

Aplicación de metodologías de la ingeniería industrial y geográfica a los modelos de gestión de las administraciones públicas

José Balsa Barreiro*

Ricardo Brocal Ruiz**

PRESENTAN UNA SERIE DE ALTERNATIVAS A LA GESTIÓN PÚBLICA QUE SE HAN INCORPORADO EN LOS ÚLTIMOS AÑOS EN TODOS LOS NIVELES DE LA ADMINISTRACIÓN, Y PARTICULARMENTE, LOS GOBIERNOS LOCALES LOS QUE HAN ASUMIDO METODOLOGÍAS, TÉCNICAS Y TECNOLOGÍAS PROPIAS DEL SECTOR INDUSTRIAL Y CIVIL, Y DE SUS HERRAMIENTAS MÁS POTENTES (GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ASISTIDO POR ORDENADOR, GMAO, Y SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, GIS, POR SUS SIGLAS EN INGLÉS), LAS QUE HAN DEMOSTRADO INNUMERABLES VENTAJAS EN LA MEJORA DE LA GESTIÓN PÚBLICA ACTUAL.

PALABRAS CLAVES: ADMINISTRACIÓN PÚBLICA; GESTIÓN PÚBLICA; GOBIERNO LOCAL; TRANSPARENCIA; TENDENCIAS

KEY WORDS: PUBLIC ADMINISTRATION; PUBLIC SERVICE; LOCAL GOVERNMENT; TRANSPARENCY; TRENDS

Introducción

Las administraciones públicas son las responsables de la gestión

de los recursos de todos los ciudadanos de un determinado territorio. Tienen, por tanto, una responsabilidad ética y social muy importante para con todos sus ciudadanos y de ahí que su modelo de gestión ha de ser, además de transparente, lo más eficaz y eficiente posible.

* **Ingeniero del Instituto Cartográfico Valenciano, ICV, Consellería de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda. Generalitat Valenciana, Valencia, España.**

** **Ingeniero Jefe de Bases de Datos de la empresa norteamericana proveedora de Sistemas de Información Geográfica, NAVTEQ, para países de Sudamérica y el Caribe, Valencia, España.**

Desde hace unos años, las administraciones públicas han ideado modelos de gestión propios para poder alcanzar una serie de objetivos políticos utópicos como la solidaridad territorial, la cohesión social o

Recibido: 25 de abril del 2011.

Aceptado: 2 de junio del 2011.

Balsa Barreiro, José y Brocal Ruiz, Ricardo (2011). Aplicación de metodologías de la ingeniería industrial y geográfica a los modelos de gestión de las administraciones públicas.

ICAP-Revista Centroamericana de Administración Pública (60-61): 135-169, 2011

135

la sostenibilidad medioambiental. Sin embargo, ha sido el impacto de la crisis económica actual el factor exógeno que ha obligado a readaptar los modelos de gestión de muchas administraciones públicas.

El recorte del flujo de ingresos y la adopción de políticas de austeridad económica por parte de los respectivos gobiernos, como medio para la contención del gasto público y como modelo para la sociedad civil, han supuesto un cambio muy relevante en la balanza presupuestaria de muchas administraciones públicas, las que han visto recortado sustancialmente su volumen de ingresos y, en consecuencia, sus posibilidades de inversión.

Ante esta coyuntura económica, el futuro de la gestión de los recursos públicos pasa obligatoriamente por el aumento de la coordinación entre los distintos niveles administrativos, la centralización de la información, la homogeneización y estandarización de los datos, etc. Con este propósito, algunos autores optan por la aplicación de metodologías de trabajo propias del mundo de la ingeniería, las que han demostrado su viabilidad y potencialidad dentro de la empresa privada, constituyéndose así un reto de futuro para la administración pública.

Objetivo

En el texto aquí presentado se ha optado por comentar las principa-

les ventajas que supondría adoptar por parte de la administración unas metodologías de trabajo que han demostrado su viabilidad dentro del mundo de la empresa privada. Tanto los sistemas GMAO como los GIS son herramientas con un gran potencial, las que pueden ser empleadas de una forma integrada como sistemas de ayuda a la toma de decisiones en cualquiera de los niveles de la administración pública, lo que permite llevar a cabo una gestión más objetiva y eficaz de los recursos disponibles.

La gestión del mantenimiento

Aunque no existe una definición universal consensuada por parte de los diferentes autores y/o organismos (*European Federation of National Maintenance Societies*, EFNMS, Asociación Española de Mantenimiento, AEM), se tomará como válida la expuesta a continuación según la cual el *mantenimiento* (o "*ingeniería del mantenimiento*") es una ciencia, de gran peso específico en el modelo industrial tradicional, que se relaciona con un conjunto de acciones y técnicas que permiten conservar o restablecer un equipo en un estado específico, asegurando un determinado servicio con un coste mínimo y con un nivel máximo de seguridad (Macián, Tormos y Olmeda, 2007). Su importancia en las sociedades más industrializadas se manifiesta en su gran peso económico; sirva de ejemplo el caso

de España, donde según un estudio de la AEM en 1995 las actividades relacionadas con el mismo suponían aproximadamente un 10% de su Producto Interno Bruto, PIB, (AEM, 1995; Macián, Tormos y Olmeda, 2007).

Para su puesta en práctica, el técnico responsable de mantenimiento debe conocer en detalle el funcionamiento de las máquinas/equipos y de cuáles son los parámetros de mejora, incrementando de esta forma la eficacia y efi-

ciencia de todo el proceso industrial, lo que redundará, en última instancia, en una reducción de costes y en una maximización de los beneficios de la empresa. De esta forma, las técnicas de mantenimiento pretenden la consecución de un determinado número de horas de funcionamiento por parte de una planta, instalación, máquina o equipo, en condiciones de calidad de fabricación y/o servicio exigible con el mínimo coste y cumpliendo todos los requisitos de seguridad. Por tanto, su éxito recaerá en hacer mínimo el cociente siguiente:

$$\text{ratio}[\downarrow] = \frac{(\text{gastos mantenimiento} + \text{gastos parada fortuita}) [\downarrow]}{\text{beneficios por servicio prestado} [\uparrow]}$$

Para lograr su objetivo, los técnicos de mantenimiento están obligados a reducir el número de paradas de producción, limitando y/o controlando las averías y el deterioro de los equipos (De Groote, 1993).

Todo ello conlleva una complejidad y una responsabilidad por parte del técnico de mantenimiento, lo que le obliga a parametrizar el máximo número de variables (horas de funcionamiento, índice de calidad, mínimo coste integral, grado de rendimiento) con objeto de cuantificar el funcionamiento de una determinada máquina y equipo (Crespo y Sánchez, 1995) para, a partir de ahí, tomar la decisión oportuna en cada

momento. Así, el fin último del mantenimiento diremos que es determinar el momento en que debe cesar la vida útil de una máquina o equipo, sea cual sea su causa (por obsolescencia, por pérdida de rendimiento, por pérdida de competitividad,...).

Tipos de mantenimiento

Aunque se pueden establecer una gran variedad de clasificaciones (en función de diversos factores y perspectivas), existe una que es la más aceptada. En ella se distinguen las diferentes tipologías de mantenimiento según el modo de proceder por parte del técnico responsable:

Mantenimiento correctivo, según el cual se hará uso de la máquina (equipo o instalación) hasta que aparezca el fallo. El mantenimiento queda reducido a la reparación y por tanto requiere inversiones mínimas. Presenta, claro está, una serie de desventajas importantes: imprevisión de la avería, de los suministros, pérdidas de tiempo, alto coste por paradas improductivas, inseguridad, etc. En una serie de casos la adopción de este modelo de mantenimiento está justificada:

- Cuando los costes indirectos del fallo sean mínimos y los requerimientos de seguridad lo permitan.
- Cuando los paros eventuales de producción no sean críticos para la producción o el trabajo de la empresa.
- Cuando la empresa adopte una política de renovación frecuente y asidua del material de trabajo.
- *Mantenimiento preventivo*, consiste en efectuar intervenciones en los equipos antes de que se produzca la avería,

1. Realmente es una variante del mantenimiento preventivo, aunque dado su interés por parte de muchas empresas, la mayoría de las clasificaciones de tipologías de mantenimiento lo distinguen como un tipo propio, diferente e independiente del mantenimiento preventivo.

en intervalos de tiempo fijos previamente determinados. Con ello lo que se intenta es prevenir la avería antes de que ésta ocurra. De esta forma, se hace necesario definir una metodología con el propósito de poder definir la frecuencia con que cada máquina debe ser intervenida.

Dentro del mantenimiento preventivo pueden distinguirse dos tipos de actuaciones: por un parte las intervenciones, que vienen a ser un conjunto de actividades de mantenimiento encaminadas a la sustitución de componentes y/o piezas independientemente de su estado (mantenimiento programado o sistemático) y, por otra parte, las inspecciones cuyo objeto es comprobar el correcto funcionamiento de los equipos normalmente mientras están funcionando (mantenimiento predictivo).

