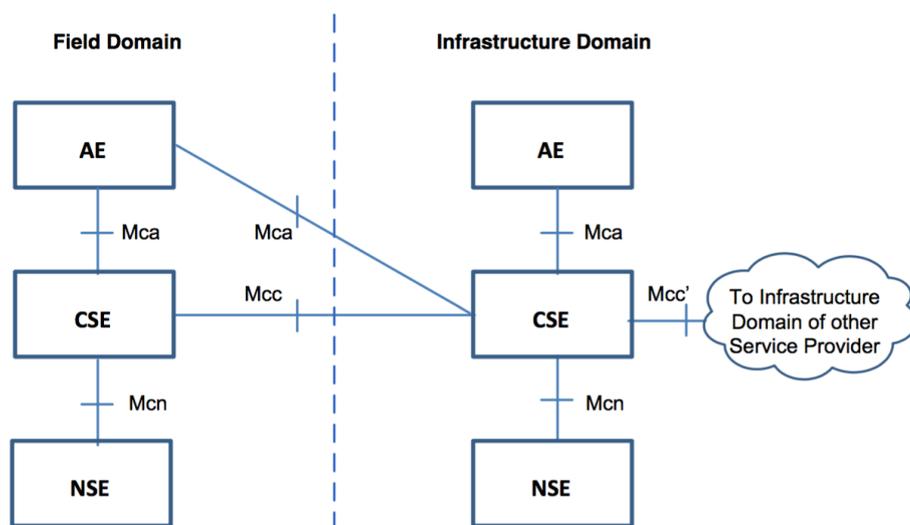


Figura 5-3. Arquitectura funcional [93]

La arquitectura tiene 3 tipos de entidades funcionales [93]:

- *Network Service Entity* (NSE): Aporta servicios desde la red subyacente a los CSE. Algunos ejemplos son: activación de dispositivos o gestión de dispositivos a nivel de red.
- *Common Services Entity* (CSE): Es una entidad que en entornos M2M representa una instancia de un conjunto de funciones de servicios comunes y están identificadas unívocamente como CSE-ID. Algunos ejemplos son: gestión de dispositivos a nivel de servicio, gestión de datos, servicios de localización o gestión de suscripciones.
- *Application Entity* (AE): Entidad que pone en funcionamiento la lógica de servicio de una aplicación M2M, pertenece a la capa de aplicación y tiene un identificador AE-ID único. Como ejemplos: aplicación de medida de consumo de energía, aplicación de gestión de flotas, etcétera.

#### 5.3.4 Puntos de referencia

Un punto de referencia es una interfaz de cualquier tipo o varias interfaces a la vez que están soportadas sobre la entidad de servicios comunes (CSE) [93].

Los puntos de referencia más importantes que se describen en [93] son:

- Punto de referencia Mcn: punto entre una CSE y una NSE. Deja utilizar servicios de soporte (distintos de la conectividad y el transporte) ofrecidos por el NSE.
- Punto de referencia Mcc': punto que está entre dos CSE en los nodos de la infraestructura de distintos proveedores.
- Punto de referencia Mcc: la comunicación fluye entre dos CSE. Deja usar servicios de otra CSE.
- Punto de referencia Mca: es un punto intermedio entre una AE y una CSE. Deja a la CSE comunicar con la AE a la AE usar servicios de la CSE, pudiendo estar dentro de una misma entidad física o no.
- Punto de referencia Mch: es el punto donde se cruzan los flujos de información que transfieren los CDRs (Registros de Datos de Carga) generados por el IN (Nodo de Infraestructura) a un servidor de carga externo.

### 5.3.5 Nodos

En el sexto apartado del estándar se estudian las configuraciones que la arquitectura oneM2M puede soportar para la interconexión de entidades. El apartado empieza con la introducción de la entidad funcional más elemental, el nodo.

Un nodo es una entidad lógica identificable individualmente en una arquitectura oneM2M. Existen distintos tipos [93]:

- NoDN (Nodo no-oneM2M): es un nodo sin entidades oneM2M. Son dispositivos agregados a un sistema oneM2M para interoperar con el sistema.
- MN (Nodo medio): es como un *gateway* M2M que tiene un CSE y cero o más AEs.
- IN (Nodo Infraestructura): sería una plataforma M2M o infraestructura de servicios, teniendo un CSE y cero o más AEs. Por cada proveedor de servicio hay un IN.
- ADN (Nodo de Aplicación Dedicada): reside en un dispositivo M2M y no tienen ningún CSE pero tiene como mínimo un AE.
- ASN (Nodo de Servicio de Aplicación): podría ser un dispositivo M2M y tiene un CSE y como mínimo una AE.

En la figura 5-4, se muestran las entidades y nodos de una arquitectura oneM2M.

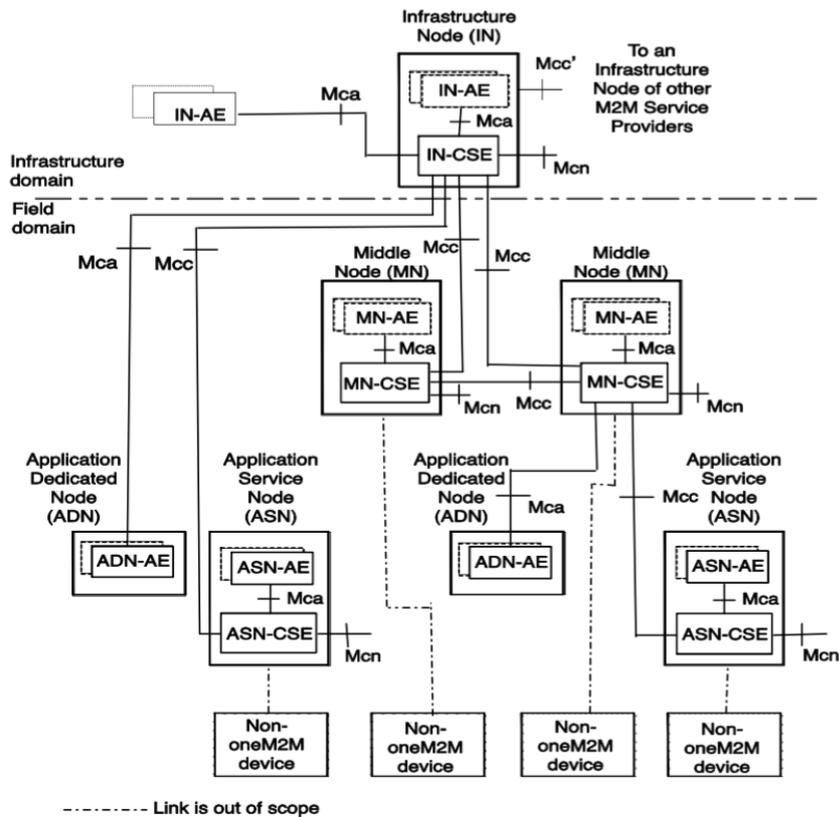


Figura 5-4. Nodos y entidades de oneM2M [93]

### 5.3.6 Funciones de servicios comunes

Este apartado describe los servicios proporcionados por la capa de servicios comunes. Dichos servicios residen dentro de un CSE y se conocen como funciones de servicios comunes (CSF). Los CSF proporcionan servicios a los EA a través del punto de referencia Mca y a otros CSE a través del punto de referencia de Mcc. Los CSE interactúan con el NSE a través del punto de referencia Mcn. Todo esto puede observarse de manera gráfica en la figura 5-5. La creación de una instancia de CSE en un nodo comprende un conjunto de CSFs [93].

