

Smart cities

Las ciudades inteligentes del futuro

Narcís Vidal Tejedor

PID_00190912



Los textos e imágenes publicados en esta obra están sujetos –excepto que se indique lo contrario– a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 España de Creative Commons. Podéis copiarlos, distribuirlos y transmitirlos públicamente siempre que citéis el autor y la fuente (FUOC. Fundació para la Universitat Oberta de Catalunya), no hagáis de ellos un uso comercial y ni obra derivada. La licencia completa se puede consultar en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.es>

Índice

Introducción	5
Objetivos	6
1. La smart city	7
1.1. Definición	7
1.2. Elementos de la <i>smart city</i>	10
1.2.1. <i>Smart mobility</i>	13
1.2.2. <i>Smart people</i>	13
1.2.3. <i>Smart economy</i>	14
1.2.4. <i>Smart living</i>	14
1.2.5. <i>Smart environment</i>	15
1.2.6. <i>Smart governance</i>	15
1.3. Papel de las TIC	16
2. Smart mobility	18
2.1. Movilidad eléctrica	19
2.1.1. Puntos de recarga	21
2.1.2. Identificación de los usuarios	28
2.1.3. Gestión de la energía	30
2.1.4. Sistemas de información y servicios	33
2.2. Gestión del tráfico urbano y de las zonas de aparcamiento	37
2.2.1. Gestión de plazas de aparcamiento	38
2.3. Gestión de los medios de transporte	40
2.4. <i>Mobility sharing</i>	40
2.5. Conclusiones	42
3. Smart energy	44
3.1. Contadores inteligentes	48
3.1.1. Tecnologías de comunicaciones y sistemas utilizados ...	49
3.2. Integración de recursos energéticos distribuidos y automatización	51
3.2.1. Sistemas de control inteligentes. <i>Advanced distribution automation</i>	53
3.2.2. IEC 61850	55
3.3. El concepto de microrred	56
3.3.1. Comunicaciones en una microrred	57
3.4. <i>Smart home</i> y <i>smart buildings</i>	58
3.4.1. Gestión de la demanda en edificios o viviendas	59
3.4.2. Comunicaciones <i>in-home</i> o <i>in-building</i>	60
3.4.3. Soluciones y productos existentes	62

3.5. Control de la iluminación pública	68
3.6. Conclusiones	70
4. Smart community	72
4.1. <i>E-services</i>	72
4.1.1. Servicios de asistencia y salud	72
4.1.2. E-administración	75
4.2. Servicios de gestión ambiental	76
4.3. Conclusiones	80
Resumen	81
Abreviaturas	83
Bibliografía	84

Introducción

Las previsiones de los expertos indican que en el 2050 la población mundial habrá alcanzado ya la cifra de los nueve mil millones y se calcula que el setenta por ciento de los habitantes vivirá en zonas urbanas y ciudades densamente pobladas. Esto hace que deba replantearse el concepto de ciudad actual, partiendo de la necesidad de crear ciudades más inteligentes y más sostenibles que puedan dar solución a los retos sociales del futuro.

Una **ciudad inteligente**, o *smart city*, es aquella que aglutina una serie de conceptos basados en la sostenibilidad centrados fundamentalmente en tres ámbitos básicos: medioambiental, económico y social, y que busca la mejora de la calidad de vida de sus habitantes.

Como veréis a lo largo del módulo, y más detalladamente en el primer apartado, la definición de *smart city* es muy amplia y abarca muchos conceptos. El denominador común de todos ellos será el uso de las TIC como elemento básico que servirá para definir las arquitecturas y los procesos comunes para el establecimiento de sistemas inteligentes que acaben aportando valor al ciudadano y al entorno.

En este módulo estudiaréis los elementos principales que componen una *smart city*. Los hemos dividido, utilizando la terminología anglosajona, en distintos apartados: “*Smart mobility*” que estudia los conceptos de **movilidad sostenible**, principalmente el vehículo eléctrico; “*Smart energy*”, donde descubriréis el papel de las TIC en la integración de energías renovables y en la eficiencia energética; y, “*Smart community*”, que aglutina conceptos que afectan a la relación del ciudadano con su entorno y con la administración.

Objetivos

En los materiales didácticos de este módulo encontraréis los elementos imprescindibles para alcanzar los siguientes objetivos:

1. Saber qué es una *smart city* y qué conceptos la conforman.
2. Entender el papel de las TIC como base para la creación de las *smart cities*.
3. Conocer las tecnologías usadas para introducir una movilidad sostenible.
4. Entender las necesidades de monitorización y comunicación en las redes eléctricas del futuro.
5. Entender el papel clave de los sensores en la arquitectura de comunicaciones de una *smart city*.

1. La *smart city*

El concepto de **ciudad inteligente** ha concentrado en los últimos años una considerable atención en el contexto de políticas de desarrollo urbano. El progreso de Internet y las tecnologías de banda ancha ha sido clave para el despliegue de los servicios telemáticos que disfrutan los ciudadanos y ha jugado un papel esencial en el desarrollo tecnológico de las ciudades. Al mismo tiempo, estas ciudades están asumiendo un papel fundamental para el desarrollo de la innovación en áreas como la salud, el medio ambiente y los negocios.

Por lo tanto, se plantea la cuestión de cómo las ciudades y las áreas metropolitanas que las rodean pueden evolucionar hacia un desarrollo abierto, sostenible y cuya pieza clave sea el ciudadano. La respuesta a todo ello son las *smart cities*.

En el subapartado “Definición”, veréis las diferentes interpretaciones que existen del concepto *smart city*, los ahorros que se consiguen con su uso y los actores que participan. En el subapartado “Elementos de la *smart city*”, se describen los diferentes elementos necesarios para conseguir una ciudad inteligente. Algunos de ellos varían en función de los autores, mientras que otros elementos se repiten en todas las descripciones, como la movilidad y la eficiencia energética, ambos desarrollados en detalle en los subapartados “*Smart mobility*” y “*Smart energy*” de este módulo. Finalmente, este apartado termina con el subapartado “Papel de las TIC”, dedicado al papel fundamental que juegan las TIC en el desarrollo de cualquier sistema urbano.

1.1. Definición

La definición de *smart city* no es una tarea fácil, ya que puede abarcar muchos conceptos, cuya suma tiene como resultado la creación de una ciudad inteligente.

El punto de partida de todas las definiciones que establecen que una ciudad pueda ser considerada como inteligente se basa en que esta invierta en capital humano y social, en soluciones innovadoras que hacen uso de las TIC, en sostenibilidad, en movilidad y en eficiencia, buscando que todo ello repercuta de manera clara en una mayor calidad de vida de los ciudadanos y en un desarrollo sostenible.

Desde un punto de vista técnico, los términos *smart city* e *internet de las cosas* (red de objetos, equipos y sensores interconectados) están estrechamente relacionados. Ambos conceptos tienen en las TIC su fundamento y adelantan,

con sus aplicaciones y usos, la que está llamada a ser la Internet del futuro. Precisamente esa Internet del futuro no solo consistirá en la conexión de cada vez más personas y equipos, sino en el planteamiento de que todo podrá estar conectado, desde dispositivos hasta objetos cotidianos que habitualmente no disponían de dicha conectividad; es el caso de los elementos del mobiliario urbano (como semáforos, luminarias, plazas de aparcamiento, etc.) o de los edificios y casas, los coches, los vehículos eléctricos, los electrodomésticos, los contadores inteligentes... en general todo aquello que queramos gestionar o controlar. La ciudad inteligente se convierte en un espacio urbano con infraestructuras, redes y sistemas inteligentes, con millones de sensores y automatismos interconectados.

Estos avances conllevarán una nueva forma de gestionar los hogares, las infraestructuras, las empresas, los edificios, las ciudades o incluso el país. Imaginad el día en que una nevera detecte, mediante sensores internos, que productos escasean en su interior y, utilizando sus módulos de comunicaciones y la conexión a Internet de la vivienda, haga un pedido a un supermercado, previo análisis de las mejores ofertas disponibles en línea.

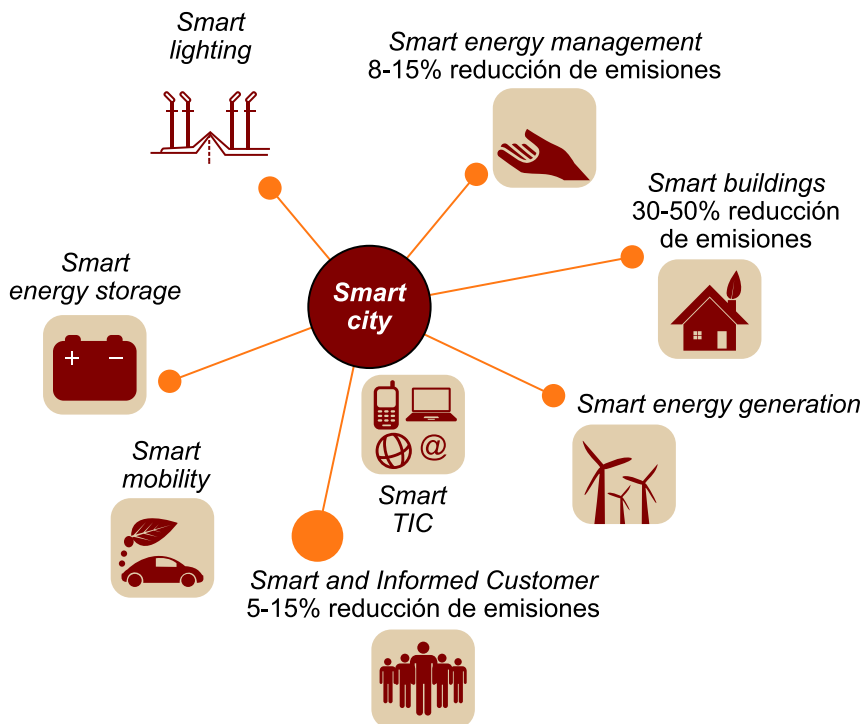
La ciudad inteligente se convierte en una plataforma digital que permite maximizar la economía, la sociedad, el entorno y el bienestar de las ciudades, y facilita el cambio hacia un comportamiento más sostenible entre todos los *stakeholders* de la ciudad: usuarios, empresas y administración.

En este contexto, una *smart city* es un sistema muy complejo, un ecosistema en el que intervienen múltiples agentes y en el que coexisten muchos procesos profundamente ligados entre sí. Todo esto requerirá que deban desarrollarse unos potentes sistemas de comunicación que no solo almacenen e intercambien datos entre sí, sino que además puedan analizar dichos datos aplicando algoritmos adecuados y extraigan información de gran valor para la mejora de los procesos y para la toma de las mejores decisiones que repercutan en el bienestar del ciudadano.

Stakeholders

El término *stakeholders* hace referencia a todos los implicados o partes interesadas en un proyecto. Los *stakeholders* pueden estar afectados de forma positiva o negativa. Por ejemplo, podría considerarse una empresa petrolera como *stakeholder* de una *smart city*, y en este caso estaría afectada negativamente por la promoción de sistemas alternativos de transporte que no usen combustibles fósiles.

Figura 1. Componentes de la smart city. Málaga de Endesa.



Fuente: Endesa.

Desde la perspectiva de los gestores municipales de los servicios que presta la ciudad, disponer de una *smart city* ayuda a la gestión automática y eficiente de las infraestructuras urbanas, lo que aporta ventajas evidentes: por un lado, la reducción del gasto y, por otro, la mejora en sí de los propios servicios prestados. Podéis encontrar un ejemplo de ello en los vídeos recomendados en la bibliografía y en la tabla 1.

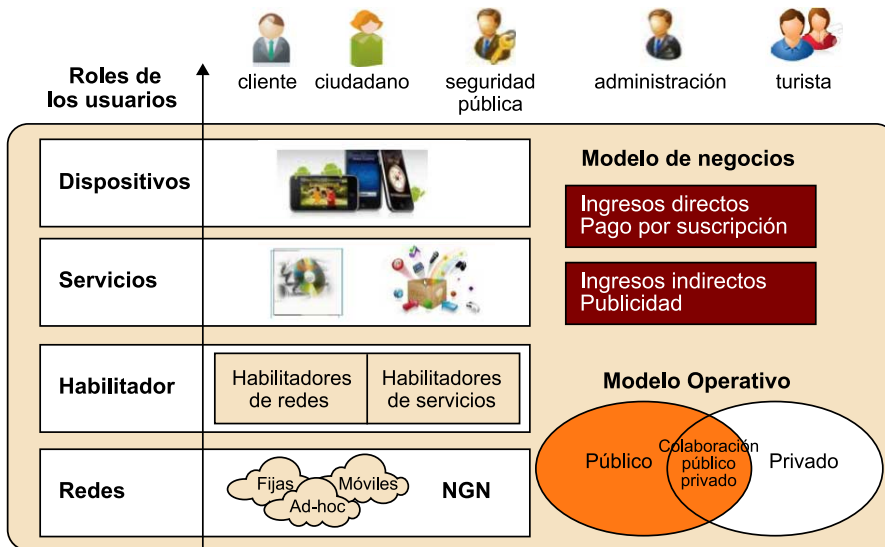
Tabla 1. Ahorro en la provisión de servicios de una smartcity

Área	Ahorro
Gestión del tráfico e implantación de otros servicios de movilidad.	30 % de las emisiones de CO ₂ .
Mantenimiento de parques y jardines con el uso de agua para riego.	18% del agua utilizada.
Contadores inteligentes, con períodos tarifarios e información a los usuarios.	10% en el consumo de energía eléctrica. 7% en el consumo de agua.
Automatización de la recogida de residuos urbanos.	20% en requerimiento de transporte según el tipo de residuos.

Fuente: Endesa.

Los modelos de negocio para las *smart cities* todavía no están claros. Si bien parece que los ahorros son significativos, se requiere una fuerte inversión inicial, por lo que resulta necesario el uso de sinergias entre los diferentes implicados.

Figura 2. Personas implicadas y modelos de negocio de las *smart cities*.

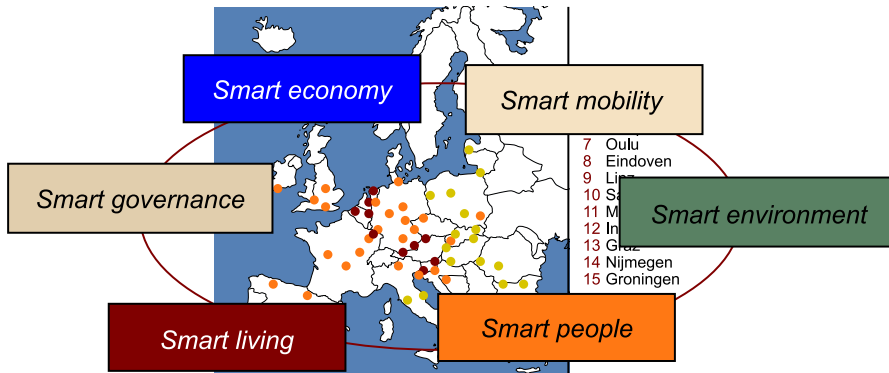


Fuente: Telefónica.

En los modelos de negocio de las *smart cities* (véase la figura 2) se contemplan varias estructuras. Al ser públicos la mayoría de los servicios ofertados, un primer modelo podría ser exclusivamente público, lo que implicaría que las administraciones pagan la *smart city*. Al ser un modelo más eficiente que el actual, ya que incorpora nuevas tecnologías, sería una inversión con retorno, pero en el actual contexto de nula liquidez por parte de las administraciones es una opción que se plantea como poco plausible. Otro modelo es la colaboración pública-privada, que puede tener dos versiones: una basada en una inversión por parte de empresas privadas con una compartición de ingresos –un modelo similar a las autopistas de peaje–, y la otra fundamentada en la venta de servicios de valor añadido por parte de las empresas que han invertido en la infraestructura o en la venta de datos para crear servicios; por ejemplo, una compañía que ha invertido en puntos de recarga para vehículos eléctricos puede vender la localización de esos puntos a empresas que fabrican navegadores de automóvil o aplicaciones para *smartphones*.

1.2. Elementos de la *smart city*

Es común encontrar, en la poca literatura existente sobre *smart cities*, la división de los conceptos que forman una ciudad inteligente en seis elementos principales como la que planteó la iniciativa European Smart Cities:

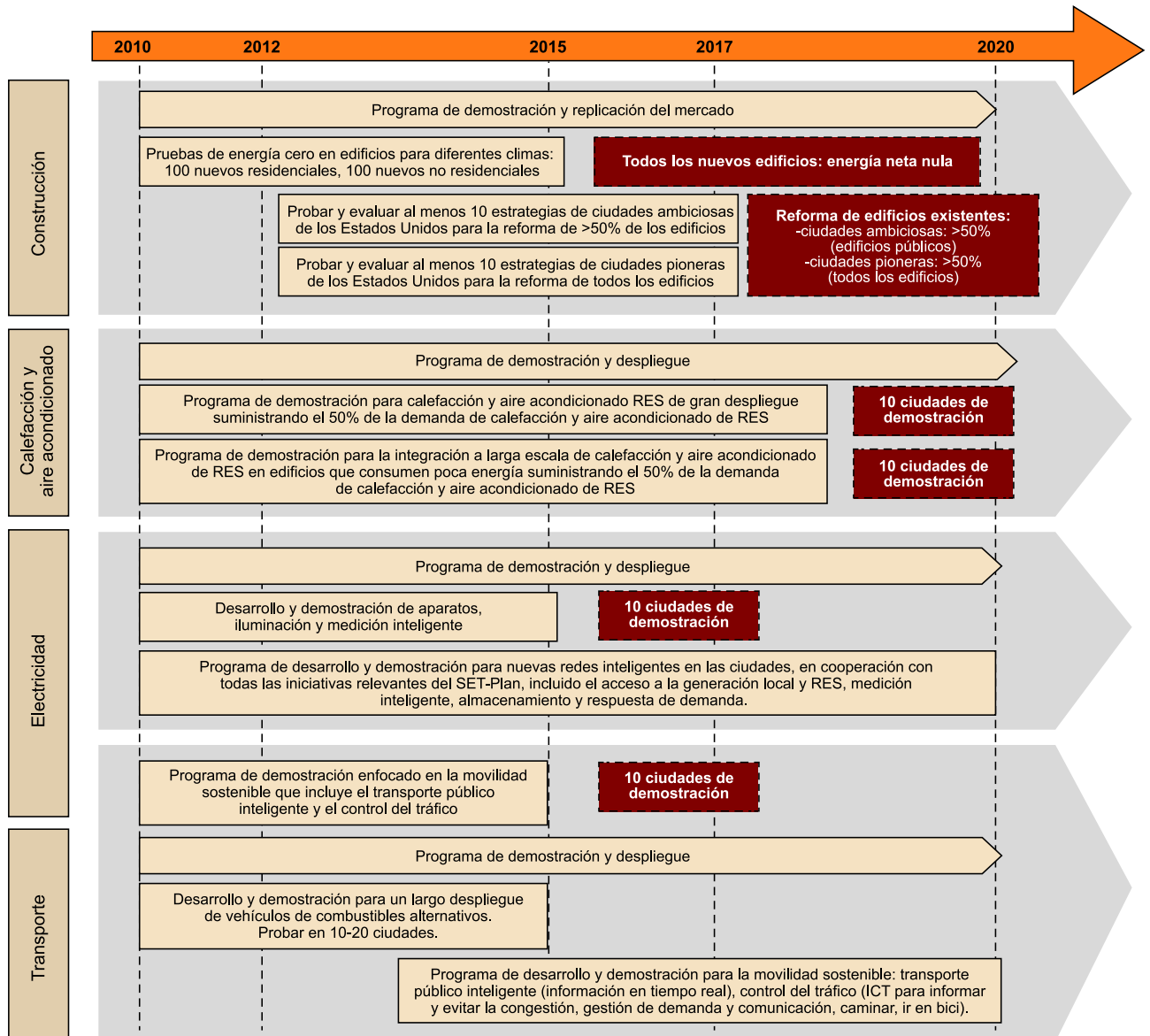
Figura 3. Elementos que forman parte de una *smart city*.

Fuente: European Smart Cities.

Esta división ha sido incluso adoptada por el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), entidad dependiente del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, en su documento “Mapa tecnológico, ciudades inteligentes”. En él se recogen los principales elementos que componen una *smart city* y que detallamos más adelante, así como las potencialidades y principales barreras para su desarrollo. También incluye un listado de proyectos singulares actuales de demostración de *smart cities* (Málaga, Ámsterdam, Distrito 22@ de Barcelona, Singapur, entre otros) y organismos a los cuales pueden solicitarse subvenciones y ayudas para la implantación de estos conceptos.

Por otro lado, la Comisión Europea, en su iniciativa sobre *smart cities*, centra sus prioridades en señalar la viabilidad de la consecución de los objetivos de reducción de emisiones de CO₂ en el ámbito local (reducción del 40% en el 2020 con respecto a las emisiones de 1990), lo que demostraría a los ciudadanos que su calidad de vida y su economía pueden mejorar a partir de inversiones en eficiencia energética.

Figura 4. Hoja de ruta de la Comisión Europea para la demostración de los conceptos de *smart city*.



Fuente: Comisión Europea.

Para la Comisión Europea (<http://setis.ec.europa.eu/about-setis/technology-roadmap/european-initiative-on-smart-cities>), los elementos principales en los que han de invertir las ciudades que quieran convertirse en ciudades inteligentes son: edificios, energía (eléctrica y para climatización) y transporte.

Otro tipo de división de los elementos que componen una *smart city* es el planteado en el proyecto *smart city* de Málaga que habéis visto en la figura 1, centrado principalmente en temas energéticos.

Partiendo del análisis que realiza el IDAE en el documento “Mapa tecnológico, ciudades inteligentes”, indicaremos de forma resumida y mediante ejemplos los principales ámbitos en los que deben incidir los elementos que componen la *smart city*.

1.2.1. *Smart mobility*

- Análisis de los flujos de tráfico, dando prioridad a los vehículos de emergencias y al transporte público.
- Gestión de plazas de aparcamiento libres para minimizar el tráfico en las ciudades.
- Detección automática de las infracciones del código de circulación y los peligros en las carreteras, información mediante señales adecuadas o información en línea de los accidentes producidos en las vías de circulación a los vehículos próximos.
- Desarrollo de modelos matemáticos y simulaciones para comparar distintas vías de circulación y distintos escenarios de transporte, con lo que se podrían predecir posibles efectos sociales y ambientales.
- Establecimiento de una serie de tarifas para el transporte privado en función del impacto ambiental y del uso de las infraestructuras (contaminación, ocupación de espacios públicos, zonas por horas, etc.).
- Implantación de servicios de información en línea para los ciudadanos mediante la busca con *smartphones*, dispositivos móviles o pantallas fijas: conexiones, tiempos estimados de llegada del transporte público, servicios para compartir bicicletas (*bike-sharing*) o vehículos (*car sharing*), etc.
- Impulso del desarrollo de medios de transporte y de una movilidad más sostenible y menos contaminante, como la implantación de los vehículos eléctricos.

1.2.2. *Smart people*

- Implementación de diferentes servicios para aumentar la comodidad y seguridad de los habitantes de la ciudad, como las consultas médicas vía telefónica o vía Internet, o la integración de las alarmas de extinción de incendios, de prevención de inundaciones y de sistemas antirrobo en la domótica de los edificios.
- Asistencia a la movilidad y prevención del aislamiento social en las personas mayores.
- Creación en la red de grupos de debate, grupos de colaboración (*networking*) y puntos de encuentro (por ejemplo, LinkedIn) para emprendedores.

- Sistemas de aprendizaje en línea, formación permanente por ordenador, foros de apoyo y colaboración con expertos, información sobre oportunidades laborales y encuentros que favorezcan la recapacitación.
- Utilización de las nuevas tecnologías de información y comunicación para desarrollar actividades de ocio.

1.2.3. *Smart economy*

- Asociación temporal en línea de empresas y clientes para la obtención de soluciones creativas.
- Creación de oficinas modulares descentralizadas (oficinas satélite virtuales) con acceso a Internet, equipadas para llevar a cabo teletrabajo y capaces de proporcionar servicios auxiliares a sus usuarios.
- Desarrollo de incubadoras como elemento generador de ideas y punto de encuentro de universidades y centros de investigación, organismos públicos, expertos y empresas.
- El fomento del *co-working* (cotrabajo), lo que permitiría que varios profesionales independientes de sectores distintos compartan una misma oficina o un mismo espacio de trabajo, donde se fomenta la colaboración, el trabajo en un espacio comunitario y multidisciplinario y el *networking*.

1.2.4. *Smart living*

- Planificación de un desarrollo urbano sostenible, análisis de necesidades y riesgos identificados para gestionar correctamente la densificación de población y alcanzar un resultado sostenible desde el punto de vista social, ambiental y generacional.
- Consideración de una serie de factores de habitabilidad en edificios como: verificación acústica, certificación de sostenibilidad, seguridad, etc. Sensores inteligentes inalámbricos de contaminación, ruido y otros datos medioambientales.
- Soluciones integradas para la gestión a distancia de la calefacción y la refrigeración; utilización de cogeneración o trigeneración.
- La gestión de las aguas subterráneas, el cobro por volumen y clasificación de la recogida de desperdicios, empleo de incentivos para aumentar la reutilización y el reciclaje de residuos.

Cogeneración

En los procesos de cogeneración se produce al mismo tiempo energía eléctrica y energía térmica, normalmente vapor o agua sanitaria. La principal ventaja es la eficiencia energética de todo el proceso, ya que se obtienen dos productos resultantes. La trigeneración además incluye la producción de frío, como agua o aire.

1.2.5. *Smart environment*

- Optimización de las smart grids¹ incorporando a la red sistemas de generación limpios y distribuidos, mejorando la gestión de los picos de carga y, por tanto, el servicio ofrecido al usuario final (más fiable y económico).
- Desarrollo de un sistema de calefacción eficiente: encendido y apagado programable de la calefacción, cogeneración, nuevos modelos de bombas de calor.
- Alumbrado eficiente (en particular el alumbrado de las calles y la iluminación de interior). Fomento de la tecnología LED y su desarrollo.
- Control de la iluminación en la vía pública utilizando detectores de presencia para aumentar las intensidades lumínicas.
- Empleo de generación distribuida renovable.
- Uso de contadores inteligentes que proporcionen información en tiempo real a los usuarios.
- Incorporación progresiva de sistemas de gestión activa de la demanda, utilización de domótica en las viviendas para gestionar, monitorizar y conocer los consumos energéticos. Uso de electrodomésticos ecológicos.
- Empleo de medidas de riego eficiente. Incorporación de sistemas de reutilización del agua usada (y agua de lluvia) en el uso de agua no potable para riego.
- Utilización de sensores de humedad del terreno para activar los riegos automáticos solo cuando sea necesario.

⁽¹⁾Es un término inglés que podría traducirse como 'red eléctrica inteligente'. Para la implantación de las smart grids es necesario también un uso importante de las TIC tal y como veréis en el apartado "Smart energy" de este módulo.

1.2.6. *Smart governance*

- Herramientas para la comunicación directa con las instituciones públicas.
- Agilización de los procesos administrativos utilizando elementos como la firma digital y otros medios en línea, lo que mantiene y asegura la privacidad y la validez legal de los documentos al tiempo que simplifica y automatiza los procesos.
- Instrumentos que faciliten a las personas desempleadas conocer las oportunidades laborales disponibles.

- Integración electrónica de los perfiles médicos de cada paciente para ser utilizados en caso de emergencia, lo que haría aumentar la calidad de los cuidados recibidos.