Los inconvenientes que plantea este tipo de mantenimiento básicamente son: (a) provocar ciertos paros de producción en el momento de efectuar las intervenciones y (b) la pérdida económica que resulta de la sustitución de piezas o elementos antes del final de su vida útil.

- *Mantenimiento predictivo*¹ (mantenimiento preventivo según condición), consiste en predecir el estado y grado de

fiabilidad de una máquina o instalación sin necesidad de pararla. Para ello se recurre a determinadas técnicas que permiten la realización de mediciones de parámetros críticos en las mismas, las que obtenemos se comparan con una serie de patrones de funcionamiento correcto definidos por el propio fabricante. De esta forma se detectan y analizan las variaciones encontradas y, a partir de este punto, se adoptan las acciones preventivas que sean necesarias y adecuadas.

La principal ventaja de este modelo de mantenimiento es que permite ajustar con mayor precisión el ciclo real de los componentes susceptibles de recambio o renovación. Entre las desventajas que presenta están los elevados costes de los equipos de medida necesarios y la cualificación técnica del personal que realiza estas medidas y que debe interpretarlas.

- *Mantenimiento modificativo*, el cual aglutina las acciones complementarias del mantenimiento tradicional que optimizan los resultados de éste, como pueden ser, por ejemplo, trabajos de mejora y modificación, instalación de nuevos equipos, estudios de viabilidad, etc. Todo ello encaminado a evitar posibles fallos en los diferentes equipos

y/o elementos que forman parte de los mismos.

Evolución conceptual e histórica

La evolución del concepto de mantenimiento está ligada a la propia evolución industrial y a la de los cambios productivos asociados. El paso inicial fue la transición desde una fase de sufrimiento del material (*entretenimiento*) hasta la fase de dominio del mismo (*mantenimiento*), en la que estamos. El concepto de *entretenimiento* consistía simplemente en un proceso de reparación del material con la finalidad de asegurar la producción, mientras que el de *mantenimiento* hace referencia a la elección de los medios para prevenir, corregir o renovar el material con el propósito de optimizar costes. Esta evolución de concepto, tan simple en la forma, se justifica por una serie de factores ligados a la mayor complejidad de los equipos y del sistema productivo, unido a un incremento de los costes derivados de las paradas de producción.

El contexto histórico nos ayuda a entender fácilmente esta transición conceptual. El mantenimiento industrial, cuyo origen se remonta a la Segunda Guerra Mundial, tuvo un enorme auge por una razón principal: era un período de fabricación masiva de material bélico, lo que obligaba que la maquinaria productiva no pudiera pararse bajo ningún concepto. La década de los sesenta,

también de producción masiva y de aparición de nuevas técnicas como la industria electrónica y la aeroespacial, obligó a adoptar un mantenimiento predictivo basado en técnicas de monitorizado, priorizándose en consecuencia criterios de fiabilidad.

Los años setenta, marcados por la crisis energética de 1973, obligaron a las empresas a adoptar criterios de optimización técnica y económica con objeto de mantener y/o aumentar la rentabilidad de las mismas.

La década de 1980 conllevó la tecnificación (e informatización) del mantenimiento en todos los niveles, lo que supuso la adopción de una gran variedad de técnicas de diagnóstico y monitorización. La adopción de la informática en tareas de gestión del mantenimiento fue el talón de Aquiles del modelo de mantenimiento actual, siendo también en estos años cuando se emplearon por primera vez los llamados *sistemas expertos* para el diagnóstico de averías e incidencias en maquinaria industrial. Ya desde la década de 1990 hasta la actualidad, la gran mejora de las capacidades tecnológicas ha propiciado la consolidación y democratización del mantenimiento en todas las fases del sistema productivo. El auge de las técnicas de

monitorizado, unido al descenso espectacular del precio de los equipos y al incremento (de mayor relevancia si cabe) de las prestaciones de los mismos, ha permitido que las nuevas técnicas de mantenimiento sean más asequibles y de más fácil acceso para las pequeñas y medianas empresas, las que en anteriores etapas no podían hacer frente a la aplicación de las mismas.

La evolución más reciente de esta ciencia supone la aparición de la *terotecnología*,² que como novedad supone la integración en el mantenimiento de técnicas multidisciplinarias desde la fase de diseño con objeto de lograr una explotación más racional de un equipo, minimizando los costes de producción, operatividad y mantenimiento.

El modelo Mantenimiento Productivo Total, TPM, es otra de las estrategias recientes (Tobalina, 2000). Surge de la unión e integración de las tareas de mantenimiento y de producción, confiriendo al operario la responsabilidad final del mantenimiento (*mantenimiento autónomo*). Asimismo se incorpora al ámbito del mantenimiento la dinámica de los *círculos de calidad*, en otra hora solo aplicadas a un producto final y ahora también empleado en tareas internas de producción. Se persigue de esta forma una estructura empresarial más responsable e integrada entre los diferentes niveles, inscrita dentro de un entorno de trabajo adecuado (*kaizen*) en el que se reduce al mínimo el volumen de pérdidas y tiene en cuenta a todos los actores y/o escenarios posibles.

2. La terotecnología se define como “una combinación de prácticas de gestión, finanzas, ingeniería y mantenimiento que se aplican a las máquinas y a los bienes físicos con el propósito de lograr los costes más económicos durante su ciclo de vida” (Macián, Tormos y Olmeda, 2007).

Los objetivos a corto-medio plazo del mantenimiento pasan por:

- La implementación de programas de mantenimiento que permitan la monitorización *on-line* de diversos parámetros.
- La democratización de muchos de los programas los que se extenderán a pequeñas empresas.
- La implementación de estas técnicas en otros campos de aplicación, fuera del estrictamente industrial.

Conceptos relacionados

La *fiabilidad* $R(t)$ es la probabilidad de que un dispositivo cumpla la función requerida, bajo unas condiciones de utilización para un período de tiempo determinado. La forma de cuantificar la fiabilidad es a partir del parámetro Mean Time Between Failure, MTBF, el que se cuantifica de la siguiente manera:

$$MTBF = \frac{\sum \text{tiempo entre averías}}{n^{\circ} \text{ de averías} + 1}$$

La *probabilidad de fallo* $F(t)$ es un concepto complementario al anterior, cuya relación se establece a partir de la expresión:

$$R(t) = 1 - F(t)$$

Por su parte, la *mantenibilidad* se define como la probabilidad de que un aparato que ha fallado sea restaurado completamente a su nivel operacional dentro de un período de tiempo determinado, cuando la acción de reparación se efectúa de acuerdo con los procedimientos establecidos. Se cuantifica a partir del tiempo medio de reparación Mean Time To Repair, MTTR.

Por último, la *disponibilidad* se explica como la probabilidad de que un dispositivo esté funcionando, pudiendo cuantificarse a partir de la siguiente relación:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Vemos que la disponibilidad es función, tanto de la fiabilidad (MTBF) como de la mantenibilidad (MTTR), resultando óptima desde un punto de vista económico cuando adopta valores de entre un 95 y un 98%.

Metodología

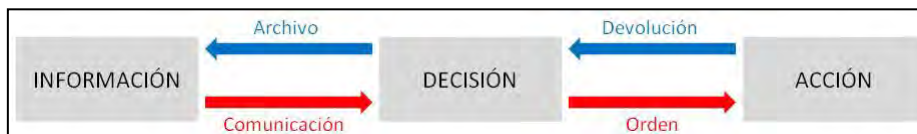
El orden de acción y ejecución del mantenimiento debe pasar por una serie de fases de obligado cumplimiento para el éxito del mismo, las que se pueden encontrar en Macián, Tormos y Olmeda (2007) y pueden ser enumeradas del siguiente modo:

- Observación, entendida como el estudio detallado de un determinado fenómeno.

- Análisis (del tipo que sea: de costes, de tiempos, de fallos). En esta fase se lleva a cabo una descomposición de un todo en partes/elementos más simples y más fácilmente estudiables.
- Comunicación, considerada como una acción fundamental e imprescindible entre la fase de recopilación de información, decisión y acción.

FIGURA 1

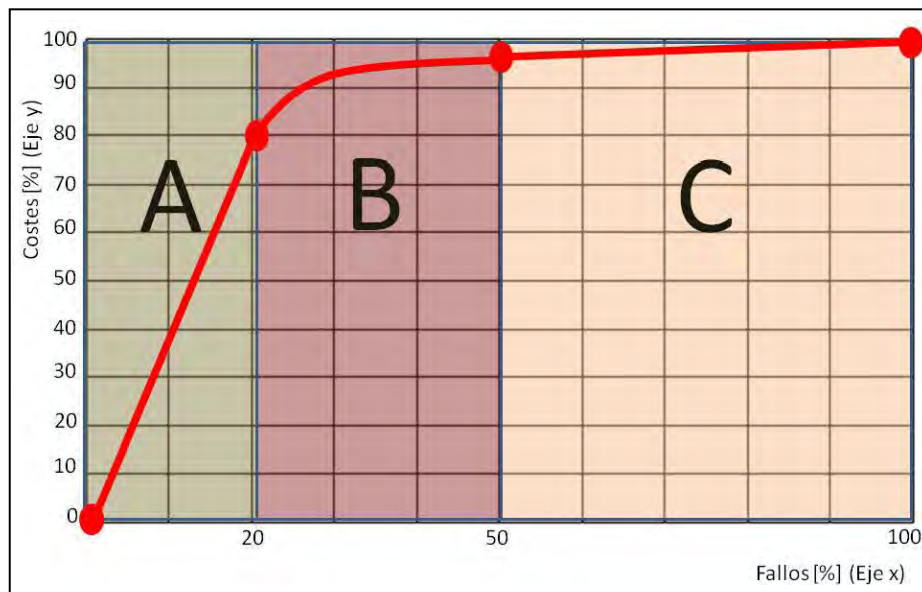
EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO



Fuente: Elaboración propia.

