



# Sistema Integrado de Recogida Urbana Selectiva

La unificación de los programas de las CCAA recibe el nombre de Plan Nacional de Residuos Urbanos (PNRU). La ejecución de una recogida selectiva de la basura ha dejado de ser un privilegio, pues el PNRU obliga, a las poblaciones con más de 5000 habitantes, a disponer de la infraestructura para desarrollar una separación correcta.



Por Joaquín **Bautista Valhondo**  
Catedrático de la Universidad  
Politécnica de Catalunya,  
Nissan Chair y miembro  
de LogInv

La aplicación del PNRU con el objeto de respetar el medio ambiente genera nuevos e interesantes problemas de gestión en los municipios: qué sistema de recogida se debe adoptar, dónde localizar las baterías de contenedores o áreas de aportación, cuántos contenedores y de qué tipo de fracción se debe asignar a cada área de aportación, qué rutas son las más adecuadas y cuál debe ser la frecuencia de recogida para cada fracción y qué dimensión debe tener la flota de vehículos. Se abren nuevos retos logísticos, y el sistema SIRUS ha sido diseñado con el propósito de ayudar a tomar decisiones para dar solución a estos problemas: su misión es optimizar y simular la gestión de recogida de residuos urbanos en función de un conjunto de condiciones y criterios orientados a satisfacer distintos niveles de servicio y reducir los costes de explotación.

Podemos clasificar los objetivos globales de este proyecto de gestión integral de residuos urbanos en tres categorías, y para cada categoría definimos sub-objetivos concretos:

## 1.- Mejorar la calidad de servicio al ciudadano.

- Localizar en un municipio las áreas de aportación, también llamadas baterías, de forma que los desplazamientos de los usuarios no superen una

longitud establecida y considerada como la más apropiada (por ejemplo: 60 o 70 metros).

- Reducir el impacto visual generado por la presencia superflua de baterías de con-

tenedores, minimizando el número de puntos de recogida y de contenedores dispuestos en ellos, hecho que repercute en una reducción de costes.

- Reducir el impacto acústico suprimiendo las trayectorias innecesarias por zonas con alta densidad de población.
- Reducir el impacto ambiental minimizando el tiempo de presencia de los vehículos de recogida durante el servicio.
- Reducir el impacto visual debido a la presencia masiva de residuos en puntos concretos generados por instalaciones comerciales.

## 2.- Definir un sistema de recogida en el municipio que propicie el ajuste progresivo a las pautas marcadas por el PNRU.

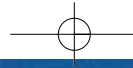
- Diseñar un sistema de recogida selectiva.
- Alcanzar con el servicio de recogida diseñado, los valores orientativos bianuales establecidos en el PNRU para las distintas fracciones de residuo.

## 3.- Dotar al municipio de aplicaciones informáticas de ayuda a la gestión de operaciones en el sistema de recogida.

- Localización automática de los puntos de recogida y la asignación de contenedores para las distintas fracciones minimizando su número y respetando que la distancia entre ellos y el usuario no supere un valor establecido. Valorar una solución definida por el dueño del sistema.
- Determinar rutas de recogida con mínimo impacto ambiental y, como criterio subordinado, mínimo coste de explotación. Valorar una solución definida por el dueño del sistema.

SIRUS es el software resultante del tercer objetivo, su concepción ha estado condicionada por el primer objetivo; su aplicación, como optimizador, permite diseñar

*El tratamiento de residuos urbanos se encuentra en una fase de cambio e innovación necesaria para respetar el medio ambiente*



sistemas de recogida urbana selectiva (segundo objetivo) y, como simulador, permite valorar un sistema físico de recogida descrito en una base de datos. Las aplicaciones incorporadas en SIRUS permiten:

- Distribuir, sobre una red viaria, áreas de aportación, tanto para una distancia máxima recorrida por los ciudadanos como para un número fijo de áreas de aportación.
- Estimar y repartir contenedores en las áreas de aportación
- Diseñar itinerarios de recogida de residuos en contenedores
- Evaluar una solución propuesta por el usuario

SIRUS ha sido concebido para ayudar a tomar decisiones de diseño y de dirección de operaciones en sistemas físicos de recogida selectiva de residuos en municipios. El sistema ofrece soluciones automáticas, manuales y semiautomáticas, todas ellas evaluables en función de un conjunto de índices de calidad. Para construir una solución, deben ejecutarse un conjunto de acciones que agrupamos en dos fases: (1) Localización de áreas de aportación y (2) Diseño de itinerarios de recogida.

Para la localización de áreas de aporta-



ción, se distinguen las siguientes acciones:

- Selección de una zona geográfica y Localización automática de áreas de aportación
- Captura y evaluación de una distribución de áreas de aportación consolidada
- Distribución automática de contenedores en áreas de aportación
- Captura y evaluación de una distribución de contenedores consolidada

Los resultados globales más significativos de una solución (ver Figura 1) son:

- Distancia máxima y media recorrida por los ciudadanos hasta el área de aportación más cercana según su posición en la red.
- Cobertura total, medida en metros, asociada a la distribución de áreas de aportación.