Como habréis podido comprobar, hay varios elementos clave que componen una *smart city* y que se repiten en la mayoría de las definiciones existentes. En la estructura de este módulo, hemos decidido hacer una agrupación que refleje estos elementos comunes, los cuales, bajo nuestro punto de vista, son esenciales tanto para la existencia de una ciudad inteligente como en su uso intensivo de las TIC y, como tales, merecen ser tratados en detalle en el módulo de una asignatura dedicada a aplicaciones y servicios de telecomunicaciones y multimedia.

De esta forma, en el apartado “Smart mobility” de este módulo veréis los conceptos de “smart mobility” y en el apartado siguiente, los conceptos de *smart energy*, que incluyen los elementos clave para conseguir edificios inteligentes y gestionar la energía en las ciudades. Finalmente, en el apartado “Smart governance” conoceréis los conceptos de *smart governance*, que abarcan también la participación ciudadana. Sin embargo, hemos considerado transversales a estos tres ejes principales otros elementos presentes en las definiciones que acabáis de estudiar. Por ejemplo, el medio ambiente forma parte implícitamente del resto, ya que una gestión adecuada de la movilidad reduce de modo significativo las emisiones de CO₂. Al mismo tiempo, la gestión de la energía puede hacer posible un consumo más eficiente y el uso de energías renovables, etc.

1.3. Papel de las TIC

Para poder desarrollar todos estos conceptos, la *smart city* debe disponer de una estructura de comunicaciones y unos sistemas que puedan interactuar entre ellos y que puedan generar, y a la vez soportar, el volumen de información necesario. Por lo tanto, el papel de las TIC resulta clave para la implantación de las *smart cities*.

La primera tarea que las ciudades deben acometer para convertirse en *smart cities* es crear un entorno con alta penetración de comunicaciones de banda ancha que den soporte a aplicaciones digitales. Esto incluye el desarrollo de infraestructuras de banda ancha que combinen cable, fibra óptica y redes inalámbricas y que ofrezcan conectividad a los ciudadanos, a las organizaciones y a las empresas de la ciudad.

Nota

Según Telefónica I+D, se prevé que en el año 2014 el 70% de los dispositivos electrónicos de consumo estén conectados a Internet. Su uso no estará asociado con una persona particular y, además, tendrán la capacidad de conectarse a múltiples redes y a través de múltiples tecnologías (3G, 4G, WiFi, televisión vía satélite, etc.). En el año 2020 se considera también que habrá más de cincuenta billones de dispositivos conectados a Internet.

Además, es necesario crear entornos de espacios e infraestructura urbana con sistemas embebidos, dispositivos inteligentes, sensores y automatismos que ofrezcan gestión de datos en tiempo real, alarmas, capacidad de capturar y procesar la información generada y aplicaciones colaborativas basadas en la web que puedan recoger la inteligencia colectiva de los ciudadanos.

Esta primera tarea se enmarca también en un periodo de recolección de datos, realizada por los sensores distribuidos, seguido de uno de transmisión de los datos recopilados a través de las redes de comunicación. Los sensores transmitirán la información mediante protocolos poco pesados a *gateways*, que a su vez enrutarán los datos a través de líneas móviles o fijas y los harán llegar a las bases de datos y plataformas que faciliten la provisión de los servicios. Para comunicar estos niveles, se pueden utilizar, por ejemplo, redes *mesh* (con tecnología inalámbrica como ZigBee) y luego, para conectar con la red de transporte superior, se suelen usar tecnologías como GPRS o 3G o, en el caso de que dichas pasarelas estén conectadas a redes fijas, tecnologías como el ADSL o la fibra óptica. Las comunicaciones entre dispositivos, también denominadas *comunicaciones máquina a máquina* (M2M²), muy comunes en el entorno de las ciudades inteligentes, están teniendo también un gran impacto en el desarrollo de las redes inalámbricas.

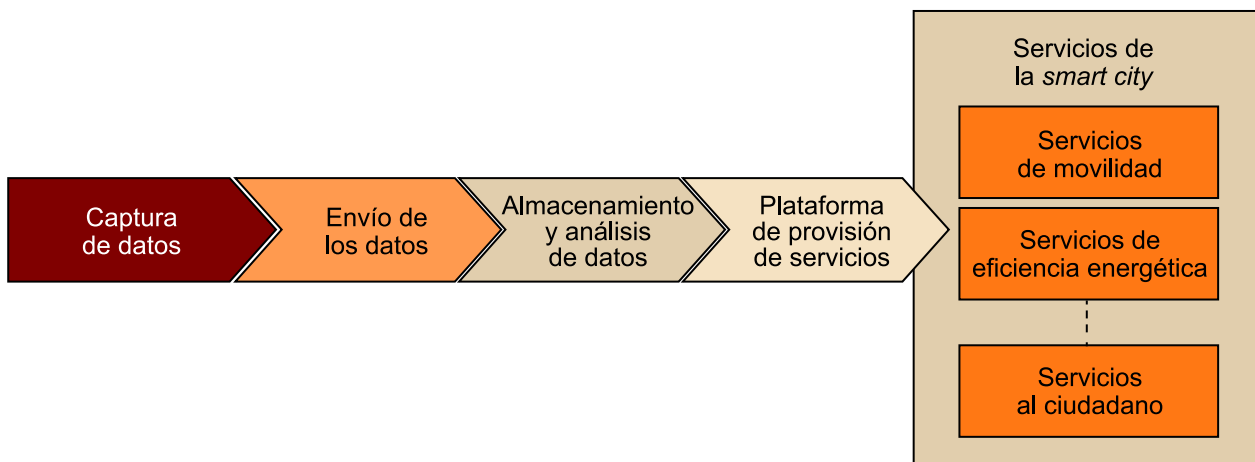
La segunda tarea consiste en iniciar a gran escala los procesos de innovación participativa para la creación de aplicaciones que mejoren todos los sectores de actividad de una ciudad. Todas las actividades económicas y servicios públicos de la ciudad pueden verse como pequeños ecosistemas de innovación en cuyo desarrollo, suministro y consumo de bienes de servicio participan los ciudadanos y las organizaciones. Esta segunda tarea está compuesta por una fase de almacenamiento de los datos y, posteriormente, por la creación de plataformas de provisión de servicios que acerquen esa información a los ciudadanos.

⁽²⁾Del inglés *machine to machine*.

M2M

El concepto *M2M* (*machine to machine*) engloba una serie de tecnologías que se utilizan en el proceso de intercambio de información entre dos máquinas remotas, ya sea mediante redes fijas o móviles, y sin intervención humana.

Figura 5. Etapas para la implantación de las TIC en las *smart cities*.



Fuente: elaboración propia basada en información de Telefónica.

2. *Smart mobility*

Es común escuchar en las noticias varias veces al año que los niveles de contaminación de las grandes urbes alcanzan cotas preocupantes para la salud. En épocas de anticiclones prolongados y escasas precipitaciones, fenómenos habituales en la península Ibérica, el grado de concentración de elementos nocivos todavía se incrementa más, lo que dispara las alarmas de todas las agencias medioambientales locales y nacionales. Esta contaminación es provocada básicamente por los vehículos de combustión interna que circulan por las calles y por las carreteras de acceso a las ciudades. Estos vehículos generan CO₂ y partículas de NO_x (principalmente los motores diésel), que son muy nocivas para la salud y que tienen graves efectos en los sistemas respiratorios de los seres vivos.

La movilidad en las ciudades es un problema cada vez más importante, en especial la congestión del tráfico, ya que tiene un impacto negativo muy considerable en la calidad de vida de los ciudadanos, tanto por la disminución de la productividad como por el empeoramiento de la calidad del aire y la contaminación acústica que conlleva. Es por eso por lo que el concepto de *smart mobility* es uno de los más implementados bajo el paraguas de las *smart cities*. Una ciudad inteligente, que tiene entre sus objetivos conseguir la mayor calidad ambiental posible para sus ciudadanos, debe desarrollar un concepto de movilidad inteligente basado en la sostenibilidad, la seguridad y la eficiencia de las infraestructuras y de los sistemas de transporte. En esta *smart city* se deben integrar todas las tecnologías que faciliten una mejor y mayor movilidad y una reducción de los elementos contaminantes.

En este apartado veréis de qué alternativas disponen las ciudades para gestionar la movilidad de sus ciudadanos de manera más eficiente. Entre estos conceptos, en el subapartado “Movilidad eléctrica” estudiaréis una de las alternativas con más futuro y más auge en la movilidad urbana: el uso de vehículos eléctricos, y cómo estos hacen un uso intensivo de las TIC en procesos aparentemente tan simples como por ejemplo una recarga. En el subapartado “Gestión del tráfico urbano y de las zonas de aparcamiento” también veréis aplicaciones para la gestión de plazas libres de estacionamiento y de los medios de transporte, aplicaciones que buscan, por un lado, facilitar los desplazamientos y, por otro, informar a los ciudadanos. El último punto de este apartado, titulado *Mobility sharing*, describirá conceptos de compartición de medios de transporte, como el *car-sharing* o el *bike-sharing*.

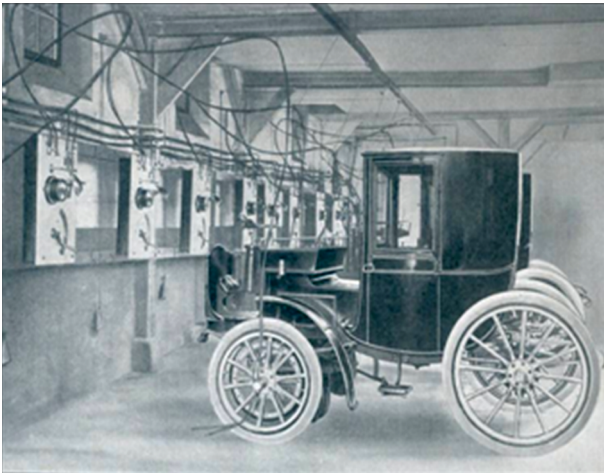
Para saber más acerca de los NO_x

Documento de la Agencia de Salud Pública de Barcelona donde se describen los efectos nocivos de las partículas de NO_x y los valores máximos permitidos en la legislación vigente:
<http://www.aspb.cat/quefem/docs/oxidos.pdf>

2.1. Movilidad eléctrica

No es muy conocido que los primeros vehículos eléctricos (VE) que se produjeron datan de mitad del siglo XIX, momento en el que compartían protagonismo con otra clase de vehículos, más ruidosos y contaminantes: los vehículos de combustión interna, que acabarían imponiéndose en el siglo XX como el método de propulsión preferido.

Figura 6. Primeros VE de mitad del siglo XIX.



En el contexto mundial actual, caracterizado por una mayor concienciación medioambiental, con unos precios del petróleo fluctuantes pero cada vez más al alza, con el auge de las energías renovables y con un mercado y una tecnología de baterías con cada vez precios menores y mayor densidad energética, el vehículo eléctrico es visto como la alternativa de transporte más eficiente y menos contaminante.

En Europa, los objetivos de reducción del CO₂ –situados en el 2050 entre un 80-95% respecto a los valores que había en 1990 (European Commission (2010). *Communication from the Commission: Europe 2020. A strategy for smart, sustainable and inclusive growth*. Bruselas)– han llevado a la Comisión Europea a fijar como uno de sus objetivos prioritarios la descarbonización del transporte rodado.

Pero ¿realmente el VE reduce el CO₂ total? No hay discusión en que el VE localmente produce cero emisiones, pero ¿y las emisiones producidas en las plantas de generación? Para dar respuesta a esta pregunta, hay que analizar las emisiones que producen tanto los vehículos de combustión interna (ICE) como los VE:

- **En el caso de los ICE:** los motores más eficientes de los principales fabricantes de automóviles producen en la actualidad unos 110 gramos de CO₂ por kilómetro.

Mix energético

El mix energético es el conjunto de tecnologías energéticas que se utilizan para satisfacer las demandas energéticas de un país o región. En el caso de España, en el 2011 estuvo formado por:

- 21% nuclear,
- 19% ciclos combinados de gas,
- 16% eólica,
- 15% carbón,
- 11% hidráulica,
- 17 % régimen especial (que incluye un 2% de solar y un 11% de cogeneración), y
- 1% fuel.

Ahorro de CO₂ de los VE

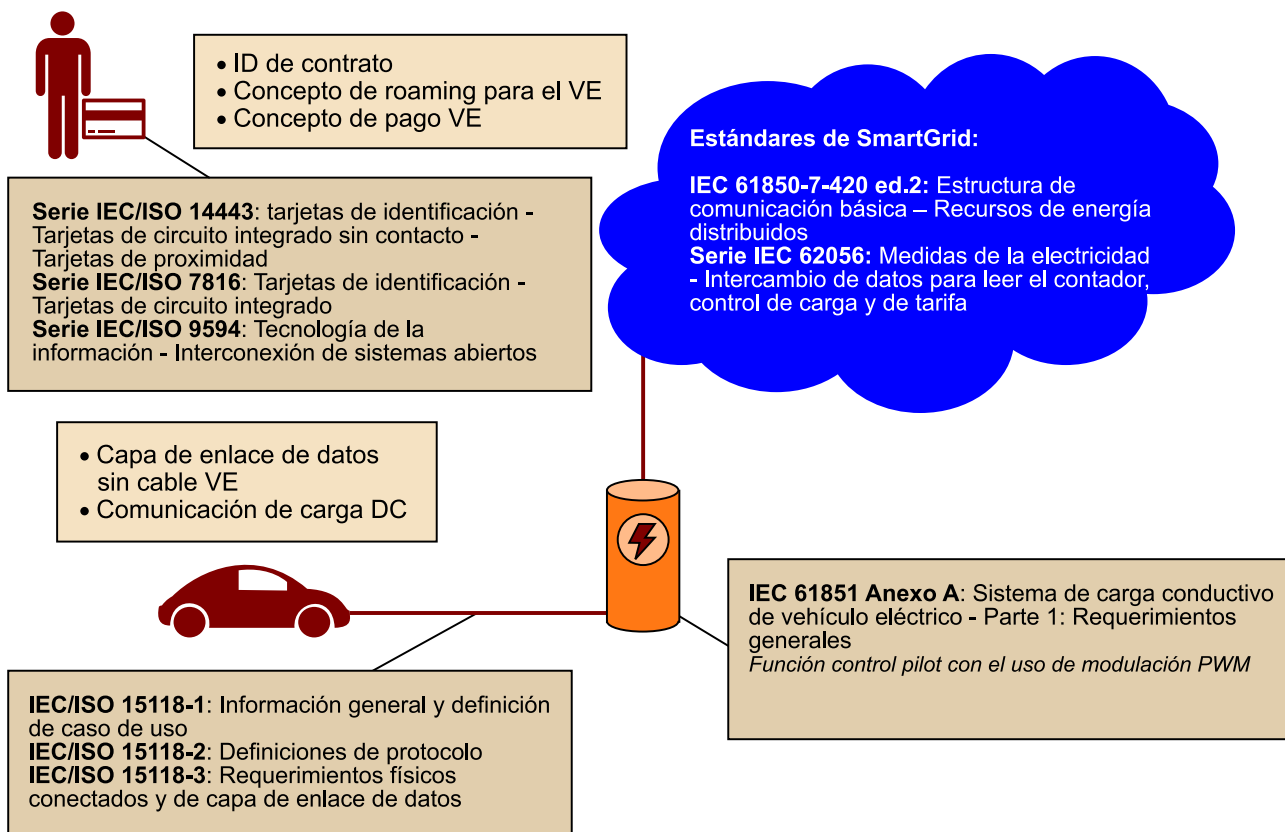
El vehículo eléctrico reduce en más de la mitad el CO₂ que producen los motores de combustión de los vehículos más eficientes del mercado automovilístico actual.

- **En los VE:** para obtener un valor comparable, hay que conocer el gasto energético por kilómetro de los VE –que se sitúa, como media, en torno a los 120 Wh/km– y el CO2 del mix energético del país –que, en el caso de España, es de 0,386 g/Wh–. Realizando la multiplicación pertinente, obtenemos que un VE en España genera 46 gramos de CO2 por kilómetro.

Si a todo ello le añadimos que las energías renovables tienen cada vez un mayor protagonismo en el mix energético y que, además, como veréis más adelante, con los sistemas y comunicaciones adecuados podemos hacer que los VE carguen en horas de máxima producción de energía verde, el transporte eléctrico será sin duda una de las claves para el desarrollo sostenible de las futuras ciudades inteligentes.

Como podéis ver en la figura 7, del organismo de estandarización europeo CEN/CENELEC, el VE tiene múltiples interfaces de comunicación: entre el usuario y el punto de recarga, entre el VE y el punto de recarga, en la gestión de la energía para la integración en las *smart grids* y en las interfaces de pago. En todas estas interfaces, las TIC desarrollan un papel fundamental. En los próximos subapartados encontraréis una descripción de la mayor parte de ellas.

Figura 7. Interfaces de comunicación del VE definidas por el organismo CEN/CENELEC y sus estándares más relevantes.



Fuente: CEN/CENELEC.

2.1.1. Puntos de recarga

Los VE, igual que hacemos en la actualidad llenando de gasolina los depósitos de los ICE, deben cargar sus baterías una vez estén descargadas o según las necesidades del usuario del vehículo. En función de la cantidad de potencia que se suministra a los VE, la carga puede considerarse lenta o rápida. Una carga lenta corresponde a potencias como las que tenemos actualmente disponibles en los enchufes domésticos (3,6 kW), mientras que se considera carga rápida cuando gestionamos potencias superiores a 50 kW. Para que os hagáis una idea, estos 50 kW serían prácticamente la suma de la potencia que tienen contratadas diez familias en sus respectivos domicilios. Existen también potencias intermedias de carga, que son conocidas como soluciones de carga semirrápida.

En todos los tipos de carga, es primordial garantizar tanto la seguridad de los usuarios como la seguridad de la batería y del vehículo. Por este motivo, los conectores de carga de VE no solo sirven para transportar la energía, como es el caso por ejemplo del enchufe de una lavadora, sino que disponen de pins adicionales dedicados a comunicaciones.

Tal y como podéis observar en la figura 8, los conectores disponen de varios pins que transmiten constantemente información del vehículo al punto de recarga y en los que se monitoriza el estado del VE y de la batería, la gestión de la energía y temas de seguridad.

Figura 8. Detalle de las conexiones de un enchufe de carga lenta y de un enchufe de carga rápida CHAdeMO.



Reflexión

¿Por qué creéis que todas las comunicaciones entre el VE y el EVSE se basan en medios físicos cableados y no en tecnologías inalámbricas?

A continuación describimos los tipos de comunicaciones más utilizados en la actualidad entre el VE y el punto de recarga (EVSE, acrónimo de las palabras inglesas *electric vehicle supply equipment*), basados en comunicaciones por cable.

Control pilot

Las primeras formas de comunicación entre el vehículo y el EVSE se lograron a través del uso del *control pilot*. Originalmente, las señales piloto se diseñaron para proporcionar controles de seguridad extras, como la verificación de

la correcta inserción de los conectores y la comprobación permanente de la continuidad del conductor de la puesta a tierra entre el equipo de recarga y el VE. La función del *control pilot* es evitar la transferencia de energía en caso de que haya algún deterioro en los cables o en los conectores.

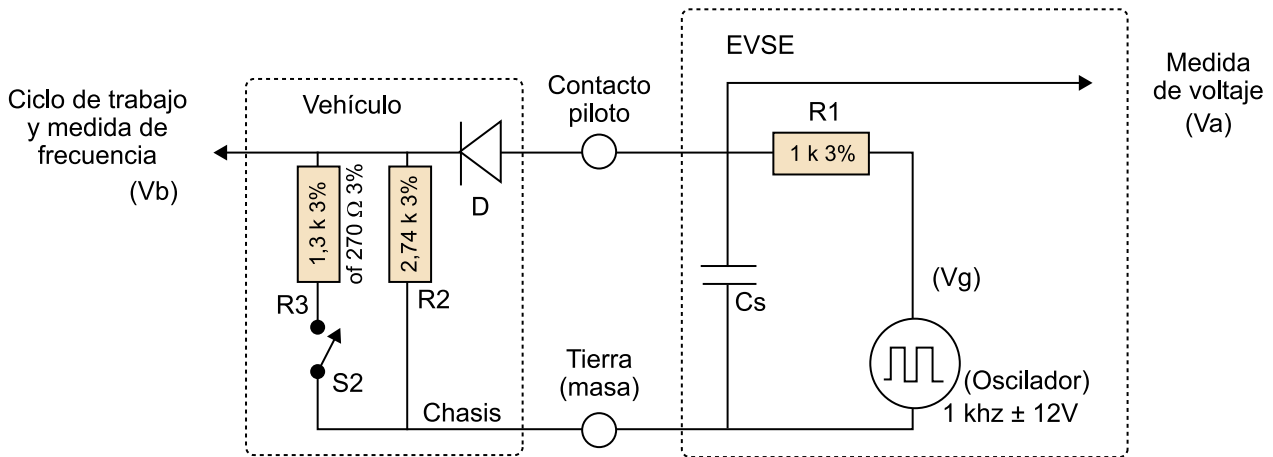
Una versión mejorada de la señal piloto se basa en la modulación de ancho de pulso (PWM). El uso de la PWM en la aplicación de la movilidad eléctrica ha sido definida en la norma SAE J1772 y en la IEC 61851, que determina de manera muy simple una comunicación bidireccional entre la infraestructura y el vehículo.

La señal PWM añade la capacidad de poder comunicarse con la infraestructura de recarga transmitiendo campos y paquetes de pequeño tamaño y poco ancho de banda.

Entre los mensajes que es posible transmitir mediante PWM encontramos:

- verificación de que el vehículo está conectado correctamente;
- activación del sistema: solo permite la conexión de la tensión de alimentación cuando la función piloto entre el EVSE y el VE se ha establecido correctamente;
- selección de la corriente de carga del VE;
- autorización de la retención o liberalización mecánica del conector;
- detección y ajuste en tiempo real de la potencia disponible en el sistema de alimentación;
- verificación de la corriente máxima admisible por el cable de conexión utilizado, y
- determinación de requisitos de ventilación del área de carga.

Figura 9. Circuito control pilot entre VE y EVSE.



Actualmente todos los VE que se venden en España llevan incorporado el pin de *control pilot* para recibir y monitorizar las señales anteriormente descritas. En el caso de la infraestructura, la recomendación de los principales expertos, tanto del sector del automóvil como del sector energético, es que, para maximizar la seguridad, la infraestructura de recarga siempre lleve incorporadas estas señales. Cuando el VE y el EVSE disponen de ellas, la recarga se conoce como *modo 3*.

Figura 10. Ejemplo de punto de recarga modo 3 y sus características técnicas.

Caja Parking 1 toma trifásica (400 V_{c.a.}, 32 A, 21 kW)

- Cuerpo rectangular en acero de reducidas dimensiones
- Funciones completas **modo 3** norma IEC 61851-1
- Dimensiones 230x166x130mm (Ancho x Alto x Hondo)
- Incluye contaje de energía, sistema de prepago mediante tarjetas de proximidad ISO 14443A, display de información de créditos disponibles y estado de la carga
- Incluye 1 toma tipo II según norma IEC 62196-2
- Incluye comunicaciones RS-485.

Fuente: catálogo comercial de Circutor.

La figura 10 es una captura de un catálogo comercial de la empresa Circutor, en el que se detallan las características técnicas de un punto de recarga doméstico. Por lo tanto, podéis comprobar que las tecnologías que habéis estudiado en los párrafos anteriores (como la PWM) se aplican en un producto comercial. Además, podéis ver que también incorpora comunicaciones RS-485.

Ved también

Podéis estudiar con más detalle las comunicaciones RS-485 en el subapartado "Comunicaciones entre un concentrador y los puntos de recarga" de este módulo.

Power line communications

La señal PWM, anteriormente descrita, es una comunicación simple que busca sobre todo asegurar la seguridad de los VE, de las personas y de la infraestructura. Para aplicaciones que requieren un mayor ancho de banda para el envío de más información, se ha propuesto en los organismos de estandarización ISO/IEC 15118 el uso de *power line communications* (PLC).

El término *power line communications* se refiere a diferentes tecnologías que utilizan las líneas de energía eléctrica o los cables eléctricos para transmitir señales de comunicaciones. La tecnología PLC aprovecha la red eléctrica para convertirla en una línea digital de transmisión de datos.

HAN

La red HAN (*home area network*) es una red local residencial que permite la comunicación de pequeños dispositivos residenciales e incluso ordenadores personales. Las HAN cobran especial relevancia en los conceptos de *smart home*, ya que puede proporcionar al usuario sistemas y medidas para controlar y gestionar su consumo energético, así como para poder conectar otros dispositivos digitales.

Los dispositivos para control de hogar, como los contadores inteligentes, funcionan mediante la modulación de una onda portadora cuya frecuencia, de banda estrecha, oscila entre los 20 y 200 kHz inyectada en el cableado doméstico de energía eléctrica desde el transmisor. Esta onda portadora es modulada por señales digitales. Cada receptor del sistema de control tiene una dirección única y es gobernado individualmente por las señales enviadas por el transmisor.

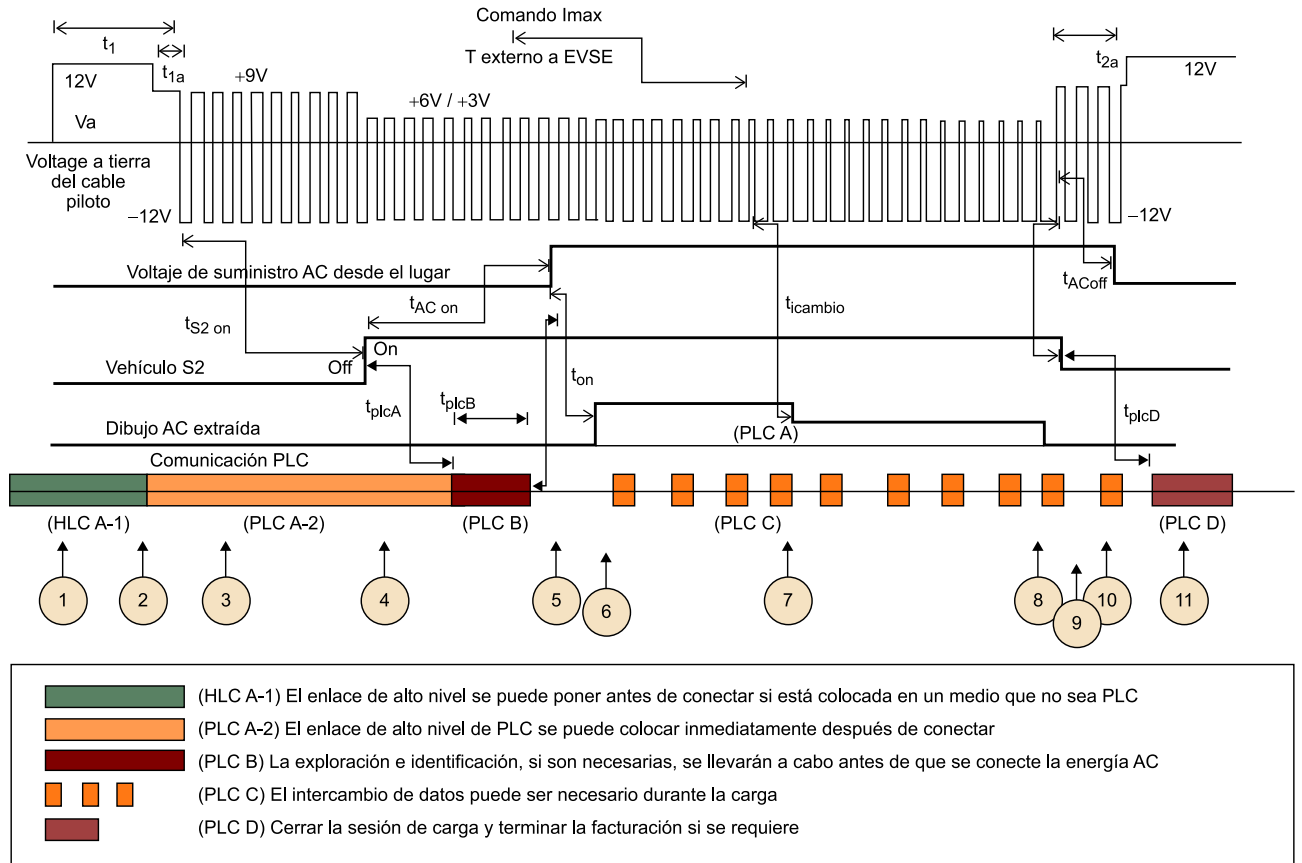
Para aplicaciones de banda ancha del VE, se está trabajando en frecuencias entre los 2 y los 30 MHz (IEEE P1901.2 HomePlug Green PHY). Al usar PLC basadas en OFDM (*orthogonal frequency-division multiplexing*) para la comunicación con los VE, estas mismas señales pueden ser utilizadas para comunicarse con una posible *home area network* (HAN) del usuario.