- Determinación de acciones prioritarias. En esta fase se pretende adoptar un criterio lógico y eficaz para la resolución de los diversos problemas. Lo más importante en un primer momento es la distinción entre lo que es más/menos urgente y lo más/menos importante. Entre los métodos más extendidos y conocidos para la determinación de las acciones prioritarias está el *método de análisis ABC* o de *Pareto*, el que permite decidir entre numerosos problemas los que deben ser abordados con más urgencia para, a partir de este punto, establecer las prioridades sobre las intervenciones a seguir (toma de decisiones).

FIGURA 2
DETERMINACIÓN DE ZONAS PARA LA CURVA TIPO
DEL MODELO ABC: ZONA A (20% FALLOS Y 80% COSTES)
ZONA B (30% FALLOS Y 15% COSTES) Y ZONA C
(50% FALLOS Y 5% COSTES).



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos a partir del análisis previo nos ayudan en la toma de decisiones en materia de mantenimiento. Así, actuaremos preferentemente sobre los elementos de la “categoría A” aplicando una política de monitorizado permanente en los puntos clave, con mayor probabilidad de fallo, mejorando de esta forma la fiabilidad de nuestro equipo de trabajo. Asimismo podremos aplicar una política coherente de *stocks* de piezas de recambio (en función de la zona en la que se encuentren

en el gráfico de Pareto), llegando incluso a anular el almacenaje de los elementos y piezas de la “categoría C”, por tener unas probabilidades de fallo muy bajas.

¿Qué mantenimiento debemos seguir?

Los objetivos perseguidos por parte del técnico y/o departamento de mantenimiento de una empresa suelen ser compatibles con

los propios de la empresa. Entre la información requerida para llevar a cabo un correcto proceso de elección de un plan de mantenimiento destacaríamos:

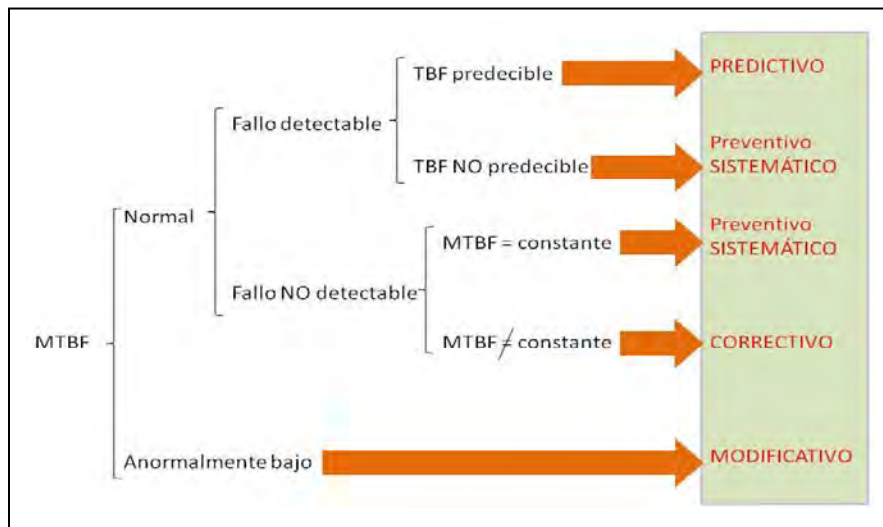
- Características del deterioro de los equipos como el tiempo medio entre fallos (MTBF), el tipo y su modo de aparición (instantánea o progresiva), la naturaleza y el tiempo de reparación del mismo.
- Factores económicos como el coste del material, de la mano de obra, de una parada (plani-

ficada o no) y el coste de monitorizado del sistema.

- Agentes de seguridad relativos al usuario, al técnico responsable, a los clientes y al medioambiente.

A la hora de adoptar una política de mantenimiento determinada, las empresas suelen emplear como parámetro técnico más importante la distribución del tiempo medio entre fallos (MTBF). Así, el siguiente gráfico representa de forma esquemática y clara la elección de una u otra tipología de mantenimiento en función del MTBF:

FIGURA 3
ELECCIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO EN FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA DEL MTBF.



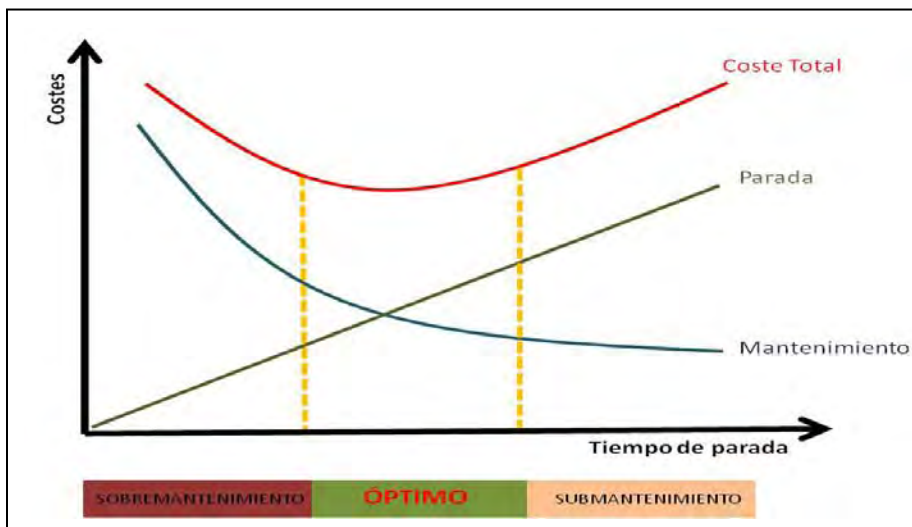
Fuente: Elaboración propia.

El análisis de los costes de mantenimiento (ver Macián, Tormos y Olmeda, 2007) obliga al técnico y/o al departamento responsable a tomar decisiones en cuanto a:

- Establecer un presupuesto provisional.
- Seguir los gastos en relación a lo presupuestado.
- Verificar la eficacia de la acción de mantenimiento.
- Decidir si conviene o no la contratación externa.
- Abordar el problema de renovación del material.

El objetivo último de la gestión del mantenimiento es mejorar u optimizar los procedimientos y actuaciones de manera que las metas u objetivos de la empresa se puedan alcanzar más fácilmente, con el condicionante de que la suma de los costes de mantenimiento más las pérdidas de producción o servicio causado por un mantenimiento inadecuado sean mínimos. En la figura 4 se puede ver como existe un nivel óptimo de mantenimiento en el que los costes totales (suma de los costes de mantenimiento y los derivados de la pérdida de producción por parada) se hacen mínimos.

FIGURA 4
COSTE TOTAL DEL MANTENIMIENTO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE PARADA DE PRODUCCIÓN



Fuente: Elaboración propia.

Los sistemas GMAO

Un sistema Acrónimo de *Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador, GMAO*, es, en esencia, un programa informático que permite la gestión del mantenimiento de los equipos y/o instalaciones de una o más empresas a partir de una gran base de datos que contiene información sobre esta empresa/s. El objetivo último de los sistemas GMAO es realizar las tareas de mantenimiento de una forma más segura, eficaz y eficiente, además de servir como herramienta de gestión para la toma de decisiones (Olivares, 1995).

Este tipo de sistemas de gestión ofrecen, tanto soluciones enfocadas a mercados específicos (mantenimiento de flotas de vehículos, infraestructuras sanitarias,...) como a mercados más generales. Brindan así una gran variedad de funcionalidades, dependiendo de las necesidades de cada organización, existiendo en el mercado un gran rango de precios.

Los programas GMAO suelen estar compuestos de varias secciones o módulos interconectados, que permiten ejecutar y llevar a cabo un control exhaustivo de las tareas habituales de los departamentos de mantenimiento como:

- Órdenes de trabajo.
- Programación de tareas de mantenimiento preventivo.
- Gestión de activos.
- Control de inventarios.

- Programación de tareas relacionadas con la seguridad laboral, etc.