Figura 1:  
*Resultados generales de la distribución de áreas de aportación*

másters y posgrados

www.fundacio.upc.edu



## MÁSTER EXECUTIVE EN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

Inicio: 20 de octubre de 2006

6ª edición

Duración: 450 horas

Sesión informativa: jueves, 14 de septiembre de 2006, a las 19 h

## POSGRADO DE DISEÑO Y GESTIÓN AVANZADA DE ALMACENES

Inicio: octubre de 2006

Duración: 150 horas

## POSGRADO DE DISTRIBUCIÓN Y SUBCONTRATACIÓN DE OPERADORES LOGÍSTICOS

Inicio: noviembre de 2006

Duración: 150 horas

Para más información: Vanesa Garrido. Tel. 93 401 25 55. info.general@fundacio.upc.edu

## Cursos de Especialización y Seminarios

• Logística del Frío (ETSEIB)

Inicio: octubre 2006

• Logística de Distribución (Terrassa)

Inicio: octubre de 2006

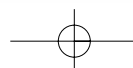
• La Empresa Transportista y el Operador Logístico (Barcelona)

Inicio: noviembre de 2006

Para más información: Rosa Moreno. Tel. 93 401 77 53. info.general@fundacio.upc.edu

Socio estratégico:  Colabora: 

Consejo asesor:



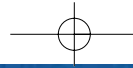


Figura 2:

*Valoración, por tramos, del recorrido máximo y medio de los habitantes. Distribución de la población en función de la distancia recorrida por los ciudadanos al área de aportación más cercana*

- Población total asignada a los tramos seleccionados.

A partir de este punto, se puede proceder al cálculo y reparto de contenedores o a la consulta de resultados en detalle.

Para medir la calidad de servicio ofrecida por una disposición de puntos de recogida (Figura 2), se determina, para



Figura 3:

*Asignación de la población a áreas de aportación, cobertura de cada área y separación entre cruces y puntos de recogida más próximos.*

cada tramo, la distancia que separa al ciudadano más perjudicado de la(s) batería(s) más próxima(s), se identifica(n) esta(s) batería(s) y se indica la posición exacta de dicho ciudadano respecto a la distancia del vértice de partida (Fnode) del tramo; también se mide el recorrido medio de los habitantes en cada tramo. Asimismo, se ofrece la curva de distribución de la población en función de la distancia recorrida por los ciudadanos al área de aportación más cercana.

Otro bloque de información está constituido por la asignación de la población a las áreas de aportación; el cálculo se realiza a partir de la población censada en los tramos bajo los supuestos de distribución homogénea de habitantes en los tramos y que todo ciudadano se dirige al punto de recogida más próximo a él, con ello se determina el número de usuarios de cada área de aportación; también se calcula, para cada área, su cobertura en metros y su vecina más próxima con la distancia que las separa. Para cada cruce de la red, se determina además el área de aportación más cercana a él y la distancia que los

separa (Figura 3).

Los resultados relativos al cálculo de necesidades de contenedores o al reparto de un número fijo de éstos (Figura 4) son de dos tipos: (1) agregados por sector y (2) detallados por batería o área de aportación.

Los resultados principales agregados por sector son:

- Población total: suma de las poblaciones censadas en los tramos que constituyen la zona seleccionada.

• Población potencial: se obtiene a partir de la población total y el grado de participación de los ciudadanos que tiene en cuenta la separación de residuo en casa.

• Población activa: se determina a partir de la población potencial teniendo en cuenta las pérdidas de residuo que se producen en el servicio de recogida al adoptar la hipótesis de que un ciudadano verterá la fracción en un contenedor adecuado si no encuentra mucho más cerca un contenedor de rechazo (la cercanía la establece el usuario del sistema).

- Volumen total: volumen de residuo asociado a la población total.

• Volumen de servicio: volumen de residuo asociado a la población activa; este volumen puede estar o no ubicado adecuadamente en los contenedores en función de su número y de la capacidad de los mismos.

- Número medio y máximo de ciudadanos por contenedor en función de las poblaciones total y activa.

• Número medio y máximo de contenedores por área de aportación.

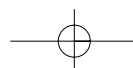
- Factor de llenado medio y máximo de los contenedores.

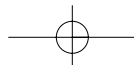
En cuanto a los resultados por área de aportación o batería cabe destacar:

- Volumen total de residuo.
- Volumen de servicio.
- Número de contenedores.
- Factor de llenado de los contenedores.
- Población total.
- Número medio de ciudadanos por contenedor considerando las poblaciones total y activa.

La distinción entre poblaciones total y activa responde a un punto de vista industrial del servicio de recogida, pues conviene distinguir entre la capacidad que tiene la población para generar residuo de una cierta fracción (vidrio, papel-cartón, etc.) y la masa que efectivamente puede y/o desea recogerse a través del servicio.