En la figura 11 podéis ver un ejemplo de propuesta de comunicaciones entre EV y EVSE. Esta figura mezcla las señales de comunicaciones con las señales y *timings* de energía. La señal PLC A-2 corresponde a la sincronización del sistema PLC que se produce al enchufar el conector. Podéis ver también que la señal piloto empieza a transmitir también el PWM en el mismo momento (*pilot wire to earth voltage*). La señal PLC B indica que el *link* ya se ha establecido y se pueden transmitir, por ejemplo, datos de identificación. Justo después el punto de recarga empieza a entregar energía (señal “*AC supply voltaje from spot*”). Durante el proceso de carga, PLC C, se va transmitiendo información a intervalos. La señal PLC D corresponde al final de la transacción.

Para saber más de PLC

Un libro práctico sobre el uso de PLC en varios de los conceptos de *smart cities* como son las redes eléctricas inteligentes, los vehículos eléctricos y los edificios inteligentes es *Power Line Communication Technologies for Smart Grids, Smart Cars, and Smart Homes*, de Krzysztof Iniewsk.

Figura 11. Ejemplo de timings PLC propuestos para la comunicación del VE con el EVSE.



Fuente: IEC.

Los servicios que podemos obtener con la inclusión de comunicaciones basadas en PLC entre el vehículo y la infraestructura son:

- la transmisión de datos de autenticación directamente desde el vehículo a la infraestructura (*plug & charge*);
- la transmisión del estado de la red eléctrica hacia el vehículo con el fin de limitar la demanda de potencia durante condiciones críticas;
- la negociación de las tarifas de energía de acuerdo con los contratos comerciales del cliente;
- la transmisión de servicios de gestión de la demanda del operador de movilidad eléctrica hacia el vehículo;
- la comunicación bidireccional con otros *stakeholders* para la obtención de servicios adicionales, y
- la garantía de la seguridad por riesgo eléctrico y la privacidad de los usuarios.

Comunicaciones CAN

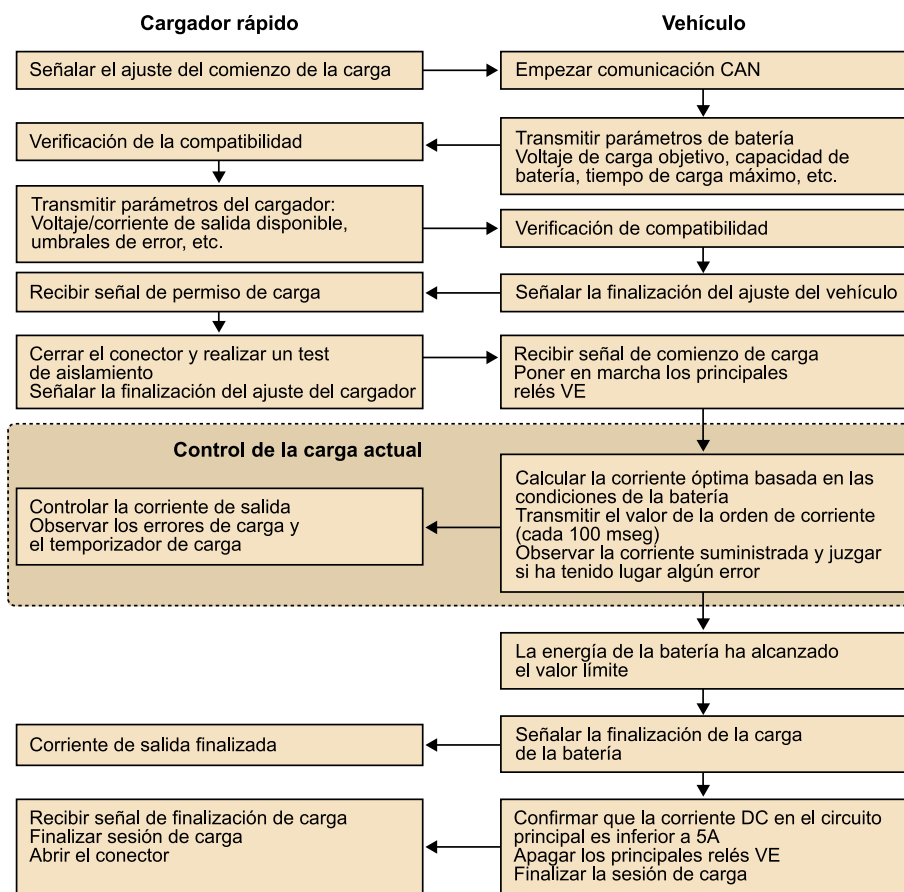
Los actuales VE que disponen de carga rápida (potencias superiores a los 50 kW) se basan en el estándar de facto CHAdeMO. Este estándar, basado en una carga en corriente continua, utiliza un conector (véase figura 8) que contiene dos pins digitales dedicados a la comunicación entre el VE y el EVSE. El protocolo CHAdeMO está basado en el bus CAN (*controller area network*), ya que utiliza este bus para obtener la información que necesita del VE.

CAN fue desarrollado inicialmente para aplicaciones en los automóviles y, por lo tanto, la plataforma del protocolo es resultado de las necesidades existentes en el área de la automoción. El establecimiento de una red CAN para interconectar los dispositivos electrónicos internos de un vehículo tiene la finalidad de sustituir o eliminar el cableado interno.

CHAdeMO

La asociación CHAdeMO representa a fabricantes de vehículos, fabricantes de infraestructura, compañías eléctricas y organismos administrativos, entre otros, y promueve el desarrollo de infraestructura de recarga rápida estableciendo un protocolo de comunicaciones, unos conectores y unas especificaciones eléctricas de los cargadores comunes para todos los VE. El nombre es un juego de palabras para la frase en japonés *cha demo ikaga desuka*, que quiere decir '¿tómame té mientras carga'.

Figura 12. Secuencia del sistema de carga rápida CHAdeMO



Fuente: CHAdeMO.

CHAdeMO tiene un controlador que recibe comandos desde el VE vía bus CAN, y el cargador fija la corriente para cumplir con los valores de consigna del VE. A través de este mecanismo, la carga rápida óptima es posible en función de las condiciones y del rendimiento de la batería y del entorno de uso.

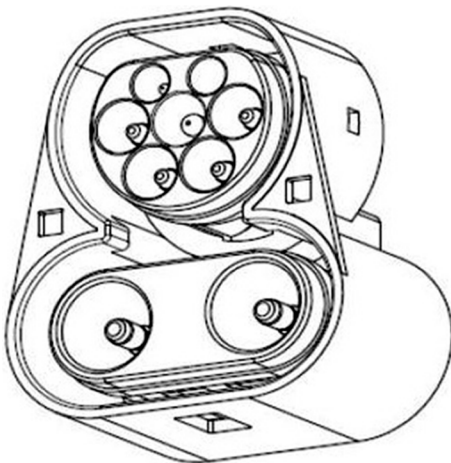
Figura 13. Primer punto público de recarga rápida CHAdeMO instalado en España, que se encuentra en el distrito 22@ de Barcelona.



Actualmente hay instalados más de mil cien puntos CHAdeMO en todo el mundo, la mayor parte de ellos en Japón. Entre los vehículos equipados con CHAdeMO que están a la venta encontramos Nissan Leaf, Mitsubishi i-miev, Peugeot i-on y Citroën C-zero.

En la actualidad los fabricantes de automóviles europeos, principalmente germánicos (VW, Audi, BMW, Daimler), están desarrollando su propio estándar de carga rápida en corriente continua, conocido como Combo 2. Este, como su nombre sugiere, combina la forma de los actuales conectores de carga lenta y sus pins de control con dos conectores de corriente continua. El Combo 2 utilizará PLC de la compañía Home Plug como tecnología de comunicaciones.

Figura 14. Conector Combo 2 que utilizará la tecnología PLC.



Reflexión

¿Tiene sentido crear un nuevo estándar de carga rápida, basado en PLC, cuando CHAdeMO, basado en CAN, ya funciona y está instalado en todo el mundo? ¿Por qué creéis que se ha desarrollado el Combo 2?

Comunicaciones entre un concentrador y los puntos de recarga

En entornos o aparcamientos públicos, si hay varios puntos de recarga, estos pueden ser controlados mediante una unidad central, que concentra todas las comunicaciones y la inteligencia necesaria para recibir comandos aguas arriba de un operador y enviar comandos aguas abajo a los diferentes puntos de recarga. Las comunicaciones aguas abajo pueden realizarse de múltiples formas. Las más utilizadas son las comunicaciones RS-485, Ethernet con TCP/IP o tecnologías inalámbricas como ZigBee.

Estas soluciones de comunicación permiten gestionar la recarga de un gran número de vehículos eléctricos de forma inteligente, controlando los distintos parámetros de la red eléctrica y los vehículos que se conectan a ella, así como las preferencias del usuario y del gestor del aparcamiento. El sistema permite cargar en las condiciones más favorables en cuanto a tarifas eléctricas, o de forma inmediata si así lo requiere el usuario. Al mismo tiempo, el gestor del aparcamiento puede optimizar al máximo su instalación realizando un control de potencia, que se encargaría de gestionar las cargas de los vehículos eléctricos y la capacidad de la línea para evitar que esta pueda saturarse y, a la vez, la aprovecharía al máximo.

2.1.2. Identificación de los usuarios

Para la recarga en lugares públicos o en aparcamientos donde es necesario algún filtro para impedir la conexión de usuarios no deseados, existen múltiples sistemas que permiten identificar a los usuarios.

Los datos del usuario de los que habría que disponer una vez que este es identificado son los siguientes:

Tabla 2. Datos que hay que considerar para poder validar un usuario de VE.

Tipo	Información
Información en el sistema	ID del contrato Fecha de registro Contraseña del usuario (si la tuviera) Método de pago
Información personal	Nombre ID Información de la tarjeta de crédito Información de contacto (e-mail, teléfono, dirección)
VE	Uso (comercial, privado; coche, moto) Modelo, marca Matrícula Tipo de batería Lugar de registro

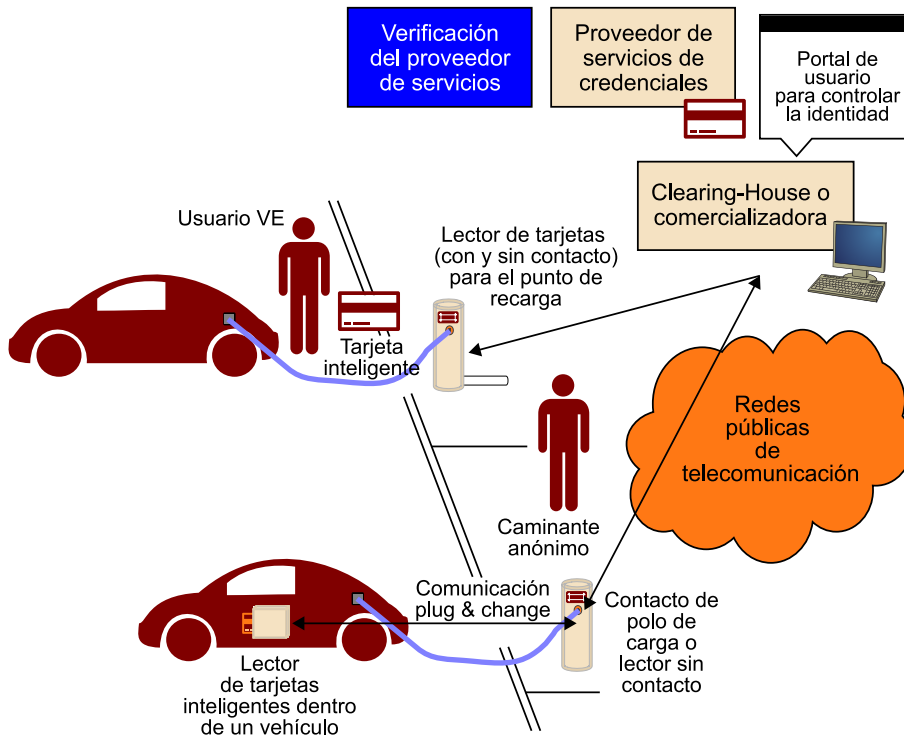
Fuente: proyecto G4V.

Proyecto G4V

El proyecto G4V, del inglés *Grid for vehicles*, es un proyecto del séptimo programa marco europeo, que estudió el impacto de la introducción masiva de los VE en Europa. Este impacto se consideró en todos los ámbitos: ambiental, social, en las TIC, en el impacto en la red eléctrica, en la operación del sistema eléctrico y en los posibles modelos de negocio asociados a los VE. Tenéis todos los resultados del proyecto disponibles en www.g4v.eu.

La validación del usuario puede realizarse de forma local en el mismo punto de recarga o puede efectuarse en los servidores de la empresa que ofrece los servicios. En este último caso, la infraestructura debe disponer de los medios adecuados para poder enviar la información del usuario, validar si es un usuario fiable y darle acceso.

Figura 15. Infraestructura necesaria para identificar a usuarios de VE de forma remota.



Fuente: proyecto G4V.

El principal dato que hay que validar es la identificación de usuario. Esta identificación puede almacenarse en múltiples formatos:

- **RFID:** en la identificación por radiofrecuencia (RFID), el usuario dispone de un *token* físico, por lo general una tarjeta, que contiene una etiqueta RFID. La identificación del conductor, presente en la tarjeta RFID, es leída por la estación de carga a través de un lector integrado. Esta información se procesa para vincular la información de la RFID con el tipo de contrato o con el tipo de cliente. Como se ha comentado, este paso requiere de una busca en una base de datos de contratos y los usuarios pueden ser validados localmente en la estación de carga o, en la mayoría de los casos, con un sistema remoto que contiene la base de datos de códigos válidos y de los contratos vigentes. En el sistema central, las entradas RFID se pueden crear y vincular a un contrato específico del cliente. Por otra parte, para añadir mayor seguridad, a una tarjeta RFID se le puede dar una vida definida con el fin de desactivarla automáticamente después de un plazo, de modo similar al período de caducidad de tarjetas de crédito.

Figura 16. Tarjeta de identificación de usuario de VE con tecnología RFID y chip.



- **Tarjetas con chip (tarjetas inteligentes):** Una tarjeta inteligente es un dispositivo que incluye un chip de circuito integrado que puede ser un microcontrolador con una memoria interna o un chip de memoria. La tarjeta se conecta a un lector con contacto físico directo o con un sistema remoto sin contacto, basado en una interfaz de radiofrecuencia. Con un microcontrolador, las tarjetas inteligentes tienen la capacidad de almacenar grandes cantidades de datos y realizar funciones avanzadas (por ejemplo, el cifrado y la autenticación mutua) e interactuar de forma inteligente con un lector de tarjetas. La tecnología de tarjetas inteligentes debe ajustarse a las normas internacionales (ISO/IEC 7816 y ISO/IEC 14443), y están disponibles en una variedad de factores y formas, incluyendo tarjetas de plástico, llaveros y tarjetas SIM como las que se utilizan en los teléfonos móviles GSM.
- **NFC³:** son tecnologías de comunicación inalámbrica, de corto alcance y alta frecuencia que permiten el intercambio de datos entre dispositivos a menos de diez centímetros. Al ser una tecnología que estará presente en la mayoría de los *smartphones*, se vislumbra como una de las soluciones con más futuro para identificar a los usuarios de VE y, al mismo tiempo, poder realizar el pago en los puntos de recarga.
- **Plug & charge:** El vehículo transmite la identificación del usuario de forma automática cuando este se conecta a la estación de recarga, como en el vehículo de la parte inferior de la figura 15. En estos casos, las tecnologías que hay que utilizar para comunicar estos datos son las que habéis visto en el apartado “Puntos de recarga” de este módulo, relativo a los puntos de recarga: PLC, PWM o CAN.

Lectura recomendada

Si queréis analizar con detalle el proceso de validación de un usuario con un punto de recarga, podéis consultar los documentos públicos de Better Place sobre el intercambio de información del proceso: http://ww2.betterplace.com/rs/betterplace/images/SPC_CS_Membership Car-ReaderMsgExchange_122011_R_1.0.pdf.

⁽³⁾Del inglés *near field communication*.

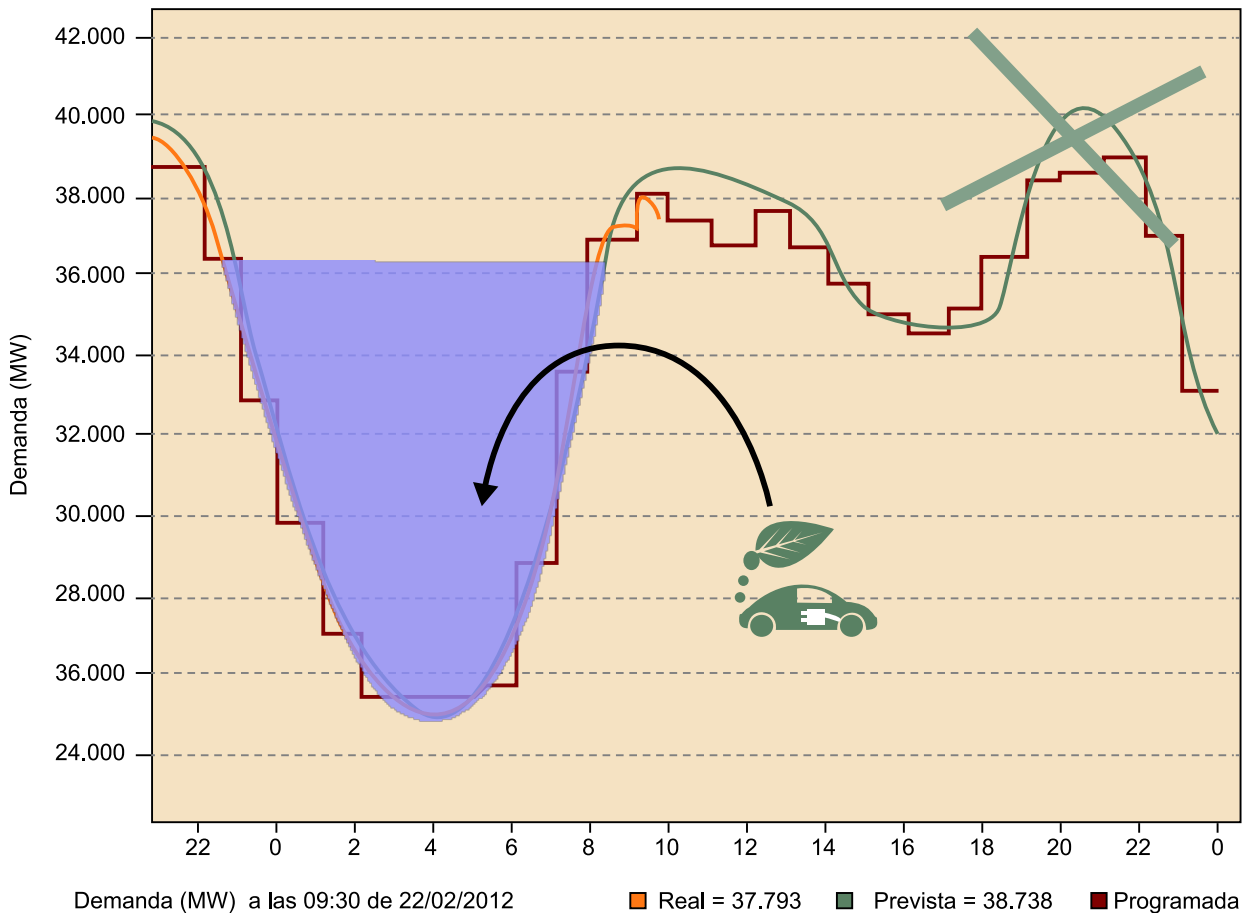
2.1.3. Gestión de la energía

La recarga de los VE puede tener a medio y largo plazo un gran impacto en el sistema eléctrico y, en especial, en la red de baja tensión. Para disminuir la inversión en nuevos activos, que al final repercuten en el precio final de la energía que paga el consumidor, es necesario poder controlar la carga de los VE para que pueda realizarse con prácticamente la misma red eléctrica actual.

En otras palabras, es más económico invertir en inteligencia en la red y en la forma de recargar que poner toneladas de cobre y aluminio para reforzar la red para picos máximos puntuales.

Para conseguir este fin, la gestión de la carga de los vehículos debe optimizarse para que se produzca en las horas valle de la demanda de energía y evitar que se carguen en las horas de máximo consumo, tal y como se refleja en la figura 17.

Figura 17. Momentos de carga óptimos del VE a partir de la curva de demanda de energía eléctrica diaria.



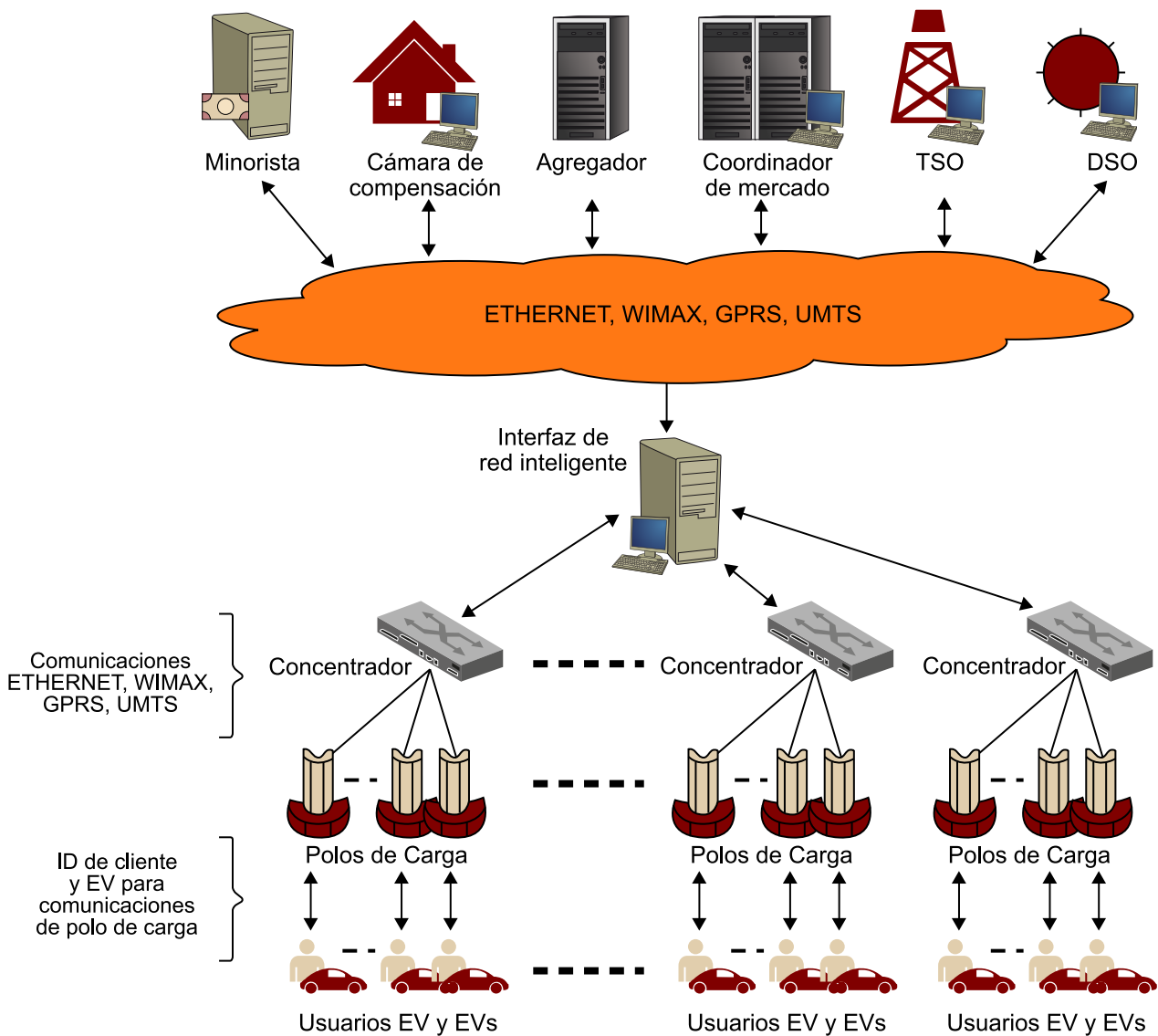
La figura 17 representa una curva típica diaria de carga del sistema eléctrico español obtenida del operador del sistema eléctrico, Red Eléctrica de España. Como podéis apreciar, a las 4:00 h la demanda de energía es mínima, mientras que a las 12:00 h y a las 20:00 h se producen los picos de demanda. Los sistemas de recarga inteligentes tienen que poder gestionar la carga de los VE priorizando su carga en horas nocturnas, cuando podría cargarse todo el parque automovilístico, suponiendo que este fuera eléctrico.

Habéis visto ya que mediante las TIC podemos comunicar el punto de recarga con los VE y, al mismo tiempo, mediante un concentrador de puntos de recarga, podemos hacer una pequeña gestión de los diferentes puntos que comunican con él. Ahora, sin embargo, tenemos que definir qué tipo de comunicaciones son necesarias para poder gestionar las cargas y, por lo tanto, debemos

definir qué necesitamos para habilitarlas, reducir las e incluso pararlas desde un centro de control; en definitiva, definir las necesidades de comunicaciones y sistemas para controlar las cargas de los VE.

Los requerimientos de comunicación dependen en gran medida de los actores involucrados en el proceso. Esto depende básicamente del modelo de negocio y de los requisitos operacionales de la red. Para simplificar el proceso, presentaremos un modelo posible de comunicaciones recomendado por el proyecto europeo G4V.

Figura 18. Posible arquitectura de comunicaciones para el control de la carga de los VE.



Fuente: G4V.

La arquitectura propuesta tiene en cuenta las necesidades de futuras evoluciones del control de la red de distribución mediante la incorporación de un dispositivo concentrador de datos que se instalaría en los centros de transformación. Tal y como se usa para la gestión de los contadores inteligentes, se puede utilizar un *gateway* muy similar. Este dispositivo se comunica con el sistema central y controla varios puntos de recarga. Por otra parte, el punto de recarga está gestionado de forma remota por un operador de e-movilidad, ya sea directamente a través de la interfaz WAN, o indirectamente a través de un concentrador.

Así, el concentrador (si está presente) es el elemento que se puede conectar directamente con el punto de recarga, y su finalidad es la recogida y la gestión de los datos del punto de carga. La infraestructura de comunicación empleada para los contadores inteligentes también se puede utilizar para las comunicaciones de VE si los actores implicados alcanzan un acuerdo.