Los sistemas GMAO, como Sistemas de Gestión de Bases de Datos, SGBD, tienen una serie de funcionalidades comunes a éstos, aunque particularizadas en esta ocasión para el caso concreto de la gestión del mantenimiento. Entre éstas se pueden destacar las siguientes:

- La entrada, salvaguarda y gestión de toda la información relacionada con el mantenimiento de forma que pueda ser accesible en cualquier momento.
- Permitir la planificación y control del mantenimiento, incluyendo las herramientas necesarias para realizar esta labor de forma sencilla.
- Suministro de información procesada y tabulada de forma que pueda emplearse en la evaluación de resultados para una posterior toma de decisiones.

Características técnicas de los sistemas GMAO

Los sistemas GMAO, como herramientas informáticas que son, presentan una serie de características técnicas las que permiten diferenciar entre distintos niveles de prestaciones (Moreu de León y

Crespo, 1996). En función de éstas y del coste final del sistema, las empresas se decantarán por un sistema GMAO u otro.

Entre las características técnicas se puede hacer referencia a las propias del *software* en sí y a la arquitectura general del sistema. En cuanto al *software* se puede trabajar con un programa GMAO comercial o bien implementar uno propio, adaptado a las necesidades particulares de nuestra empresa, el que tiene como restricción más importante un precio más elevado por estar hecho a nuestra medida. Uno y otro han de cumplir una serie de especificaciones y requerimientos informáticos importantes (Lerma y Tormos, 2002) que permitan asegurar el buen funcionamiento del sistema:

- Que pueda integrarse dentro de la arquitectura técnica de la empresa.
- Que sean adaptables.
- Modificables.
- Fáciles de usar.

Es muy importante igualmente que detrás del sistema GMAO elegido haya una empresa que ofrezca una serie de servicios postventa de asesoramiento, apoyo, tramitación de garantías y responsabilidad ante posibles deficiencias.

En cuanto a la arquitectura del sistema habrá que tener en cuenta unos requerimientos particulares del

hardware (PCs, servidores y cualquier otro equipamiento informático) y de los sistemas de comunicaciones (redes, cableado, tarjetas de comunicación,...), los que permitirán adaptar los distintos niveles de arquitectura: (a) monopuesto, (b) cliente servidor y/o (c) mediante *mainframe*. Obviamente, la infraestructura de comunicaciones depende de las características organizativas concretas de cada empresa y de las utilidades que se pretendan obtener del sistema GMAO.

Ventajas de los GMAO

Entre sus principales ventajas podemos citar las siguientes:

- Optimización de la gestión de recursos, tanto humanos como materiales.
- Incremento de la eficacia y eficiencia de los procesos productivos en base a una disminución de los tiempos de parada.
- Mejora del control de las actividades subcontratadas y de cualquiera de los procesos implicados en el mantenimiento.
- Incremento en la calidad y productividad de la organización.
- Aumento de los procesos de actuación establecidos.

- Suministro de información inmediata y actualizada de todos los componentes del proceso.
 - Posibilidad de implementar cualquiera de las metodologías de mantenimiento existentes.
 - Probabilidad de realizar estudios y anticipar cargas de trabajo o consumo de suministros.
 - Conocimiento inmediato de los gastos originados por cualquiera de los elementos controlados (evaluación y análisis inmediato de situaciones hipotéticas y diversos escenarios).
 - Ajuste de los planes de mantenimiento a las características reales.
 - Permitir la participación en un modelo TPM, sistema cuyo objetivo era eliminar pérdidas, reducir paradas, garantizar la calidad y disminuir costes en las empresas con procesos continuos (objetivo TPM: "cero accidentes, defectos y averías").
 - Trazabilidad del equipamiento, entendida ésta como un conjunto de procedimientos pre-establecidos y autosuficientes que permiten conocer el histórico, la trayectoria y la ubicación, en un momento dado, de un producto a lo largo de la cadena de suministros.
- Proyecto de implantación de un sistema GMAO*
- Existen una serie de fases en el proceso de implantación de un sistema GMAO dentro de una empresa, las que son descritas a continuación:
- *Estudio de requerimientos.* En esta fase deberá hacerse un análisis de la situación actual de la empresa (filosofía de trabajo, inventariado de equipos y repuestos, personal) y de cuáles son los objetivos que pretenden alcanzarse con la implantación de un sistema de gestión del mantenimiento. Deberá además, definirse el alcance de los trabajos programados, periodicidad, previsión de personal para cada trabajo, previsión de repuestos, definición de parámetros a medir, definición de procedimientos de trabajo, etc.
 - Elección del sistema más óptimo, el que satisfaga nuestras necesidades en la mayor medida posible.
 - *Implementación y puesta en marcha del sistema.* Esta fase será de colaboración entre el equipo informático, encargado de la implementación de los programas que forman la aplicación, y el de mantenimiento

- que se encargará, entre otras tareas, de efectuar las modificaciones necesarias en los procedimientos de trabajo, preparar la información que servirá de base para la nueva aplicación y programar el procedimiento a seguir por parte del programa y la empresa.
- *Implantación y validación.* Como paso previo a la puesta en explotación del sistema, se procede a una conversión (manual o digital) de la información recopilada anteriormente. También como paso previo a la explotación del sistema debe plantearse una etapa de formación de los usuarios del mismo.
 - *Seguimiento post-implantación.* Una vez que el sistema ya está operativo, se hará un seguimiento del mismo con objeto de validar su funcionamiento óptimo.

Por lo tanto, para el éxito de la implantación de un sistema GMAO dentro de una empresa determinada se debe tener presente las cinco fases anteriores de forma ineludible (Tobalina, 2008). Dentro de cada una de ellas existirán una serie de amenazas o factores críticos que pueden limitar la funcionalidad del sistema (Macián, Tormos y Olmeda, 2007), de entre las que se destacan las siguientes:

- La fiabilidad de los datos de partida.
- La implicación en el sistema por parte de la dirección de la empresa, la que tiene un papel muy importante en cuanto a objetivos, definición de estrategia y participación del resto del personal.
- La existencia de instrucciones técnicas y/o procedimientos que facilitan el control, seguimiento y homogeneización de los trabajos de mantenimiento.
- Asesoramiento y apoyo *in situ* tras la implantación del sistema.

La información geográfica

La realidad que nos rodea es compleja, continua e interrelacionada. El proceso de obtención de la información geográfica necesita sintetizar, generalizar, simplificar e interpretar la realidad (Kemp, Goodchild y Dokson, 1992).

La información cartográfica y la geográfica guardan una estrecha relación que gira alrededor del concepto espacial. Así, mientras que la información cartográfica tiene por objeto principal la localización espacial de los objetos, la geográfica intenta relacionar la localización física de estos objetos con sus características propias. De esta forma, la componente espacial de la información hace referencia, tanto a la localización de los objetos como a

sus propiedades espaciales (Gutiérrez y Gould, 1994).

Los datos geográficos presentan tres componentes: temática, espacial y temporal (Gutiérrez y Gould, 1994). La temática habla sobre los atributos de los elementos. Estas características pueden ser de índole completamente distinta y medirse mediante escalas diferentes (ordinal, nominal o de intervalos). Podemos así hablar de *variables con una cierta correlación espacial*, donde los elementos próximos tienen una serie de valores similares, y/o *con una cierta correlación temporal*, cuyos valores cambian gradualmente con el tiempo. Otra clasificación posible distingue entre *variables fundamentales*, las que son adquiridas directamente, y *variables derivadas*, cuyo valor se obtiene a partir de las primeras mediante una serie de operaciones (Bosque, 1992).

La componente espacial de la información hace referencia, tanto a la localización de los objetos como a sus propiedades espaciales (longitud, superficie, forma, orientación). Además, no se debe olvidar las relaciones espaciales entre los elementos (proximidad, conectividad o continuidad), las que nos permitirán entender ciertas características propias de los objetos asociados.

Por último está la componente temporal, la que tiene en cuenta las

modificaciones acaecidas con el transcurso del tiempo. La gran potencialidad de los GIS a la hora de trabajar con cálculo de variables permite su empleo en estudios de tipo dinámico.

¿Qué es un GIS?

Un *Sistema de Información Geográfica* (SIG o GIS)³ es un sistema para la gestión, análisis y visualización del conocimiento geográfico, el que puede estar estructurado en diferentes conjuntos de información. Los GIS facilitan el enlace de la información geográfica (¿dónde están las cosas?) con la información descriptiva (¿qué son las cosas?) y temporal (¿cuándo ocurren?) (Gutiérrez y Gould, 1994).

A diferencia de la cartografía tradicional (en papel), un GIS puede representar sobre un mapa de una determinada región, de manera interactiva, varias capas que se superponen y que contienen información temática como recursos naturales, asentamientos humanos, edificios educativos, redes de transporte, usos del suelo, áreas geológicas, etc.

El término GIS tiene varias acepciones y puede ser enfocado desde diferentes puntos de vista: como *software* o programa informático, como proyecto y/o sistema de información orientado a la gestión o a la planificación territorial, como campo de trabajo de múltiples disciplinas profesionales (centrada en el

3. Es el acrónimo más extendido internacionalmente para referirse a los sistemas de este tipo (*Geographic Information Systems*).

análisis espacial dentro de la ingeniería geográfica y civil).