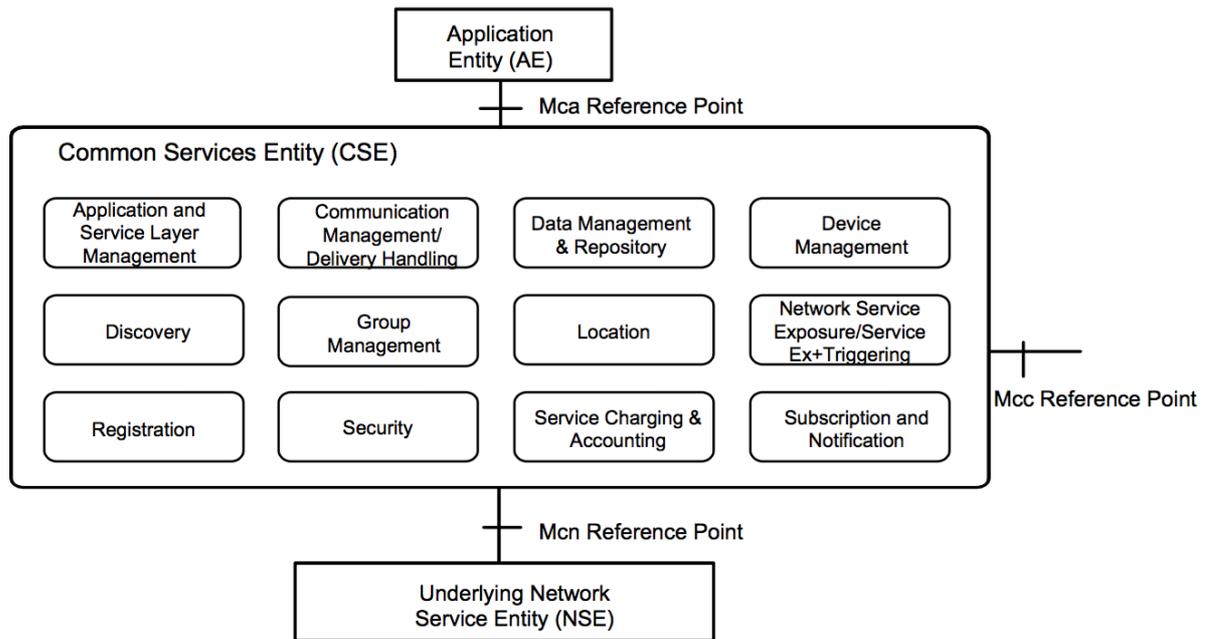


Figura 5-5. Capa de servicios comunes [93]

Una vez vista la capa de servicios comunes, se aprecia que esta contiene 12 funciones que son resumidas a continuación [93]:

**ASM** (*Application and Service Layer Management*): tiene la capacidad de gestionar y configurar el software y sus componentes para CSEs y AEs.

**DIS** (*Discovery*): investiga para aplicaciones y servicios de información que está en los recursos y atributos.

**REG** (*Registration*): procesa peticiones desde un AE u otro CSE para acceder a los servicios y registrarse.

**CMDH** (*Communication Management and Delivery Handling*): tiene la función de gestionar la comunicación con otros AEs, NSEs o CSEs. Los parámetros que recibe son enviados a su destino dependiendo del tipo de parámetro.

**GMG** (*Group Management*): gestiona solicitudes relacionadas con grupos.

**SEC** (*Security*): su cometido es administrar la seguridad, controlar los accesos, gestionar los datos sensibles y las identidades, administrar la seguridad y establecer asociaciones de seguridad.

DMR (*Data Management & Repository*): responsable de las funciones de mediación y del almacenamiento de datos. Es capaz de almacenarlos para procesarlos analíticamente y semánticamente, y también recopila datos y los convierte a un formato específico.

LOC (*Location*): habilita a los AEs captar información geográfica de los nodos ASN o MN.

SCA (*Service charging and Accounting*): provee funciones de carga para la capa de servicios.

DMG (*Device Management*): se ocupa del tratamiento de las capacidades de los dispositivos de los nodos ADN, ASN y MN.

NSSE (*Network Service Exposure, Service Execution and Triggering*): accede a los servicios de red a través de la interfaz Mcn gestionando las comunicaciones con la red subyacente, tomando como algunos ejemplos: pequeñas transmisiones de datos, *device triggering*, notificaciones de localización de reglas, etcétera.

SUB (*Subscription and Notification*): CSF suministra notificaciones relacionadas con una suscripción que ha sido sometida a cambios, como por ejemplo la eliminación de un recurso.

Más adelante se tratan los temas que tienen que ver con la seguridad, comunicaciones entre sistemas de distintos proveedores o dentro de un mismo sistema M2M y la suscripción a servicios, se define el modelo de identificación de objetos y entidades y se describen los flujos sobre puntos de referencia, la gestión de flujos de recursos y flujos de información.

Al final de la norma hay varios Anexos informativos donde podemos obtener información de la comunicación entre el sistema y la red subyacente, la interoperación/integración con soluciones y protocolos no oneM2M y mapeo de requisitos sobre las CSFs.

## 5.4 TS-0002 Requisitos

Esta especificación comprende los requisitos técnicos normalizados para oneM2M [94]. A principio muestra una presentación sobre el ecosistema M2M con los cargos funcionales como se puede ver en la figura 5-6, donde define también cada uno de los cargos presentes. Estos son los siguientes [94]:

- El usuario (*The User*) cumple el siguiente requisito:
  - Uso de una solución M2M.

El proveedor de servicio de aplicación (*Application Service Provider*) cumple con el siguiente criterio:

- Provee un servicio de aplicación de M2M.
- Trabaja con M2M aplicaciones.
- El proveedor de servicio M2M (*M2M Service Provider*) cumple con lo siguiente:
  - Provee servicios M2M al proveedor de servicio de aplicación.
  - Trabaja con servicios comunes M2M.
- El Operador de Red (*Network Operator*) cumple:
  - Da conectividad y servicios de comunicación al proveedor de servicios M2M.
  - Opera una red subyacente. Esta podría ser por ejemplo una red de telecomunicaciones.