Cuando se analizan las arquitecturas de comunicación, también resultan factores clave los costes y una implementación sencilla. En contraste con las comunicaciones aguas abajo del concentrador, la distancia entre los agentes implicados podría llegar a ser extensa y la instalación de nueva infraestructura para establecer estas comunicaciones podría incrementar considerablemente los costes. Por lo tanto, las comunicaciones inalámbricas (como GPRS, UMTS o Wi-MAX) o el uso de una infraestructura ya existente (Ethernet, FTTH, PLC) son las alternativas más viables en las comunicaciones aguas arriba del concentrador. El número de puntos de recarga que se pueden agrupar en cada concentrador depende de la tecnología de acceso de la última milla utilizada y de la densidad de puntos de carga presentes en la zona.

2.1.4. Sistemas de información y servicios

En el mundo de la electromovilidad, es necesario disponer de sistemas y comunicaciones que puedan interactuar con los usuarios para que estos puedan estar informados en todo momento. Para conseguirlo, los sistemas deben ser capaces de transmitir la información de forma bidireccional y, en muchos casos, de forma transparente al usuario.

En los apartados anteriores, habéis podido comprobar que parte de la información que generan los VE es tratada por complejos sistemas y servidores, que por ejemplo tienen que validar a los usuarios para darles acceso a un punto de recarga. A su vez, estos sistemas están diseñados para ofrecer servicios al usuario, ya que estas empresas van a querer competir unas con otras para prestar los mejores servicios y tener el mayor número posible de usuarios, lo que representa mayores beneficios. Entre estos servicios encontraríamos, por ejemplo, informar al conductor de los puntos de recarga más cercanos, los

FTTH

FTTH (*fiber to the home*) se basa en la utilización de cables de fibra óptica y sistemas de distribución ópticos adaptados para la distribución de servicios avanzados, como telefonía, televisión e Internet.

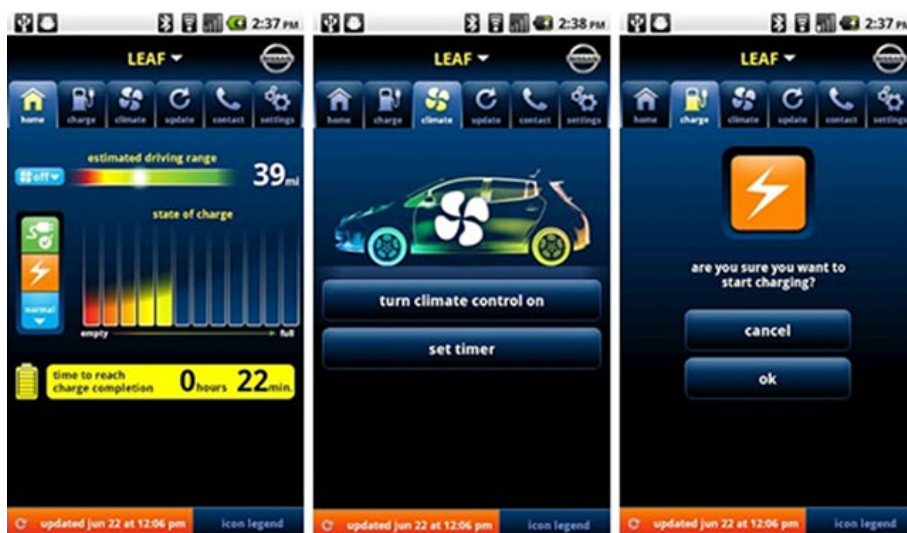
puntos de recarga que puede encontrar en destino, la disponibilidad de estos puntos, la reserva de uno de ellos, el precio, la cantidad de energía renovable utilizada en la carga, etc.

A continuación, veréis diferentes ejemplos de sistemas y servicios que realizan varias empresas, desde modelos más simples con poco uso de las TIC a casos de empresas que venden servicios de electromovilidad y que han diseñado potentes estructuras de control y de comunicaciones.

Aplicación Nissan Leaf

Nissan ofrece una aplicación para *smartphones*, con lo que es posible comunicarse con el vehículo de forma remota y obtener información sobre él.

Figura 19. Aplicación de smartphones para el control del Nissan Leaf.



Por ejemplo, para climas fríos, existe la posibilidad de realizar una preclimatización del VE antes de usarlo, tal y como se aprecia en la captura del medio de la figura 19. De este modo, se aprovecha que el VE todavía está conectado a la red eléctrica y la energía que se usa para la climatización inicial no será de la batería y, por tanto, no afectará a la autonomía. La misma aplicación permite saber el estado de carga de la batería y la autonomía disponible del VE.

Con esta aplicación, es posible conocer el estado de la batería de nuestro VE de forma remota, con lo que podríamos emprender de nuevo el viaje al alcanzar la cifra esperada de energía, e incluso es posible parar o activar la carga, por ejemplo, poniéndola en marcha en momentos de poco consumo de la vivienda o en momentos de precios bajos de la energía.

Oficina LIVE Barcelona

La oficina Live (logística para la implementación del vehículo eléctrico) es una plataforma público-privada que nació con el objetivo de apoyar e impulsar el desarrollo de la movilidad eléctrica en la ciudad y en el área metropolitana de Barcelona.

La oficina Live se encarga de facilitar una tarjeta de identificación a los usuarios de VE. Con esta tarjeta es posible cargar en todos los puntos de recarga públicos de la ciudad de Barcelona operados por varias empresas. Para ello, los diferentes operadores, cuando dan de alta a un cliente, tienen que informar a unos sistemas centrales operados actualmente por el Ayuntamiento, que garantizarán al usuario la recarga en otros puntos operados por otra empresa.

En la página web de la oficina Live es posible consultar la ubicación de los puntos de recarga, así como conocer su estado.

Figura 20. Mapa de puntos de recarga de la oficina Live de Barcelona.

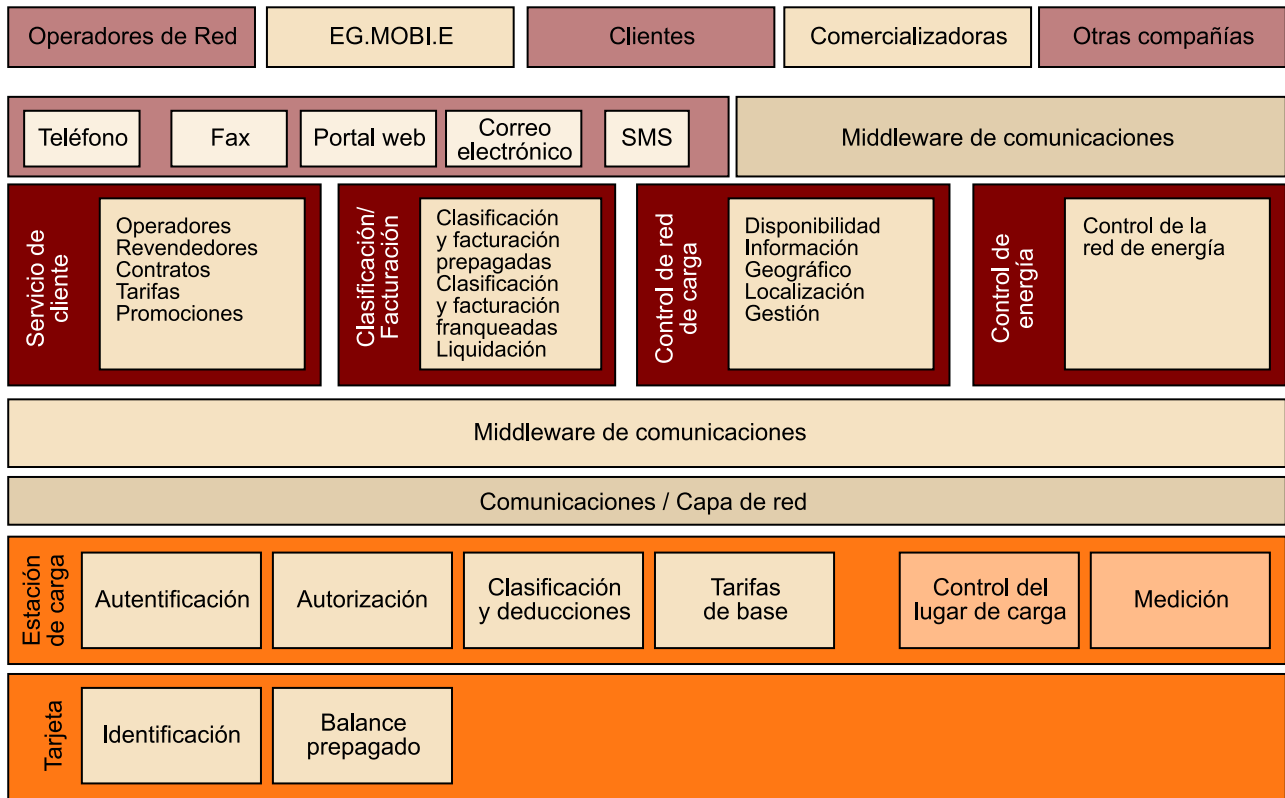


Mobi-e

Es una iniciativa del Gobierno portugués que surge motivada por la creciente dependencia energética del petróleo y el enorme impacto ambiental del uso de combustibles fósiles en Portugal. Su objetivo es mejorar la calidad de vida de los ciudadanos portugueses.

Mobi-e es una red que integra los diferentes puntos de recarga existentes en el país y que comparten una misma entidad de gestión, lo que permite el suministro de energía y servicios a los vehículos eléctricos mediante una única tarjeta identificadora.

Figura 21. Sistemas desarrollados por Mobi-e.



Los sistemas desarrollados por Mobi-e incluyen además todos los sistemas de pago necesarios para que el usuario reciba, a final de mes, una factura con todos los procesos de carga realizados, con fecha, horas y energía suministrada.

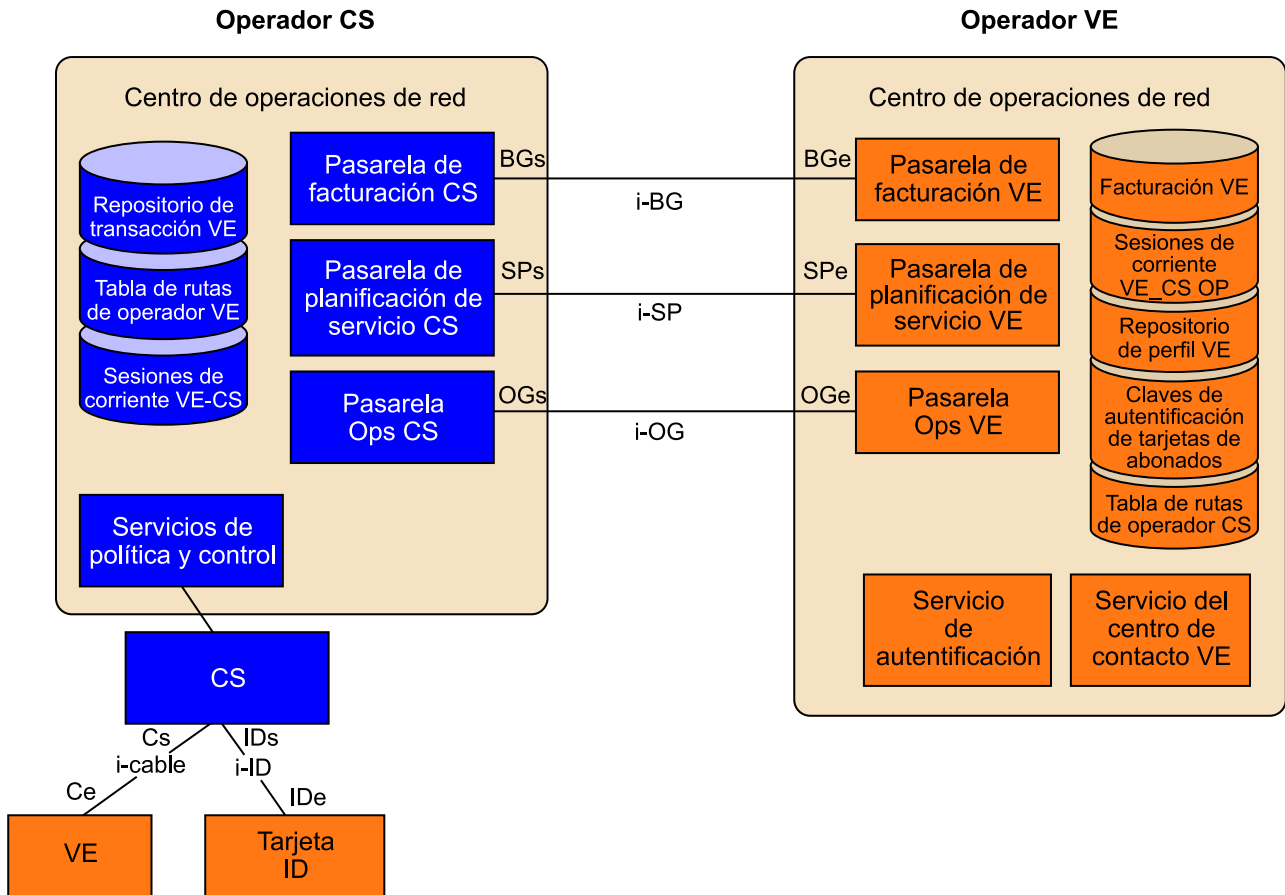
Better Place

Better Place es la primera empresa que se constituyó como operador de servicios de movilidad. En la actualidad, desarrolla su actividad principalmente en Israel y Dinamarca, donde tiene instalados ya centenares de puntos de recarga, y realiza el control y gestión de su infraestructura con una importante inversión en sistemas y comunicaciones.

El modelo de negocio de Better Place es muy similar al de los operadores de telefonía móvil. El coste inicial del VE es financiado mediante tarifas de movilidad, que van en función de los kilómetros anuales recorridos.

La estructura de recarga de Better Place está controlada por un sistema inteligente basado en la arquitectura .NET de Microsoft. Esta tecnología permite gestionar la carga de centenares de miles de VE simultáneamente para que se minimice el impacto en la red eléctrica.

Figura 22. Sistemas de Better Place que definen el operador de puntos de recarga (CS operator) y el operador de VE (EV operator).



Fuente: Better Place.

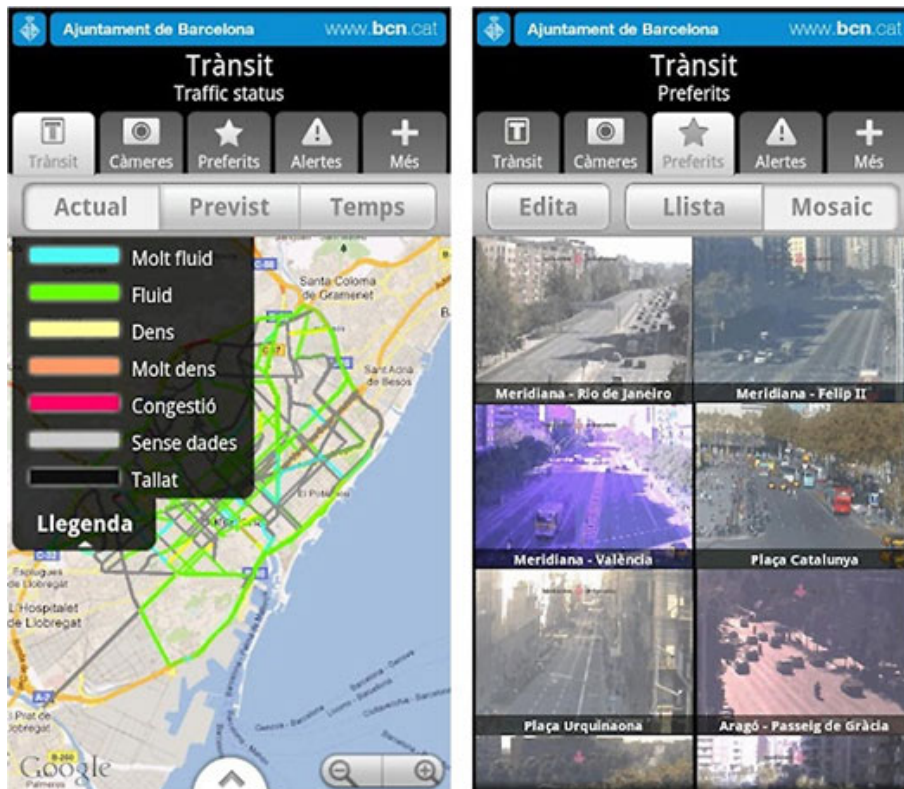
2.2. Gestión del tráfico urbano y de las zonas de aparcamiento

Las soluciones para la gestión del tráfico tratan de facilitar al conductor la información en tiempo real del estado de las carreteras y principales vías de la ciudad, así como gestionar las incidencias producidas, las zonas con afectación de obras, la duración y sincronización de los semáforos y la señalización existente. A esto hay que sumar la actualización de los mapas y las recomendaciones sobre las rutas óptimas en términos de tiempo o de distancia, así como consejos para favorecer conductas ecológicas y más sostenibles al volante, que ayudan a minimizar el impacto ambiental de los vehículos.

Estos sistemas son capaces de realizar un seguimiento y una localización de vehículos en tiempo real y adaptar la gestión del tráfico según las condiciones actuales o previstas, además de adaptarse a situaciones especiales como la creación de zonas rápidas para los servicios de urgencias. Los sensores distribuidos a lo largo de las vías urbanas proporcionan información en tiempo real sobre el tráfico de la ciudad y permiten contar vehículos, determinar de qué tipo son, calcular la velocidad y determinar la densidad actual del tráfico.

Un ejemplo de uso de estos conceptos es el del Ayuntamiento de Barcelona, que dispone de una aplicación para *smartphone* (Trànsit) que facilita el seguimiento del tráfico en tiempo real. Esta aplicación permite identificar la mejor ruta para seguir en la ciudad con el fin de evitar obras, congestiones, accidentes, etc., lo que ahorra tiempo y combustible y mejora la percepción de los ciudadanos respecto a la congestión urbana.

Figura 23. Aplicación Trànsit del Ayuntamiento de Barcelona para smartphones.



La aplicación también puede consultarse vía web (<http://www.bcn.cat/transit/ca/>) y utiliza Google Maps para presentar el nivel de fluidez de la circulación, lo que permite conocer el estado de las principales vías de la ciudad. El usuario, tal y como podéis ver en la figura 23, puede consultar las imágenes captadas por diversas cámaras desplegadas por los distritos, que se van actualizando cada diez minutos. Esta aplicación puede incluir un sistema de alertas, que envía mensajes a medida que se producen incidencias en el tráfico.

2.2.1. Gestión de plazas de aparcamiento

La reducción del tiempo necesario de estacionamiento de los vehículos es un objetivo que tienen las ciudades inteligentes, enfocado no solo a un aumento de la calidad de vida de sus ciudadanos, sino también a la reducción del CO₂. Se ha estimado que la disminución del tiempo medio necesario para estacionar un vehículo de quince a doce minutos puede reducir en cuatrocientas tonela-

das las emisiones de CO₂ en una ciudad como Barcelona. Según otro estudio, se estima que hasta el 45% del tráfico en la isla de Manhattan es generado por coches que están dando vueltas para buscar un sitio donde aparcar.

Existen en la actualidad varios proyectos piloto en los que se están validando diferentes sistemas y soluciones que ayuden a disminuir el tiempo de estacionamiento de los vehículos. Estos sistemas se valen de sensores distribuidos por la ciudad que permiten identificar las plazas libres de aparcamiento, mejorar la monitorización de las zonas verdes y azules y facilitar la ocupación de las plazas, con lo que se evitarían desplazamientos infructuosos y se minimizaría el tiempo de circulación de los vehículos.

En las ciudades estadounidenses de San Francisco (<http://sfpark.org/>) y Los Ángeles, un servicio en esta línea ofrece información sobre la disponibilidad de plazas de garaje en tiempo real a través de una aplicación para *smartphone*. Los ciudadanos pueden, mediante una interfaz gráfica, consultar los aparcamientos libres y su precio.

Figura 24. Funcionamiento de la tecnología StreetSmart.



Fuente: StreetSmart Technology LLC.

Los sensores detectan la presencia o no presencia de vehículos y lo comunican de manera inalámbrica a un concentrador. Para detectar si hay un vehículo, los sensores disponen de un sensor óptico, que informa cuando detecta una bajada de la intensidad lumínica recibida, combinado con un detector de campo magnético, para distinguir si el oscurecimiento es debido a un peatón o a fenómenos meteorológicos como nubes. Si la información de ambos detectores indica que un coche se ha estacionado o ha dejado el espacio libre, el dispositivo envía una señal de radiofrecuencia al concentrador.

Estos emisores-receptores, colocados en entornos típicamente urbanos como farolas y fachadas de edificios, reciben señales de una docena de sensores y envían la información a una base de datos central. A partir de ahí, la infor-

mación acerca de los puntos de aparcamientos libres u ocupados se envía a los gestores de los aparcamientos, ayuntamientos, paneles viarios luminosos o teléfonos inteligentes de los conductores.

2.3. Gestión de los medios de transporte

El crecimiento de la población en las ciudades y los nuevos hábitos de vida están creando nuevas necesidades de transporte urbanos que han de verse complementadas con transportes públicos con mayores capacidades y que ofrezcan un servicio más enfocado a los ciudadanos.

En este sentido, toman especial relevancia las aplicaciones y sistemas que ayudan a gestionar las redes de autobuses y en general los medios de transporte urbanos, y que mejoran su eficiencia, permiten predecir mejor la demanda de los usuarios para optimizar su uso, reducen los costes operacionales, disminuyen el impacto ambiental, aumentan la seguridad y, en definitiva, mejoran la experiencia del ciudadano.

Estas aplicaciones usan sensores instalados en los sistemas de transporte y realizan análisis en tiempo real para predecir la llegada de autobuses o trenes y así poder informar a los pasajeros, bien sea mediante aplicaciones para los *smartphones* o a través de paneles de información en estaciones, paradas y incluso dentro de los propios medios de transporte. Con toda esta información, es posible replanificar rutas en tiempo real previendo zonas con congestiones, disponer de horarios integrados, localizar al momento los diferentes metros y autobuses y medir la densidad de pasajeros. Con todos estos parámetros, adicionalmente el gestor de infraestructuras de transporte puede decidir la apertura de nuevas líneas que ataquen necesidades concretas reales.

2.4. Mobility sharing

Existen también numerosas iniciativas para la compartición de medios de transporte, desde el uso compartido de vehículos a las bicicletas públicas. Estos servicios no tienen por qué ser desarrollados de manera pública, sino que los mismos usuarios, haciendo uso de las redes sociales y de las nuevas tecnologías, encuentran la manera de optimizar los sistemas de transporte entre personas que residen cerca y tienen un lugar de destino común.

Un ejemplo en esta línea es el proyecto iCarYou desarrollado en el marco de la iniciativa europea Living Labs. El funcionamiento del servicio consiste en que los conductores pueden compartir su viaje con alguien y, a cambio de ello, reciben una compensación por parte del pasajero con el que comparten el vehículo. La aplicación permite que conductor y pasajero compartan información sobre su punto de partida y su destino mediante su *smartphone* o a

Nota

Los Living Labs son una iniciativa de la Unión Europea, orientada a buscar nuevos modelos de innovación abierta, de cooperación entre las administraciones, empresas y ciudadanía, incluyendo en un lugar preeminente la participación ciudadana.

través de una aplicación disponible vía web. Esta iniciativa permite ahorrar costes, reducir las emisiones de CO₂ y disminuir el tráfico, y resulta muy útil en el ámbito urbano.

Son muchas las ciudades que están fomentando también el uso de las bicicletas con el objetivo de reducir las emisiones de CO₂ y, en general, conseguir un entorno más habitable. Los proyectos de compartición de bicicletas se están extendiendo en las grandes ciudades, como son el Bicing en Barcelona, el Servicio de Sevilla, el BiCi de Zaragoza o el Velib de París.

En todas las ciudades, el proceso de funcionamiento es muy similar. El usuario abonado recibe una tarjeta RFID que lo identifica. Cuando quiere utilizar una bicicleta, se identifica en los lugares habilitados de aparcamientos de bicis, el sistema lo valida y le ofrece una de las bicicletas por un tiempo determinado. Todas las estaciones están conectadas a un centro de control mediante GPRS. Una vez realizado el recorrido, se devuelve el vehículo en otra estación.

En todo este proceso hay un centro de control que va recibiendo los datos de las estaciones y de las furgonetas de mantenimiento. Entre sus funciones destacan el control del número de bicicletas disponibles en las estaciones, de los movimientos de los usuarios o del estado de las bicis; la identificación de las bicicletas; la información sobre el estado de cada estación; la coordinación de las rutas de distribución, adaptándose a las necesidades de cada momento; la gestión de la facturación, incidencias y emergencias, y la gestión de las altas y bajas del servicio.

Figura 25. Tarjetas RFID del sistema de bicicletas compartidas de Barcelona.

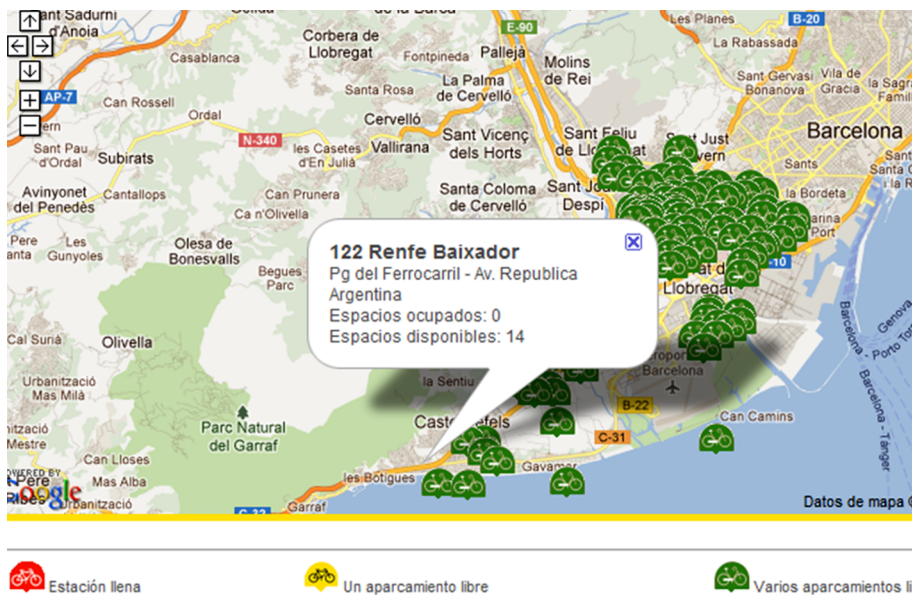


Otra iniciativa interesante para el uso de transporte más sostenible es la iniciativa conocida como Bicibox. Aunque en este caso no se comparte el medio de transporte, sino el lugar de aparcamiento, lo que podríamos considerar como un *parking-sharing*. Bicibox es una red de aparcamientos para bicicletas privadas que se encuentra distribuida por los diferentes municipios del área metropolitana de Barcelona para que se pueda hacer uso del servicio de la manera más práctica posible. El servicio funciona mediante el registro previo de los

usuarios y de sus bicicletas. Cada usuario paga un abono (según tarifa), que le da derecho a estacionar su bicicleta en cualquiera de los aparcamientos de la red por un máximo de horas al día.

El usuario dispone de una tarjeta RFID, que le permite validarse en los puntos de estacionamiento. El sistema permite saber de forma remota y con una aplicación para *smartphone* los puntos de estacionamiento próximos y la capacidad que tienen.

Figura 26. Localización y capacidad de las estaciones Bicibox del área metropolitana de Barcelona.



Fuente: Bicibox

2.5. Conclusiones

En este apartado habéis visto que, para la implantación de los conceptos de *smart mobility*, las TIC son necesarias en cada uno de los pasos que hay que seguir.

