

## Diseño de un sistema eficiente de recogida de residuos que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero

Ignasi Puig Ventosa\*, Marta Jofra Sora\*, José Antonio Cabo\*\*, Niki Mavropoulou\*\*\*

La recogida de residuos ocasiona impactos ambientales relacionados con la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), además de otros efectos negativos como el ruido o la congestión del tráfico (se estima que las emisiones de GEI asociadas al sector residuos representan un 3-4% del total)<sup>1</sup>. Este servicio público, además, consume una parte muy importante del presupuesto municipal, y su correcto desarrollo está relacionado directamente con la satisfacción de los ciudadanos.

Actualmente, en la mayor parte de los municipios la recogida de residuos municipales se realiza en base a unas rutas estáticas que se diseñan sin tener en cuenta el estado de llenado en tiempo real de los contenedores. En algunos casos, como mucho, se toma información estadística histórica para modificar las rutas. Las frecuencias de recogida están predefinidas y se vacían todos los contenedores, estén o no llenos. Por otro lado, el papel de los ciudadanos (y usuarios del servicio de recogida) en el servicio es básicamente pasivo: reciben información del servicio y se les pide que colaboren, pero no interactúan con el Ayuntamiento ni con el gestor de residuos más que, en algunas ocasiones, para quejarse, lo cual genera frecuentemente una sensación de frustración y una actitud de no colaboración con la recogida.

Los sistemas inteligentes de recogida de residuos (*Intelligent Waste Collection -IWC-*) permiten optimizar la recogida de residuos para reducir su impacto ambiental y social, y aumentar la participación ciudadana. Dichos sistemas están integrados por varias tecnologías y herramientas y servicios basados en ellas, que permiten procesar datos en tiempo real.

Entre estas tecnologías se encuentran: los sistemas de posicionamiento global (GPS), la identificación por radiofrecuencia (RFID), los sensores inalámbricos y los nuevos canales de comunicación como GSM/GPRS o 3G. Dichas tecnologías se integran habitualmente en sistemas de información avanzados, sistemas de gestión de recursos empresariales (ERP) o en software de logística para procesar los datos recogidos.

\* ENT Medio Ambiente y Gestión (ipuig@ent.cat, mjofra@ent.cat) \*\* Wellness Telecom (jacabo@wtelecom.es), DWASTE (niki.mavropoulou@d-waste.com)

<sup>1</sup> Bogner, J., Pipatti, R., Hashimoto, R., Diaz, C., Mareckova, K., Diaz, L., Kjeldsen, P.S., Faaij, A., Gao, Q., Zhang, T., Ahmed, M.A., Sutamihardja, R.T.M., Gregory, R. (2008), Mitigation of global GHG emissions from waste: conclusions and strategies from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Fourth Assessment Report. Working Group III (Mitigation), Waste Management Research 26: 11-13.

En el marco del proyecto LIFE+ EWAS (<http://life-ewas.eu>) se ha desarrollado una metodología de recogida inteligente de residuos que permite optimizar las frecuencias y las rutas de recogida, y que fomenta la interacción entre ciudadanos y gestores de residuos. El proyecto está liderado por la empresa sevillana Wellness Telecom y cuenta con la participación de las consultoras ENT Medio Ambiente y Gestión (Barcelona), DWaste (Atenas), de las empresas de recogida de residuos Lipasam (Sevilla) y Dedisa (Creta) y con la Corporación de Empresas Municipales de Sevilla (CEMS).

Esta metodología integra las tecnologías siguientes:

- Sensores de llenado (hardware y elementos de comunicación) que se instalan en los contenedores para monitorizar su nivel de llenado (Imagen 1).
- Una plataforma para gestores de residuos que les permite visualizar el nivel de llenado de cada contenedor en tiempo real y que genera informes para la optimización de rutas.
- Una plataforma ciudadana que ofrece a los usuarios servicios de valor añadido relacionados con la gestión de residuos en su ciudad (como el envío directo de incidencias entre usuarios y gestores del servicio de recogida).
- Una infraestructura en la nube que ofrece servicios tanto a los gestores de residuos como a los ciudadanos (como por ejemplo la consulta del estado de llenado de los contenedores en tiempo real).