Funcionamiento de los GIS

Los GIS presentan y manejan la información a partir de diferentes capas o *layers*. Se trata de un sistema vectorial donde la descripción espacial de objetos (puntos, líneas, polígonos) se basa en vectores definidos por conjuntos de coordenadas relativas a algún sistema cartográfico. Sin embargo, uno de los conceptos que caracterizan y diferencian a los GIS de otros sistemas de representación (como la cartografía automática, programas de teledetección y de diseño asistido por ordenador de tipo Diseño Asistido por Ordenador, CAD), es el concepto de *topología*.

La *topología* se trata de un proceso matemático que consiste en el establecimiento de relaciones entre las entidades geográficas no solo por medio de códigos comunes, sino también a través de su posición espacial. La topología se crea cuando hay un conjunto de entidades relacionadas entre sí por medio de relaciones de vecindad. Así, se puede decir que entre las entidades gráficas pueden existir diversas relaciones topológicas: contigüidad o adyacencia, conectividad, inclusión (elemento dentro de otro elemento) y proximidad.

Un GIS permite una integración vertical y horizontal efectiva de

toda la información georreferenciable en una empresa. Horizontal porque la georreferenciación de los datos, de forma directa (sistema de coordenadas) o indirecta (dirección postal, municipio), permite romper las barreras interdepartamentales y pone de manifiesto las interrelaciones de un mismo fenómeno en diversos registros. Por su parte, la integración vertical se refiere a la capacidad de agregar y desagregar los datos en un tiempo lo suficientemente rápido.

En función de las necesidades o problemáticas a resolver se introducirán en el GIS diferentes tipos de datos, fijando la temática del mismo. Así, los GIS son una herramienta multidisciplinar no solo empleada por los geógrafos sino también por profesionales técnicos como ingenieros, arqueólogos, urbanistas, arquitectos e informáticos, los que hacen un uso casi cotidiano de los GIS, confiriéndole cada uno de ellos un matiz diferente intrínseco a cada una de las disciplinas de trabajo.

Ventajas de los GIS

El empleo de los GIS presenta algunas ventajas asociadas como la integración de la información (alfanumérica y gráfica) y su gran potencial como herramienta de cálculo, respetando siempre la topología existente entre las entidades gráficas representadas.

Un GIS se basa en una estructura de datos compacta y digital. Esto supone que estos datos requie-

ren de menos espacio para su almacenamiento, su actualización es sencilla y su tratamiento dinámico. Al no tratarse de una simple representación espacial de los objetos, las bases de datos que emplean permiten una mayor compatibilidad en entornos de bases de datos relacionales.

Permiten además realizar cálculos matemáticos sin importar la escala de trabajo, la complejidad del análisis o el hecho de que los datos tengan o no una dimensión espacial, aumentando las posibilidades de análisis, lo que supone una ventaja, tanto cualitativa como cuantitativa respecto a otros sistemas de gestión de bases de datos.

Los GIS presentan además una gran potencialidad gráfica, permitiendo llevar a cabo representaciones gráficas de nuestros datos de una forma rápida y teniendo en cuenta las relaciones topológicas entre los diferentes elementos representados. Esto supone una importante ventaja comparativa respecto a los CAD en el momento en el que los GIS trabajan de forma integrada y simultánea con la parte gráfica y alfanumérica de la información, mientras que los CAD solo lo hacen con la parte gráfica.

Aplicaciones puntuales de los GIS dentro de la administración pública

Los GIS son una herramienta con una gran potencialidad dentro

del campo de la gestión y ordenación del territorio. Dadas sus grandes expectativas, su aplicación dentro del mundo de la administración pública es ya una realidad desde hace unos años, empezando a ser frecuentes algunos estudios teóricos en el ámbito de las administraciones locales (Alarcón, 1999; Pueyo, 1991).

Las tareas de gestión dentro de las administraciones locales van encaminadas a la implantación de modelos de desarrollo sostenible que permitan aprovechar de forma más eficiente los recursos disponibles, lo que obliga a tener en cuenta nuevos parámetros. Éstos serán introducidos en forma de variables alfanuméricas dentro de los GIS para posteriormente hacer las operaciones pertinentes.

En ocasiones, la gestión de las diferentes áreas administrativas (tráfico, iluminación, basuras) se lleva a cabo de forma independiente, aún cuando en la realidad los diversos fenómenos, que son competencia de estas áreas administrativas, coexisten en un mismo espacio e incluso interactúan unos con otros. Un GIS permite la gestión y planificación del territorio teniendo en cuenta todos los elementos, sus relaciones mutuas e incluso las consecuencias derivadas de estas interacciones.

A continuación se presentan una serie de ejemplos prácticos en los que el uso de los GIS permite trabajar con diferentes variables de

forma simultánea e integrada, lo que permite un uso más racional y una gestión más eficiente de los recursos disponibles.

Recogida de residuos urbanos

La cantidad de residuos que las ciudades generan no deja de incrementarse en los últimos años. En el caso concreto de España, se ha pasado de unos 378 kg de basura por ciudadano en 1995 a 588 kg en el 2007. El uso cada vez más cotidiano de envases y embalajes, que suponen alrededor del 60% del volumen total de residuos y del 33% de su peso, explica en buena medida el por qué de este incremento constante.⁴

Una buena gestión del sistema de recogida de basuras tiene una gran importancia. De hecho, esta actividad suponía alrededor del 80% de los costes totales de la gestión de los residuos urbanos en los años 1970 y del 60% durante las décadas de 1980 y 1990. En los últimos años, con motivo de la implantación de sistemas de recogida selectiva se ha producido un nuevo incremento de los costes de gestión asociados (Montilla, Gallardo y Vidal, 2000).

Para la ubicación de contenedores de residuos suele emplearse como información de base, datos

demográficos y socioeconómicos (concentración de población, producción de residuos), características y tipologías de los contenedores (tamaños y capacidades de volumen, movilidad), características de los viales (centros históricos, nuevas áreas urbanas). Una vez localizados estos contenedores se establecen unas rutas de recogida de residuos teniendo en cuenta una serie de parámetros (horarios comerciales, tipo de barrio y/o de calle,...). Sin embargo, hay otras variables que no son consideradas actualmente y que permitirían mejorar el modelo de gestión de los residuos urbanos.

Los contenedores son antiestéticos y producen malos olores, por lo que los vecinos no los quieren cerca de sus casa; pero ubicarlo lejos supone arriesgarse a su infrautilización, especialmente en el caso de los contenedores de vidrio, papel y envases. Otra posibilidad sería disponer el fácil acceso a contenedores de papel en aquellas áreas en que la actividad de oficinas es importante con el propósito de asegurar que el volumen de papel y cartón generado por esta actividad entre correctamente en el ciclo de reciclaje.

La utilización de una base de datos cartográfica de los edificios y sus alturas permitiría conocer las áreas de sombras (en función de la posición del sol y de la hora del día) para evitar que los contenedores de residuos orgánicos queden expuestos continuamente al sol, lo que produciría malos olores.

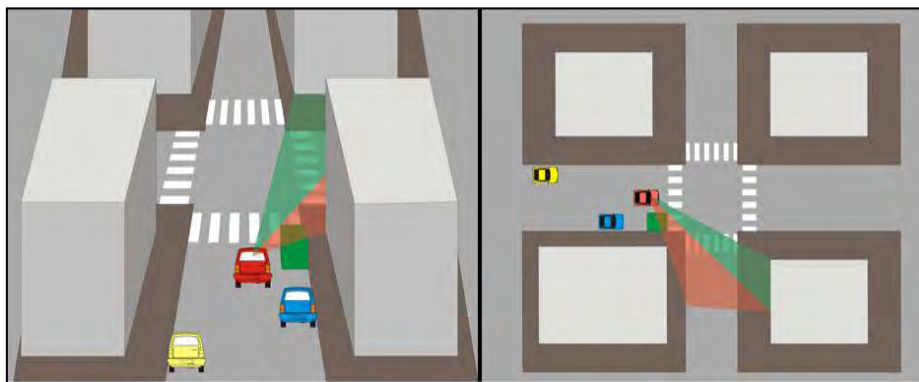
4. Instituto Nacional de Estadística de España, 2008.

En algunas ciudades españolas, el cambio a contenedores más grandes en áreas con una alta densidad de población obliga a analizar su ubicación de forma minuciosa debido a su escasa movilidad. Se deben evitar así ubicaciones inadmisibles que puedan obstaculizar la visión del tráfico rodado en cruces e

intersecciones sobre pasos de peatones, aceras y otras vías. Ello obliga a tener en cuenta todo un conjunto de variables (ancho de acera y de la vía, presencia de elementos puntuales y vegetación,...) en el momento en el que se planean las posibles ubicaciones de los mismos.