En el caso de los VE, son necesarias varias interfaces para poder comunicar con todos los actores. Estas interfaces tienen necesidades concretas de comunicación y, por lo tanto, las tecnologías que hay que utilizar son diferentes. En un primer nivel, para la comunicación entre el VE y el EVSE, nos encontramos con el uso de tecnologías de transmisión cableadas, como el bus CAN en el caso de la tecnología basada en CHAdeMO, o el uso de PLC aprovechando los cables presentes en la conexión eléctrica que inyectarán energía a la batería. Para comunicar con un centro de control, también podemos hacer uso de cableado como ADSL o F.O., pero también cobran importancia las redes inalámbricas, ya sea GPRS, Wi-Max o 3G.

Los sensores también juegan un papel importante en la cadena de valor de las TIC; formarían parte del primer eslabón, tal y como se recogía en la figura 5. En el caso de la gestión de las plazas de aparcamiento, los sensores recogerán la

información y la transmitirán mediante una red *mesh*, por ejemplo en ZigBee, a un concentrador, que, posteriormente, acabará enviando esos datos a un centro de control.

Es importante destacar también las diferentes tecnologías usadas para la identificación de los usuarios. Hemos visto que la mayoría de los sistemas actuales utilizan tarjetas RFID (VE, Bicing, Bicibox), pero se prevé que a corto plazo, con la popularización de la tecnología NFC en los dispositivos móviles, esta vaya abriéndose paso como un sistema personal de identificación y de pequeñas transacciones de pago locales.

Los complejos sistemas que han de procesar las informaciones recibidas de millones de dispositivos deben disponer de grandes bases de datos (*data warehouses*) y de suficiente capacidad como para analizar los datos, tomar decisiones y gestionarlos. La información que gestionen tales sistemas ha de poder presentarse agregada de diferente manera y en diferentes ámbitos según el público objetivo que tengan (relaciones *business to business* o *business to customer*), intentando que la presentación se realice de la manera más intuitiva posible; en el caso de los usuarios, mediante aplicaciones de consulta en tiempo real para *smartphones* y con accesos de consulta disponibles vía Internet.

Todas las tecnologías que hemos comentado existen en la actualidad, con lo cual podemos deducir que no es necesario inventar nuevos protocolos o nuevos sistemas de comunicación para implantar una movilidad inteligente y sostenible en las ciudades. Se trata de emplear tecnologías que ya sabemos que funcionan, que han sido validadas en otros campos y aplicarlas a la movilidad inteligente.

3. *Smart energy*

La energía en las sociedades modernas es un bien cada vez más necesario, y en muchos casos es considerado un bien básico. En las ciudades se utiliza para múltiples fines: la energía eléctrica, para la iluminación de las casas y las calles, refrigeración o alimentación de los equipos electrónicos; el gas, por ejemplo, como combustible para la producción de energía eléctrica o para generar calor en domicilios o industrias.

Hace poco más de un siglo, las principales fuentes de energía eran la fuerza de los animales y la de los hombres, y el calor se obtenía al quemar madera. Algunos estudios de aquella época pronosticaban que, a aquel ritmo de crecimiento de la demanda energética de las ciudades, estas acabarían cubiertas por metros y metros de heces de caballo, ya que no había en aquel entonces otra manera de producir energía.

Existían también algunas máquinas con las que se aprovechaba la fuerza hidráulica para moler cereales o preparar el hierro en las ferrerías, o se usaba la fuerza del viento en los barcos o en los molinos. Pero el gran cambio llegó de la mano de la revolución industrial y la máquina de vapor. Desde entonces, el gran desarrollo de la industria y la tecnología han cambiado drásticamente las fuentes de energía que mueven la sociedad y las ciudades.

Hoy en día, nuestras poblaciones básicamente sobreviven (en términos energéticos) gracias a la electricidad que les llega de las diferentes centrales que producen la energía basándose en la combustión del gas, el fuel y el carbón, en la fisión del uranio o en la fuerza del viento. Un índice fiable para saber si un país está creciendo es observar si su demanda energética sube o baja. Por ejemplo, en el contexto actual de crisis en la que nos encontramos, la demanda de energía eléctrica de España ha disminuido a niveles de 2008.

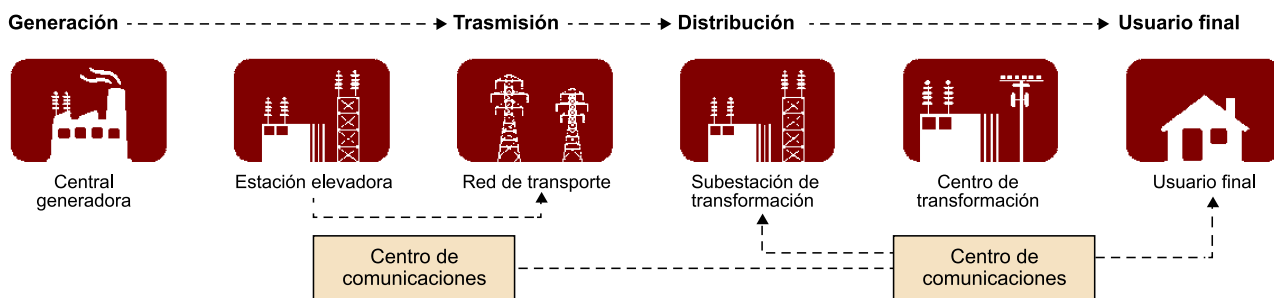
El concepto de *smart energy* abarca los aspectos relacionados con la gestión y el consumo de energía, y podríamos resumirlo en los siguientes objetivos: conseguir un consumo eficiente de la energía en los hogares, edificios y ciudades, integrar energías renovables distribuidas, gestionar tanto la demanda como la producción de energía y monitorizar y gestionar la red eléctrica.

Cuando estos mismos conceptos comentados en el párrafo anterior se aplican a sistemas eléctricos, hablamos de *smart grid*. Ambos términos están íntimamente relacionados, es habitual que uno englobe el otro y viceversa, ya que las definiciones, como en el caso de una *smart city*, son muy amplias.

En el caso de la energía eléctrica, los ritmos actuales de crecimiento y la dependencia de la electricidad de las ciudades obligan, indudablemente, a replantear el modelo clásico de la cadena de valor de la electricidad, basado en un modelo compuesto por generación, transmisión, distribución, comercialización y consumo (véase figura 27), y cambiarlo por un modelo de producción de energía más próxima al consumo, en el cual el consumidor puede ser a la vez generador y en el que, mediante los sistemas y las tecnologías de información adecuados, podamos gestionar de manera eficiente y sostenible el conjunto resultante.

Si en lugar de unos pocos grandes generadores tenemos muchos y pequeños, la red es mucho más segura, pues el efecto de un fallo en alguno de los generadores repercute en menor medida en el sistema global. Al mismo tiempo, si instalamos estos generadores lo más cerca posible de los puntos de consumo, es posible evitar las pérdidas de energía ocasionadas por el transporte y la distribución.

Figura 27. Arquitectura actual de los sistemas eléctricos.



Fuente: Endesa.

No hay que olvidar que el problema principal de los sistemas eléctricos frente a otros productos es la dificultad de almacenar energía. Esto es especialmente relevante en el caso de energías de generación renovables que suelen tener comportamientos intermitentes.

Es habitual y aceptado por la ciudadanía que, en ciertos momentos, como por ejemplo en la noche de Fin de Año, las redes de telecomunicaciones móviles se saturan debido al uso masivo con llamadas y mensajes felicitando el Año Nuevo. En el caso de la red eléctrica, es impensable que se dé un caso similar, de pérdida de servicio por máxima demanda, ya que las consecuencias serían catastróficas. Por lo tanto, el diseño de la red se realiza para que soporte el máximo anual de demanda, que puede ser de unos pocos minutos. De esta

Ved también

Véase con más detalle la dificultad de almacenar energía y el caso concreto de las energías de generación renovables, en el apartado "Integración de recursos energéticos distribuidos y automatización" de este módulo.

manera, las infraestructuras de generación, transporte y distribución resultan altamente ineficientes, pues deben estar dimensionadas para funcionar en instantes determinados de poca duración a la máxima potencia de consumo.

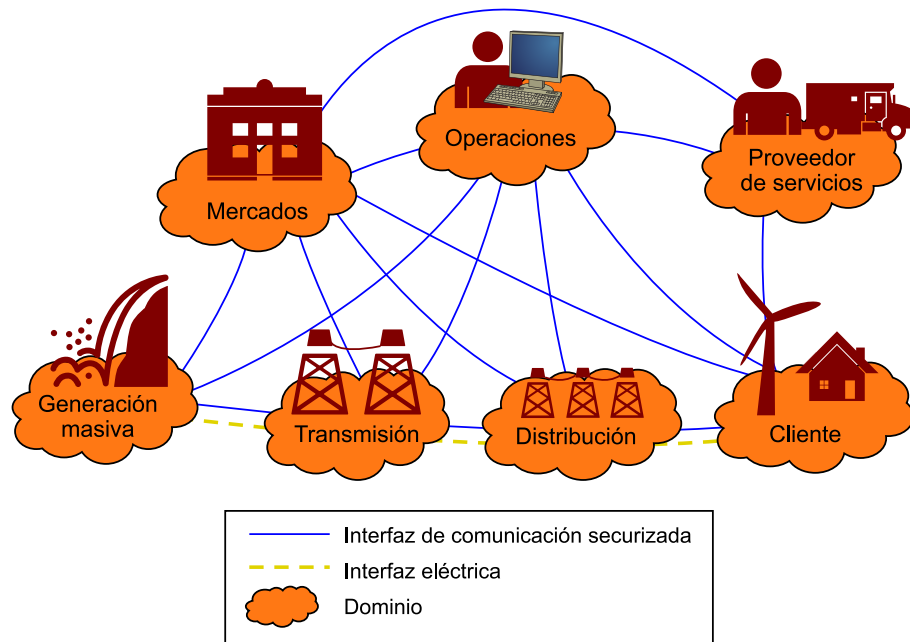
Las *smart grids* dan lugar a un nuevo paradigma, en el que se pretende incrementar la participación activa de todos los agentes, independientemente de su papel y su tamaño, y en el que se busca maximizar el uso de los activos presentes en las redes eléctricas.

Entre otros, los objetivos específicos de las *smart grids* son los siguientes:

- facilitar la conexión y operación de generadores de todos los tamaños y tecnologías, así como la conexión de sistemas de acumulación;
- permitir la participación de la demanda en la operación óptima de la red;
- proporcionar una mayor cantidad de información y elegibilidad a los consumidores;
- reducir significativamente el impacto ambiental de todo el sistema eléctrico, y
- proporcionar una mayor seguridad de suministro.

Para entender el modelo conceptual de las *smart grids*, hacemos uso de la nomenclatura utilizada por el EPRI en la propuesta de estandarización *Report to NIST on the Smart Grid Interoperability Standards Roadmap*. Mediante esta, se definen distintos dominios e interfaces que permiten la comunicación entre los diferentes agentes (véase figura 28). A continuación describimos los elementos clave:

- Actores: dispositivos, sistemas informáticos y/o las organizaciones que son sus propietarias. Los actores son capaces de tomar decisiones y comunicarse entre sí a través de las interfaces.
- Interfaces: conexiones eléctricas y comunicaciones ente los distintos agentes que componen los dominios. En la figura 28, las conexiones eléctricas se representan en amarillo (línea punteada) y las comunicaciones, en azul (línea sólida). Todas ellas se consideran bidireccionales.

Figura 28. Modelo conceptual de las *smart grids*

Fuente: EPRI.

- Dominios: conjuntos de actores con objetivos comunes que comparten similitudes en el ámbito de las interfaces. Pueden existir intersecciones entre dominios, por lo que un actor puede pertenecer a más de uno.
- Aplicaciones: actividades desarrolladas por uno o más actores dentro de los dominios.

A continuación, veréis la forma en que la red puede nivelar la demanda y la generación en la *smart city* mediante el uso de las TIC, lo cual optimizaría los activos existentes de la red eléctrica. Las TIC permiten la transmisión de datos de manera bidireccional gracias a sensores y medidores y sus equipos de comunicación, como por ejemplo los contadores inteligentes del subapartado "Contadores inteligentes". En este apartado estudiaréis también cómo podemos hacer los edificios y las casas más inteligentes para que puedan gestionar su demanda de energía (subapartados "El concepto de microrred". y "*Smart home* y *smart buildings*") y, finalmente, en el subapartado "Control de la iluminación" veréis que la iluminación de las ciudades también puede realizarse de manera más eficiente controlando la iluminación de cada farola de forma individual y estableciendo una red de comunicaciones con cada una de las luminarias.

3.1. Contadores inteligentes

Un contador inteligente, o *smart meter*, es un dispositivo electrónico que realiza medidas de consumo de agua, gas o electricidad y que dispone de comunicaciones integradas que permiten el intercambio de información con un centro de control.

En el caso de los contadores eléctricos, antes del 2018 se remplazarán todos los actuales electromecánicos de los hogares por contadores inteligentes.

Figura 29. *Smart meter* de energía eléctrica.



Fuente: Endesa.

Las funciones principales de los contadores domésticos inteligentes se detallan a continuación:

- tarificación según franjas horarias;
- limitación de potencia según contrato;
- desconexión por falta de pago (y restablecimiento);
- conteo de energía inversa si hay un balance negativo;
- envío de información de consumos hacia la empresa distribuidora de energía;
- medida de calidad de onda (huecos de tensión).

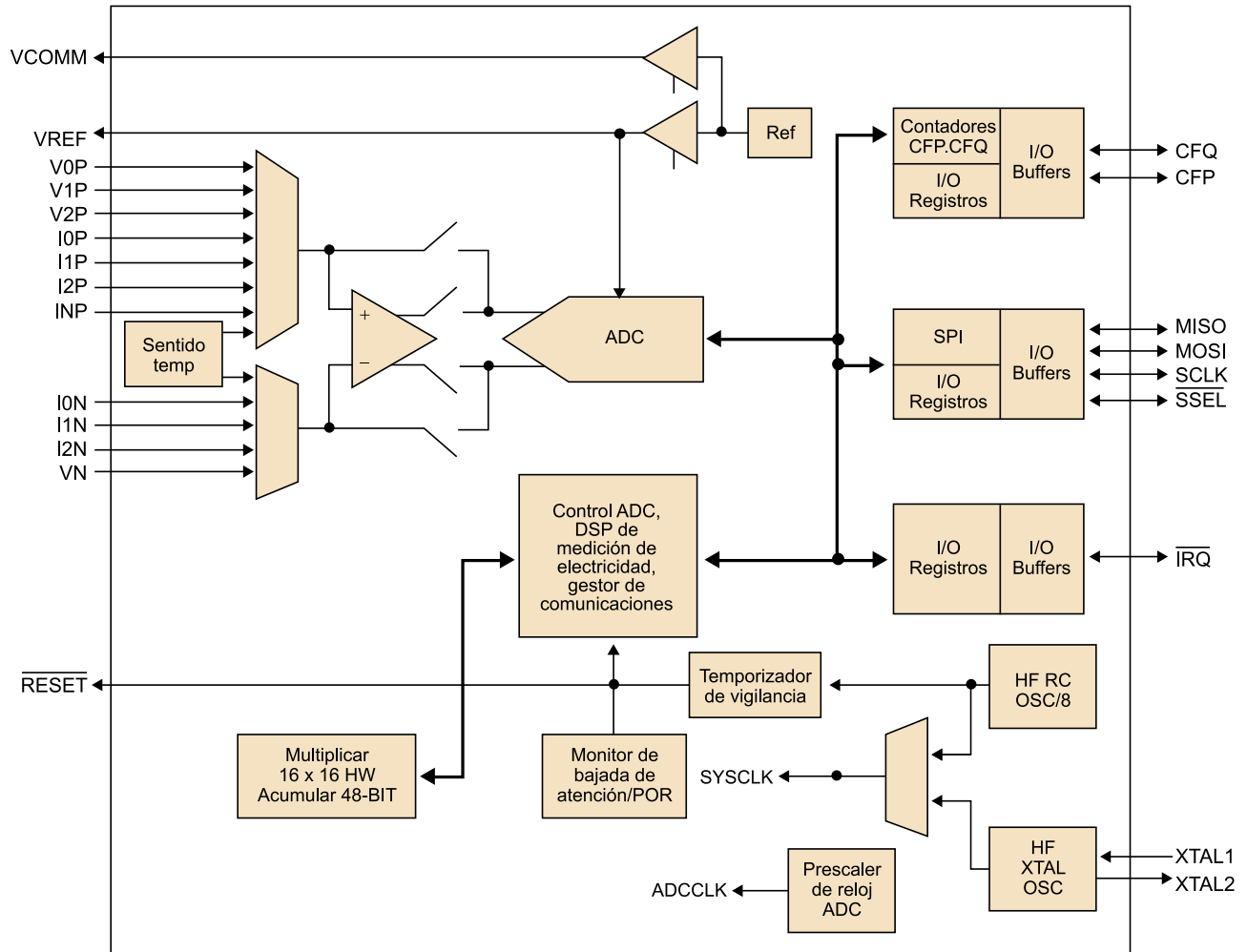
Estos dispositivos tienen la función de provocar un cambio de hábitos en los consumidores. Al discriminar por franjas horarias los precios de la electricidad, estadísticamente, se espera suavizar la diferencia actual entre la punta y el valle.

Hueco de tensión

Un hueco de tensión es la reducción brusca de la tensión en una de las fases de la red eléctrica, seguida de una rápida vuelta a sus valores nominales. Este proceso transcurre en milisegundos.

Los fabricantes de dispositivos electrónicos para *smart meters* ofrecen distintos diseños de base para facilitar la fabricación de contadores energéticos. En la figura 30 podéis observar la propuesta de dispositivo del fabricante Maxim para la lectura de la energía consumida y para la medición de otros parámetros de calidad de onda.

Figura 30. Dispositivo electrónico MaxQ3183 para un *smart meter*.



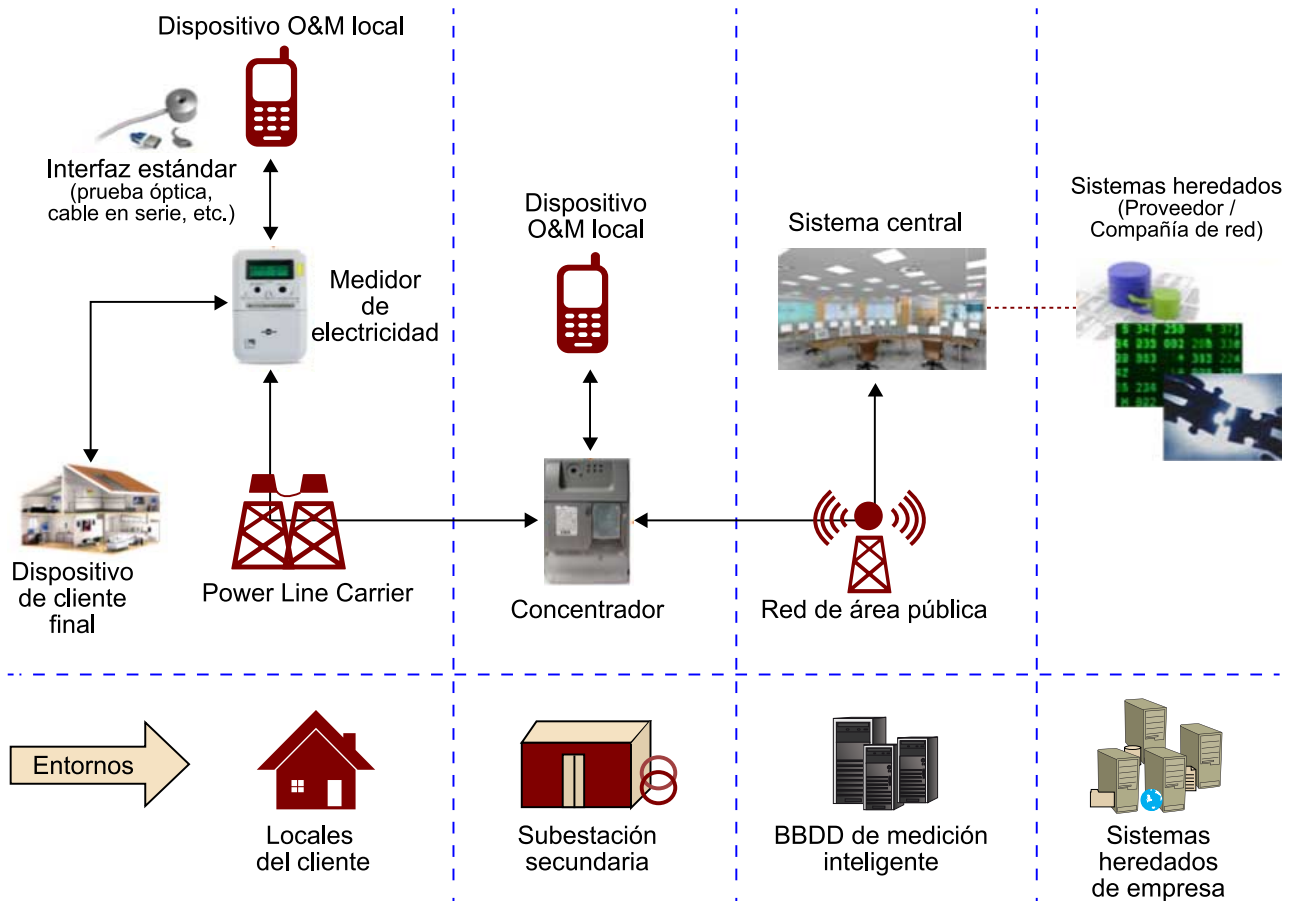
Fuente: Maxim.

3.1.1. Tecnologías de comunicaciones y sistemas utilizados

Por norma general, la arquitectura de un sistema de contadores inteligentes como el de la figura 31 está compuesta por los siguientes componentes:

- sistema central, que gestiona toda la red de contadores inteligentes;
- concentradores, que capturan los datos que envían los *smart meters*;
- los propios contadores inteligentes, y
- dispositivos locales de operación y mantenimiento para la gestión local de los concentradores y de los contadores.

Figura 31. Componentes e interfaces de un sistema de contadores eléctricos inteligentes.



Fuente: Meters and More.

Las tecnologías de comunicaciones utilizadas para transmitir estos datos deben ser seguras, robustas y eficientes. En el caso de los contadores con tecnología Meters and More (como los instalados por Endesa), disponen de las siguientes funcionalidades:

- transmisión de mensajes de pequeño tamaño, optimizados para PLC de banda estrecha y comunicaciones wireless;
- uso de una modulación BPSK, que permite llegar a una codificación de bit de 4.800 bps;
- soporte de encriptación y autenticación de alto nivel, con el uso de algoritmos advanced encryption standard (AES) de 128 bits, y
- configuración y gestión automática de la red y sistemas de gestión de reenvío de datos.

Estos sistemas cubren la torre OSI de protocolos, desde la capa física a la capa de aplicación, y permiten la transmisión de datos en sistemas PLC o en redes públicas de comunicaciones gestionadas por operadores de telecomunicaciones, como en la arquitectura propuesta en la figura 32.

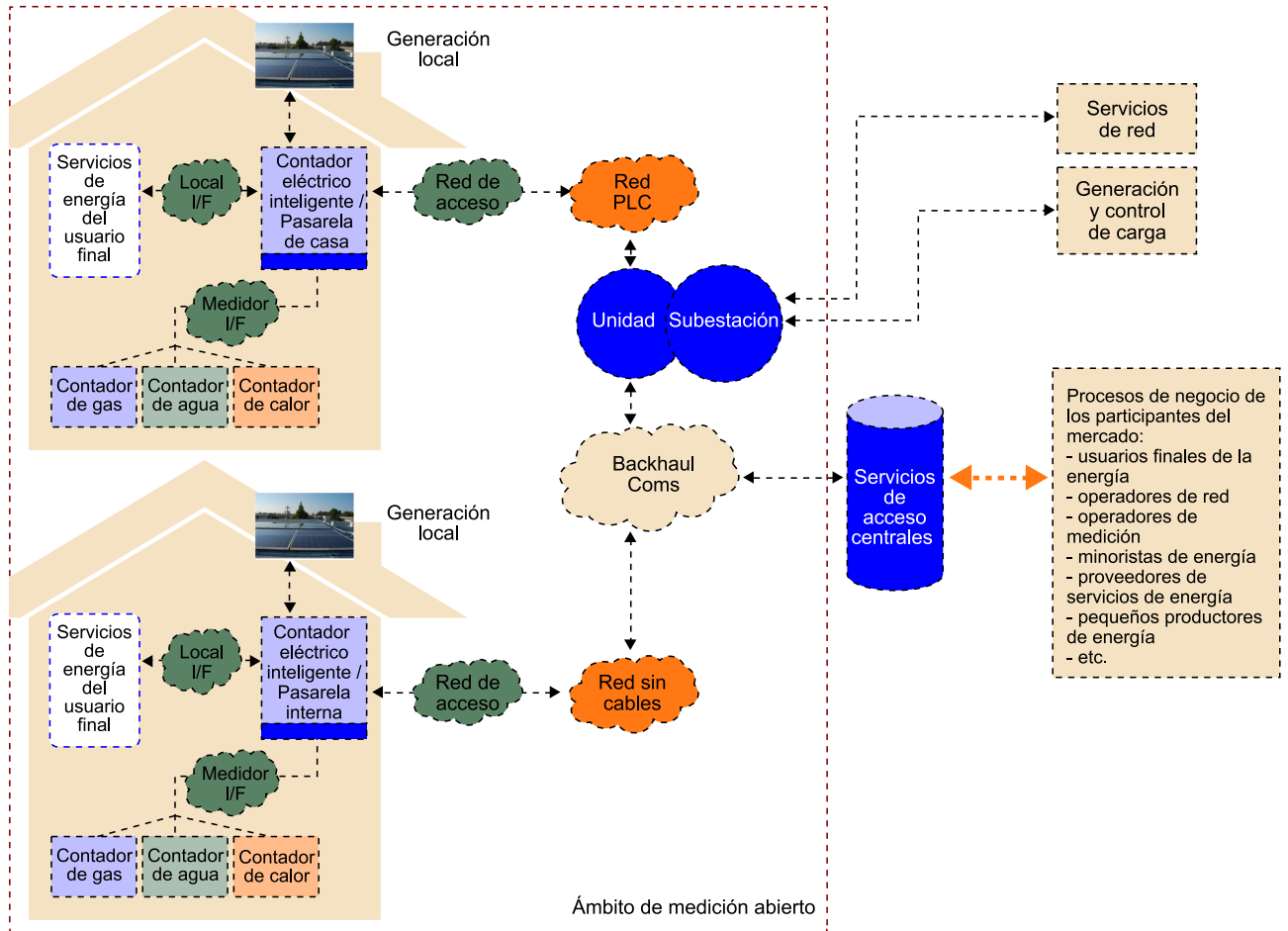
Modulación BPSK

La modulación por desplazamiento de fase o PSK (*phase shift keying*) es una forma de modulación angular que consiste en hacer variar la fase de la portadora entre un número de valores discretos. En la BPSK (*binary PSK*), la modulación de desplazamiento de fase es de dos símbolos. Es la que presenta mayor inmunidad al ruido, puesto que la diferencia entre símbolos es máxima (180°).

Lectura recomendada

Para profundizar en la encriptación AES
 Si queréis ampliar información del algoritmo de encriptación AES, el siguiente libro trata el código en detalle, desde su base matemática hasta los sistemas óptimos de diseño:
The Design of Rijndael: AES - The Advanced Encryption Standard (2002). Springer-Verlag.

Figura 32. Arquitectura de comunicaciones para integrar otros contadores inteligentes existentes en la vivienda, así como dos alternativas de acceso, vía PLC o vía wireless.



Fuente: Proyecto Open Meters.