Dichas tecnologías se integran en dos plataformas:

- Una plataforma permite a los gestores de residuos monitorizar el llenado de los contenedores (Imagen 2), calcular las rutas óptimas; estimar el ahorro en combustible y en emisiones de gases de efecto invernadero; elaborar informes de seguimiento y estadísticas; monitorizar las rutas en tiempo real, y gestionar incidencias o alertas del llenado de contenedores o de vandalismos. En definitiva, pone a su disposición información que les permite tomar decisiones de cara a la mejora del servicio. Esta plataforma se alimenta de los datos proporcionados tanto por los sensores como por los ciudadanos.
- La otra plataforma permite mostrar la información a los gestores de residuos y a los ciudadanos de forma simple y rápida. Ello permite obtener información para adaptar la recogida de residuos a las necesidades reales del servicio, que se han obtenido tanto a través de los sensores como de los ciudadanos.

La arquitectura funcional de la metodología desarrollada se muestra en la Imagen 3, donde se representan los diferentes elementos y las interfaces de comunicación aplicadas entre ellos.

Los sensores, además de medir el nivel de llenado de los contenedores, están equipados para medir otros parámetros como la temperatura o las vibraciones. Además, disponen

de localizadores de posición. Los datos son reportados desde los sensores, de forma inalámbrica (mediante Wi-Fi o GPRS), a un entorno Cloud; las medidas son almacenadas en el repositorio de datos y se muestran al usuario final mediante el servicio web creado para tal efecto. Los dispositivos están diseñados para resistir condiciones meteorológicas adversas así como el limpiado de los contenedores, pues las carcasas están especialmente diseñadas para soportar un entorno exigente como es el interior de un contenedor (tienen un grado de protección IP66), además de ser ignífugas y mimetizables con el entorno (el color es elegible). Estos dispositivos son completamente autónomos, disponen de una batería que les proporciona una vida útil de hasta 10 años y son configurables de forma remota desde la plataforma web, por lo que el mantenimiento necesario es mínimo.

La plataforma web ciudadana ofrece información sobre el servicio de recogida de residuos, a través de indicadores y de mapas actualizados en tiempo real; y para usuarios registrados ofrece la posibilidad de interactuar con el gestor, enviando incidencias, solicitando la recogida de contenedores llenos o enviando comentarios.

Además, se ha desarrollado también una aplicación móvil tanto para ciudadanos como para gestores de residuos, que tiene las mismas funcionalidades que la plataforma web. Además de enviar incidencias in situ (adjuntando por ejemplo fotos geolocalizadas), los usuarios de la aplicación pueden acceder a información sobre la gestión de residuos (con la finalidad de implicarlos en la correcta separación en casa).

Como parte del proyecto, esta metodología se está implantando actualmente en Sevilla y en Chania (Creta), en colaboración con las empresas de recogida de residuos.

Con esta implantación piloto se pretende ajustar los parámetros de diseño de la metodología, de las rutas de recogida y en general de las políticas de gestión de residuos de la ciudad. Ello se llevará a cabo a través de la monitorización continua mediante una serie de indicadores de eficiencia. Se estima que con esta metodología se va a conseguir reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de la recogida en un 20%.

En la monitorización previa a la optimización de rutas, llevada a cabo en Sevilla entre los meses de febrero y mayo de 2016, mediante la cual se recogieron datos de 196 contenedores de vidrio, se constató que la frecuencia de recogida no era óptima, pues la mayoría de contenedores (un 95,4%) se estaban recogiendo con un porcentaje de llenado inferior al 60% (Tabla 1). Ello ocasiona costes innecesarios y una infrutilización del equipamiento.

Actualmente se está realizando una propuesta de optimización de las rutas. Dado que la monitorización sigue en marcha, la recogida de datos continua permitirá comprobar el ahorro alcanzado con la optimización al final del proyecto.

