

Implementation of elements of sustainability applied to the modernization of productive areas: Spain, a case of technological deficiency in southern Europe

Carlos Turón-R. & Jordi Gomis-S.

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria, Universitat Rovira i Virgili, España. carlos.turon@urv.cat, jordi.gomis@urv.cat

Received: June 09th, de 2016. Received in revised form: February 18th, 2017. Accepted: July 31th, 2017

Abstract

The modernization of productive areas -industrial estates, technology and logistics parks, etc.-, involves the need to incorporate solutions that provide them with greater sustainability. The specificities of these areas, such as their high energy consumption or significant water intake, means that their implementation requires the adoption of measures that reduce the impact on the environment, contributing to the concept of a sustainable productive area. The implementation of renewable energies and Smart Grids, the improved water cycle and the introduction of robotics are solutions that enable making these spaces more sustainable in the field of infrastructures. This article analyses and verifies their implementation in a significantly important industrial area of Spain, ultimately concluding that such elements are scarcely implemented in productive areas.

Key words: productive area; urban infrastructure; sustainability; civil engineering.

Implantación de elementos de sostenibilidad aplicados a la modernización de áreas productivas: España, un caso deficitario en la Europa del sur

Resumen

La modernización de las áreas productivas -parques industriales, logísticos, tecnológicos, etc.-, comporta, desde la óptica urbanística, la oportunidad de incorporar soluciones que aporten una mejor sostenibilidad de las mismas. Las especificidades de dichos espacios, como son sus consumos energéticos elevados o las importantes necesidades de agua, hacen que su implantación requiera de la adopción de medidas que minoren la afectación sobre el medio ambiente, contribuyendo al concepto de área productiva sostenible. La introducción de las energías renovables y las Smart Grids, la mejora del ciclo del agua y la aplicación de la robótica son soluciones que en el ámbito de las infraestructuras urbanas permiten hacer más sostenibles estos espacios. El presente artículo analiza y comprueba su implantación en un entorno industrial significativamente relevante de España, concluyéndose como resultado final la escasa incorporación de dichos elementos en las áreas productivas.

Palabras clave: área productiva; infraestructuras urbanas; sostenibilidad; ingeniería civil.

1. Introducción

En el territorio español, la industrialización se produjo más tarde que en gran parte del territorio europeo, consecuencia de la inestabilidad económica y social producida por la guerra civil. Esta tardía industrialización provoca que las primeras áreas productivas, tal y como las

conocemos – *polígonos industriales* -, no aparezcan hasta la segunda mitad del siglo XX.

La configuración actual de las áreas productivas corresponde a un modelo que se ha repetido desde su creación, que, en parte (no para todos los sectores, no para todas las situaciones) está obsoleto en aspectos clave como su localización y los patrones de diseño y gestión, y que el

How to cite: Turón R, C. and Gomis S, J., Implantación de elementos de sostenibilidad aplicados a la modernización de áreas productivas: España, un caso deficitario en la Europa del Sur. DYNA, 84(202), pp. 190-198, September, 2017.

deterioro de algunas de estas áreas se deriva de su propia concepción. De hecho, una buena parte de las iniciativas de regeneración de áreas productivas tienen por objetivo revertir el proceso de segregación y especialización, introduciendo funciones que incrementen la variedad de uso y la complejidad, demandando una vida más variada similar a la que ofrece la ciudad. [1]

Después de más de 50 años, las actuaciones de regeneración y rehabilitación de dichas áreas han sido escasas, observando en muchos casos un estado de deterioro y una falta de innovación urbanística. Esta dejadez hacia las áreas productivas, que, históricamente han sido instaladas en terrenos de bajo coste y condenadas al envejecimiento por su uso y desgaste, es un claro indicativo de la necesidad de modernización y regeneración de las mismas.

La necesaria modernización de las áreas productivas, presenta unas consideraciones especiales motivadas por sus requerimientos de funcionamiento. Desde la óptica de sus infraestructuras y redes de servicios se debe contribuir a que dichas implantaciones sean medioambientalmente sostenibles como cualquier otra actuación urbanística.

El proceso de regeneración de las áreas productivas es un proceso continuo y permanente en el tiempo, por lo que se pueden diferenciar los siguientes tipos de actuación [1]:

- Actualización / reurbanización: cuando se trata simplemente (o casi) de reconducir el estado del polígono a la situación inicial en cuanto a la funcionalidad de sus infraestructuras.
- Actualización / modernización: cuando se trata de subir el nivel del área industrial con mejoras de servicios, nuevas infraestructuras y una imagen renovada.
- Regeneración: cuando la intervención va más allá e implica transformaciones en la propia estructura del polígono y sus usos.
- Remodelación: cuando el área ha perdido su función original y es necesario la sustitución de usos.

Este artículo se centra en la modernización de las áreas productivas de manera que sean medioambientalmente más sostenibles y atractivas para las empresas y el consumidor. Teniendo en cuenta que la sostenibilidad en un área productiva se traduce en un retorno económico y/o una reducción en el impacto ambiental, además de la creciente concienciación social respecto al medio ambiente, hace que su aplicación en las áreas productivas no sea un tema trivial.

La modernización de las áreas productivas mediante la implantación de soluciones que mejoren la sostenibilidad, no sólo se produce por la incorporación de nuevas tecnologías, sino también por la incorporación de nuevos preceptos. Así por ejemplo, el uso del agua de lluvia para el riego de las zonas verdes es una cuestión conceptual y no viene condicionado por disponer de una tecnología especial, simplemente es un planteamiento que prioriza una inversión directa menor, resolviéndose en la mayoría de ocasiones desde la propia red de abastecimiento de agua.

Existe una gran diversidad de ejemplos donde se observan criterios de poca eficiencia, como el caso del funcionamiento del alumbrado público de sus calles durante toda la noche, cuando no circula ningún vehículo ni peatón, aludiendo a términos de seguridad; o el dimensionado de una canalización de drenaje para el agua que va a transportar una

vez cada 500 años, funcionando el resto del tiempo de manera incorrecta y sobredimensionada, comportando así una inversión excesiva al no contemplar alternativas de diseño conceptualmente adaptables a episodios de grandes crecidas.