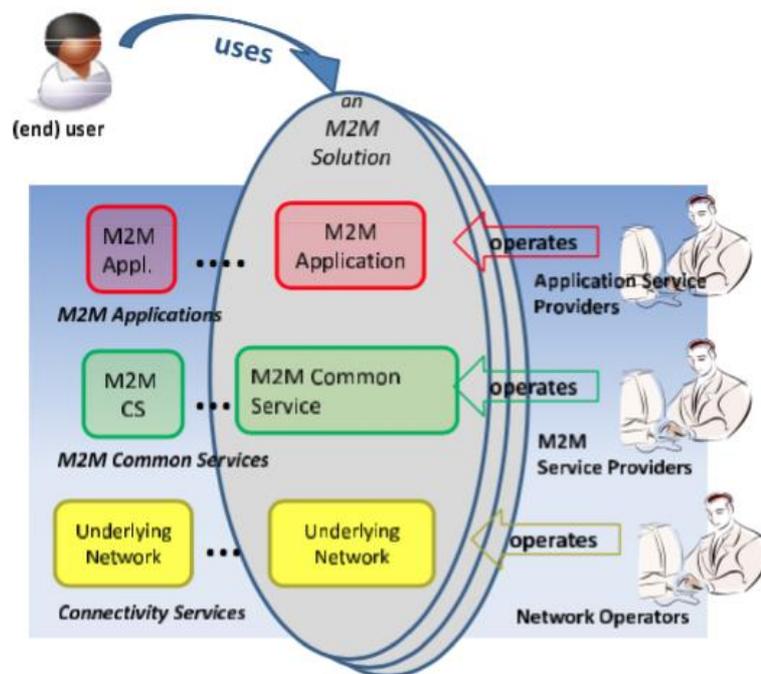


Figura 5-6. Cargos funcionales del ecosistema M2M [94]

A continuación, lista los requisitos agrupados de la siguiente manera [94]:

- OSR: *Overall system requirements* (requisitos generales del sistema).
- MGR: *Management requirements* (requisitos de gestión).
- ABR: *Abstraction requirement* (requisito de abstracción).
- SER: *Security requirement* (requisito de seguridad).
- CHG: *Charging requirement* (requisito de carga).
- OPR: *Operational requirement* (requisito operacional).
- CMR: *Communication management requirement* (requisito de gestión de comunicación).

## 5.5 TS-0001 Casos de uso

La última versión hasta la fecha corresponde a la versión del 2018-03-12 del TR-0001 [95]. En esta especificación se recopilan los casos de uso M2M de diferentes segmentos industriales, en los cuales hay aspectos de interés en cada uno de los casos que son: descripción, actores, condiciones, *triggers* y requisitos. Los casos se agrupan en distintos segmentos industriales, como se puede apreciar en la siguiente tabla y donde se muestra la mayoría de los casos de usos tratados en esta especificación.

Tabla 5-1. Clasificación casos de usos oneM2M

Segmento industrial	Casos de Usos oneM2M						
Agricultura	Sistema de riego inteligente	Drones agricultores					
Energía	Medición y control para la automatización avanzada de transmisión y distribución	Análisis para oneM2M	Lectura de medición inteligente	Monitoreo ambiental para la generación de energía hidroeléctrica usando Satellite M2M	Oleoducto y Gasoducto celular/ vía satelital		
Empresas	Edificio inteligente						

Salud	Sistemas M2M	Servicios de bienestar	Cuidados y monitoreo remoto del paciente				
Industria	Recopilación de datos para fábricas	Calidad de la sensorica					
Servicios públicos	Automatización del alumbrado público	Dispositivos, dispositivos virtuales y cosas (Tráfico)	Dispositivos de compartición de bicicleta/coche	Parking inteligente	Servicios de información en áreas devastadas		
Residenciales	Gestión de energía del hogar	Sistema de gestión de energía del hogar	Carga y alimentación de vehículos eléctricos	Comunicación en tiempo real de audio/video	Lanzamiento de tareas por eventos	Control semántico del hogar	...
Transporte	Diagnóstico del vehículo e informes de mantenimiento	Servicios de mantenimiento remotos	Servicio de gestión de flotas mediante tacógrafo digital	Servicios de pago electrónico de peajes	Aviso de taxis	Conducción automática inteligente	...
Otros usos	Extensión de la red de acceso M2M usando satélites	Gestión de tráfico de datos M2M por el operador de red subyacente	Optimización de parámetros de gestión de conectividad con redes móviles	Optimización de parámetros de gestión de movilidad con redes móviles	Nodos inactivos	Recopilación de datos del sistema	...

## 5.6 Últimas normas publicadas

Las Normas UNE 178108:2017 *Ciudades Inteligentes. Requisitos de los edificios inteligentes para su consideración como nodo IoT* según la Norma UNE 178104 [97], UNE 178501:2018 *Sistema de gestión de los destinos turísticos inteligentes. Requisitos* [98] y UNE 178502:2018 *Indicadores y herramientas de los destinos turísticos inteligentes* [99] han sido las últimas en publicarse. Aunque estas dos últimas normas nombradas no tienen que ver con el estudio de los estándares que tienen repercusión en la interacción entre plataformas, mencionaremos solo los objetos de cada una de ellas, ya que el objetivo de este apartado es indicar cuales han sido las últimas normas en salir y no profundizar en las especificaciones de las normas que no son caso de estudio. Por el contrario, tratamos la primera norma UNE 178108:2017 *Ciudades Inteligentes. Requisitos de los edificios inteligentes para su consideración como nodo IoT* con más detenimiento.

La norma UNE 178108 *Ciudades Inteligentes. Requisitos de los edificios inteligentes* [97], trata de requisitos a cumplir por los nodos IoT de los edificios, que son normalizados y regularizados para que estos puedan formar parte, mediante integración, en la plataforma de ciudad (UNE 178104). Trata al edificio como un nodo IoT con amplia capacidad de comunicación y procesamiento, el *Smart Building*; nodo que podrá enviar información del edificio que sea útil a

la ciudad, proveniente de los siguientes servicios que se consideran en la norma [97]:

- Niveles de contaminación: el edificio actuando como sensor de contaminación de aire, agua y ruido.
- Servicios públicos esenciales: el edificio aportando medidas de servicios básicos como la energía eléctrica, el agua, el gas y el gasoil.
- Gestión de eventos y crisis: alertando de situaciones anómalas o críticas: incendios, ocupación, nivel de CO<sub>2</sub> en garajes, inundaciones, escapes de gas, derrame de sustancias peligrosas, etc.
- Sensor sísmico y de sustentabilidad: proporcionando información valiosa de distintos sensores microelectromecánicos (MEMS) como inclinómetros, medidores de grietas, sensores de temperatura en estructuras, etc.
- Eficiencia energética: aportando información de la energía que genera o consume y adaptándola a sus necesidades.

La norma establece una estructura básica del nodo IoT de edificio basada en un procesador de doble núcleo, memoria y protocolos abiertos estandarizados. La norma no se olvida de la seguridad como elemento imprescindible en esta estructura dada la relevancia de los datos que son tratados [97]. Esta estructura se muestra en la siguiente figura.



Figura 5-7. Estructura Nodo IoT de edificio [97]

Este nodo IoT debe integrarse en la Plataforma de Ciudad cumpliendo la Norma UNE 178104, siguiendo su estructura de capas cuyo esquema se representa en la figura 5-8. La plataforma que

integre la información lo hará cumpliendo las siguientes funcionalidades [97]:

- a) Integración: exponer APIs y protocolos normalizados (MQTT, REST, etc.) para hacer posible la comunicación bidireccional con Nodos IoT u otros sistemas.
- b) Semántica: gestionar múltiples modelos semánticos de información.
- c) Interoperabilidad de eventos: proveer interfaces para que los eventos generados en el Nodo IoT se adquieran y puedan generar eventos en la plataforma y otros sistemas conectados, así como poder enviar eventos al Nodo IoT para hacer saltar alarmas de evacuación.
- d) Estándares de datos: exponer los datos generados como *Open Data* para el consumo de otros sistemas de ciudadanos.
- e) Seguridad en la plataforma: se regirá por las normas de seguridad propias de una plataforma de Ciudad Inteligente recogidas en la Norma UNE 178104.