Para efectuar el diseño de rutas a través





de SIRUS se deben ejecutar las siguientes acciones:

- Selección de zona de circulación.
- Selección de tramos de entrada y salida y su salvaguarda.
- Captura de áreas de aportación y contenedores, y selección de un procedimiento de resolución.
- Visualización de resultados.

Tras las acciones de selección y captura se comprueba la coherencia de estos datos determinando al menos un camino, si éste existe, entre un tramo de entrada y otro de salida, entre los tramos candidatos, que pase por cada área de aportación de contenedores; posteriormente, se solicitan los datos siguientes (ver Figura 5):

- Factor de penalización de los giros, cuyo objeto es permitir la deformación de la red con el propósito de garantizar rutas lo más rectilíneas posible.
- Tiempo adicional por giro.
- Velocidad media del medio de transporte a través de los tramos.
- Capacidad volumétrica del medio de transporte.
- Coeficiente de compactación del residuo según el tipo de vehículo y residuo.
- Tiempo de carga por contenedor.

Tras seleccionar un método de resolución (Figura 5) entre los 36 algoritmos incorporados<sup>1</sup>, se muestran los principales resultados (Figura 6) generales:

- Longitud total.
- Tiempo de operaciones.
- Nivel de *molestia*<sup>2</sup> ciudadana.
- Volumen total.
- Coeficientes de *sinuosidad*<sup>3</sup> de los recorridos.

## Conclusiones y agradecimientos

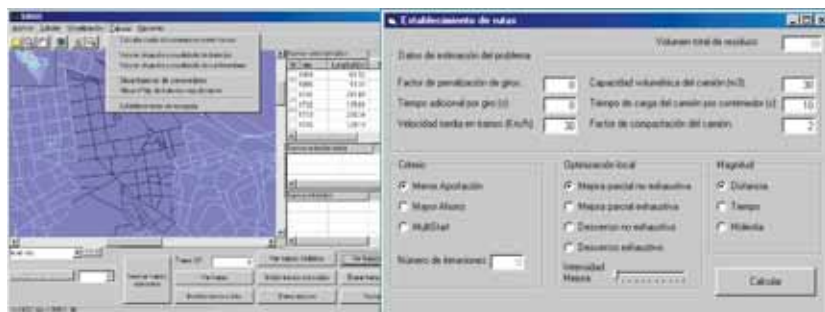
La conjunción de los sistemas de información geográficos, los sistemas de ayuda a la decisión y los métodos cuantitativos de gestión, han permitido la obtención de una aplicación que permite una aproximación metodológica a la resolución de un problema. Una herramienta con estas características facilita la realización de los cálculos necesarios durante la etapa de toma de decisiones en el marco de un plan.

1. La selección de un algoritmo se realiza fijando una opción en cada uno de los tres módulos de clasificación: (1) procedimiento "greedy" general de solución, (2) tipo de optimización local y (3) tipo de distancia o indicador del objetivo.  
2. La *molestia* se mide a partir del número de habitantes localizados en los tramos a través de los cuales concurren las rutas de recogida.  
3. Se define *SINUOSIDAD* de una magnitud como la razón entre el valor real de la misma y su valor mínimo teórico.



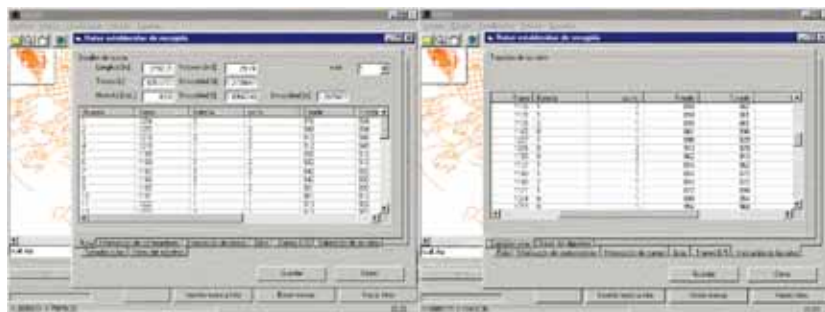
Durante el desarrollo del Proyecto se estableció una estrecha colaboración entre los miembros participantes de la UPC, Ajuntament de Sant Boi de Llobregat y CORESSA; todas las actividades relativas a

Figura 4:  
*Resultados del cálculo de necesidades de contenedores o del reparto de un número fijo de éstos.*



la definición de objetivos y criterios, suministro de información, adecuación de bases de datos, diseño, desarrollo e implantación de procedimientos de resolu-

Figura 5:  
*Captura de información de la zona de recogida y solicitud de parámetros y procedimiento de resolución.*



ción, etc., difícilmente se habrían ejecutado con éxito de no haberse constituido un equipo pluridisciplinario en el marco de un convenio de colaboración entre estos organismos. Asimismo, el Ministerio de Ciencia y Tecnología del Gobierno de España ha financiado parcialmente esta investigación a través del proyecto de investigación ICA-RUS BEC2003-03809.

Figura 6:  
*Visualización de resultados relativos al diseño de itinerarios de recogida.*