Las consecuencias son muchas, todas ellas teñidas de despilfarro y de una inconsciente ignorancia de su alto coste en términos económicos y ecológicos. En definitiva, se ha caminado hacia un urbanismo contrario a los preceptos que marca el concepto de la sostenibilidad.

Se pueden establecer propuestas en la modernización de las redes de servicios a fin de maximizar su eficacia y contribuir a la mejora de la sostenibilidad de la urbanización, destacando por sus beneficios medioambientales [2]:

- Introducción de la generación de energías alternativas para autoconsumo del área productiva.
- Ahorro energético con niveles de iluminación diferenciados por espacios y horas.
- Reutilización de las aguas de lluvia.
- Tecnificación de las redes, a fin de mejorar la prestación de los servicios urbanos y la sostenibilidad social y medioambiental de estos servicios.

Estas propuestas permiten sentar las bases para un desarrollo urbanístico sostenible en la modernización de las áreas productivas [3], y es a partir de ellas que se ha comprobado el potencial de mejora en términos de sostenibilidad de las áreas productivas de España, y desde la óptica de las infraestructuras urbanas.

2. Metodología

La concreción de los diversos elementos de sostenibilidad posibles de introducir en las infraestructuras urbanísticas de las áreas productivas ha sido el punto de inicio del presente trabajo. Del conjunto de criterios de sostenibilidad que establece la metodología verde [4] – metodología que evalúa la reducción de los impactos del edificio y su emplazamiento por la implementación de medidas, tanto en estrategias de diseño como en factores de rendimiento-, se ha sintetizado la investigación en las medidas y estrategias referentes a la generación de energías renovables (Criterio B.11), y la retención de aguas de lluvia para su reutilización (Criterio C.15). Además, se ha estudiado la implantación de sistemas urbóticos que permiten una mejor gestión de las redes favoreciendo la eficiencia energética (Criterio B.9), el menor consumo de agua (Criterio C.14) y, una optimización de las redes.

Una vez determinados los elementos objeto de estudio para los diferentes tipos de actuación, se propone la comprobación de su implantación en las áreas productivas de España y por tanto el potencial de mejora de las mismas. Atendiendo al diseño de éstas y a la similitud de normativas existentes en el ámbito de las infraestructuras urbanas entre las distintas regiones y provincias, se ha elegido una muestra representativa de 20 áreas productivas - superficie total 600 ha.-, situadas en un entorno industrial con epicentro el Polígono Industrial Petroquímico de Tarragona -al sur de Barcelona-, el cual constituye el polo estratégico más importante de la industria petroquímica del sur de Europa.

La muestra se ha realizado de manera aleatoria y a partir de ella se han categorizado dichas áreas productivas según cuatro criterios:

- Naturaleza jurídica del promotor: público (ayuntamientos, administraciones regionales y empresas públicas), o privado (empresas promotoras y asociaciones de propietarios) La muestra consta de 11 áreas públicas y 9 áreas privadas.
- Tamaño de las superficies ocupadas clasificándose en tres tipos: áreas productivas grandes (>500.000 m²), medianas (entre 100.000 m² y 500.000 m²), y pequeñas (<100.000 m²). La muestra consta de 3 áreas grandes, 12 áreas medianas y 5 áreas pequeñas.
- Tamaño dominante de la subdivisión parcelaria: áreas con predominio de grandes parcelas (>6.000 m²), áreas con predominio de parcelas pequeñas (<6.000 m²) y áreas con disponibilidad de parcelas de superficies variadas (mixtas). La muestra consta de 8 parcelas pequeñas, 8 parcelas grandes y 4 parcelas mixtas.
- Distintas especializaciones en las actividades de las áreas productivas: polígonos industriales, parques tecnológicos, parques empresariales, etc. La muestra consta de 12 polígonos industriales, 1 parque tecnológico y 5 sectores de actividades económicas.

En algunos casos se ha detectado una transformación de la especialización prevista inicialmente con el paso del tiempo. Es el caso del Polígono Industrial de Constantí [5], donde la especialización inicial prevista para actividades logísticas, ha ido menguando y hoy en día dichas actividades no superan ya el 60 % del área.

El análisis se ha realizado comprobando las características de sus infraestructuras diseñadas a partir de la revisión de los proyectos técnicos de urbanización redactados en cada caso. Paralelamente se ha comprobado la realidad actual de dichas áreas: grado de ocupación, tipo de actividades que se desarrollan, grado de conservación y mantenimiento, calidad medioambiental, determinación del grado de uso de las infraestructuras que en su día se equipó cada área productiva, y por último, existencia de nuevas soluciones que hayan mejorado su sostenibilidad.

3. Elementos de sostenibilidad

Con el fin de conseguir que la implantación urbanística de las áreas productivas sea sostenible debe actuarse desde diversas vertientes del urbanismo. Concretamente desde la óptica de sus infraestructuras y redes de servicios, tanto en el diseño, funcionalidad y dimensionado de las redes, se pueden aportar soluciones de tipo tecnológico y conceptual que contribuyan a su sostenibilidad ambiental. Obtener un crecimiento económico sin perder de vista la protección del medio ambiente son las bases de la ecología industrial [6].

Este artículo estudia las estrategias que permiten reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y a su vez generan un crecimiento económico. De entre el amplio rango de “mejoras sostenibles” se ha decidido focalizar la investigación en aquellas cuya instalación es viable en áreas productivas ya operativas, generan un crecimiento económico y generan una reducción considerable en la cantidad de gases emitidos. En concreto se ha estudiado la producción de energías renovables (solar y eólica), reaprovechamiento de agua y diversas medidas con relación a la eficiencia energética.

A lo largo del artículo se estiman las aportaciones medioambientales, en términos de kg de CO₂ no emitidos a la atmosfera, de todas las acciones estudiadas tomando como marco de referencia las condiciones ambientales de la zona (Tarragona).