FIGURAS 5 Y 6

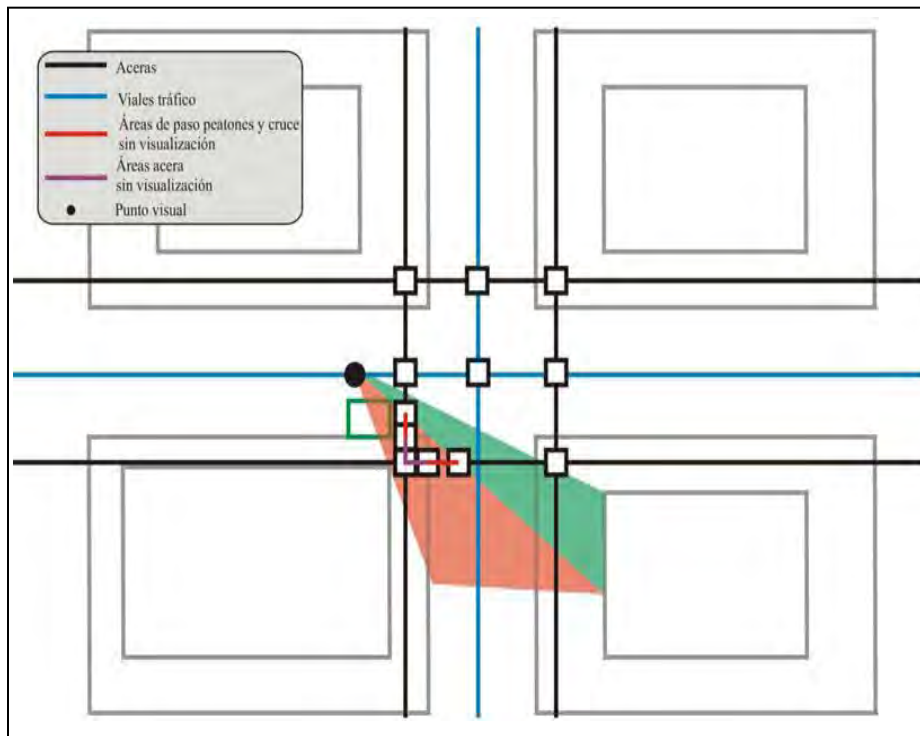
PROBLEMAS DE VISIBILIDAD DERIVADOS DE UNA UBICACIÓN INADECUADA DE CONTENEDORES CERCA DE UNA INTERSECCIÓN DE CALLES



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 7

PROBLEMÁTICA DERIVADA DE LA UBICACIÓN INADECUADA DE CONTENEDORES DE RESIDUOS EN LAS PROXIMIDADES DE INTERSECCIONES DENTRO DE ÁREAS URBANAS



Fuente: Elaboración propia.

Zonas verdes dentro de entornos urbanos

La vegetación puede influir en el microclima urbano atenuando las temperaturas, la incidencia de los

vientos, etc. De esta forma, se debe de tener en cuenta la presencia de zonas verdes en el momento del planeamiento de nuevas áreas urbanas con la finalidad de buscar una mejora en la calidad de vida de los ciudadanos.

La influencia de la vegetación sobre la radiación solar supone un factor de alteración muy importante sobre el balance energético resultante dentro de las áreas urbanas. Las plantas absorben de un 5 a un 20% de la energía solar para la fotosíntesis, reflejan un porcentaje similar, disipan entre un 30 y un 40% mediante evapotranspiración y transmiten entre un 5 y un 30% (Ochoa de la Torre, 1999). Este comportamiento influirá en los balances energéticos resultantes, tanto sobre las vías públicas como sobre los edificios próximos.

Aunque en áreas urbanas, con alta densidad de edificación, el viento puede quedar relegado a un papel secundario debido al efecto barrera de la propia estructura urbana, en áreas de baja densidad (áreas residenciales, espacios abiertos o descubiertos) la vegetación puede jugar un papel importante. Se han realizado estudios en los que se demuestra que un aumento del 10% en la cubierta de arbolado da lugar a una disminución de entre el 10 y el 20% de la velocidad del viento, mientras que con niveles de cobertura mayores se consiguen reducciones de la velocidad del viento aún más importantes. De esta forma, suele considerarse que la cubierta arbolada (y su nivel de densidad) es la mejor barrera para mitigar los efectos del viento, mejor incluso que las barreras sólidas (Olgyay, 1998).

La evapotranspiración es el principal factor responsable de la reducción de temperaturas por parte

de las masas vegetales. No obstante, este beneficioso efecto necesita de una mínima densidad vegetal para llegar a ser significativa. Por ello, la búsqueda de este efecto se suele llevar a cabo a través de la creación de parques y jardines de una cierta extensión.

Otra ventaja asociada a la cubierta vegetal en áreas urbanas es que permite mitigar la contaminación acústica. Aunque su efecto es relativamente pequeño (independientemente de que actúa como pantalla visual respecto a la fuente de ruido), resulta interesante hacer mención de esta ventaja como una prueba más de la presencia en nuestro espacio de elementos con unas características que no siempre se tienen en cuenta a la hora de planificar y diseñar nuestras ciudades. En los últimos años, algunos autores como Ochoa de la Torre (1999) han desarrollado estudios a partir de los cuales se han clasificado grupos de árboles en función de su capacidad de absorción sonora, concluyendo que la vegetación de hoja perenne es la que mejor respuesta ofrece y que la mejor ubicación es cerca de la fuente de ruido.

En el momento de diseñar un entorno urbano de nueva creación o de rehabilitar uno ya existente, se debe tener en cuenta la importancia que tiene una buena cobertura vegetal y/o arbórea, la que en una localización adecuada ofrece innumerables ventajas: incremento de la calidad de vida, reducción de la contaminación atmosférica y acústica,

compensación de balances energéticos, etc.

Proyectos de iluminación en áreas urbanas

Actualmente, se están intentando implantar modelos de gestión de los sistemas de alumbrado con el propósito de incrementar su eficacia energética: ahorro de energía (Vilasau, 1985), mantenimiento de los niveles de iluminación, reducción de la contaminación lumínica, etc. Estos métodos de control se fundamentan básicamente en el encendido, apagado del alumbrado y en el control del flujo luminoso mediante interruptores crepusculares (a partir de la luminosidad ambiental) u otros basados en horarios astronómicos (a partir de la posición geográfica). Actualmente existen métodos de control remoto de la iluminación (sistemas de telegestión) que permiten, tanto programar el encendido y/o apagado del alumbrado como regular la intensidad lumínica, empleando para ello controladores de iluminación, puntos de control y aplicaciones informáticas implementadas sobre sistemas GIS.

Los proyectos para la implantación o modificación del alumbrado

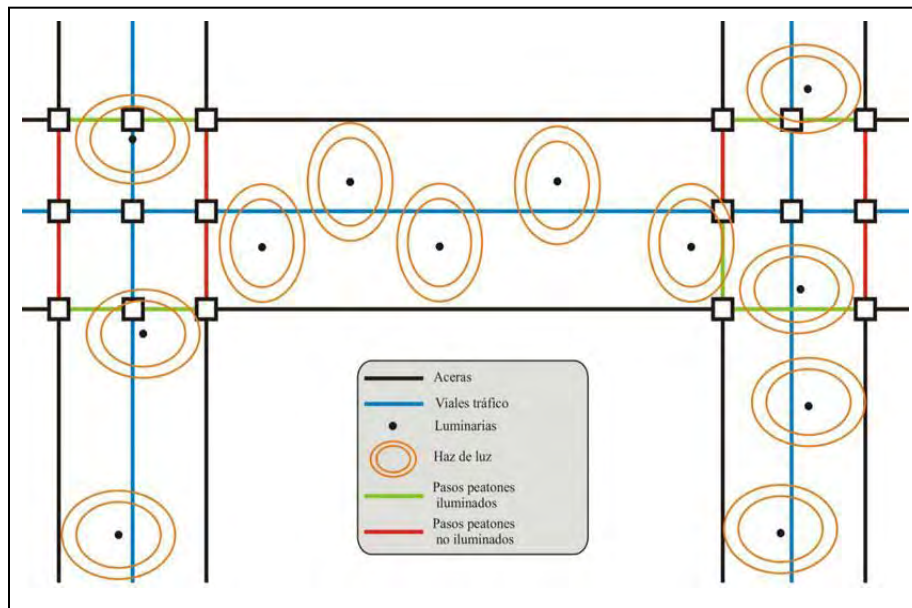
de las calles parten del uso vial. Para ello se emplea una clasificación de las vías públicas en base a las normativas correspondientes tomando como valores los recomendados. Una vez definidos los requisitos que debe de cumplir cada eje de vía se puede abordar el planeamiento de la infraestructura necesaria: número de elementos, potencias, disposición de las luminarias (unilateral, tresbolillo, pareada, suspendida), las alturas, etc. La presencia de un elemento eventual puede obligar a introducir para cada vía o área alguna modificación sobre los criterios genéricos.