3.2. Integración de recursos energéticos distribuidos y automatización

Esta es sin duda una de las piezas clave de una ciudad inteligente en el ámbito energético: múltiples pequeños generadores distribuidos geográficamente de tal forma que equilibran el consumo allí donde se produce, y una red automatizada e inteligente que es capaz de adaptarse a las demandas o a posibles problemas que surjan.

Se distinguen dos tipos de generadores distribuidos según el nivel de tensión de la red donde se conecten:

- Generadores conectados a la red de media tensión (MT), típicamente 25 kV. Son generadores de potencia (> 0,1 MW). Necesitan una infraestructura de protección similar a la usada en la red de MT. Comparten infraestructuras de comunicaciones y deben interactuar con los dispositivos inteligentes instalados en esta red. Su objetivo fundamental es aportar potencia al segmento de MT al que están conectados. Al tratarse de energías renovables, se utiliza toda la energía disponible. No suele haber una cantidad importante en cada segmento de MT (0 < n < 10). Actualmente, disponen

Proyecto Open meter

El objetivo de este proyecto es especificar un conjunto de estándares, abiertos y públicos, para los contadores inteligentes de gas, agua, electricidad y sistemas de calefacción.

Web de referencia

Podéis encontrar información detallada en su página web: <http://www.openmeter.com>

de un automatismo que los desconecta de la red de forma automática en el instante en que se produce una desconexión de la línea principal.

- Generadores conectados a la red de baja tensión (BT), 230 V. Necesitan protecciones adaptadas a BT. Comparten infraestructuras con el sistema de *smart metering*. Su objetivo principal es aportar potencia al segmento de BT. La característica fundamental de estos generadores es que puede haber un número importante en cada segmento de BT ($0 < n < 100$). La situación óptima se produce cuando la potencia instalada del generador iguala la potencia requerida de consumo.

Un aspecto que hay que tener en cuenta para la integración de estos recursos distribuidos es la sincronización. Un generador no puede acoplarse a la red si no cumple con las siguientes condiciones: tener la misma frecuencia, la misma fase y la misma tensión. De lo contrario, podría provocar un cortocircuito. Existen mecanismos de sincronización para cada tipología de generación para corregir y garantizar que se cumplen estas tres condiciones.

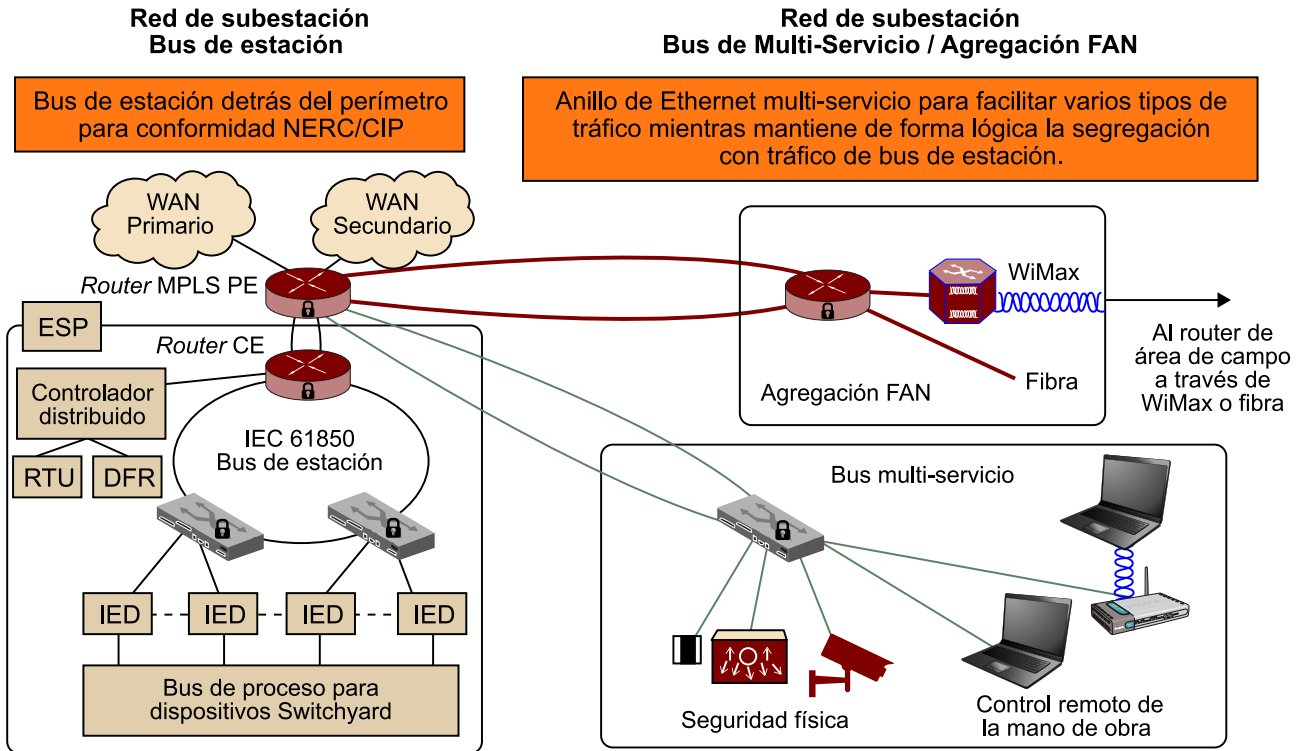
En las *smart grids*, cada punto de conexión a la red eléctrica, tanto una carga controlable como un generador, es considerado como un punto de energía, es decir, puede consumir y/o aportar energía. Los controladores instalados en la red, mediante la información proporcionada por sensores distribuidos, han de permitir controlar este flujo de energía.

Para ello será necesario disponer de una red de comunicaciones jerárquica pero con dispositivos que puedan tomar algunas de las decisiones por ellos mismos. Por ejemplo, en baja tensión, estos controladores se comunican mediante PLC con los controladores de nivel superior, que ya pueden tomar decisiones, y estos a su vez se comunican con los controladores de cabecera, que acabarán informando a un centro de control.

Los sistemas de automatización en las redes eléctricas y en las subestaciones, encargados de interconectar y comunicar diferentes dispositivos, existen desde hace unos veinticinco años. Durante este periodo de tiempo han utilizado protocolos propietarios y se han encargado principalmente de la supervisión de elementos eléctricos. Hoy en día, estos sistemas han evolucionado y siguen haciéndolo tomando como base los protocolos y actuaciones declarados en la IEC 61850, utilizando comunicaciones punto a punto y habilitando el intercambio de datos entre sistemas en diferentes niveles y con herramientas distintas, lo que permite, además de la supervisión, controlar una serie de dispositivos o variables. Existen numerosas experiencias de integración de estos conceptos usando una arquitectura basada en IED (*intelligent electronic devices*), como la propuesta por Cisco en la figura 33.

El hecho de disponer de sensores, controladores y automatismos para abrir o cerrar interruptores permite realizar una operación de la red y un mantenimiento mucho más eficiente de todos los componentes, incluso implementando soluciones de gestión remota.

Figura 33. Sistema de comunicaciones en subestaciones basado en la IEC 61850.



Fuente: Cisco.

3.2.1. Sistemas de control inteligentes. *Advanced distribution automation*

Modelo de referencia: Cisco

Si queréis haceros una idea de la complejidad de actores, interfaces de comunicación, redes, equipos, sensores y sistemas necesarios para gestionar una *smart grid*, es muy recomendable que analicéis con detalle el modelo de referencia que plantea Cisco: http://www.cisco.com/web/strategy/docs/energy/gridblocks_ref_model.pdf

El concepto ADA⁴ se refiere a las operaciones de automatización de la red eléctrica de distribución, incluyendo el telecontrol y la adquisición de datos de los IED de automatización de la red. A continuación solo se describen tres ejemplos de funcionamiento de los centenares que pueden realizar los diferentes centros de control existentes en una red eléctrica inteligente:

⁽⁴⁾Del inglés *advanced distribution automation*.

- **Lectura de datos:** Este caso plantea el proceso de recogida de datos de dispositivos de campo y su envío a través de los equipos de comunicaciones al centro de control. Este los procesa y efectúa cálculos avanzados en tiempo real, y también los almacena para tenerlos en cuenta para futuros usos. Estos sistemas pueden generar llamadas de control a dispositivos de las subestaciones, por ejemplo, para balancear la carga o recuperar la tensión. Dentro de los procesamientos básicos, se tienen en cuenta procesa-

mientos como la generación de alarmas por sobrecargas, tensiones fuera de márgenes, visualización dinámica de medidas y cambios en la configuración de la red.

- Se consideran cálculos avanzados los sistemas de análisis de la red generados a partir de situaciones especiales de la red que han sido el origen de alguna alarma, por ejemplo: falta de tensión, sobretensión o sobrecarga en algún punto de la red. Esto generará la activación del sistema de control correspondiente.
 - El flujo de datos generado es el siguiente: el centro de control ADA solicita el dato, el equipo interrogado lo transmite al centro de control mediante los equipos de comunicaciones, este comprueba que los datos son correctos (cumplen los márgenes y requisitos preestablecidos) y los almacena en su base de datos.
- **Supervisión de la carga:** El centro de control ADA supervisa de manera periódica los consumos en cada una de las cabeceras de línea de subestación que están alimentadas por cada uno de los transformadores AT/MT, y analiza, propone o ejecuta las actuaciones en la red para compensar dicha distribución de cargas. El flujo de comunicación de datos es el siguiente: el centro de control analiza la información disponible de la carga en las cabeceras de los transformadores de AT/MT y determina que es necesaria la reconfiguración para balancear mejor la carga. Por lo tanto, el centro de control determina qué elementos de la red deben cerrarse y abrirse para equilibrar la carga y en qué orden, y además envía los controles a los equipos de potencia y recibe confirmación de la correcta ejecución de los controles transmitidos.
 - **Activación de un generador distribuido:** En este caso, actúa el centro de control DER⁵. Activa el dispositivo para la generación distribuida de energía, lo cual implica la configuración de los parámetros del dispositivo y del instante de tiempo en el que se conectará a la red. El flujo de datos que hay que transmitir consistirá en el siguiente proceso: el centro de control DER analiza la información disponible para determinar qué generadores distribuidos pueden aportar energía a la red eléctrica y solicita la cantidad de energía que pueden aportar los generadores distribuidos seleccionados y el instante de tiempo de activación (por ejemplo, activación dentro de quince minutos). Los generadores distribuidos comunican la cantidad de energía que pueden aportar a la red en el instante de activación. El centro de control DER envía a los generadores distribuidos los parámetros de configuración sobre el tipo de energía generada (optimizar coste, potencia constante, optimizar consumo, etc.). Los generadores distribuidos se activan y se monitoriza la calidad de la energía generada.

⁽⁵⁾Del inglés *distributed energy resources*.

3.2.2. IEC 61850

El conjunto del estándar definido en esta norma contiene y normaliza todos los aspectos necesarios para desarrollar, operar y mantener una subestación eléctrica en lo que a control y protección se refiere.

La norma entra a definir:

- los protocolos de comunicaciones válidos (varios),
- el contenido de los ficheros de configuración,
- los procedimientos de ingeniería,
- los modelos de datos y funciones de protección y control,
- los requisitos eléctricos y medioambientales de las instalaciones (por lo que respecta a control y protección), y
- los mecanismos de test de conformidad y de calidad.

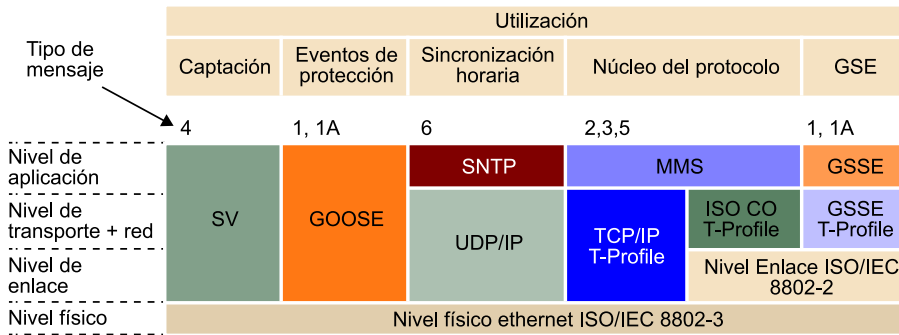
La IEC 61850 define una interfaz abstracta de comunicaciones o ACSI para independizar la capa de aplicación con todos sus servicios del protocolo de comunicación de nivel inferior utilizado (MMS, servicios web, DNP 3.0, etc.). Además, permite la utilización de las infraestructuras de comunicación existentes, ya que puede utilizarse sobre diversos protocolos de comunicación de nivel de aplicación OSI.

La estandarización de los modelos de datos y de los servicios de comunicaciones, así como la definición de las capas de mapeo a protocolos de comunicación, permiten la interoperabilidad de equipos de distintos fabricantes.

Para conectar los diversos equipos de una subestación, se dispone de una LAN formada por *switches* y se utiliza como medio de transporte la fibra óptica. Se utiliza este material en cualquier segmento de la LAN de salida de los armarios que confinen los equipos de comunicación. Se permite el uso de medio eléctrico para conexiones dentro de un mismo armario con un *switch* interior. En el caso de utilizar medios eléctricos (100Base-T), el conector es un RJ45 y se utiliza cable de categoría 5 (o superior). La fibra puede ser monomodo (10/125) o multimodo (50/125, 62.5/125). La diferencia fundamental radica en el tamaño del núcleo del cable, de 10 micras para la primera y 50 o 62,5 en la segunda. Debido a las distancias entre equipos (menos de un kilómetro), se suele utilizar normalmente fibra multimodo.

Según el tipo de mensaje, la norma ofrece un conjunto (*suite*) de protocolos para efectuar las diferentes funciones de la norma.

Figura 34. Suite completa de protocolos de la IEC 61850.



3.3. El concepto de microrred

Las *smart grids* dan lugar a un nuevo paradigma en el que se pretende incrementar la participación activa de todos los agentes, independientemente de su papel y de su tamaño. Eso posibilita, entre otras cosas, la aparición de nuevos modelos de operación y de negocio consistentes en la agregación de pequeños agentes, lo que permite, a su vez, reducir los costes y proporcionar masa crítica en la participación en los mercados energéticos.

En este sentido, se observa que el enfoque de la microrred como agente agregador resulta una pieza clave en el desarrollo de las *smart grids*.

Las microrredes se pueden concebir como una *smart grid* de menores dimensiones, puesto que los actores que la componen son prácticamente los mismos que constituyen el sistema eléctrico pero a menor escala.

Las posibilidades que presentan en el ámbito funcional son similares a las *smart grids*: permiten coordinar de forma inteligente las acciones de los diferentes agentes conectados a ellas y permiten proporcionar un suministro sostenible, seguro y eficiente desde el punto de vista económico.

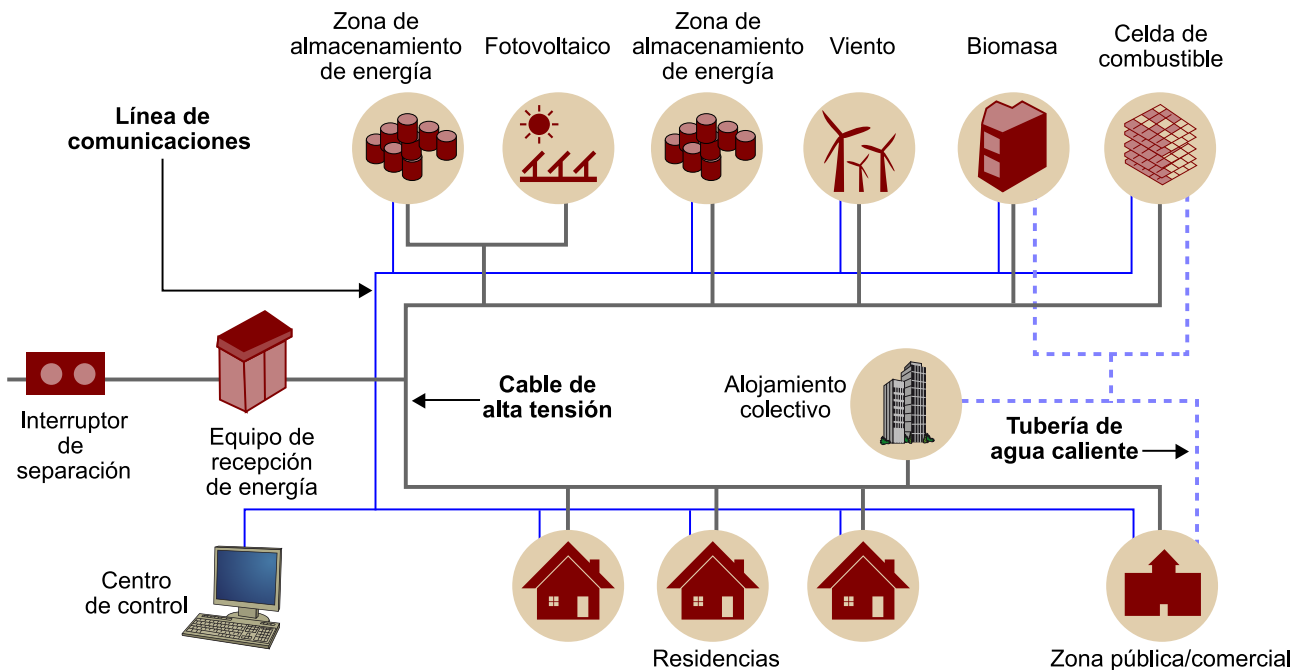
Agentes que componen las microrredes:

- Generación: equipos de generación distribuida, tales como los sistemas fotovoltaicos, microeólica, cogeneración, microgeneración, etc.
- Consumidores: aquellos agentes que son puramente demanda. Se pueden clasificar entre domésticos, comerciales/oficinas e industrias.
- Almacenamiento: sistemas que permiten ser gestionados para acumular energía o devolverla a la red en función de las necesidades de sistema.

Normalmente, son baterías químicas, pero también pueden ser volantes de inercia.

- Vehículos eléctricos: como habéis visto ya en el apartado dedicado a *Smart mobility*, dispositivos que permiten una movilidad eléctrica y que permiten el almacenamiento de energía. La diferencia con el punto anterior es que son cargas de almacenamiento móviles, ya que no siempre están en el mismo punto.
- Gestor de la microrred: agente responsable de la coordinación del resto de agentes que componen la microrred. Al mismo tiempo, es el encargado de la relación con el operador de la red a la que se encuentre conectada.
- Equipos de monitorización y telecontrol: aquellos elementos dispuestos a lo largo de la red que proporcionan información al gestor de la red de distribución y le permiten monitorizar y telecontrolar determinados activos.
- Sistema de gestión automática de la red: sistema a disposición del gestor de la microrred que incorpora los mecanismos automáticos de gestión de la red.

Figura 35. Detalle de un esquema de una microrred con las comunicaciones entre los elementos y el gestor de la microrred.



3.3.1. Comunicaciones en una microrred

Una microrred contiene distintos elementos que deben comunicarse. En primer lugar, hay distribuidos diversos equipos de los que se tiene que recibir información y a los que también se debe poder dar órdenes de funcionamiento (placas fotovoltaicas, almacenamiento, VE, etc.). Los equipos han de ser capaces de comunicarse, por ejemplo vía ZigBee o Modbus. En segundo lugar, hay

un elemento central que recibe la información de los elementos distribuidos y genera órdenes para los equipos. Este elemento central no solo recibe información de los elementos distribuidos, sino que también debe dar y recibir información del exterior de la microrred (red de distribución, centro de control, etc.). Así pues, el coordinador de la microrred deberá ser capaz de comunicarse con el exterior con los medios físicos disponibles, como 3G, fibra óptica, ADSL, etc.

IEC 61850 para microrredes

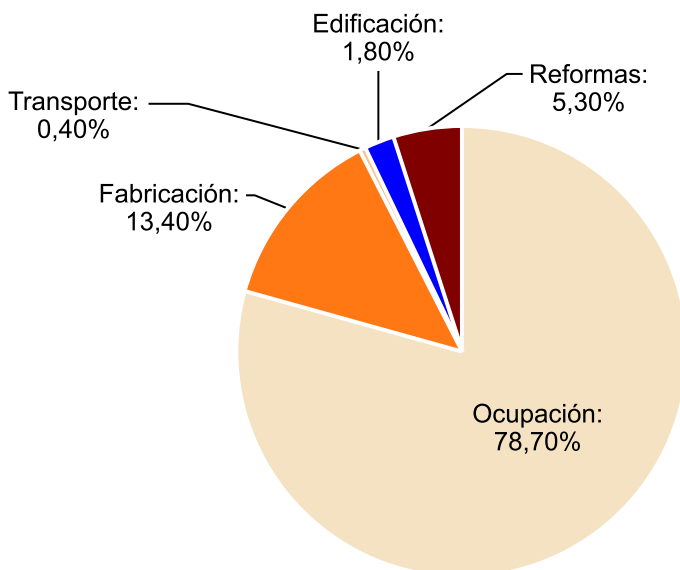
Dentro de esta norma, existe un modelo de datos estándar para sistemas DER (*distributed energy resources*). Este es el IEC 61850-7-420, que está siendo adoptado en el entorno de las microrredes, ya que dispone de modelos de datos específicos para generadores (eólicos, solares, etc.), para dispositivos electrónicos de potencia (DC/AC, variadores, etc.) y para dispositivos de almacenamiento de energía, entre otros.

3.4. *Smart home* y *smart buildings*

Los edificios son responsables de al menos el cuarenta por ciento de la energía que se consume en Europa, principalmente para climatización e iluminación; pero no solo en Europa, ya que los edificios y las viviendas son la mayor fuente de generación de CO₂ en Estados Unidos.

La mayor parte de la energía que se utiliza en el ciclo de vida de un edificio corresponde al periodo en que se ocupa (ver figura 36). También se ha calculado que, del consumo que genera un edificio durante su ocupación, un ochenta por ciento se debe a conceptos de diseño y construcción, mientras que el restante veinte por ciento se debe a los hábitos de las personas que lo usan.

Figura 36. Uso de la energía en el ciclo de vida de un edificio.



En este sentido, y con este veinte por ciento de mejora, las TIC juegan un papel clave para el avance de la eficiencia energética en los hogares. La convergencia de tecnologías, por un lado, y la regulación ambiental, por otro, ofrecen una oportunidad sin precedentes tanto técnica como económica para integrar soluciones innovadoras en el mundo de la edificación.

Los sistemas domóticos proporcionan a corto plazo una herramienta de gran importancia para las *smart grids*, ya que es necesario un instrumento de actuación local en las viviendas capaz de actuar sobre sus cargas energéticas y capaz de controlar el consumo total en todo momento.

El control de una red doméstica o de la red de un edificio es muy similar al control de una microrred. Siguiendo la misma nomenclatura, a estas redes eléctricas de pequeño tamaño se las puede conocer también como *nanorredes*.

3.4.1. Gestión de la demanda en edificios o viviendas

La gestión de la demanda⁶ se trata de un conjunto de tareas desarrolladas para racionalizar el consumo de la energía, con el objetivo de mejorar la eficiencia del sistema pero sin perder prestaciones de calidad y utilidad.

⁽⁶⁾del inglés *demand side management*.

Por gestión *activa de la demanda* se entiende la capacidad de emitir señales con redes de telecomunicaciones a una serie de dispositivos en las instalaciones de un usuario, señales que permiten reducir y controlar ciertas cargas no críticas con el fin de disminuir los picos de demanda. Dentro de este contexto aparecen distintas tecnologías o actuaciones que pueden agruparse en tres grandes familias:

- **Reducción del consumo:** Una de las actuaciones más importantes en el ámbito de la gestión de demanda es conseguir una reducción global del consumo. Una de las medidas para lograr esta reducción es la utilización de sistemas y equipos con una alta eficiencia energética. Dentro de esta actuación, también se incluye la de concienciar al usuario para que disminuya sus consumos eléctricos. Este cambio se puede conseguir informando del consumo, de los gastos y aportando información para ahorrar energía.
- **Desplazamiento de la punta de consumo:** Mediante el desplazamiento de la punta de consumo a las horas valle, se consigue un aplanamiento de la curva de carga. Esto se traduce en un mayor grado de aprovechamiento de las instalaciones, unas menores necesidades de inversión y un menor grado de pérdidas. Una de las actuaciones para conseguir este desplazamiento es a través de la definición de tarifas eléctricas con discriminación horaria. Se determinan periodos horarios que definen perfiles de demanda diario (horas punta, llano y valle) y se establecen precios diferentes de energía para cada uno de ellos. Otro método consiste en el control

indirecto de tarificación variable, que consiste en el envío de señales con precios, con el objetivo de reducir su consumo en aquellos periodos de mayor coste.

- **Operabilidad:** Esta actuación está relacionada con las acciones que controlan la demanda activa en tiempo real. Un tipo sería el control directo de cargas, que requiere una comunicación entre el operador y el cliente y consiste en agrupar equipos del mismo tipo y actuar sobre ellos de la misma forma. Se puede definir el uso de equipos en las horas de baja demanda de energía. Estas actuaciones consisten en el apagado de equipos por un periodo determinado utilizando distintos programas de funcionamientos. Este tipo de contrato se realiza por número y duración de desconexiones, lo que reduce la factura de los usuarios.

3.4.2. Comunicaciones *in-home* o *in-building*

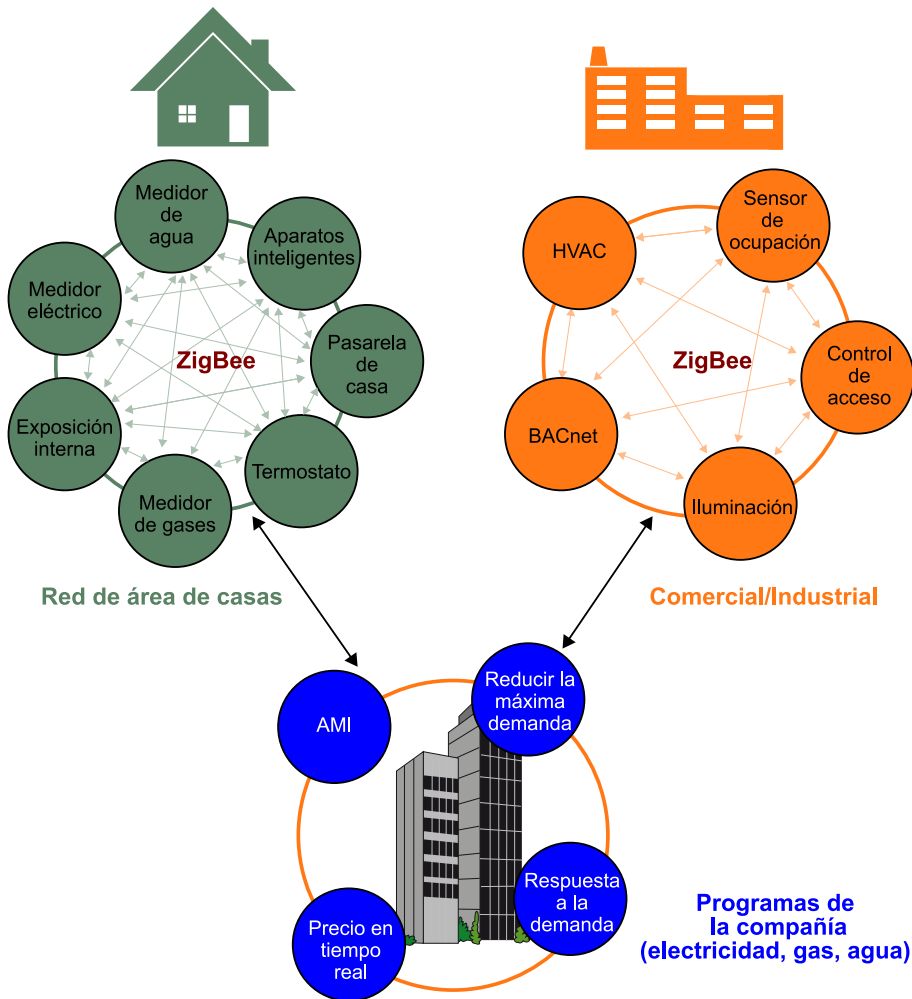
La expansión de las redes de sensores en todo tipo de aplicaciones de monitorización y control, en viviendas y edificios terciarios, facilita la recogida de parámetros representativos del confort de las personas y permite una mayor eficacia a la hora de gestionar el consumo energético.