3.1. Generación de energías renovables

Los problemas medioambientales, unidos al creciente precio del petróleo están derivando en un incremento en la producción y comercialización de energía limpia. La irrupción de las energías renovables, con un constante descenso en los costes, ha cambiado notablemente los flujos de energía en las redes eléctricas. Ahora los usuarios no sólo consumen sino que también producen electricidad a través de la misma red, por tanto, el flujo de energía es ahora bidireccional.

Paralelamente se está produciendo un continuo incremento de los costes de la energía eléctrica generada, transportada, distribuida y comercializada bajo el modelo tradicional, a la vez que se observa una voluntad de reducir el uso de combustibles sólidos y las emisiones de gases tóxicos. Esta situación queda reflejada en la Directiva 2009/28/CE y en la legislación de los países miembros, que establece el camino de la reducción de las emisiones tóxicas con el uso creciente de fuentes de energía renovables mediante la auto generación, en un marco de generación distribuida y autoconsumo, apoyado en la implantación de microrredes (Fig. 1), como pueden ser las que corresponderían a las implantadas en las áreas productivas. Aparece así el concepto de “Smart grid” una red inteligente puede ser definida como un sistema eléctrico que usa información bidireccional, tecnologías de comunicación seguras e inteligencia computacional de una manera integrada a través de todo el espectro del sistema de generación de energía hasta los puntos de consumo [7]. En términos de energía renovable, las Smart grids, se encargan en conectar la energía producida por fuentes renovables con la red eléctrica [8].

Existen diferentes alternativas para la generación de energía “in situ”. La instalación de paneles solares fotovoltaicos es una alternativa interesante en todas las zonas con una disponibilidad solar adecuada. En las áreas productivas es relativamente fácil aprovechando los múltiples espacios libres de uso general, como son las zonas

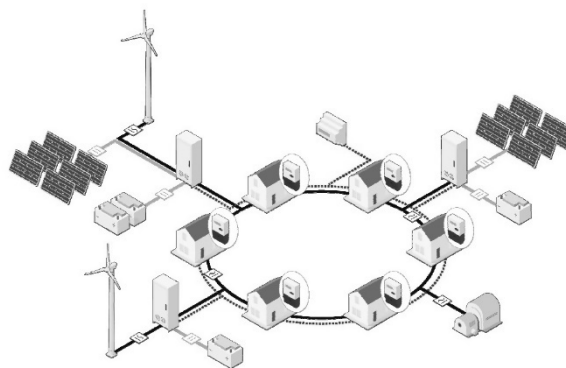


Figura 1. Esquema de una microrred.
Fuente: Tomado de [9].



Figura 2. Instalación eólica en el polígono industrial de Arinaga, Fuente: Tomado de [12].

de aparcamiento, las aceras (tipo pérgolas), o los espacios privados como son las cubiertas de las edificaciones. En las áreas productivas existen gran cantidad de espacios desaprovechados y de gran extensión que son adecuados para la implantación de estos sistemas.

La tecnología fotovoltaica permite la producción de entre 100 y 140 W/m² de energía [10]. Considerando la instalación de placas solares en un 10% de la superficie total del polígono y un factor de carga (porcentaje de tiempo en el cual el sistema funciona a lo largo de un año) del 20% (este factor de carga tiene en cuenta las horas nocturnas y los días no soleados), se genera un promedio de 2,4 kWh/km².

Esta producción de energía limpia, permite la no emisión de 0,72 kg de CO₂/(h·km²), aplicando un factor de emisión de 0,302 kg CO₂/kWh propuesto por la oficina catalana de cambio climático para la producción de energía eléctrica de carácter general [11].

Además de la energía solar, la energía eólica, en zonas climáticas adecuadas, es una buena alternativa con la instalación de turbinas eólicas en zonas verdes o espacios libres, como es el caso de la zona industrial de Arinaga –Canarias- (Fig. 2).

La instalación de generadores de electricidad por la acción del viento permite producir una gran cantidad de energía limpia en el área productiva, para el autoconsumo de los servicios comunes del polígono y de las empresas situadas en el mismo. La sustitución de las fuentes de energía convencionales por energía eólica reduce las emisiones asociadas a la producción de electricidad. La instalación de un molino de potencia 1.5 MW con factor de carga del 20% [13] se traduce en la no emisión de 90,60 kg CO₂/h. Además el impacto ecológico de estas instalaciones es muy bajo, al ubicarse en áreas industriales o de servicios.

La instalación de sistemas generadores de energía renovable es una posibilidad viable y sostenible en cualquier tipo de actuación independientemente del estado de las redes existentes, ya que se comportan como un complemento de las mismas.

3.2. Reutilización de las aguas de lluvia

Durante años la práctica habitual de drenaje urbano ha sido conducir el agua rápidamente fuera de las áreas desarrolladas. Los cauces urbanos han sido canalizados y las

alcantarillas diseñadas para recibir toda el agua de escorrentía superficial. Fruto de estas prácticas, los ríos han perdido su riqueza natural y su capacidad de respuesta ante las crecidas, mientras que los sistemas de alcantarillado se ven incapaces de absorber la cantidad de agua adicional procedente de las zonas de nuevo desarrollo urbano [14].

Frente a estos problemas surge el drenaje urbano sostenible. El agua de lluvia que cae sobre los espacios urbanizados es susceptible de reutilización puesto que se trata de agua no contaminada y fácil de recoger y conducir hacia el lugar escogido. Según las condiciones climáticas puede suponer una cantidad nada despreciable y, en todos los casos, permite el máximo aprovechamiento de un recurso valioso. Esta posibilidad conlleva beneficios tanto a nivel ecológico como a nivel paisajístico, puesto que puede utilizarse como herramienta de diseño y como instrumento de integración paisajística.