Se estima que en Sevilla con la optimización se podrán reducir los costes de operación de estas rutas entre 13.802 y 17.943 euros al año, lo cual representa entre una reducción de entre un 33 y un 42% de los costes actuales.

Durante la monitorización se irán incorporando mejoras a la metodología, con el fin que al terminar el proyecto dicha metodología sea robusta y asequible, con el fin de aplicarla en otras ciudades. Se prevé que el proyecto esté terminado a finales de marzo de 2017.

## Tablas:

1. Llenado medio de los contenedores monitorizados en Sevilla, febrero-mayo 2016.

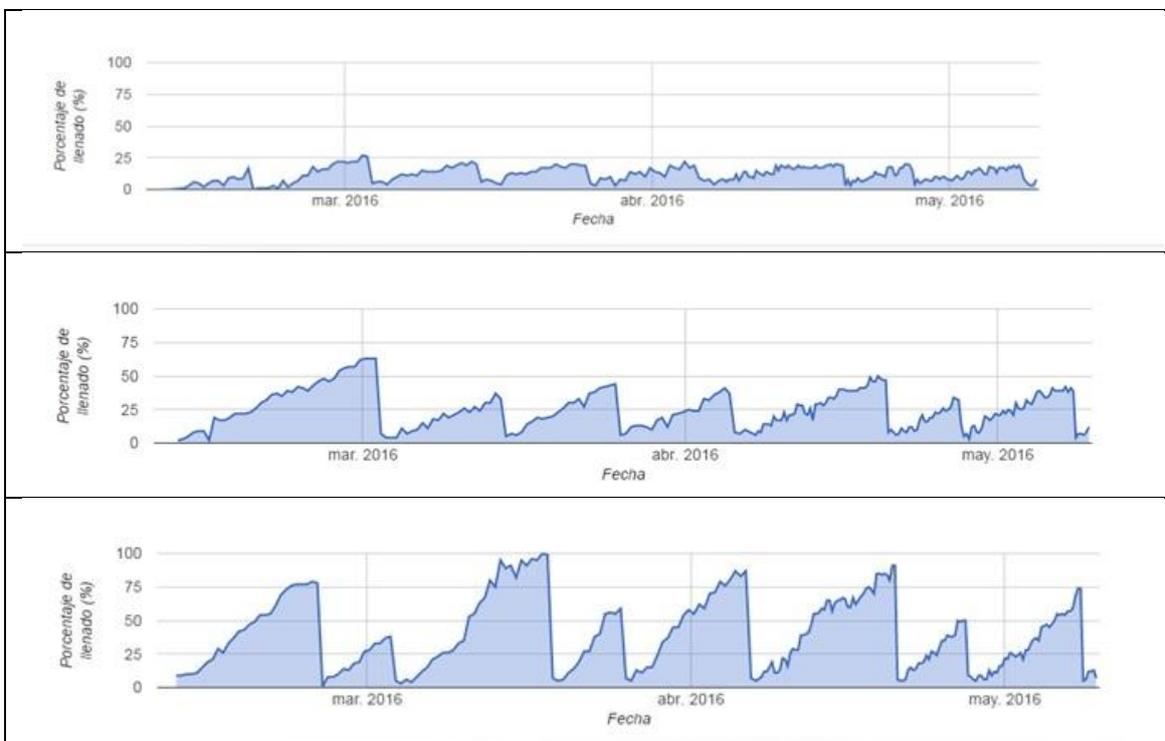
Rango llenado medio	de	Nº de contenedores	Porcentaje sobre el total
15 - 25%		128	65,30%
25 - 50%		42	21,40%
50 - 60%		17	8,70%
> 60 %		9	4,60%

## Imágenes:

### 1. Modelo de sensor instalado



### 2. Estadísticas de llenado de tres contenedores utilizadas para la optimización de rutas de recogida



### 3. Arquitectura de la metodología EWAS