En los cruces de viales se debe buscar una mayor iluminación con la finalidad de que la visibilidad sea mejor. En plazas y glorietas las luminarias se deben ubicar en el borde exterior para que iluminen las vías de salida y acceso. Si la calle posee pasos de peatones, las luminarias deben de situarse antes (en el sentido del tráfico) para que el paso de cebras sea bien visible, tanto para los peatones como para los conductores. El arbolado⁵ y otros elementos ornamentales dispuestos en las proximidades de los viales son otros factores que deben ser considerados ya que condicionan la efectividad del alumbrado.

5. Hay que tener en cuenta que el arbolado crece e incrementa su cubierta vegetal, lo que obliga a un proceso continuado de actualización de la información cartográfica suministrada al GIS.

FIGURA 8

INFLUENCIA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO SOBRE EL ENTAMADO VIARIO (PASOS DE PEATONES) DE ÁREAS URBANAS



Fuente: Elaboración propia

Podemos observar como los GIS integrados van a permitirnos manejar la interacción de los diferentes elementos del planeamiento (iluminación, tráfico, arbolado,...), además de ayudarnos a prever las consecuencias que el cambio de uno de los elementos va a suponer sobre el resto, tanto en instalaciones de

alumbrado ya existentes como en otras nuevas.

Planeamiento urbano

El planeamiento de la trama urbana (viales y manzanas) suele desarrollarse como una continuación

de la trama existente (calles, caminos, avenidas) o de aquellos elementos condicionantes (ríos, vías de ferrocarril). La red de calles y la organización del tráfico, la ubicación y fisionomía de los edificios, la localización de espacios públicos (jardines, edificios públicos) condicionan el entramado urbano y su proceso de expansión. De esta forma, todo este conjunto de variables a tener en cuenta condicionan y limitan el trabajo de los urbanistas.

La aparición de nuevas tecnologías (calefacción, aire acondicionado) y el peso que en las sociedades actuales tiene el automóvil ha dado lugar a que las áreas urbanas estén lejos de ser ambientes con un buen aprovechamiento de las características físicas del espacio sobre el que se ubican. La insostenibilidad del modelo actual junto a la concentración de la población y de las actividades económicas en áreas metropolitanas hace que justo aquí se concentre la mayor parte del consumo energético de las sociedades actuales.

Se calcula que alrededor del 40% del consumo total energético se debe al gasto derivado de los edificios. Si introducimos en un GIS variables como la separación horizontal entre edificios, la densidad de edificación (altura, tipología, tamaño y forma de los edificios), la alternancia de alturas, la orientación de la trama (orientación al Sur en el caso de las ciudades del hemisferio Norte ubicadas en latitudes medias y altas) se podrá obtener distintos modelos que

nos permitirán evaluar diferentes soluciones en función de nuestros objetivos de estudio. Entre los factores a tener en cuenta estarán las horas de insolación en una determinada zona, la incidencia de la luz solar sobre las distintas superficies, el estudio de la relación entre tiempo de insolación y sensación térmica, etc.

Se debe tener en cuenta que se trata de grandes rasgos de la morfología urbana los que, aunque se planifiquen con sumo cuidado, difícilmente van a permitir obtener unos resultados de continuidad por sí mismos. Se van a necesitar una serie de elementos complementarios, como vegetación arbustiva o materiales adecuados de construcción, para poder alcanzar espacios de calidad, lo que refuerza la idea de un GIS integrado. No hay que olvidar que, variables como la insolación presentan variaciones estacionales a lo largo del tiempo, ante las cuales un elemento rígido como la trama urbana tiene una capacidad de adaptación muy limitada.

Por lo tanto, obviar el papel de la trama urbana dentro de un proyecto de ordenación urbana nos obligará a introducir una serie de elementos correctores (luminarias, vegetación, parasoles, sistemas de refrigeración o calefacción) en una cantidad y/o intensidad considerablemente mayor a la que hubiera sido necesaria si se tuvieran en cuenta las propias variables geográficas y estructurales en el momento de diseño de dicha trama urbana.

Tráfico urbano

Posiblemente la planificación y gestión del tráfico sea uno de los factores que más relevancia tiene actualmente a la hora de diseñar un modelo de ciudad. Se debe tener en cuenta así una serie de aspectos relacionados: diseño de la red vial, desarrollo de sistemas de control y gestión del tráfico, modelos de simulación, interacción de los servicios de emergencias con el tráfico, diseño u optimización de los servicios de transporte público,... (Herrero, Sáez y Moreno, 2004). Estos sistemas de información parten de una cartografía digitalizada cuyas tablas alfanuméricas se van enriqueciendo con multitud de variables que ordenan, modelan, restringen y/o condicionan el tráfico. Se parte entonces de una cartografía de los viales junto con la ubicación de los elementos más significativos para el tráfico: semáforos, señales verticales y horizontales, sentidos de tráfico,... acompañados de otros atributos como números de carriles, posibilidad de aparcamiento, pasos inferiores, cruces y pasos de peatones.

Actualmente la mayor parte de las administraciones locales solo tienen en cuenta el tráfico a la hora de hacer estudios de movilidad y de flujos (de tráfico) dentro de áreas urbanas. Sin embargo, este tipo de investigación deberían tener en cuenta un mayor número de variables, tratadas de forma integrada, para conseguir unos resultados más eficientes en el campo de la gestión de la movilidad y del tráfico urbano.

Dentro de este campo de estudio, uno de los temas importantes a tener en cuenta es el relativo a las emisiones atmosféricas generadas por el tráfico. Introduciendo variables como la intensidad del tráfico y sus variaciones, tipo de vehículos (ligeros, pesados), combustible (diesel, gasolina) y tipo de vía (urbanas, interurbanas, rurales), se puede realizar un estudio de las emisiones derivadas del tráfico (Garrido, 2000) con el propósito de atenuar o minimizar las emisiones de contaminantes. Otro aspecto significativo es el de la contaminación acústica producida por el tráfico rodado. Así, los GIS nos permitirán obtener mapas de áreas con problemas de saturación acústica si tenemos en cuenta todo un conjunto de variables relacionadas.

Los estudios de movilidad urbana no deben centrarse únicamente en el flujo del tráfico y en las redes de transporte existentes, sino que deben ir más allá. Debe ser considerada así la movilidad peatonal y sus infraestructuras propias dentro del conjunto de la ciudad. Del mismo modo que se evalúa la conectividad y flujo del tráfico de vehículos, se puede estudiar con sistemas GIS la movilidad, tanto a pie como en medios de transporte alternativos. Es más, este análisis debe incluir criterios que aseguren el uso de espacios peatonales por parte de personas con algún tipo de minusvalía: dimensiones, pendientes, desniveles, pavimento adecuado, presencia de mobiliario urbano, etc. Así, en este caso, los GIS nos permitirán

evaluar la calidad de nuestra red peatonal en todo nuestro ámbito de estudio de una forma rápida e independiente de la extensión y densidad de la misma.

La incorporación de los sistemas GMAO y GIS en las administraciones locales

El mantenimiento es una disciplina científico-técnica cuya aplicación se limita casi exclusivamente al ámbito industrial, amparado por el interés de las empresas por maximizar beneficios y reducir costes. Para muchos el objetivo último del mantenimiento es el de establecer la vida útil de una máquina, lo que supone un factor clave en la política que va a adoptar una empresa.

Pero esto que parece tan sencillo, en realidad no lo es tanto. Si se hace una simplificación con un ejemplo se entenderá el contexto: cuando una empresa compra una máquina cualquiera hace un desembolso inicial, único y constante (*coste de inversión*). Para poner a funcionar dicha máquina se necesitarán de una serie de elementos como mate-

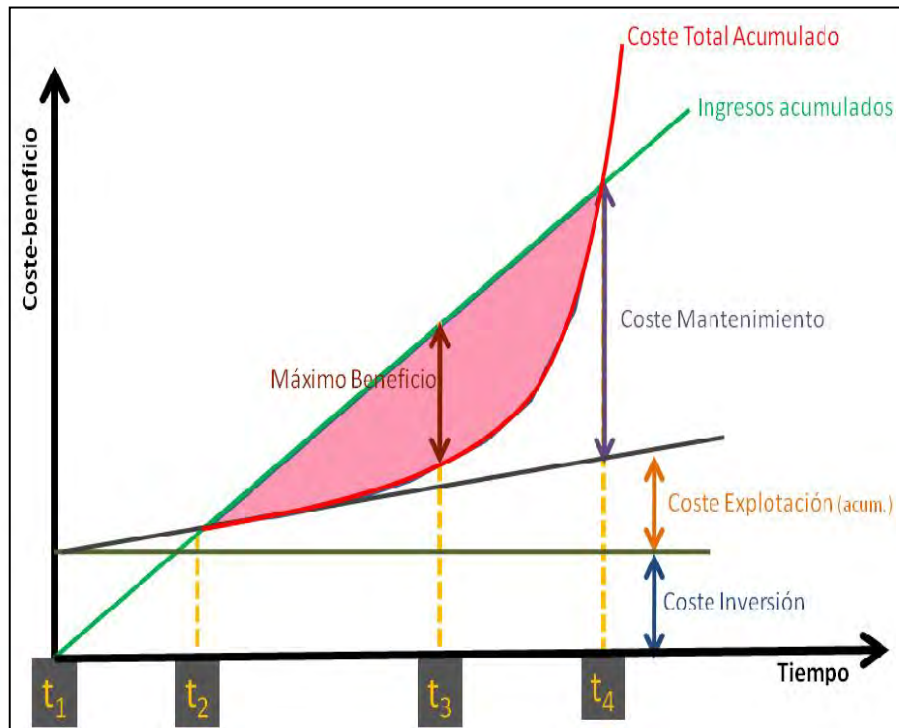
ria prima, operarios, energía,... que son los denominados *costes de explotación*, los que, para no hacer más complejo el ejemplo, se pueden considerar constantes con el tiempo. Si se estableciera, a partir de los dos anteriores, un nuevo parámetro denominado "*coste de explotación acumulado*" se vería como éste crecería de forma lineal con el tiempo. Un último coste sería el correspondiente al mantenimiento de la máquina, el que como se sabe por experiencia propia, va a ser considerablemente más elevado con el paso de los años.