Se pueden identificar algunas opciones de reaprovechamiento de las aguas pluviales, compatibles entre sí (Fig. 3):

De todas las soluciones identificadas, cabe destacar por su interés para las áreas productivas los estanques de laminación y la infiltración superficial, pudiéndose concretar distintas soluciones técnicas [15]:

- Superficies permeables: sistemas constituidos por un volumen de material permeable situado bajo una superficie que permite el paso del agua pudiendo tratarse de césped, grava, pavimentos de bloques impermeables con huecos rellenos de césped o grava, pavimento de bloques porosos etc.
- Zanjas y depósitos de infiltración: perforaciones y trincheras rellenas de material granular que sirven para recoger y almacenar el agua de escorrentía hasta que se produce la infiltración de la misma al terreno natural (Fig. 4).

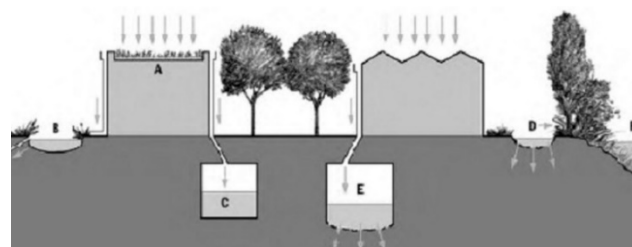


Figura 3. Esquema de reaprovechamiento de las aguas de lluvia [15]. A: Retención sobre cubierta, B: Estanque de laminación, C: Deposito de almacenamiento, D: Infiltración superficial, E: Infiltración subterránea, F: Evacuación sobre un curso fluvial.

Fuente: Tomado de [15].

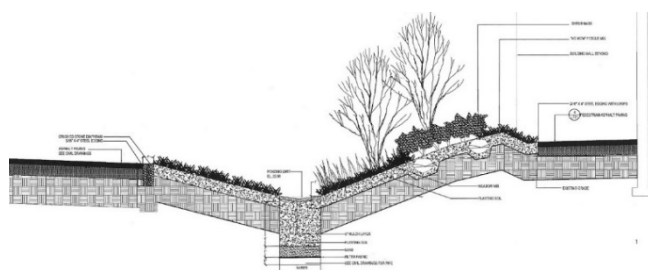


Figura 4. Propuesta de sistema de drenaje en zanja en Harvard University, Cambridge, Massachusetts

Fuente: Tomado de [15].



Figura 5. Depósito de retención en Lebario Industrie. Bolentin Deal. Rumania
Fuente: Elaboración Propia



Figura 6. Propuesta de sistema de drenaje en SW 12th Avenue Green Street, Portland, Oregon.
Fuente: Tomado de [16]

- Drenos filtrantes: zanjas recubiertas de geotextil y rellenas de grava dentro de las cuales circula el agua que proviene directamente de las superficies de drenaje de una tubería de aportación.
- Depósitos de laminación: depósitos que contienen un cierto volumen de agua de manera permanente, que es evacuado según necesidades a redes de evacuación o canales de riego (Fig. 5).
- Recogida de aguas de lluvia en superficies y creación de alcorques continuos con alimentación desde ellas (Fig. 6).

De la amplia variedad de alternativas existentes se deduce que cualquier tipo de superficie es susceptible de convertirse en un elemento recuperador de agua, las cunetas pueden ser de césped en lugar de hormigón, las zonas verdes pueden tener su estanque, cualquier franja de tierra se puede convertir en una franja filtrante. Tan sólo se necesita voluntad para obrar el cambio [17].

Las actuaciones relacionadas con el reaprovechamiento de agua son un caso especial en la rehabilitación de áreas productivas, ya que su viabilidad depende en gran medida del estado de las redes de recogida de agua, pudiéndose distinguir tres posibilidades:

- Red de evacuación de aguas unitaria y en buen estado: Este es el caso más desfavorable en cuanto a la instalación de acciones de reaprovechamiento de aguas. El hecho de que el agua, tanto pluvial como residual sea conducida por las mismas canalizaciones hace económicamente inviable la

actuación en este aspecto. La conversión de las redes de evacuación de aguas de un área industrial de unitaria a separativa es, a la práctica, casi imposible.

- Red de evacuación de aguas unitaria con necesidad de rehabilitación: En este caso, la necesidad de regeneración de la infraestructura, hace que la modificación del tipo de red de saneamiento se convierta en una alternativa. En estos casos, si se decide realizar el cambio en el tipo de red, la instalación de sistemas de recogida de agua es relativamente fácil.
- Red de evacuación de aguas separativa: La red separativa recoge las aguas “limpias” en una canalización separada, esto hace relativamente fácil la instalación de infraestructuras que permitan aprovechar el agua de lluvia en las áreas industriales.

El aprovechamiento de aguas pluviales permite reducir la huella ecológica del agua que se utiliza en el área productiva. El consumo energético estimado asociado al tratamiento de aguas pluviales es de 0.37 kWh/m^3 , mientras que el de aguas generales es de 2.5 kWh/m^3 [18], la recogida de agua de lluvia, genera una reducción en la cantidad de aguas generales que se han de tratar. Teniendo en cuenta las condiciones pluviales de la zona ($554,8 \text{ mm}$) [19], el reaprovechamiento de las aguas de lluvia se traduce en la no emisión de $0,04 \text{ kg/h de CO}_2$.

3.3. Urbótica

La aplicación de la urbótica –conjunto de las tecnologías de la electrónica, de los automatismos, de la informática y de las telecomunicaciones- en las áreas productivas permite ofrecer una mejora en el diseño y prestación de los servicios urbanos, una mejor sostenibilidad social y medioambiental de estos servicios y una gestión más eficiente de los mismos [20].

La urbótica plantea la extensión de las redes de comunicación de alta capilaridad y la implantación masiva de sensores y de actuadores, que a modo de sistema nervioso y utilizando como soporte físico el mobiliario urbano, el pavimento, el arbolado o cualquier otro elemento del espacio público, permiten incidir en la automatización y la gestión inteligente de los servicios urbanos. El resultado de la aplicación de los recursos urbóticos a las áreas productivas, haciendo un símil con la ciudad inteligente (Smart City, en la terminología anglosajona), comportaría lo que se podría denominar el área productiva inteligente (Smart Business Park).