Para el envío de comunicaciones en edificios o viviendas ya existentes, las tecnologías cuyo uso es el más indicado son las PLC, ya sean de banda estrecha o de banda ancha, y las soluciones inalámbricas.

Disponer de un cableado dedicado para estos fines puede suponer una inversión demasiado costosa, y solo es aconsejable, si fuera de interés, en nuevas edificaciones.

Para este cometido, los dispositivos con comunicaciones inalámbricas se presentan como la solución más sólida y con una relación calidad/precio que está permitiendo su rápida implantación en un gran número de sistemas.

Figura 37. Ejemplos de utilización de ZigBee para el control en domicilios (HAN) o edificios.

**Web de referencia**

El perfil público de ZigBee Smart Energy, está disponible en su página web: <http://www.zigbee.org/Standards/ZigBeeSmartEnergy/Overview.aspx>

Fuente: ZigBee Smart Energy.

Por ejemplo, el perfil público de ZigBee Smart Energy, define cómo un grupo de dispositivos trabajan de forma cooperativa dentro de una red, de modo que los servicios públicos puedan gestionar de forma inteligente cargas de energía, supervisar el uso que se hace de esta y optimizar su consumo. Al tratarse de la norma de comunicaciones entre dispositivos para redes de área doméstica, estos equipos formarán parte de una HAN, tal y como habéis visto en el apartado dedicado a *Smart mobility*.

Z-Wave es también un sistema que se usa en equipos domésticos para transmitir datos, desarrollado como protocolo de comunicación comercial. Las tasas de datos están por debajo de ZigBee, así como el número de dispositivos de la red. Sin embargo, en casos en los que el número de nodos no sea determinante, es una alternativa idónea, ya que resulta más económica que ZigBee, WiFi y Bluetooth.

Z-Wave sería, junto a ZigBee, la mejor solución para múltiples servicios en hogares y pymes, ya que, además de ser dispositivos económicos, su consumo es muy bajo: dos pilas AA podrían proporcionar una duración de unos ocho años de vida.

Existe en el mercado una gran cantidad de protocolos, estándares y sistemas propietarios que pueden utilizarse como medios de comunicación entre los distintos dispositivos, como Modbus, TCP/IP, BACNet, Lonworks, KNX, etc.

TIC en edificios

Para profundizar en las soluciones TIC para la edificación, el libro *ICT Supported Energy Efficiency in Construction Strategic Research Roadmap and Implementation Recommendations* presenta una colección de las mejores prácticas, las tecnologías, los desarrollos innovadores y las recomendaciones del uso de TIC en edificaciones. El libro está disponible en línea en:

http://ec.europa.eu/information_society/activities/sustainable_growth/docs/sb_publications/reeb_ee_construction.pdf

3.4.3. Soluciones y productos existentes

A continuación veremos diferentes dispositivos de ahorro energético como son:

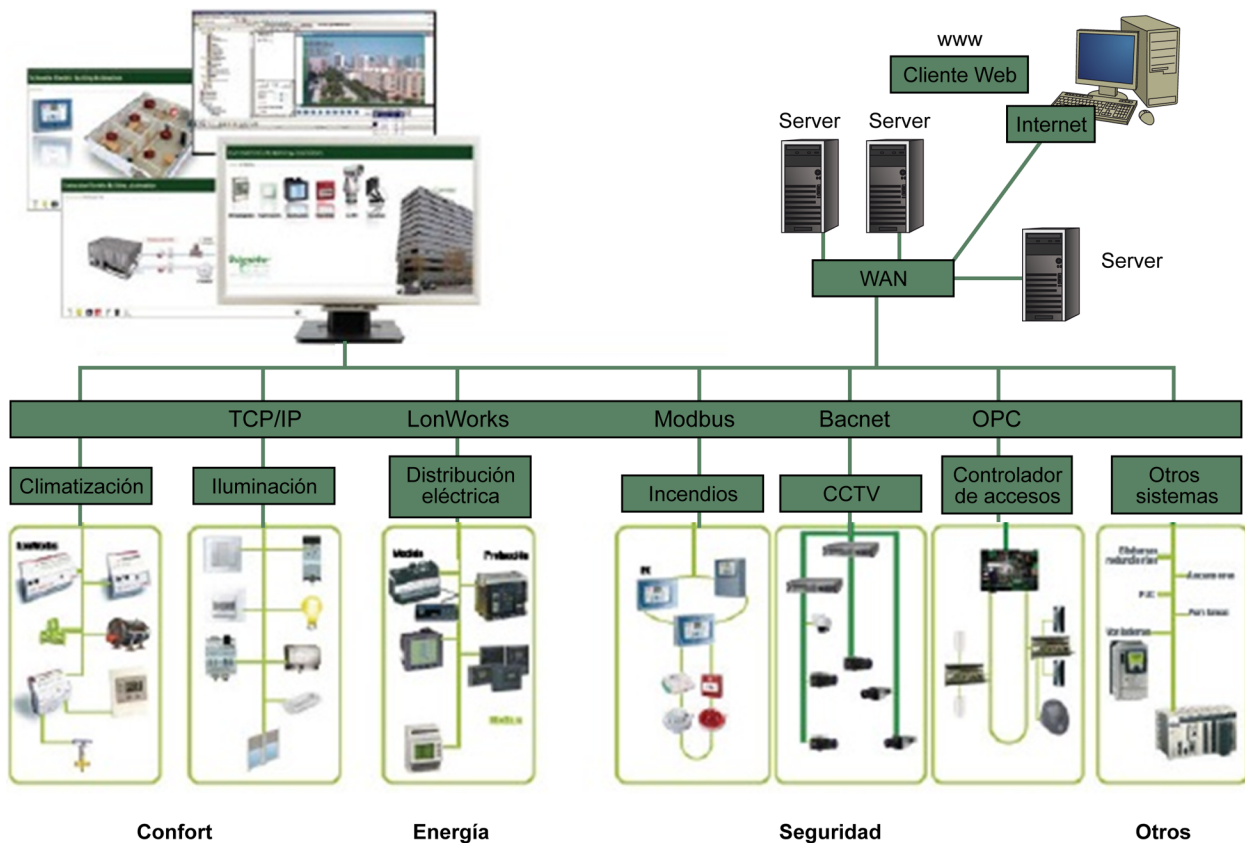
1) In-building

TAC Vista es un sistema de gestión integral de edificio de Schneider Electric que permite tener el control de todos los subsistemas de un inmueble, ya sean de confort, control de climatización e iluminación, gestión de consumo de energía, seguridad, control de accesos, detección de incendios o CCTV.

Reflexión

En las siguientes páginas, vais a ver diferentes dispositivos para el ahorro de energía. Pero ¿y su propio consumo? Si tienen que transmitir datos, visualizarlos en una pantalla y estar monitorizando veinticuatro horas al día siete días a la semana, ¿no estaremos consumiendo más de lo que ahorran?

Figura 38. Arquitectura del sistema TAV Vista.



Fuente: Schneider Electric.

2) In-home displays

En este apartado veréis sistemas que presentan la información de consumos del hogar al usuario. Estos sistemas se pueden dividir en cinco categorías, que acompañamos con ejemplos:

- **Visualizadores sencillos que utilizan una pinza amperimétrica.** En general, son adecuados para prestar servicios de información, con histórico y análisis de medidas (en función de las interfaces) y capacidad para tratar consumos históricos. Asimismo, pueden ser el sistema de partida para proporcionar información a los sistemas encargados de los servicios tipo de visualización con herramientas de consulta en Internet.

Ejemplo

El equipo Efergy E2 Classic utiliza *wireless* como tecnología de transmisión. El protocolo estándar RF funciona con señales trabajando a 433,92 MHz. El dispositivo funciona mediante un sistema prioritario de comunicaciones y dispone de un alcance de hasta setenta metros.

Figura 39. Display E2.



Fuente: Efergy (<http://www.efergy.com/>).

- **Visualizadores con contador adicional en el hogar.** Son soluciones que parten de la instalación de un contador en el cuadro eléctrico del hogar (solución de *submetering*), con mayor precisión de medida que las pinzas amperimétricas, más una aplicación de software para PC o web para el tratamiento de las medidas.

Ejemplo

Como ejemplo, tenéis en la figura 40 el Orbis Contax 3221 RF, que es un contador estático monofásico de energía activa que permite controlar el consumo de energía de una determinada instalación. Además, ofrece información del consumo mediante ZigBee.

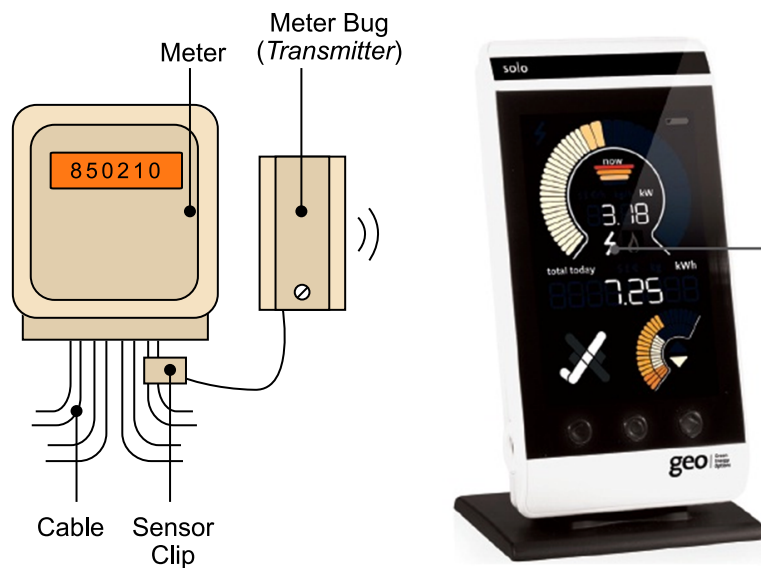
Figura 40. Contax 3221.



Fuente: Orbis (<http://www.orbis.es/>).

- **Visualizadores con acceso al contador electrónico.** Son aquellos que toman la información del consumo directamente del contador de la empresa suministradora, a través de alguna de las interfaces de comunicación de las que este pueda disponer.

Figura 41. Solo meter



Fuente: GEO <http://www.greenenergyoptions.co.uk/>

Ejemplo

La empresa Green Energy Options dispone de un equipo con un pequeño *display* portátil para hogares o pequeñas oficinas en el que el usuario puede monitorizar su consumo y sus emisiones de CO₂. El *display* se conecta al contador de la vivienda mediante la tecnología ZigBee, ya que ambos dispositivos poseen un módulo emisor/receptor de diseño estándar. El *display* puede conectarse a dos contadores: a uno eléctrico y a otro de gas. Es capaz de almacenar el consumo de hasta siete días. Adicionalmente, el dispositivo acepta tarjetas de tipo SD, por lo que puede albergar todos los datos de consumo que el usuario desee.

- **Integrados en sistemas de gestión de la energía o sistemas en web.** Son dispositivos de visualización que toman la información de consumo de un sistema más complejo, como por ejemplo de la infraestructura de *smart meters*. También se incluyen sistemas principalmente basados en un en-

torno web, en el que los usuarios vuelcan sus datos y comparten sus experiencias de consumo y ahorro.

Ejemplo

El Motorola 4Home Energy Management mide, mediante sensores, toda la energía en el hogar. Analiza los patrones de consumo y optimiza y mejora el uso de la energía. Monitoriza el uso de la energía supervisando cada dispositivo conectado y permite discriminar consumos en horas pico. Dispone de integración con sistemas de *smart metering*.

Figura 42. Energy Monitoring Socket 2.0



Fuente: Motorola

- **Otros visualizadores.** Son medidores destinados a mostrar al usuario el consumo específico de ciertos dispositivos del hogar, pero que no cuentan con un sistema de gestión y presentación de la información.

Figura 43. Energy Monitoring Socket 2.0



Fuente: Efergy

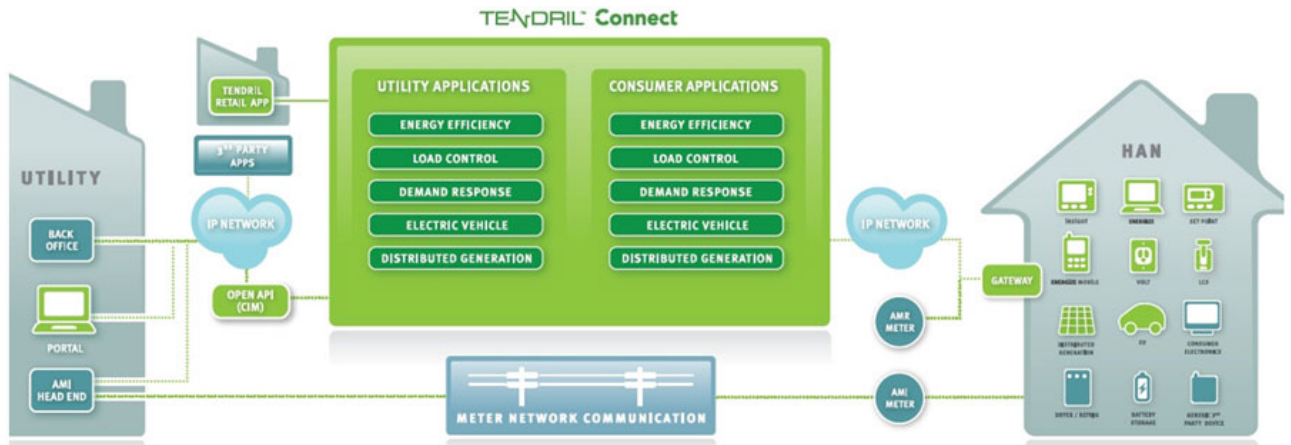
Ejemplo

El Energy Monitoring Socket de Efergy permite conectar los aparatos y evaluar su eficiencia mostrando no solo la cantidad de energía que están consumiendo, sino también el coste de su consumo. Una pantalla LCD muestra el consumo en kWh.

3) Equipos de gestión de la demanda

Para la gestión de la demanda veréis como ejemplo las aplicaciones y los equipos que propone la empresa americana Tendril.

Figura 44. Arquitectura de comunicaciones y sistemas para la gestión de la demanda.



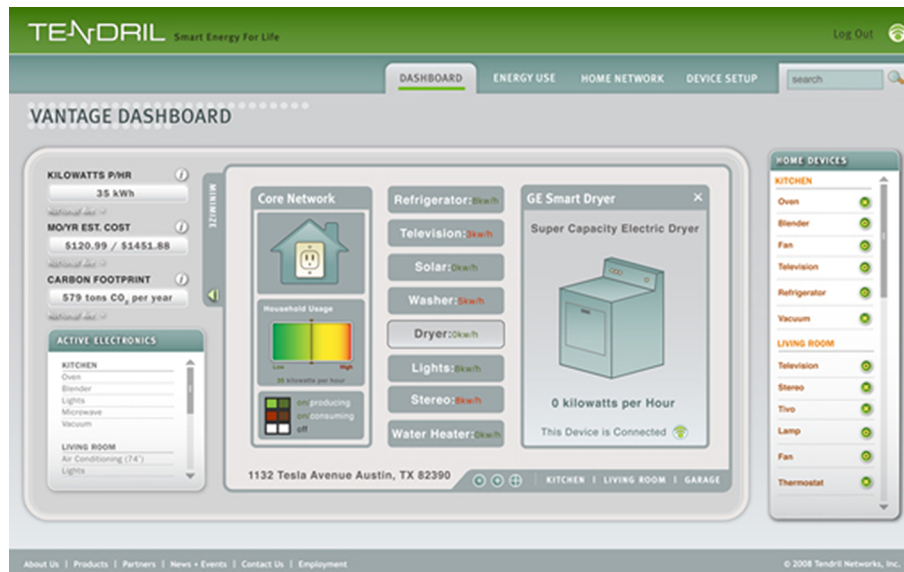
Fuente: Tendril.

El sistema de Tendril permite una gestión energética con tarifas dinámicas, una gestión de la demanda con control directo de las cargas, una pasarela residencial y un dispositivo de visualización con acceso multicanal y web 2.0. Utiliza ZigBee como protocolo de transmisión de datos dentro de la HAN. El sistema se compone de un conjunto de dispositivos hardware y servicios software, que juntos forman un *energy management system* (EMS). Esta solución permite, mediante interfaz web, la monitorización y el control en tiempo real de los diferentes dispositivos eléctricos de la vivienda. La monitorización del consumo energético también se puede realizar con un *in-homedisplay*.

El sistema obtiene los precios de la electricidad en tiempo real (vía Internet o vía la red inteligente de contadores de la distribuidora), con lo que es posible desarrollar políticas de ahorro sensibles a dicho precio. Facilita la reducción de la carga en horas punta y calcula el gasto energético a partir del contador eléctrico (conexión mediante ZigBee) de otros dispositivos similares. La comunicación se establece entre los siguientes componentes:

- **Tendril Vantage:** portal web que permite monitorizar, gestionar y controlar el consumo energético y todos los dispositivos inteligentes del hogar, así como configurar el resto de los dispositivos del sistema y crear reglas en ellos.

Figura 45. Captura de pantalla del Tendril Vantage.



Fuente: Tendril.

- **Tendril Insight:** *in-home display* que visualiza el consumo energético del hogar (en kWh y dólares).

Figura 46. In-home display Tendril Insight.



Fuente: Tendril.

- **Tendril Outlet:** contador energético de enchufe. Permite monitorizar el consumo eléctrico de un enchufe en particular y accionarlo o apagarlo.
- **Tendril Set Point:** termostato sensible no solo a la temperatura, sino también a los cambios del precio de la energía. Es capaz de gestionar cargas energéticas pico, configurables mediante reglas introducidas.
- **Tendril Ip Gateway:** dispositivo que permite conectar un hogar que no disponga de red de *smart meterings* y almacenar los datos generados por el sistema durante dos días en caso de que la conexión a Internet estuviera temporalmente fuera de servicio. Una vez restablecida la conexión, estos datos se mandarían al servidor central de la distribuidora. El sistema es compatible con la gran mayoría de los dispositivos estándares ZigBee.

47. Tendril IP Gateway.



Fuente: Tendril.

3.5. Control de la iluminación pública

En las *smart cities*, el objetivo de controlar la iluminación pública de calles, jardines y parques es proporcionar una solución de iluminación inteligente, normalmente con dispositivos de estado sólido, como diodos emisores de luz (LED⁷), con el fin de reducir el consumo de energía y controlar la intensidad lumínica de las lámparas según las horas del día y la noche o según la presencia de personas en las zonas iluminadas.

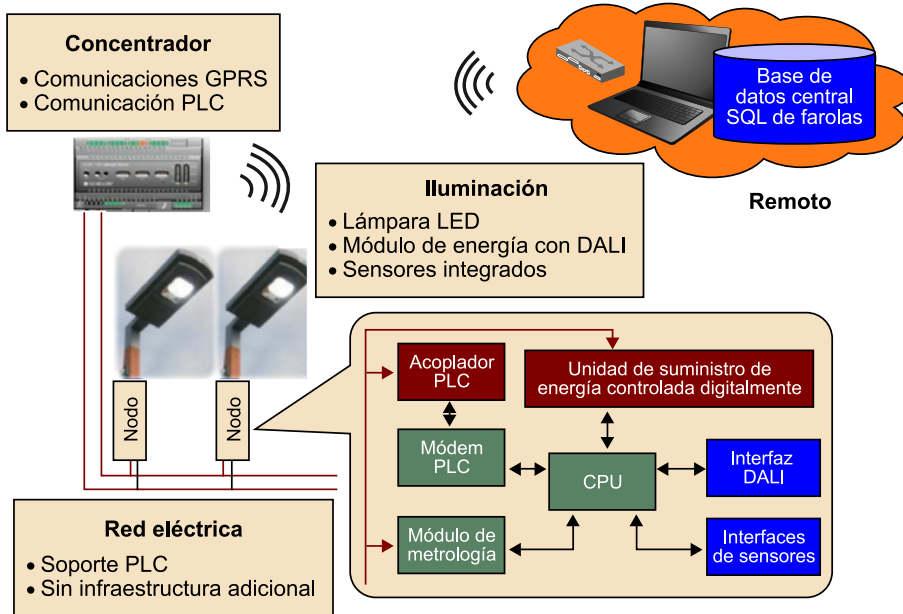
⁽⁷⁾Del inglés *light emitting diode*.

El elemento central de las soluciones existentes reside en el control activo y dinámico de la atenuación de la luz mediante el control de potencia de la luminaria. Este control se hace en función de las condiciones ambientales y gracias a un conjunto de sensores embebidos que miden la luz ambiente y la temperatura y detectan el movimiento. El tratamiento de esta información es realizada en tiempo real por la inteligencia local integrada en las luminarias, lo que permite que los diversos dispositivos instalados proporcionen una iluminación adecuada en cada ocasión y, de este modo, los ciudadanos tengan una experiencia de luz más cómoda y segura.

Los datos generados por las lámparas son enviados a un concentrador colocado en el armario eléctrico a través de un módulo de comunicación que usa las líneas eléctricas como medio físico y la tecnología PLC. El concentrador dispone de conexión GPRS a Internet, y los dispositivos son gestionados por un centro de control remoto.

Como podéis ver, la figura 48 representa de forma esquemática la arquitectura explicada en el párrafo anterior.

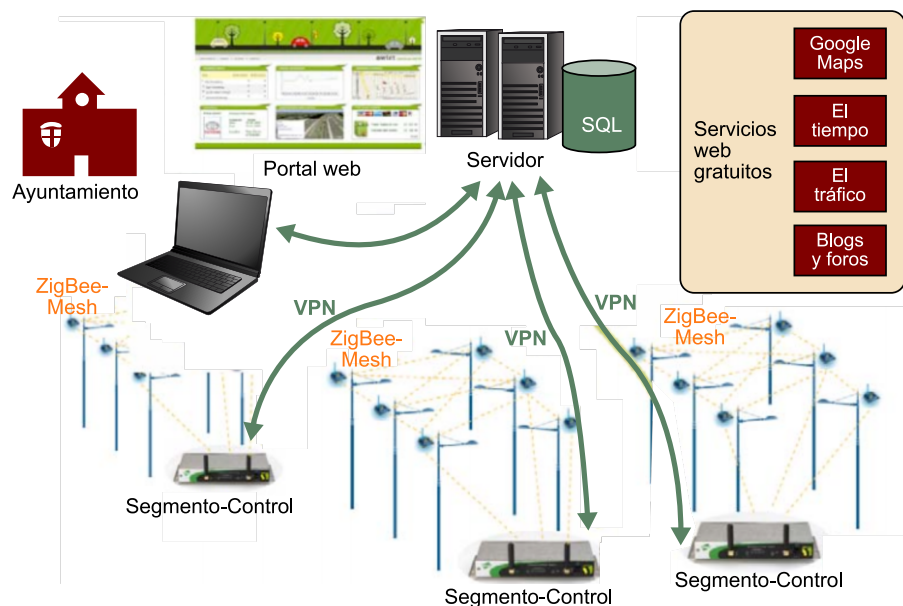
Figura 48. Arquitectura para el control de la iluminación pública basada en PLC.



DALI: Digitally addressable lighting interface.
Fuente: proyecto LITES.

También cabe la posibilidad de conectar las luminarias de forma inalámbrica utilizando para ello tecnologías como ZigBee, tal y como se muestra en la figura 49. En estos casos, la lámpara se convierte en un nodo de una red *mesh*, que puede generar informes de eventos y otros tipos de informaciones disponibles. Gracias a la red de comunicación existente, pueden enviarse comandos a una luminaria concreta, a varias o incluso a todas. La conexión también permite la recogida de información relacionada con el consumo eléctrico, vida útil de la luminaria y datos de cada lámpara.

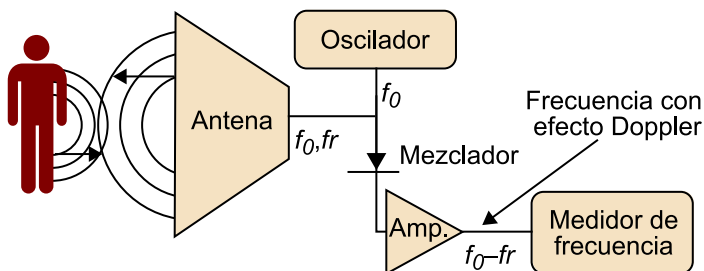
Figura 49. Piloto para el control de la iluminación pública basado en ZigBee de la ciudad de Almada (Portugal).



Fuente: Proyecto BestEnergy.

Para la detección de presencia existen varias tecnologías, que podríamos dividir en dos grandes niveles: detectores de ocupación y detectores de movimiento. Los primeros detectan la presencia de personas y objetos dentro del área monitorizada, mientras que los segundos determinan si un objeto se está desplazando. Podéis ver un ejemplo de detector de presencia en la figura 50. Su funcionamiento es muy simple: cuando las ondas emitidas por un emisor golpean un objeto, estas se reflejan de una manera difusa y pueden recibirse en un detector, lo que permite la detección de presencia o movimiento. Además, si el objeto se está moviendo, las ondas reflejadas se diferencian de las ondas emitidas de acuerdo con el efecto Doppler.

Figura 50. Detector de presencia basado en microondas.



Fuente: Proyecto LITES.

3.6. Conclusiones

Los elementos que forman parte del concepto de *smart energy* proporcionan una serie de ventajas tanto a usuarios como a empresas.

Los usuarios disponen de sistemas de información que les permiten ahorrar en su factura energética del hogar, controlar el consumo que tienen en sus viviendas, ser más eficientes en el uso de la energía, gestionar de forma remota sus consumos y, en general, poder conocer y disponer de información para poder tomar decisiones energéticamente inteligentes y sostenibles. La eficiencia en el hogar y en los edificios puede ahorrar consumos innecesarios de energía, con todas las implicaciones que ello conlleva: reducción de las emisiones de CO₂ y aprovechamiento de los activos existentes sin inversión en nuevos equipos. A lo largo del apartado, habéis visto que las tecnologías usadas en el hogar, para no invertir en obras y cableados extras, son o bien mayoritariamente inalámbricas o bien usan PLC.

Las empresas también se benefician de la implantación de sistemas inteligentes de gestión de la energía. Por un lado, obtienen beneficios económicos en la prestación de servicios y, por el otro, ahorran energía. Las empresas energéticas pueden regular la demanda de sus clientes con tarifas dinámicas gracias a los contadores inteligentes. Además, la instalación de contadores inteligentes permite una monitorización de la red que repercute de forma positiva en la obtención de datos y parámetros para su gestión. Empleando análisis de consumo, se podría aumentar la eficiencia, al identificar oportunidades para la reducción de consumos que creen puntas de demanda. Como habéis visto, los

contadores inteligentes utilizan PLC para transmitir los datos de los consumos a un concentrador, datos que después son enviados a un centro de control mediante GPRS.

Con la introducción de las *smart grids*, es posible operar en la red de forma remota y de manera automática, aplicando inteligencias que permitan minimizar las pérdidas o maximizar la integración de energías renovables.

Las administraciones también se benefician de la implantación de las TIC en las ciudades. Por ejemplo, los controles de las luminarias ayudan a ahorrar energía con un uso eficiente y adecuado de la iluminación de las calles, lo que evita gastos innecesarios. Para el control de los puntos de luz habéis visto dos soluciones con diferentes enfoques: una con el uso de comunicaciones PLC y otra mediante la creación de una red inalámbrica mallada.