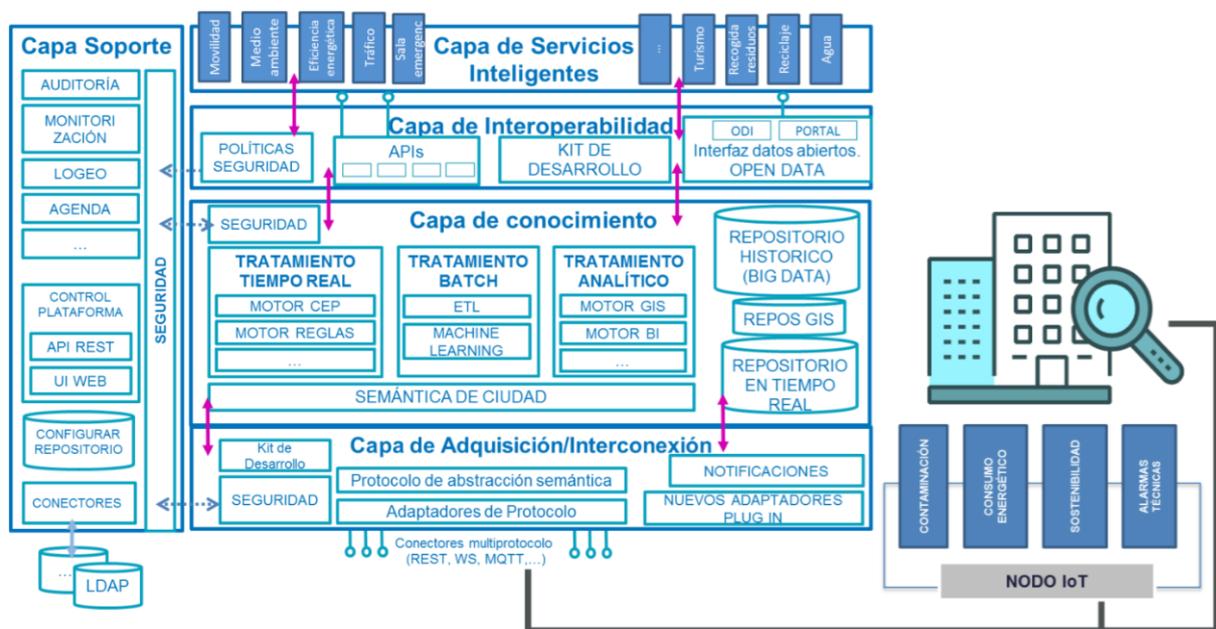


Figura 5-8. Integración Edificio Inteligente [97]

Esta información integrada puede ser enviada a través del protocolo de comunicaciones utilizado para la comunicación M2M en IoT MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*), propio de la capa de adquisición normalmente usado en modo REST [97].

La norma también contempla el caso contrario al acabado de ver, el edificio como elemento sin conexión con la plataforma de Ciudad Inteligente, pero con comunicación con otros edificios o plataformas. En este contexto el Nodo recoge información de sus sensores y actúa en consecuencia, comunicándose con el resto de edificios inteligentes adyacentes en caso de situaciones de emergencia, para accionar un plan de evacuación o generar cierres de emergencia [97].

Y finalmente, hablamos de la parte de la norma que más nos incumbe, el apartado de normas semánticas, debido al papel que juega la semántica en la interoperabilidad procurando que los sistemas intercambien información en el mismo idioma. Esto influye en el edificio inteligente debido a la información que debe proveer como infraestructura externa. La norma especifica que dicha información, debe estar en un formato estándar y normalizado para que sea entendida por la plataforma de la Ciudad Inteligente. Debe precisar de capacidad para gestionar varios modelos semánticos de información, con esa capacidad encaminada a iniciativas y normas como ISO, Buiding SMART, COINS, destacando BIM (*Building Information Modeling*) [97].

La siguiente norma UNE 178501:2018 *Sistema de gestión de los destinos turísticos inteligentes. Requisitos* es un estándar que especifica los requisitos para implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de un Destino Turístico Inteligente, que considere conjuntamente los 5 ejes de gobernanza, innovación, uso de tecnologías, accesibilidad universal y la sostenibilidad en dicho destino [98].

Como actuación complementaria a la anterior norma, se ha publicado la UNE 178502:2018 *Indicadores y herramientas de los destinos turísticos inteligentes*, que especifica un conjunto de indicadores y herramientas ligadas a los cinco ejes dichos anteriormente de un destino turístico inteligente, para que los responsables actúen eficientemente en la toma de decisiones para la mejora de los destinos [99].



## 6 CONCLUSIONES

---

**G**racias a que este Trabajo Fin de Grado es sobre el estudio del Estado del Arte de las infraestructuras y tecnología en el ámbito de la ciudad, se han adquirido conocimientos sobre el proceso de transformación digital, hacia donde nos dirigimos como sociedad y como las infraestructuras de telecomunicación y tecnología nos impulsan a una planificación y gestión urbana inteligente, que busca contribuir a mejorar la calidad de vida de todas aquellas personas que tienen a la ciudad como referencia espacial más inmediata, ya sean como destinatarios de sus servicios (ciudadanos), responsables de su gobierno (Administraciones públicas) o ejecutoras de mandatos o proveedoras de bienes y servicios (empresas).

Como consecución de este trabajo se extraen las principales conclusiones siguientes:

- La definición de ciudad inteligente no es única, pero todas tienen en común el uso de las TIC como herramienta fundamental en el proceso de cambio a una ciudad inteligente.
- El interés de transformación de las ciudades en España es extremadamente alto, proponiéndose estrategias y planes para llevarla a cabo.
- Las TIC son un medio ideal para maximizar la eficiencia en la provisión de los servicios urbanos.
- Gran parte de los proyectos financiados no han concluido o comenzado. Aún es pronto para valorar como han repercutido las nuevas implantaciones. La perspectiva de transformación debe ser a medio/largo plazo y no a corto plazo.
- Para obtener un balance inteligente se debe contabilizar el alcance de las soluciones inteligentes, en el sentido de cuán eficientes son y al número de habitantes que son beneficiarios de las soluciones implantadas.
- El ciudadano es una pieza fundamental de la ciudad inteligente y su participación activa, indispensable. Tiene la responsabilidad del buen funcionamiento de lo material y abstracto de la ciudad, siendo fuente y sumidero de información.
- Las políticas de datos abiertos y reutilización de la información del sector público constituyen dos aspectos fundamentales en el camino hacia las Ciudades Inteligentes y el

Gobierno Abierto. Estas posibilitan a ciudadanos, empresas y sociedad en general a acceder a información de titularidad pública. Además, crean mecanismos de transparencia, así como de espacios para la participación y colaboración ciudadana, favoreciendo a un sistema democrático más eficiente.