Disponer de información en tiempo real y diferido, y de capacidad de actuación, mejora la gestión de los servicios estructurales y consigue reducir los costes de gestión y el impacto ambiental que estos generan. Redes de sensores, dispositivos de comunicación y una plataforma de gestión, forman el ecosistema tecnológico necesario para adquirir información de lo que está pasando en un entorno o espacio, almacenarla, y ponerla a disposición de gestores y usuarios mediante aplicaciones finales, existentes o de nueva creación, permitiendo actuar en tiempo real sobre el espacio urbano [21].

La aplicación de sistemas urbóticos de distribución de agua potable, electricidad y alumbrado público es aplicable a cualquier tipo de actuación independientemente del estado de

las redes del polígono en cuestión. Estos sistemas actúan como un complemento de la red, por lo que no tienen un coste de instalación elevado. Cabe hacer un comentario en los sistemas de recogida de aguas y la depuración de agua por métodos biológicos, que quedan exentos de este estudio, pero son un reto de futuro para los proyectos de nueva construcción o regeneración de áreas industriales.

3.3.1. Distribución de agua potable

El sistema de telemando y control en tiempo real (RTC) consigue un mejor funcionamiento de las instalaciones, ya que permite conocer las variables que informan del estado de la red (caudales, presiones, concentraciones de cloro libre, etc.) proporcionadas por instrumentación adecuada para garantizar su fiabilidad; conocer el estado de funcionamiento de los elementos y equipos integrados dentro de los centros de producción de agua potable y bombeo; modificar consignas de elementos que funcionen en modo automático; y maniobrar determinados elementos de operación de la red a distancia (válvulas, motores bombas, etc.).

Los datos captados en tiempo real de cada una de las estaciones remotas son recogidos, gestionados y visualizados en un Centro de Control. Además de la gestión propiamente dicha, la información obtenida permite su análisis en el caso de afecciones en el servicio; utilizar dicha información para la confección y actualización de modelos matemáticos de las redes de distribución de agua potable; realizar la gestión del mantenimiento; y asegurar la calidad y mejora continuada en la gestión de los procesos. La utilización de sistemas de lectura a distancia con utilización de contadores electrónicos que proporcionan datos extendidos es la opción que aporta un mayor valor añadido en los procesos de gestión de las redes de abastecimiento, ya que permite controlar de forma más eficiente el recurso del agua al permitir conocer cómo se realizan los consumos, así como optimizar el gasto que realizan los clientes ya que, por los datos aportados, se pueden detectar fugas y corregirlas rápidamente, fomentando el ahorro [22].

3.3.2. Suministro de energía eléctrica

El adecuado funcionamiento de las Smart Grids, viene dado por un control en tiempo real del consumo eléctrico de cada abonado, haciendo imprescindible la lectura de contadores de manera remota y transmitir esta información a un ordenador central. Para ello, es necesario disponer de contadores electrónicos que con sus funcionalidades aportan una serie de ventajas a la gestión de dichas redes: control remoto de consumo mediante el mismo cableado eléctrico que transmite la electricidad; actualización de firmware remota para incorporar nuevas funcionalidades; mayor número de parámetros medidos; control de la potencia demandada; y gestión de la conexión/desconexión del suministro, entre otras.

La utilización de contadores inteligentes permite a los consumidores recibir información sobre sus hábitos de consumo y el precio asociado de la electricidad. Con esta información, pueden modificar sus patrones de consumo, consumiendo en periodos de tiempo en los cuales el coste de la energía sea menor.

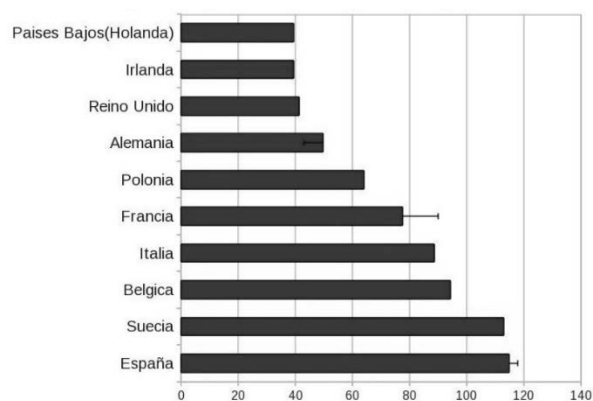


Figura 7. Gasto eléctrico en alumbrado público por habitante (kWh/año). Fuente: Tomado de [23]

Como consecuencia se espera un aumento en la eficiencia del uso de la energía, una reducción del pico de demanda (entre el 10 y 20 %), una reducción en la profundidad en los periodos de menos demanda, y un efecto positivo en la sostenibilidad mediante la reducción del coste y las emisiones de carbono [21], cuantificándose la no emisión en $0,15 \text{ kg CO}_2/(\text{h}\cdot\text{km}^2)$ [11].

3.3.3. Alumbrado público

Un aspecto muy importante a tener en cuenta en el diseño del alumbrado no solamente es el nivel de iluminación y la contaminación lumínica, sino también el coste de su mantenimiento, coste que ha tenido un valor creciente en los últimos años en España, siendo el mayor de los principales países de la Unión Europea, tal como se muestra en la Fig. 7.

La gestión mallada a distancia permite reducir la factura que se paga a la compañía suministradora en concepto de alumbrado público, consumiendo menos. A grandes rasgos consiste en instalar en cada farola un dispositivo que permite controlar la intensidad del alumbrado de cada punto de luz, bien de manera programada o en tiempo real, online. En el primer caso disminuiría en un porcentaje establecido a partir de cierta hora. Por ejemplo, a partir de medianoche las luminarias funcionarían al 40 % de su capacidad, con el consiguiente ahorro energético [24]. En el segundo, el control se ejercería desde un ordenador que permite que un operario controle directamente, en tiempo real, cada uno de los puntos de luz. Así podría reducirse en un momento determinado la intensidad luminosa de una farola y, al mismo tiempo, aumentar la de la que está justo al lado.