En general, y como en todos los conceptos que forman una *smart city*, la sociedad y el conjunto de los ciudadanos son los que salen beneficiados de la aplicación de las TIC.

4. Smart community

El desarrollo de una *smart community* eficiente y eficaz es un requisito previo para el desarrollo de una *smart city*. Aplicaciones y tecnologías de *e-governance* deben ser capaces de abordar las cuestiones fundamentales de cómo funcionan las ciudades, cómo están organizadas y cómo se puede hacer para trabajar de manera más inteligente, con el fin de ofrecer valor a ciudadanos y empresas. Una ciudad inteligente será capaz de reunir la tecnología, la información y la visión política en un programa coherente de mejora urbana y de servicios.

El desarrollo de las *smart cities* afectará a miles de zonas urbanas en toda Europa y en todo el mundo que actualmente se encuentran en diferentes etapas de desarrollo tecnológico, político y administrativo. Estas diferencias en la madurez administrativa y tecnológica conforman y limitan la capacidad de las ciudades de ser más *smart*.

La adopción de tecnologías que hacen que las ciudades sean más inteligentes y ofrezcan un mejor servicio a los ciudadanos requiere importantes cambios organizativos y estructurales por parte de las propias ciudades y de las instituciones que trabajan ofreciendo servicios a sus habitantes.

El desarrollo de *open data* y el intercambio de datos es un requisito para el desarrollo de la administración electrónica en las ciudades inteligentes. Los datos públicos deben ser abiertos y accesibles, mediante la creación y uso de repositorios con estructuras y definiciones comunes que hagan que los datos sean consistentes en la *smart city* e incluso en el ámbito europeo.

Esto proporcionará una base estándar para que los desarrolladores de software puedan utilizar y reutilizar el contenido de la comunidad incluyendo la dirección y la información de servicios de localización, datos, mapas, información de transporte, horarios, etc.

4.1. E-services

4.1.1. Servicios de asistencia y salud

La esperanza de vida va aumentando en todos los países, lo que implica que la población mundial es cada vez mayor y que las necesidades asistenciales y de sanidad van también en aumento. En el 2050, el número de personas de más de sesenta años llegará a dos mil millones, y está previsto que la mitad de

Open data

El *open data*, o datos abiertos, es una filosofía y práctica que persigue que determinados datos estén disponibles de forma libre para todo el mundo, sin restricciones de *copyright*, patentes u otros mecanismos de control. Los datos abiertos están centrados en material no-documental como información geográfica, compuestos químicos, fórmulas matemáticas y científicas o datos médicos, entre otros.

los habitantes del mundo desarrollado vivan con al menos una enfermedad crónica de por vida, hecho que generará la necesidad de tratamientos asistenciales y médicos continuos.

En los estudios realizados sobre los servicios que la ciudadanía considera prioritarios, la atención médica está siempre en las primeras posiciones. Dentro de este ámbito, la investigación en nuevas soluciones TIC para personas mayores, personas con enfermedades crónicas o asistencia mediante el uso de dispositivos móviles, entre otros, han de desempeñar un papel clave en las ciudades inteligentes del futuro.

Se espera que un mejor uso de las TIC en los servicios médicos y asistenciales pueda generar nuevos modelos de atención que beneficien a usuarios, empresas y administraciones.

Como ejemplo de ello, podemos destacar:

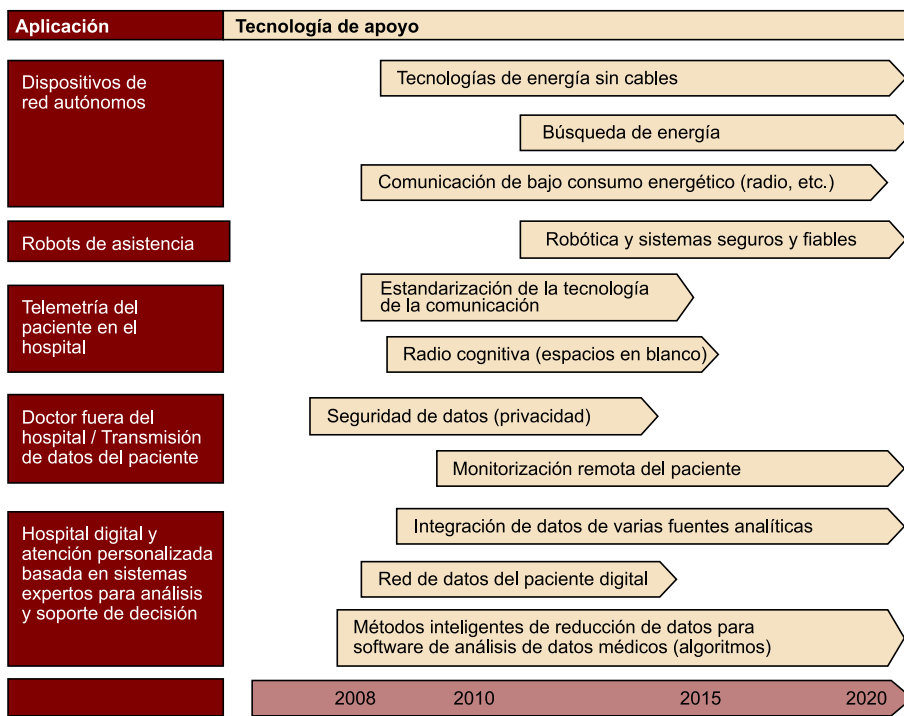
- **Una mejor calidad de vida de las personas mayores y sus familiares:** la localización geográfica y el posicionamiento permiten a las personas de edad avanzada conocer la ubicación de las personas y lugares que son importantes para ellos, como amigos, familiares y centros asistenciales. Los servicios basados en estos sistemas aumentarán la calidad de vida de la gente y su actividad física y social.
- **Aumento del uso de aplicaciones de redes sociales:** en la actualidad, las personas mayores no están familiarizadas con la tecnología ni con el uso de las redes sociales, y lo perciben con desconfianza. Por lo tanto, las TIC se perfilan como una excelente oportunidad para incrementar los contactos sociales y reducir la sensación de aislamiento.
- **Personalización de ayuda a domicilio para personas dependientes:** se trata de proporcionar un sistema integrado de asistencia, en el que se dé un soporte funcional y psicológico a personas que merezcan especial atención.
- **Nuevas oportunidades de negocio para empresas privadas y proveedores de servicios:** mediante el uso de sistemas de información geográfica para dar soporte a los servicios necesarios para las personas dependientes, las empresas privadas y los servicios públicos pueden ofrecer servicios más personalizados, al tiempo que aumenta la confianza de los pacientes en el sistema y en las tecnologías.

El desarrollo de las TIC es una de las áreas clave para promover cambios en el sector sanitario y de servicios sociales. Las tecnologías móviles están entre las que permitirán nuevos servicios que podrán conducir a un cambio en la

manera de trabajar de las empresas del sector sanitario (incluyendo a las empresas públicas) y, en concreto, en la forma de ofrecer servicios a sus clientes. Parte de los avances esperados en este campo están recogidos en la hoja de ruta propuesta por la European Technology Platform on Smart Systems Integratio de la figura 51.

Figura 51. Hoja de ruta para la introducción de las TIC en los servicios de salud propuesto por The European Technology Platform on Smart Systems Integration.

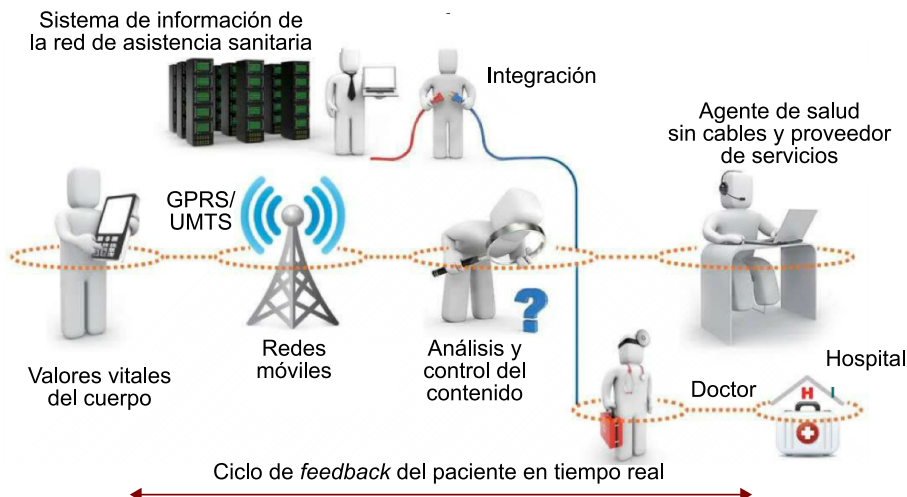
Soluciones integradas de asistencia sanitaria



Fuente: EPoS5.

Entre estas tecnologías encontraríamos sensores, redes WLAN, uso de satélites y sistemas basados en comunicaciones celulares como el M2M. Los biosensores y otras tecnologías médicas reducirán sus costes drásticamente a medio plazo, y podrán conducir a una autodiagnos de los pacientes en su propio domicilio. Podéis ver un ejemplo de arquitectura TIC para estos servicios en la figura 52. Además, los recientes avances en el tratamiento de la imagen y la transmisión inalámbrica de vídeo para la realización de diagnósticos remotos ayudarán a la realización de diagnósticos en línea.

Figura 52. Arquitectura de servicios de salud propuesta por Ericsson.



Fuente: Ericsson.

Las recientes tecnologías de banda ancha de acceso inalámbrico, incluyendo Wi-MAX, UMTS y LTE⁽⁸⁾, permiten un mayor ancho de banda, lo cual proporciona los medios adecuados para hacer telemedicina con aplicaciones avanzadas y seguras, manteniendo además los niveles de calidad exigidos. La explotación adecuada de las nuevas tecnologías y el desarrollo de herramientas a medida para la compresión de vídeo y la transmisión sobre estos sistemas son algunos de los principales retos en esta área. La tendencia hacia diagnóstico con imágenes digitales 3D va a requerir incluso mayores necesidades de ancho de banda.

⁽⁸⁾Del inglés *long term evolution*.

4.1.2. E-administración

La administración electrónica o e-administración consiste en ofrecer todos los servicios que los organismos públicos actualmente ofertan de manera presencial pero de una forma electrónica y vía Internet. Para ello es necesario la introducción de las TIC en la administración para abarcar dos áreas principales: una que involucra la parte interna de funcionamiento de las oficinas y otra que afecta a la parte externa, que está en contacto con los ciudadanos, con el objetivo de crear una ventanilla única a través de la cual puedan gestionar todos los asuntos relacionados con la administración.

El desarrollo de la administración electrónica como pieza clave para la modernización de los servicios públicos requiere que las administraciones compartan información y trabajen de manera coordinada, y para ello es necesaria una red de comunicaciones interconectada.

Un ejemplo de ello es la red SARA (sistema de aplicaciones y redes para las administraciones). La red SARA es un conjunto de infraestructuras tecnológicas que permiten la interconexión entre sí de las administraciones públicas, lo que facilita el intercambio de información y servicios entre ellas.

La red SARA está diseñada con tecnología VPLS⁹ y también implementa medidas de seguridad como el establecimiento de VPN, en las que el tráfico circula cifrado.

⁽⁹⁾Del inglés *virtual private LAN services*.

Otro ejemplo son los servicios a los que se puede acceder con el DNI electrónico. Este DNI pasa de documento convencional a tarjeta inteligente, con dos certificados electrónicos: uno para autenticación y otro para firma electrónica, que permite firmar documentos con el mismo valor legal que la firma manuscrita.

4.2. Servicios de gestión ambiental

En las grandes ciudades, muchos de los servicios que actualmente se prestan se podrían llevar a cabo de forma más eficiente con la implantación de sensores, sistemas y comunicaciones adecuadas; en otras palabras, introduciendo inteligencia en los procesos.

Esto permitiría a las administraciones optimizar recursos, ahorrar costes y mejorar la calidad de los servicios.

Destacamos en este subapartado 2 soluciones destinadas a mejorar las eficiencias en la gestión ambiental y de residuos.

Por una parte, la instalación de sensores en contenedores de basuras (véase figura 53) permite gestionar la recogida y vaciado de los contenedores solo cuando están llenos. Mediante estos sensores, basados en ultrasonidos, se puede calcular si el contenedor está próximo a llenarse o todavía tiene capacidad para dar servicio.

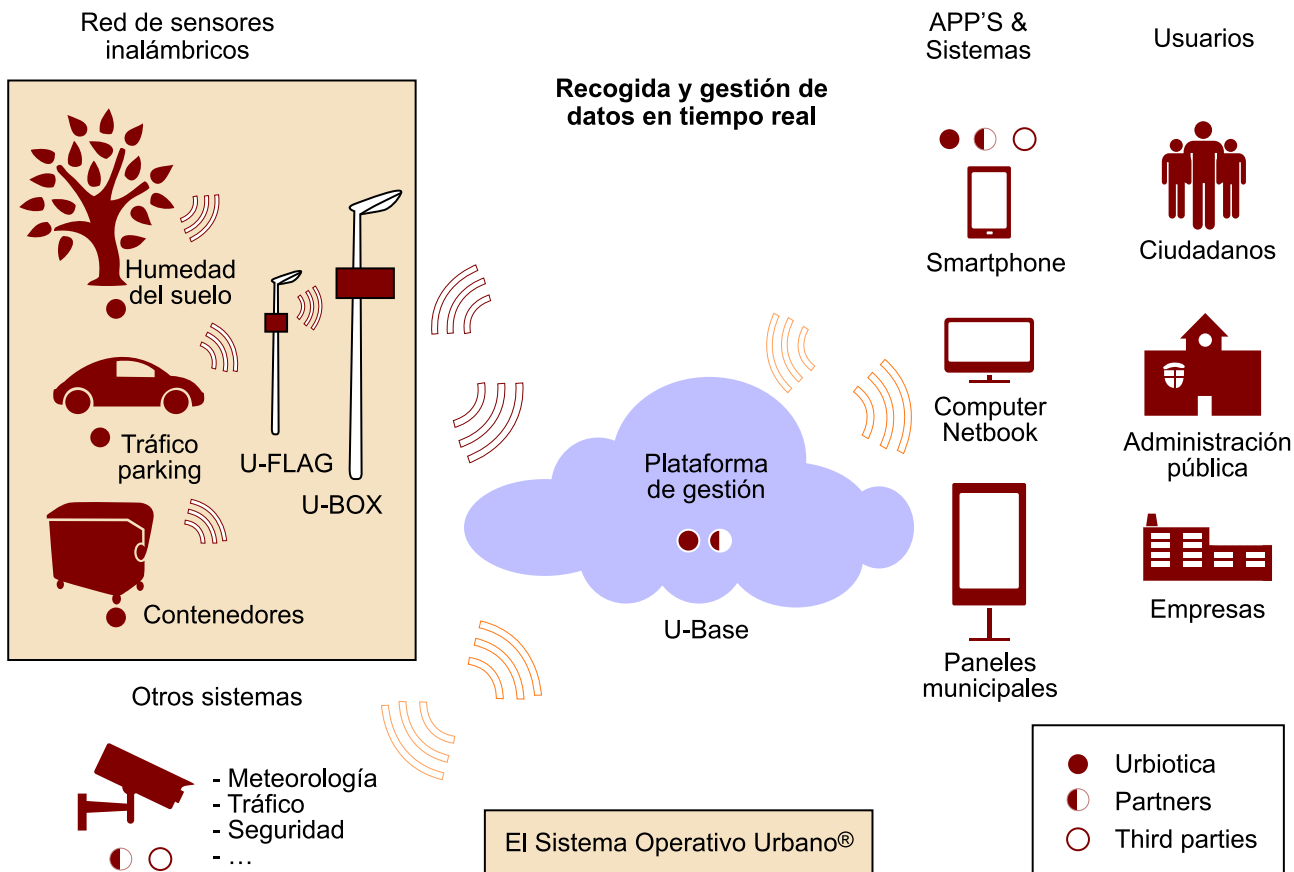
Figura 53. Sensor de Urbiotica instalado en un contenedor de papel.



Fuente: Urbiotica.

Por lo tanto, los camiones de recogida solo pasarán por los contenedores que haya que vaciar. De este modo, se ahorra en viajes innecesarios, horas improductivas y en combustible, lo cual implica una reducción también de CO₂. Al mismo tiempo, se consigue una disminución de la contaminación acústica generada por las recogidas, lo cual repercute en una mejora de la calidad de vida para los ciudadanos. Además, con los datos recogidos por los sensores, se pueden generar informes estadísticos de uso para optimizar las rutas de recogida.

Figura 54. Arquitectura de comunicaciones usada por la empresa Urbiotica.



Fuente: Urbiotica.

En la Figura 54, podéis observar la arquitectura de comunicaciones propuesta por la empresa Urbiotica para la gestión de los contenedores y la recepción de los datos generados por los sensores. Las redes de sensores captan la información en tiempo real. Estos datos son transmitidos vía *wireless* a los elementos de comunicación instalados en el mobiliario urbano.

Un enrutador (U-Flag, véase figura 55) es el encargado de recoger la información de los sensores, y posteriormente los transmite a un concentrador (U-Box) utilizando un protocolo propio desarrollado por Urbiotica que optimiza la vida útil de las baterías. A su vez envían todos los datos a la plataforma de gestión mediante ZigBee, WiFi o GPRS. En la plataforma, los datos son convertidos en información útil en tiempo real, y posteriormente es almacenada y puesta a disposición de los sistemas informáticos y de aplicaciones externas. Este sistema de gestión de residuos se encuentra instalado en el distrito 22@ de Barcelona.

Figura 55. Enrutador U-Flag instalado en el mobiliario urbano.



Fuente: Urbiotica.

Otra aplicación que utiliza la misma arquitectura de sensores distribuidos y que puede establecer sinergias con los mismos elementos de transmisión de datos ya instalados, como los explicados en el anterior párrafo, es el uso de sensores de humedad del suelo en parques y jardines, que destacamos como sistema eficiente de ahorro de recursos naturales.

Figura 56. La primera foto corresponde a un sensor de humedad enterrado en una zona ajardinada y la segunda, a una vista de perfil del mismo sensor.



Fuente: Urbiotica.

Gracias a estos sensores, se pueden programar y gestionar con mayor eficacia las necesidades de agua del césped y las plantas. Con sistemas de riego controlados, podemos usar únicamente el agua que es necesaria según el momento del día o de la estación en que nos encontremos. Por ejemplo, si estamos en una época en la que las lluvias son habituales, mediante los sensores podemos

detectar que la tierra esta húmeda y, de esta forma, evitamos abrir el sistema de riego automático. Este sistema ha sido instalado por Urbiotica en la ciudad de Sant Cugat, Barcelona.

4.3. Conclusiones

Una gran parte de los servicios que ofrecen las administraciones pueden convertirse en inteligentes con el uso adecuado de las TIC. Estos nuevos servicios facilitarán el contacto de los ciudadanos con la administración y, al mismo tiempo permitirán un ahorro de costes, ya que los procesos podrán ser más eficientes.

Habéis visto a lo largo del apartado que, en el caso de la *smart community*, el desarrollo de *open data* y el intercambio de datos son requisitos indispensables para el desarrollo de la administración electrónica en las ciudades inteligentes. Los datos públicos deben ser abiertos y accesibles, mediante la creación y uso de repositorios con estructuras y definiciones comunes.

Destacamos, por su uso intensivo e innovador de las TIC, la mejora que se puede conseguir para los ciudadanos en los servicios de asistencia y en los servicios médicos. Entre estas tecnologías encontraríamos sensores, redes WLAN, uso del satélite y sistemas basados en comunicaciones celulares como el M2M. Las aplicaciones de autodiagnos en los hogares requerirán de comunicaciones con amplios anchos de banda, capaces de soportar el envío de imágenes y vídeos de diagnosis.

Para el desarrollo de la e-administración, es necesaria la introducción de las TIC en dos áreas principales: una inversión en TIC en los procesos internos y otra que afecte a la parte externa, la que está en contacto con los ciudadanos, con el objetivo de crear una ventanilla única. Esto requiere que las administraciones compartan información y trabajen de manera coordinada, y para ello es necesaria una red de comunicaciones interconectada.

Resumen

Una *smart city* es aquella ciudad que busca la mejora de la calidad de vida de sus ciudadanos y un desarrollo sostenible, y que para conseguirlo usa las TIC como elemento básico para la definición de arquitecturas y procesos comunes que generen sistemas inteligentes en movilidad, en eficiencia energética y en capital humano.

Como habéis visto en los apartados anteriores, la arquitectura de comunicaciones para la *smart city* se basa siempre en la misma filosofía: una red de sensores distribuidos que se encargan de captar la información necesaria; una red de concentradores que reciben los datos de estos sensores y que los envían a centros de control, que disponen de una capacidad de almacenamiento y de análisis de la información recibida; y, finalmente, con la información proveniente de este análisis, se ofrecen los servicios a los ciudadanos. Un ejemplo de ello son los sensores para la gestión de los residuos urbanos: disponemos de una red de sensores distribuidos que captan la información del estado de saturación del contenedor. Estos datos son enviados, mediante equipos de comunicación, a un centro de control, que los analiza y, posteriormente, optimiza los servicios de recogida.

En el caso del control de luminarias, el control de la red eléctrica y en gran parte de los ejemplos que hemos ido viendo en el módulo, la estructura es la misma. Cambia el medio físico o la tecnología de transmisión porque los requerimientos son diferentes, pero todos se basan en el mismo proceso, formado por captación, envío, análisis y ofrecimiento de servicios.

En el apartado "*Smart mobility*" habéis estudiado cómo las TIC ayudan a crear una movilidad inteligente, donde los VE tienen un papel clave. El VE reduce las emisiones de CO₂ respecto a un vehículo de gasolina y, además, permite la integración de mayor energía renovable en la red eléctrica. Para ello necesitamos que el VE disponga de comunicaciones para poder controlar su carga y conocer parámetros internos del vehículo, como el estado de la batería. Igualmente, si queremos recargar nuestro vehículo en un punto de recarga público, necesitaremos sistemas capaces de validarnos como usuarios de confianza, por lo que tendremos que disponer de sistemas de identificación que envíen los datos a los sistemas centrales y comprueben si pueden darnos acceso a la energía o no.

Una movilidad más sostenible también se consigue gestionando y facilitando el aparcamiento en las ciudades mediante sensores, paneles y aplicaciones para dispositivos móviles que nos indiquen las plazas libres próximas al lugar donde nos encontramos.

En el apartado “Smart energy” habéis estudiado los aspectos relacionados con la gestión y consumo de energía centrándose en conseguir los siguientes objetivos: un uso eficiente de la energía en los hogares, edificios y ciudades; la integración de energías renovables distribuidas; la gestión de la demanda y la producción de energía, y la monitorización y gestión de la red eléctrica.

Los contadores inteligentes resultan un elemento clave de las *smart grids*, así como la compleja infraestructura de comunicaciones necesaria para poder gestionarlos. Los contadores inteligentes nos permiten tarifificar por franjas horarias, realizar medidas de calidad o enviar información de consumos, entre otros.

Habéis comprobado que las TIC nos permiten el control, la monitorización y la gestión de los consumos internos en los hogares y edificios, por ejemplo desplazando los consumos de horas pico a horas valle, lo que permite una mejora de la eficiencia energética y un ahorro en la factura. En los hogares, las tecnologías de comunicaciones inalámbricas de bajo consumo se presentan como la solución ideal para comunicar los dispositivos inteligentes.

La eficiencia energética no solo se consigue en hogares y edificios, sino que también es posible trasladarla al mayor gasto energético de las ciudades: la iluminación de las calles. Con la instalación de sensores de presencia y equipos de comunicación que permiten un control individual de las luminarias, se puede modificar la intensidad lumínica de las lámparas adaptándola a las necesidades del momento.

Finalmente, en el apartado “Smart community”, habéis estudiado algunos de los servicios que las administraciones, mediante el uso de las TIC, pueden ofrecer a los ciudadanos para que estos ganen en atención y en rapidez. Entre ellos estarían la creación de una ventanilla única de contacto para procesos administrativos, la prestación de servicios asistenciales a distancia y, en un futuro, la asistencia sanitaria en línea.

También resulta posible gestionar el uso de los recursos naturales, como por ejemplo en el control del agua usada para regar parques y jardines. Habéis visto que, gracias a la instalación de sensores de humedad y una infraestructura de comunicaciones apropiada, podemos controlar exactamente la cantidad de agua que necesitan las plantas y ahorrar en un bien tan valioso.

Abreviaturas

- ADA** *advanced distribution automation*
- AES** *advanced encryption standard*
- BPSK** *binary phase shift keying*
- BT** baja tensión
- CAN** *controller area network*
- CCTV** circuito cerrado de televisión
- DALI** *digitally addressable lighting interface*
- DER** *distributed energy resources*
- DSO** *distribution system operator*
- EMS** *energy management system*
- EPRI** Electronic Power Research Institute
- EVSE** *electric vehicle supply equipment*
- FTTH** *fiber to the home*
- G4V** *grid for vehicles*
- HAN** *home area network*
- ICE** *internal combustion engine* (motor de combustión interna)
- IDAE** Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
- IEC** International Electrotechnical Commission
- LED** *light emitting diode*
- LTE** *long term evolution*
- M2M** *machine to machine*
- MT** media tensión
- NFC** near field communications
- NIST:** National Institute of Standards and Technology
- OFDM** *orthogonal frequency-division multiplexing*
- PLC** *power line communications*
- PWM** *pulse with modulation*
- SARA** sistema de aplicaciones y redes para las administraciones
- TIC** tecnologías de la información y la comunicación
- TSO** *transmission system operator*
- VE** vehículo eléctrico
- VPLS** *virtual private LAN services*
- VPN** *virtual private networks*
- WAN** *wide area network*

Bibliografía

Conceptos generales de *smart cities*

“Mapa Tecnológico, Ciudades inteligentes” (abril 2012). IDAE. [En línea]. http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_Borrador_Smart_Cities_18_Abril_2012_b97f8b15.pdf.

<http://www.smart-systems-integration.org>

“Internet of Things in 2020, a Roadmap for the Future” (2008). European Technology Platform on Smart Systems Integration (EPoSS).

“Strategic Research Agenda” (2009). European Technology Platform on Smart Systems Integration.

<http://www.smartcitymalaga.es/>

<http://smartcity.santcugat.cat/>

<http://www.smartsantander.eu/>

<http://www.smart-cities.eu/>

<http://www.smartcities.info>

http://www.cisco.com/web/strategy/docs/scc/whitepaper_cisco_scc_idc.pdf

<http://www.tv3.cat/videos/3940050/Gestio-intelligent-a-Sant-Cugat-del-Valles>

<http://www.rtve.es/noticias/20120210/informe-semanal-ciudades-que-piensan/497293.shtml>

Smart mobility

<http://www.endesavehiculoelectrico.com/vehiculo-electrico/recarga/modos-de-recarga>

<http://www.chademo.com>

<http://www.g4v.eu>

<http://www.greenemotion-project.eu/>

Smart energy

“Report to NIST on the Smart Grid Interoperability Standards Roadmap”. [En línea]. http://energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/Report_to_NIST_August10_2.pdf

http://externo.canalendesatv/index_eng.php?MetaDataID=16334&idioma=eng

<http://www.openmeter.com/>

<http://www.metersandmore.com/>

http://www.cisco.com/web/strategy/docs/energy/gridblocks_ref_model.pdf

<http://www.lites-project.eu/>

<http://www.bestenergyproject.eu/>

Smart community

<http://www.urbiotica.com>

“Open Data Handbook”. [En línea]. <http://opendatahandbook.org/>