- La seguridad y privacidad de los datos, esencial para el progreso de las ciudades inteligentes. Tanto las administraciones, empresas como los ciudadanos han de confiar en la privacidad de la información, sabiendo que cada uno de ellos han de cumplir con los detalles de los acuerdos que establecen las normas para el uso, reutilización y publicación de los datos.
- Es de suma importancia contar con normas y estándares que permitan conocer la distancia en el cumplimiento de los requisitos, las directrices, las técnicas, herramientas e indicadores que contribuyen al desarrollo de las ciudades hacia ciudades inteligentes. Las normas y estándares están hoy en pleno proceso de elaboración en España por el Grupo Técnico de Normalización 178 de AENOR y están siendo muy bien valoradas por terceros países, y consideradas una referencia de buena práctica sobre la que construir sus propias normas y estándares.
- La mejora de la interoperabilidad entre soluciones y plataformas, cuestión de vital importancia para el desarrollo y despegue de las ciudades inteligentes. A día de hoy sigue sin haber forma de intercambiar entre plataformas sensores y servicios. La manera más propicia para asegurar un mínimo de interoperabilidad es cumpliendo las especificaciones desarrolladas en los estándares más reconocidos, como es el caso de los estándares del oneM2M formado por organismos de estandarización internacionales como CCSA, ETSI, TIA, TTA, etc.



## 7 REFERENCIAS

---

- [1] World Bank Group (US), "Población urbana (% del total)," 3 Abril 2018. [Online]. Available: <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL.IN.ZS>.
- [2] International Telecommunication Union y UNESCO, "The State of Broadband 2015," ITU y UNESCO, Geneva, 2015.
- [3] Telefónica, "Smart Cities: un primer paso hacia la internet de las cosas," Ariel, Madrid, 2011.
- [4] M. Bouskela, M. Casseb, S. Bassi, C. De Luca and M. Facchina, "La ruta hacia las Smart Cities," Banco Interamericano de Desarrollo, 2016.
- [5] J. M. Fernández Güel, M. Collado Lara and S. Guzmán Araña, "Hacia una visión más integrada e inteligente de las ciudades," [Online]. Available: <https://www.esmartcity.es/comunicaciones/hacia-vision-integrada-inteligente-ciudades>. [Accessed 28 Septiembre 2018].
- [6] H. Pirenne, *Medieval cities: Their Origins and the Revival of Trade*, Princeton University Press: Spanish Edition in Alianza Editorial, 1925.
- [7] Department of Economic and Social Affairs, "World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352)," United Nations, 2014.
- [8] MeetandTalk, "El estado del arte de las infraestructuras y tecnología en el ámbito de la ciudad," Mayo 2015. [Online]. Available: <http://www.meetandtalkevents.com/el-estado-del-arte-de-las-infraestructuras-y-tecnologia-en-el-ambito-de-la-ciudad/>. [Accessed Abril 2018].
- [9] D. Evans, "Internet of Things. La próxima evolución de Internet lo está cambiando todo," Grupo de Soluciones Empresariales para Internet (IBSG) de Cisco, 2011.
- [10] E. Ontiveros, D. Vizcaíno and V. López Sabater, "Las ciudades del futuro: inteligentes, digitales y sostenibles," Fundación Telefónica, Madrid, 2016.
- [11] U. d. Valencia, "¿Qué es un Living-Lab," [Online]. Available: <https://www.uv.es/uvweb/evomobile/es/proyecto/presentacion/-es-living-lab-1285919695520.html>. [Accessed 1 Octubre 2018].
- [12] N. Research, "Smart City Suppliers," 2017.
- [13] N. Ismail, "Information Age," 5 Diciembre 2017. [Online]. Available: <http://www.information-age.com/smart-cities-lead-cost-savings-5-trillion-123469863/>. [Accessed 6 Septiembre 2018].
- [14] R. Mitchum, "Chicago becomes first city to launch Array of Things," 29 Agosto 2016. [Online]. Available: <https://news.uchicago.edu/story/chicago-becomes-first-city-launch-array-things>. [Accessed 5 Septiembre 2018].
- [15] C. Catlett, "Array of Things," [Online]. Available: <https://arrayofthings.github.io/>. [Accessed 4 Agosto 2018].
- [16] U. Today, "Chicago begins building 'fitness tracker' to check its vitals," 29 Agosto 2016. [Online]. Available: <https://eu.usatoday.com/story/news/2016/08/29/chicago-begins-building-fitness-tracker-check-its-vitals/89434620/>. [Accessed 10 Agosto 2018].
- [17] B. PHILLIPS, "A 23-Foot-Tall Air Purifier Gets a Tryout in Smoggy Beijing," The New York Times, 20 Julio 2016. [Online]. Available:

- [https://www.nytimes.com/2016/07/21/us/a-23-foot-tall-air-purifier-gets-a-tryout-in-smoggy-beijing.html?\\_r=0](https://www.nytimes.com/2016/07/21/us/a-23-foot-tall-air-purifier-gets-a-tryout-in-smoggy-beijing.html?_r=0). [Accessed 26 Agosto 2018].
- [18] Intel, "Smart Cities Technologies Give Back 125 Hours to Citizens Every Year," 12 Marzo 2018. [Online]. Available: <https://newsroom.intel.com/news/smart-cities-iot-research-125-hours/>. [Accessed 1 Septiembre 2018].
- [19] S. Circle, "Carlo Ratti "Smart technologies can help us make our cities more efficient", " 2016 Abril 2015. [Online]. Available: <https://www.smart-circle.org/smartcity/smart-city/carlo-ratti-smart-technologies-can-help-us-make-cities-efficient/>. [Accessed 2 Septiembre 2018].
- [20] L. Ruiz, "If Smart Cities Had IQ's, Barcelona Would Be A Genius," 15 Junio 2016. [Online]. Available: <http://www.barcinno.com/if-smart-cities-had-iqs-barcelona-would-be-a-genius/>. [Accessed 2 Septiembre 2018].
- [21] P. Tracy, " Smart building technology helps reduce energy costs," 25 Julio 2016. [Online]. Available: <https://www.rcrwireless.com/20160725/business/energy-costs-smart-building-tag31-tag99>. [Accessed 29 Julio 2018].
- [22] IESE Business School-University of Navarra, "Índice IESE Cities in Motion," IESE Business School-University of Navarra, Navarra, 2018.
- [23] RECI, "Mapa de ciudades," 12 Julio 2017. [Online]. Available: <http://www.redciudadesinteligentes.es/index.php/municipios/mapa-de-ciudades>. [Accessed 18 Noviembre 2018].
- [24] ONU, "Más de la mitad de la población vive en áreas urbanas y seguirá creciendo," Naciones Unidas, 10 Julio 2014. [Online]. Available: <http://www.un.org/es/development/desa/news/population/world-urbanization-prospects-2014.html>. [Accessed 25 Mayo 2018].
- [25] G. Seisdedos, B. Richart, G. Gallego, J. de Paz, J. Esponera and O. Kolotouchkina, "Smart Cities, la transformación digital de las ciudades," Centro de Innovación del Sector Público de PwC e IE Business School, 2015.
- [26] ONU, "Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo," 16 Mayo 2018. [Online]. Available: <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html>. [Accessed 24 Mayo 2018].
- [27] ITU, "Trends in Telecommunication Reform 2015 tracks increasingly complex ICT ecosystem of traditional and new-generation players," ITU, Genova, 2015.
- [28] Statista, "Most famous social network sites worldwide as of July 2018, ranked by number of active users (in millions)," 2018. [Online]. Available: <https://www.statista.com/statistics/272014/global-social-networks-ranked-by-number-of-users/>. [Accessed 6 Septiembre 2018].
- [29] K. Kokalitcheva, "Uber Now Has 40 Million Monthly Riders Worldwide," 20 Octubre 2016. [Online]. Available: <http://fortune.com/2016/10/20/uber-app-riders/>. [Accessed 9 Agosto 2018].
- [30] F. Herrera Priano, E. Abad Fortuny, G. Bermejo Martín, L. Briz, Z. Campillo, F. Díaz Rodríguez, T. García, R. López Armas, P. Monzón Rodríguez, M. J. Rodríguez Mesa, A. Sánchez Crespo and D. Vega Díaz, "La tendencia inteligente de las ciudades en España," COIT, Madrid, 2018.
- [31] Universidad de Viena, "Final report, October 2007 Smart cities Ranking of European medium-sized cities," Viena, 2007.