La reducción de potencia de las luminarias al 40% de su valor nominal en las horas nocturnas, se traduce en un ahorro de $0,5 \text{ kW/km}^2$ tomando como referencia un consumo típico de alumbrado urbano (50 W/m^2). Además la sustitución de las luminarias convencionales por nuevas luminarias tipo led causa una reducción en el consumo en un mínimo de 50%. El efecto medioambiental, no es trivial, ya que mediante la optimización energética del alumbrado público se puede reducir las emisiones en $0,26 \text{ kg CO}_2/(\text{h}\cdot\text{km}^2)$ (reducción de potencia), $0,52 \text{ kg CO}_2/(\text{h}\cdot\text{km}^2)$ (renovación de luminarias) o $0,64 \text{ kg CO}_2/(\text{h}\cdot\text{km}^2)$ (efecto combinado de la renovación de luminarias y la reducción de potencia).



Figura 8. Parque industrial IMM Slobozia (Rumania)
Fuente: Elaboración Propia

La aparición de nuevos tipos de lámparas, por ejemplo tipo LED, con mucho menor consumo y con la posibilidad de apagado-encendido inmediato, permiten nuevas posibilidades en este ámbito. Ya no es necesario que funcione el alumbrado toda la noche sino que puede tener apertura en el momento que se detecte la circulación de personas o coches por una calle, con el consiguiente ahorro efectivo e inmediato. Además, por los reducidos consumos de dichas lámparas se puede implementar su alimentación eléctrica a partir de placas fotovoltaicas instaladas en la propia columna o farola (Fig. 8).

4. Análisis y resultados

El análisis realizado se ha basado en la comprobación de la implantación de instalaciones de generación de energía renovable, la reutilización de las aguas grises y de lluvia, y en la implantación de sistemas urbóticos con fines de mejora de la sostenibilidad. Se han revisado los proyectos técnicos que en su día sirvieron de base para la ejecución de la obra, se ha comprobado el estado actual de sus infraestructuras, y el funcionamiento de cada área, obteniéndose los siguientes resultados:

4.1. Generación de energía renovable

En un 80% de las áreas productivas estudiadas existen instalaciones privadas de generación de energía renovable de origen fotovoltaico instaladas de manera mayoritaria en las cubiertas de las edificaciones, aunque con una potencia instalada irrelevante respecto a las necesidades totales. No hay ninguna instalación eólica a pesar de las buenas condiciones de viento de algunas de las localizaciones estudiadas. Por último tampoco se han aprovechado los espacios públicos para la implantación de estas instalaciones de generación de energía. De manera adicional, se ha detectado la producción de electricidad mediante pequeñas instalaciones de cogeneración en gran parte de los polígonos industriales analizados.

Cabe destacar, curiosamente, que las áreas productivas con implantación de instalaciones privadas de generación de energía renovable se mantienen, sin variaciones cuantitativas destacables o dignas de mención, en las categorizaciones que

se han establecido según la naturaleza jurídica del promotor, el tamaño de la actuación, el tamaño de la parcelación o la especialización del área productiva.

4.2. Reutilización de aguas grises y de lluvia

En este ámbito los resultados son totalmente negativos. No se ha encontrado ninguna área con algún tipo de aprovechamiento de las aguas grises o de lluvia, bien sea para riego, para abastecimiento de procesos productivos, limpieza de espacios, etc. En todos los casos las aguas grises son depuradas y llevadas a cauces de diversos tipos a igual que las aguas de lluvia. En un 15% de la muestra estudiada se han aplicado soluciones de infiltración de aguas de lluvia que permiten mantener una humidificación mínima del terreno.

4.3. Urbótica

Se dispone de sistemas urbóticos principalmente en la distribución de agua potable (60% de la muestra) con el telecontrol de las redes, y también en el alumbrado público mediante sistemas de reducción de consumo energético (100% de la muestra) basados en la reducción de flujo luminoso a partir de una determinada hora, aunque no se ha avanzado en el campo de la sustitución de luminarias con LED u otros sistemas de menor consumo y gestión más eficiente.

Por lo que afecta a los sistemas de telecontrol de redes de distribución de agua potable, estos no se vinculan con ninguna de las categorizaciones establecidas y es completamente aleatoria su implantación desde este punto de vista. No obstante sí se ha detectado su vinculación con las condiciones de urbanización exigidas por el municipio donde el área está situada territorialmente o por las compañías suministradoras.

No existen soluciones aplicadas a las redes de evacuación de aguas, a las redes de distribución de energía eléctrica. La instalación de fibra óptica como uno de los elementos de comunicaciones y apoyo a los sistemas urbóticos es inexistente.

El urbanismo de las áreas productivas ha de evolucionar para convertirlas en áreas autosuficientes y medioambientalmente sostenibles. Se han identificado mejoras en este ámbito, pero por el momento solo son actuaciones con una tasa de retorno evidente (placas fotovoltaicas, reducción de flujo luminoso).

En términos de sostenibilidad el potencial de mejora es muy elevado mediante actuaciones de modernización de las áreas industriales como la instalación de energías renovables, el reaprovechamiento del agua o los sistemas urbóticos de suministro de agua y electricidad. Iniciativas que abogan por la “neutralidad de carbono” estimulan los edificios de bajo consumo, eficiencia y producción de energías renovables. En un futuro próximo los edificios comenzaran a ser energéticamente autónomos [25]. Por su parte las empresas tienen que hacer un esfuerzo por lograr una optimización energética de sus procesos y apostar por la producción de energía limpia.

Existen gran cantidad de estrategias para reducir las emisiones de gases, cuantificándose en este artículo (apartado núm. 3 - *diversos valores indicados en cursiva*) la

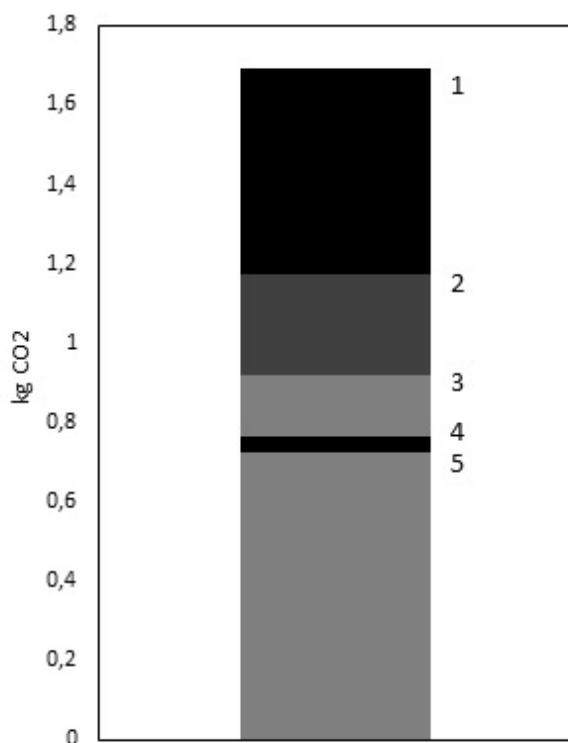


Figura 9. Reducción de emisiones de CO₂ para la sustitución de luminarias por luminarias led (1), reducción de la potencia de las luminarias (2), implantación de Smart grids (3), recuperación del agua de lluvia (4) e instalación de placas fotovoltaicas (5)

Fuente: Elaboración propia

reducción en emisiones (kgCO₂/(h·km²) producida por la instalación de placas fotovoltaicas (0,72), la instalación de turbinas eólicas (90,60), el aprovechamiento del agua de lluvia (0,04), la reducción de consumo en alumbrado público (0,26), la renovación del alumbrado público (0,52), y la implementación de redes inteligentes (0,15) tomando como referencia las condiciones climáticas de la zona objeto de estudio.

Considerando los valores del párrafo anterior se observa el alto potencial de mejora sostenible que tienen las áreas productivas de España (Fig. 9). La instalación de molinos eólicos se ha excluido de este gráfico debido a que la gran cantidad de electricidad que genera, hace que esta no pueda ser consumida exclusivamente por las áreas comunes del área industrial.

Por último volver a hacer especial hincapié en que no se han apreciado diferencias suficientemente significativas, en los resultados obtenidos de la muestra, en función de la naturaleza jurídica del promotor. Los resultados no son distintos entre las áreas productivas desarrolladas por instituciones públicas y las desarrolladas por instituciones privadas, pudiendo considerar esto un hecho especialmente relevante.

5. Conclusión

En España, los proyectos de urbanización de las áreas productivas, deben prever, de acuerdo a normativas

promulgadas básicamente en el periodo 1975 – 1980, las infraestructuras de pavimentación, red de abastecimiento de agua, red de alcantarillado, y red de distribución de energía eléctrica y alumbrado público.

Se constata que las áreas productivas se han diseñado con la previsión de estas infraestructuras obligatorias, funcionando, al cabo de años de estar operativas, de la misma manera que se diseñaron inicialmente, y no presentando ningún tipo de dinamismo en cuanto a la modificación y actualización respecto a las urbanizaciones originales, ya sea por nuevas necesidades o adaptación a cambios sociales o normativos.

A fin de mejorar la sostenibilidad de un área productiva, desde el ámbito de sus infraestructuras urbanas, existen soluciones técnicas contrastadas para cada una de las redes básicas (abastecimiento de agua, evacuación de aguas, red de distribución eléctrica y alumbrado público).

En algunos casos las soluciones técnicas son de tipo tecnológico y por tanto de aplicación reciente o futura, mientras que para otros casos son soluciones que siempre han sido aplicables pero que en la práctica se ha hecho poco uso de ellas, como es el caso de los depósitos de retención de aguas de lluvia para reducir dimensionado de canalizaciones de evacuación y a la vez aprovechar dichas aguas para otros usos.

El desarrollo o adaptación de infraestructuras, que permita una mejora de la sostenibilidad de las áreas productivas, se ha detectado como muy escaso. La mejora del ciclo del agua, la generación de energía renovable en las propias áreas, la instalación de alumbrado público con menos consumo eléctrico, la urbótica, etc., son aspectos que mediante su optimización permitirían mejorar las áreas desde el punto de vista de su funcionamiento y de mejora de la sostenibilidad, adaptándose a las nuevas realidades sociales y económicas que las empresas demandan.

En España, en general es necesario un proceso de puesta al día y mejora de las infraestructuras y de las condiciones medioambientales de las áreas productivas existentes, ya sea con el apoyo de la administración y/o de las empresas instaladas. De hecho son estas últimas, en definitiva, las que conocen los problemas del día a día y son ellas las primeras que deben ser conscientes de la importancia de tener un espacio moderno donde desarrollar la actividad económica que favorezca la aparición de economías externas.

Por último, cabe hacer una consideración sobre el concepto de espacio o área productiva actual, donde existen una serie de empresas que actúan de manera independiente, pagando unos gastos al municipio y a las empresas que explotan las redes quedando al margen completamente de los conceptos como el ahorro, la eficiencia o la sostenibilidad. La aplicación y adaptación de un concepto de gestión global de necesidades, donde todas las empresas instaladas puedan aprovechar esta nueva vertiente de sostenibilidad a modo de pequeñas Smart City, generando y consumiendo la energía eléctrica y vendiendo o comprando la sobrante en microrredes, aprovechando el agua de lluvia y la depuración de aguas grises, compartiendo servicios de vigilancia, y otros muchos servicios que se pueden hacer de manera mancomunada, permitiría mejorar rendimientos, reducir costes y convivir en un hábitat mucho más agradable.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer el apoyo financiero del Gobierno de España en la realización de este artículo (ENE2015-64117-C5-3-R).