- [32] C. Manville, G. Cochrane, J. Cave, J. Mil Lard, J. K. Pederso, R. K. Thaar, A. Liebe, M. Wissner, R. Massink and B. Kotterink, "Mapping Smart Cities in the EU," Parlamento Europeo, Bruselas, 2014.
- [33] ONTSI, "El Estudio y Guía Metodológica sobre Ciudades Inteligentes," Deloitte Consulting, 2015.
- [34] Gobierno de España, "Plan Nacional de Ciudades Inteligentes," Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Madrid, 2015.
- [35] Gobierno de España, "Agenda digital para España," [Online]. Available: <http://www.agendadigital.gob.es/Paginas/index.aspx>. [Accessed 4 Septiembre 2018].
- [36] Agenda Digital para España, "Plan Nacional de Territorios Inteligentes," [Online]. Available: <http://www.agendadigital.gob.es/agenda-digital/noticias/Documents/PNTI/plan-nacional-territorios-inteligentes.pdf>. [Accessed 3 Octubre 2018].
- [37] Information technology ISO/IEC JTC 1, "Information Tchnology Smart Cities Preliminary Report," ISO/IEC JTC 1, Génova, 2014.
- [38] Citibrain, "Smart traffic," [Online]. Available: <http://www.citibrain.com/es/solutions/smart-traffic-es/>. [Accessed 15 Agosto 2018].
- [39] Revista Viajeros, "Información multimedia embarcada en la EMT de Madrid," Viajeros, líder de la información del sector del transporte de personas en España, 22 Marzo 2011. [Online]. Available: <https://www.revistaviajeros.com/noticia/4822/informacion-multimedia-embarcada-en-la-emt-de-madrid>. [Accessed 12 Septiembre 2018].
- [40] Z. Aldama, "China comienza la fabricación masiva de autobuses sin conductor," EL PAIS, 9 Julio 2018. [Online]. Available: [https://elpais.com/tecnologia/2018/07/06/actualidad/1530866426\\_185591.html](https://elpais.com/tecnologia/2018/07/06/actualidad/1530866426_185591.html). [Accessed 2 Septiembre 2018].
- [41] Baidu, "Create Baidu," [Online]. Available: <http://create.baidu.com/>. [Accessed 3 Septiembre 2018].
- [42] A. Simón and F. d. Córdoba, "Llegan las pantallas informativas a los autobuses de la EMT," ecomovilidad.net, [Online]. Available: <https://ecomovilidad.net/madrid/pantallas-autobuses-emt/>. [Accessed 12 Septiembre 2018].
- [43] SENSEable City Lab for the Kobenhavns Kommune, "The Copenhagen Wheel," 15 Diciembre 2009. [Online]. Available: <http://senseable.mit.edu/copenhagenwheel/>. [Accessed 9 Agosto 2018].
- [44] Wikipedia, "Copenhagen Wheel," [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Copenhagen\\_Wheel](https://en.wikipedia.org/wiki/Copenhagen_Wheel). [Accessed 22 Octubre 2018].
- [45] W. Telecom, "Wegopark," Wellness Telecom, [Online]. Available: <http://www.wtelecom.es/productos-y-servicios/smart-cities-solutions/wegopark/>. [Accessed 3 Agosto 2018].
- [46] Telefónica, "Gestión de flotas," [Online]. Available: <https://iot.telefonica.com/es/movilidad/gestion-de-flotas>. [Accessed 9 Agosto 2018].
- [47] J. L. de los Ríos Sánchez, "Identificación RFID en Inditex: con el pie en el acelerador," Negocios internacionales, 9 Octubre 2014. [Online]. Available: <https://www.iebschool.com/blog/identificacion-rfid-en-inditex-con-el-pie-en-el-acelerador-negocios-internacionales/>. [Accessed 9 Agosto 2018].
- [48] VIA-T, "Contratar VIA-T," [Online]. Available: <https://www.viat.es/que-es-via-t>. [Accessed 9 Agosto 2018].

- [49] A. d. Málaga, "Zero Emissions Mobility To All (ZeM2All)," [Online]. Available: <http://testma29003.malaga.eu/es/movilidad-inteligente/movilidad-electrica/zero-emissions-mobility-to-all-zem2all/#prettyPhoto>. [Accessed 10 Agosto 2018].
- [50] BlaBlaCar. [Online]. Available: [https://www.blablacar.es/?comuto\\_cmkt=ES\\_GB\\_ACQ\\_ALL\\_WEB\\_BLABLACARANDMIS-NA-MIX-AUD\\_NONE&gclid=Cj0KCQjwidPcBRCGARIsALM--eOuhP8a9hQfcHPFI9YymnO5G21Cvanm2Q4jtvnIynsGbbn2G5lNoX8aAhfAEALw\\_wcB](https://www.blablacar.es/?comuto_cmkt=ES_GB_ACQ_ALL_WEB_BLABLACARANDMIS-NA-MIX-AUD_NONE&gclid=Cj0KCQjwidPcBRCGARIsALM--eOuhP8a9hQfcHPFI9YymnO5G21Cvanm2Q4jtvnIynsGbbn2G5lNoX8aAhfAEALw_wcB). [Accessed 10 Agosto 2018].
- [51] Endesa, "Smartcity Málaga Un modelo de gestión energética sostenible para las ciudades del futuro," Ensesa, Málaga, 2012.
- [52] P. L. EWAS. [Online]. Available: <http://life-ewas.eu/en/>. [Accessed 11 Agosto 2018].
- [53] W. Telecom, "Quamtra," [Online]. Available: [www.quamtra.com](http://www.quamtra.com). [Accessed 11 Agosto 2018].
- [54] W. Telecom, "Casos de éxito life ewas," [Online]. Available: <http://www.wtelecom.es/casos/caso-de-estudio-life-ewas-wellness-smart-cities-lipasam/>. [Accessed 11 Agosto 2018].
- [55] Bioagro. [Online]. Available: <http://brioagro.es/riego-inteligente-smartcity/>. [Accessed 11 Agosto 2018].
- [56] Agroinformación.com, "Un sistema de riego inteligente 100% libre de mantenimiento se implanta en la Universidad de Cádiz," 21 Marzo 2018. [Online]. Available: <http://www.agroinformacion.com/sistema-riego-inteligente-100-libre-mantenimiento-se-implanta-la-universidad-cadiz/>. [Accessed 11 Agosto 2018].
- [57] Libelium, "Mobile monitoring system: Vehicles with sensors to control air quality in Glasgow," 13 Diciembre 2016. [Online]. Available: <http://www.libelium.com/mobile-monitoring-system-vehicles-with-sensors-to-control-air-quality-in-glasgow/>. [Accessed 11 Agosto 2018].
- [58] Censis, "Sensing the City: A low-cost mobile air quality sensor network," [Online]. Available: [https://censis.org.uk/censis\\_projects/low-cost-mobile-aq-sensing/](https://censis.org.uk/censis_projects/low-cost-mobile-aq-sensing/). [Accessed 11 Agosto 2018].
- [59] W. Telecom, "Sistema de monitorización del consumo eléctrico," [Online]. Available: <http://www.wtelecom.es/productos-y-servicios/smart-cities-solutions/sistema-de-monitorizacion-del-consumo-energetico/>. [Accessed 12 Agosto 2018].
- [60] Gobierno de España, "Contratación," Red.es, [Online]. Available: <https://perfilcontratante.red.es/perfilcontratante/busqueda/DetalleLicitacionesDefault.action;jsessionid=44FF7F8AB7CEE445B0AAC15D6024782E.contratante01?idLicitacion=6165&visualizar=0>. [Accessed 12 Agosto 2018].
- [61] W. Telecom, "Welight," [Online]. Available: <http://www.wtelecom.es/productos-y-servicios/smart-cities-solutions/welight/>. [Accessed 12 Agosto 2018].
- [62] W. Telecom, "De alumbrado público a alumbrado inteligente en Gandía," [Online]. Available: <http://www.wtelecom.es/productos-y-servicios/smart-cities-solutions/welight/>. [Accessed 12 Agosto 2018].
- [63] J. M. Roca, "Informe "La Administración Electrónica en los Ayuntamientos de Galicia" (OSIMGA)," Julio 2016. [Online]. Available: <http://www.informeticplus.com/informe-la-administracion-electronica-los-ayuntamientos-galicia-osimga>. [Accessed 10 Octubre 2018].
- [64] E. Press, "El Ayuntamiento de Almería activa la 'app' de participación ciudadana con la encuesta del nombre de la biblioteca," Europa Press, 7 Mayo 2018. [Online]. Available:

- <https://www.europapress.es/andalucia/almeria-00350/noticia-ayuntamiento-almeria-activa-app-participacion-ciudadana-encuesta-nombre-biblioteca-20180507181210.html>. [Accessed 2018 Octubre 2018].
- [65] M. G. Alsina, "Open government, open data, big data y transparencia: la información como nexo de unión," 39 Diciembre 2014. [Online]. Available: <http://www.uoc.edu/divulgacio/comein/es/numero39/articles/Article-Montserrat-Garcia-Alsina.html>. [Accessed 10 Octubre 2018].
- [66] Wikipedia, "Datos abiertos," [Online]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Datos\\_abiertos](https://es.wikipedia.org/wiki/Datos_abiertos). [Accessed 10 Octubre 2018].
- [67] US Government, "The home of the U.S. Government's open data," [Online]. Available: <https://www.data.gov/>. [Accessed 12 Agosto 2018].
- [68] U. government, "Find Open Data," [Online]. Available: <https://data.gov.uk/>. [Accessed 13 Agosto 2018].
- [69] Gobierno de España, "Portal de la transparencia," [Online]. Available: <http://transparencia.gob.es/>. [Accessed 13 Agosto 2018].
- [70] S. c. I. (MIT), "Wikicity (Rome)," [Online]. Available: <http://senseable.mit.edu/wikicity/rome/>. [Accessed 13 Agosto 2018].
- [71] Senseable city lab, "Real time Rome," [Online]. Available: <http://senseable.mit.edu/realtimerome/>. [Accessed 13 Agosto 2018].
- [72] Cellnex, "Detección temprana de incendios," [Online]. Available: <https://www.cellnextelecom.com/productos-y-servicios/smart-cities-iot-seguridad/deteccion-temprana-de-incendios/>. [Accessed 13 Agosto 2018].
- [73] N. Márquez, "Dermatólogos del Macarena eliminan las esperas a través de la telemedicina," *Diario de Sevilla*, 30 Julio 2018. [Online]. Available: [https://www.diariodesevilla.es/sevilla/telemedicina-cancer-hospital-macarena-dermatologia-esperas\\_0\\_1267973713.html](https://www.diariodesevilla.es/sevilla/telemedicina-cancer-hospital-macarena-dermatologia-esperas_0_1267973713.html). [Accessed 13 Agosto 2018].
- [74] Prosegur, "Prosegur Siempre Contigo," [Online]. Available: [https://www.prosegur.es/esp/prosegur-siempre-contigo?o=google\\_search&gclid=CjwKCAjwrNjcBRA3EiwAIIOvq25Qmd7AYZYt3wH1u3wsn8yED7yW2WunVk90\\_3qmfSkDsGLs16NX0RoCnnYQAvD\\_BwE&gclsrc=aw.ds](https://www.prosegur.es/esp/prosegur-siempre-contigo?o=google_search&gclid=CjwKCAjwrNjcBRA3EiwAIIOvq25Qmd7AYZYt3wH1u3wsn8yED7yW2WunVk90_3qmfSkDsGLs16NX0RoCnnYQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds). [Accessed 14 Agosto 2018].
- [75] Universidad Internacional de la Rioja, "Unir," [Online]. Available: <https://en.unir.net/>. [Accessed 13 Agosto 2018].
- [76] Wikipedia, "Teletrabajo," [Online]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Teletrabajo>. [Accessed 10 Octubre 2018].
- [77] PastView, "Qué es past view," [Online]. Available: <http://www.pastviewexperience.com/que-es-past-view/>. [Accessed 13 Agosto 2018].
- [78] Ayuntamiento de A Coruña Concello da Coruña, "Ciudad Smart," [Online]. Available: <http://www.coruna.gal/servlet/Satellite?pagename=Smart/Page/Generico-Page-Generica&cid=1401412646041&argIdioma=es>. [Accessed 13 Agosto 2018].
- [79] *UNE 178 104 Infraestructuras. "Sistemas integrales de gestión de la Ciudad Inteligente"*, 2017.
- [80] IBM, "IBM Intelligent Operations Center," [Online]. Available: <https://www.ibm.com/us-en/marketplace/city-insights/details>. [Accessed 14 Agosto 2018].
- [81] Indra, "Conceptos Sofia2," Indra, 2014.