Bibliografía

- [1] López-Groh, F., La regeneración de áreas industriales. Sepes Entidad Estatal de Suelo, 2011.
- [2] Herce, V.M. y Miró, F.J., El soporte infraestructural de la ciudad. Barcelona: Ediciones UPC, 2006.
- [3] Comissió de les Comunitats Europees. Fomentar un desarrollo urbano sostenible en Europa: Logros y oportunidades. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de la Unión Europea, 2009.
- [4] Macías, M. y García-Navarro, J., Metodología y herramienta verde para la evaluación de la sostenibilidad en edificios. Informes de la Construcción, 62(517), pp. 87-100, 2010. DOI: 10.3989/ic.08.056
- [5] El Consorci de la Zona Franca. [online]. Available at <http://www.elconsorci.net>
- [6] Ehrenfeld, J. and Gertler, N., Industrial ecology in practice: The evolution of interdependence at Kalundborg. Journal of Industrial Ecology, 1(1), pp. 67-79, 1997. DOI: 10.1162/jiec.1997.1.1.67
- [7] Block, C., Van Praet, B., Windels, T., Vermeulen, I., Dangreau, G., Overmeire, A., D'Hooge, E., Maes, T. and Van Eetvelde, G., Toward a carbon dioxide neutral industrial park. Journal of Industrial Ecology 15(4), pp. 584-596, 2011. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2011.00355.x
- [8] Gharavi, H. and Ghafari, R., Smart grid: The electric energy system of the future. Proceedings of the IEEE, 99(6), pp. 917-921, 2011. DOI: 10.1109/JPROC.2011.2124210
- [9] Lorca, J., Autoconsumo y generación distribuida. I Jornada Bio Economic Castelldefels, 2012.
- [10] Aplicaciones Técnicas de la Energía SL., [en línea]. 2009 - 2016. Available at: <http://www.atersa.com>
- [11] Oficina catalana del cambio climático. [en línea]. Available at http://canviclimatic.gencat.cat/es/reduceix_emissions/factors_demissio_associats_a_lenergia/
- [12] Una vista del polígono industrial de Arinaga. [en línea]. Available at: <http://www.laprovincia.es/economia/2008/04/27/sector-hotelerocompra-20-produccion-industrial-canarias/146747.html> revisado a 15/11/2015.
- [13] Union for the co-ordination of Transmission of Electricity, Integrating wind power in the European power systems - prerequisites for successful and organic growth, 2004.
- [14] Gómez, V.M., Curso de hidrología urbana. Barcelona: Distribuidora Alfambra de Papelería, 2008.
- [15] Busquets, F.J., In Hom, S.C., Bosch, C.J.M. and Catalunya., Buenas prácticas de paisaje: Líneas guía. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Direcció General d'Arquitectura i Paisatge, 2007.
- [16] Portland Bureau of Environmental Services. [online]. 2015. City of Portland, Oregon. Available at: <http://www.portlandonline.com/bes/index.cfm?a=123776&c=45386> revisado a 13/11/2015.
- [17] Ballester, M.F., Castro, F.D., Rodríguez, B.J. y Rodríguez, H.J., (May 01, 2005). Sistemas urbanos de drenaje sostenible (Suds). Interciencia, 30(5), pp. 255-260, 2015.
- [18] Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. [online]. 2014. Available at: <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002269/226962s.pdf>
- [19] Institut d'estadística de Catalunya. [online]. Available at: <http://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=217&lang=es>
- [20] Barberis, W., Ciudad urbótica contemporánea: Urbanística y nuevas tecnologías al servicio de la calidad del espacio y los servicios urbanos. International Conference Virtual City and Territory, 2010.
- [21] Colado, G.S., Smart city: Hacia la gestión inteligente. Barcelona: Marcombo, 2014.
- [22] Veiga R.C., Nuevas tecnologías en la gestión del agua. Uso del contador electrónico. Informe Conama 9: El reto es actuar: 9º Congreso Nacional del Medio Ambiente. Cumbre del desarrollo sostenible. Fundación CONAMA, 2009.
- [23] Sánchez-de Miguel, A. y Zamorano-Calvo, J., Mosquera-de Arancibia, A. y Almazán-González, M., El alumbrado público español, el mayor gasto eléctrico por habitante en Europa. Gabinete de Comunicación UCM, 2011.
- [24] Barón-Crespo, R., Alumbrado público y sostenibilidad. Colegio Oficial de Físicos, 2011.
- [25] Maes, T. and Van Eetvelde, G., Energy management on industrial parks in Flanders. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15, pp. 1988-2005, 2010. DOI: 10.1016/j.rser.2010.11.053

C. Turón-R., es Ing. Técnico Industrial, en 1986, por el Centro de Enseñanzas Integradas de Tarragona adscrito a la "Universitat Politècnica de Catalunya" (UPC), España, Ing. Industrial por la UPC en 1990. Dr. por la UPC en el programa de doctorado de Ingeniería Civil de la "Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports" de la UPC en 2013. Durante el período 1990-1991 es profesor en la Escuela de Ingeniería Técnica Industrial del Centro de Enseñanzas Integradas de Tarragona adscrita al UPC. Desde 1992 es profesor titular de Expresión Gráfica en la Ingeniería del departamento de Ingeniería Mecánica de la "Universitat Rovira i Virgili" (URV). Sus ámbitos de interés e investigación son la representación gráfica en la ingeniería, arquitectura, urbanismo i desarrollo regional, así como la implantación de industria y el desarrollo i sostenibilidad de las infraestructuras.

ORCID: 0000-0001-7534-1481

J. Gomis-S., es Arquitecto en 1990, por la "Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallés" de "Universitat Politècnica de Catalunya" (UPC), España. Dr. por la UPC en el programa de doctorado de Ingeniería Civil de la "Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports" de la UPC en 2012. Durante el período 1990-1991 es profesor en la Escuela de Ingeniería Técnica Industrial del Centro de Enseñanzas Integradas de Tarragona adscrita al UPC. Desde 1992 es profesor titular de Expresión Gráfica en la Ingeniería del departamento de Ingeniería Mecánica de la "Universitat Rovira i Virgili" (URV). Sus ámbitos de interés e investigación son la representación gráfica en la ingeniería, arquitectura, urbanismo i desarrollo regional, así como la implantación de industria y el desarrollo i sostenibilidad de las infraestructuras.

ORCID: 0000-0001-7779-7079