- [82] Indra, "Indra," In da, [Online]. Available: <https://www.indracompany.com/en>. [Accessed 2014 Agosto 2018].
- [83] ONTSI, "Desarrollo de Metodología y Estudio sobre los Niveles de Interoperabilidad de las principales Plataformas de Gestión de Servicios de las Ciudades Inteligentes," ONTSI, 2016.
- [84] ECMA International, "Introducing JSON," Diciembre 2017. [Online]. Available: <https://www.json.org/>. [Accessed 12 Octubre 2018].
- [85] Á. Leo-Revilla, "¿Qué es Hadoop?," 16 Mayo 2013. [Online]. Available: <https://momentotic.com/2013/05/16/que-es-hadoop/>. [Accessed 12 Octubre 2018].
- [86] Cellnex, "Smart Brain," [Online]. Available: <https://www.cellnextelecom.com/productos-y-servicios/smart-cities-iot-seguridad/smart-brain/>. [Accessed 14 Agosto 2018].
- [87] Altair, "Qué es Carriots," [Online]. Available: <https://www.carriots.com/que-es-carriots>. [Accessed 15 Agosto 2018].
- [88] S. Electric, "Wonderware System Platform 2017," [Online]. Available: <https://www.wonderware.com/es-es/hmi-scada/system-platform/>. [Accessed 15 Agosto 2018].
- [89] M. S. Basterra, "La tecnología al servicio de las Smart Cities. Plataformas de ciudad," ESmartCity.es, 3 Julio 2015. [Online]. Available: <https://www.esmartcity.es/comunicaciones/tecnologia-servicio-smart-cities-plataformas-ciudad>. [Accessed 15 Agosto 2018].
- [90] UNE, "Ciudades inteligentes," [Online]. Available: <https://www.une.org/la-asociacion/sala-de-informacion-une/noticias/ciudades-inteligentes>. [Accessed 15 Agosto 2018].
- [91] OneM2M, "Standards for M2M and the Internet of Things," [Online]. Available: <http://www.onem2m.org/>. [Accessed 15 Agosto 2018].
- [92] UNE 178 301 "Ciudades Inteligentes. Datos abiertos", 2015.
- [93] TS-0001 "Functional Architecture" V1.6.1, 2014.
- [94] TS-0002 "Requirements" V2.7.1, 2016.
- [95] TR-0001 "oneM2M Use Cases Collection" V2.4.2, 2018.
- [96] Red, "España logra el consenso internacional en la estandarización de la interoperabilidad de plataformas a través de la UIT," 22 Febrero 2018. [Online]. Available: <https://www.red.es/redes/es/actualidad/magazin-en-red/espaa%20logra-el-consenso-internacional-en-la-estandarizaci%20n-de-la>. [Accessed 30 Octubre 2018].
- [97] UNE 178 108. Ciudades Inteligentes. "Requisitos de los edificios inteligentes para su consideración como nodo IoT según la norma 178104", 2017.
- [98] UNE 178 501. Sistema de gestión de los destinos turísticos inteligentes. Requisitos, 2018.
- [99] UNE 178 502. Indicadores y herramientas de los destinos turísticos inteligentes, 2018.





## A

ABR: Abstraction requirement, 71  
ADN: Nodo de Aplicación Dedicada, 68  
ADpE: Agenda Digital para España, 24  
AE: Application Entity, 67  
AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación, 25  
API: Application programming interface, 48  
AR: Augmented Reality, 45  
ARIB: Association of Radio Industries and Business, 58  
ASM: Application and Service Layer Management, 69  
ASN: Nodo de Servicio de Aplicación, 68  
ATIS: Alliance for Telecommunications Industry Solutions, 58

## B

*Big Data*: Inteligencia de datos a gran escala, 30

## C

CCSA: China Communications Standards Association, 58  
CENSIS: Centre of excellence for Sensor and Imaging Systems technologies, 40  
CHG: Charging requirement, 71  
*City labs*: Ciudades laboratorios, 23  
*Cloud Computing*: Informática en la nube, 30  
CMDH: Communication Management and Delivery Handling, 69  
CMR: Communication management requirement, 71  
CPI: Compra pública innovadora, 10  
CRM: Customer Relationship Management, 48  
CSE: Common Services Entity, 67  
CSF: Common Services Functions, 68  
CTN: Comité Técnico de Normalización, 58

## D

*Data Lake*: Almacén de datos raw, 55  
*Data Warehouse*: Almacén de datos, 55  
DIS: Discovery, 69  
DMG: Device Management, 70  
DMR: Data Management and Repository, 69

## E

E2E: End to End, 65  
EOI: Escuela de Organización Industrial, 25  
ERP: Enterprise resource planning, 47  
ETL: Extract, Transform and Load, 56  
ETSI: European Telecommunications Standards Institute, 58

## G

GIS: Geographic Information System, 47  
GMG: Group Management, 69  
GPS: Global Positioning System, 45

## H

Hadoop: Colección de software de código abierto, 51  
HEM: Home Energy Monitoring, 38  
HTTP: Hypertext Transfer Protocol, 50

## I

I+D+i: Investigación, desarrollo e innovación, 11  
IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 25  
IOC: Intelligent Operator Center, 48  
IoT: Internet of things, 14  
ISO: Organización Internacional de Estándares, 46  
ITU: International Telecommunication Union, 59

## J

JMX: Java Management Extensions, 47  
JSON: JavaScript Object Notation, 50

## L

LED: Light-Emitting Diode, 42  
LOC: Location, 69

## M

M2M: Machine to machine, 9  
Mca: Punto entre una AE y una CSE, 67  
Mcc: Punto entre dos CSE, 67  
Mcn: Punto entre una CSE y una NSE, 67  
MGR: Management requirements, 71  
MIT: Massachusetts Institute of Technology, 14  
MN: Nodo Medio, 67  
MQTT: Message Queue Telemetry Transport, 73; Message Queuing Telemetry Transport, 50

## N

NoDN: Nodo no-oneM2M, 67  
NSE: Network Service entity, 66  
NSSE: Network Service Exposure Execution and Triggering, 70

## O

OBU: On Board Unit, 36  
 ONU: Organización de Naciones Unidas, 5  
*Open Data*: Datos abiertos, libres, 30  
*Open Government*: Gobierno Abierto, 43  
 OPR: Operational requirement, 71  
 OSR: Overall system requirements, 71

## P

PIB: Producto Interior Bruto, 25

## R

*raw*: Datos en bruto, tal y como han sido captados, 55  
 Red: entidad pública empresarial española dependiente de la Secretaría de Estado para la Sociedad de la Información y la Agenda Digital, 25  
 REG: Registration, 69  
 REST: Representational State Transfer, 50  
 RFID: Radio Frequency Identification, 35

## S

SCA: Service charging and Accounting, 69  
 SCADAS: Supervisory Control And Data Acquisition, 47  
 SDK: Software Development Kit, 52  
 SEC: Security, 69  
 SEGITTUR: Sociedad Estatal para la Gestión de la Innovación y las 5 Tecnologías Turísticas, 25  
 SER: Security requirement, 71  
 SETSI: Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información, 25  
 SIS: Sensor and Imaging Systems, 40

*Smart City*: Ciudad Inteligente, 1  
 SNMP: Simple Network Management Protocol, 47  
 SOA: Service-Oriented Architecture, 51  
*streaming*: Retransmisión digital de contenido multimedia, 56  
 SUB: Subscription and Notification, 70

## T

TCP: Transmission Control Protocol, 50  
 TIA: Telecommunications Industry Association, 58  
 TIC: Tecnologías de la información y comunicación, 1  
 TTA: Telecommunications Standards Institute, 58  
 TTC: Telecommunications Technology Committee of Japan, 58

## U

UNE: Una norma española, 46

## V

VE: Vehículo Eléctrico, 48

## W

WiFi: Tecnología inalámbrica para comunicación de datos, 15

## X

XML: eXtensible Markup Language, 52

## Z

ZeM2All: Zero Emission Mobility to All, 36