Si se suman los tres costes anteriores se podría trazar en un gráfico una línea que representaría el *coste total acumulado*, la que tendría una forma de arco cóncavo (ver figura 9). Si se considera que la susodicha máquina genera unos ingresos regulares con el tiempo (línea de "*ingresos acumulados*"), ya se tendrían todas las claves para saber cuál es el momento en que nuestra máquina es rentable y cuando deja de serlo, tal y como se puede ver en la siguiente figura en la que se representa, para un caso teórico,⁶ el *coste de posesión de material* (LCC) de una máquina cualquiera.

6. La figura en cuestión supone un caso ideal porque en ella se asume que la línea de costes de explotación, al igual que la de los ingresos acumulados, presenta un crecimiento lineal y constante con el paso del tiempo.

FIGURA 9

GRÁFICO REPRESENTATIVO DEL LIFE CYCLE COST, LCC DE UNA DETERMINADA MÁQUINA O EQUIPO



Fuente: Elaboración propia.

La lectura que se puede hacer del gráfico anterior es la siguiente: una máquina cualquiera tiene una serie de costes acumulados, los cuales son la suma de lo que nos costó inicialmente (coste de inversión), de lo que cuesta ponerla a

funcionar (costes de explotación) y de lo que cuesta tenerla en perfectas condiciones (costes de mantenimiento). Esa misma máquina va a ser una herramienta de trabajo que nos va a permitir ingresar una serie de capitales a lo largo del tiempo.

A la vista del gráfico se ve que el tiempo de amortización de la máquina empieza en t_2 , que es cuando los ingresos superan a los costes. Entre t_2 y t_4 la máquina nos está reportando unos beneficios, siendo t_3 el momento en el que el beneficio es máximo. Con el paso del tiempo, los costes de mantenimiento crecen exponencialmente y es a partir de t_4 cuando los costes son superiores a los ingresos, siendo a partir de ese momento una máquina no rentable. Surge entonces la siguiente pregunta: ¿Cuál es el momento ideal para reemplazar la máquina en cuestión?, pues, aunque pueda parecer lógico decir que t_4 es el momento idóneo, lo cierto es que la solución óptima está sometida a una mayor complejidad debido a una serie de factores entre los que destacan los planes de futuro de la empresa.

La adquisición de una nueva máquina supondrá un nuevo coste de inversión, que hasta el paso de un tiempo determinado no se logrará amortizar. Por tanto, si la empresa tiene un plan de futuro a largo plazo puede recomendarse un recambio a partir de t_4 , pero si esta empresa no tiene un plan de futuro demasiado ambicioso puede ser recomendable

mantener la vieja máquina y afrontar sus costes de mantenimiento, siendo ésta la solución más rentable para este caso.

Las metodologías de trabajo propias de la ingeniería geográfica e industrial pueden ser extrapolables a cualquier nivel de la administración en general y de las administraciones locales en particular⁷ en base a una serie de razones: la conversión de los municipios en entes gestores de los recursos locales, la coyuntura económica actual, la necesidad de mejora continua en la gestión municipal y el mayor control de los recursos.

En los últimos años las administraciones locales se han convertido en entes gestores de los recursos propios (VVAA, 2003), cuya responsabilidad se ve acrecentada por el hecho de que son las más próximas a los ciudadanos. En este contexto surge la necesidad de hacer uso de las técnicas más eficientes para la gestión y el control de los recursos propios, de entre las que se destacan los sistemas GMAO y GIS. Estos modelos de tratamiento de la información permiten minimizar los tiempos de trabajo (al ofrecer respuestas instantáneas), aumentar la coordinación y la interdisciplinariedad entre las diferentes áreas y/o departamentos, además de permitir un recorte considerable del personal laboral, lo que redundará en una contención del gasto.

La implementación de estos sistemas permite acometer una ges-

7. Se puede ver ejemplos de aplicaciones puntuales, tanto de metodologías de trabajo propias de la ingeniería del mantenimiento (ver Molist (1993), Lothberg (1985), Granero (1994), Muntasell (1997) y Romero-Toro (1999)) como de las propias de la ingeniería geográfica (ver Alarcón (1999) y Pueyo (1991)).

ción centralizada de tareas correspondientes a diferentes áreas, permitiendo integrarlas en una única. La coordinación es la base para el éxito, tanto de la empresa como de la administración. Aunque este es el estado ideal, es muy difícil de lograr fuera de la empresa privada. La existencia de herramientas de gestión potentes tales como los sistemas GMAO y/o GIS son una buena "excusa" para integrar la información y llevar a cabo una gestión centralizada en cualquier nivel de la administración, incluida la local (Balsa, 2008). Esto permite incrementar la coordinación entre equipos de trabajo, lo que supone a su vez otra ventaja asociada: la estandarización de la información (Smith y Esteban, 2003). Los datos van a pasar de unos equipos de trabajo a otros, lo que obligará a adoptar unos criterios concretos de normalización de los mismos. Por su parte, el hecho de que un solo equipo sea el responsable del sistema de gestión supondrá un claro recorte de personal administrativo en las diferentes áreas de trabajo, lo que unido a la propia eficiencia del sistema, permitirá llevar a cabo una reducción del personal dentro de cada una de las áreas y/o departamentos de trabajo.

Además, tanto los sistemas GMAO como los GIS son programas que ayudan a la toma de decisiones (SATD),⁸ tanto de carácter técnico como político, basándose para ello en la adopción de una perspectiva

8. *Sistemas de Ayuda a la Toma de Decisiones.*

científico-técnica que permite una descomposición y simplificación de los problemas, en una jerarquización de las prioridades de actuación y en una consideración de los diversos escenarios posibles. Solamente ésta es, por sí sola, una razón de peso suficiente para la implantación de estos sistemas en cualquier nivel administrativo, ya que permite al equipo de gobierno tomar decisiones en base a una estructura coherente y a una serie de fundamentos lógicos.

Por su parte, la transformación de modelo de crecimiento económico de muchos países con la aparición de la crisis económico-financiera actual, ha obligado a muchos de ellos a reconvertir su estructura productiva y su modelo de crecimiento económico, conscientes del agotamiento del mismo. Surge así la necesidad de poner en marcha modelos que presenten una gestión más eficiente y sostenible de los recursos, lo que en la mayoría de los casos obliga a tener en cuenta más factores y parámetros de estudio.

Desde el principio de la crisis económica actual, los gobiernos han optado por adoptar políticas de austeridad económica, las que han recortado los presupuestos de las administraciones. Éstas se enfrentan entonces a una difícil situación ya que tienen que seguir ofreciendo un mismo servicio pero contando para ello con menos recursos, lo que les obliga automáticamente a ser más eficientes, gestionando más y mejor. Se convierte así en una necesidad

acuciante contar con sistemas gestores de gran capacidad, que permitan manejar y analizar grandes volúmenes de información, reducir gastos, estudiar y analizar las diferentes alternativas posibles y maximizar la rentabilidad de las inversiones, dentro del marco de austeridad económica en el que vive la administración actualmente.

La adaptación a las nuevas tecnologías y el desarrollo de novedosos procedimientos de trabajo es otro de los motivos por los que deben de adoptarse este tipo de sistemas de gestión (Insunza, 1986). Los requisitos cada vez más exigentes, tanto por parte de los ciudadanos como de los niveles administrativos superiores, obligan a llevar a cabo una gestión de los recursos más eficaz y eficiente que la que se venía en los últimos años. Además, con el tiempo aparecen nuevos parámetros que deben ser tenidos en cuenta y que condicionan el tipo de decisiones a adoptar. La adición de actuales condicionantes solo supone la suma de recientes capas o *layers* en los GIS y/o de nuevos parámetros en los sistemas GMAO, cuya información podrá cruzarse instantáneamente con el resto para ver el nivel de correlación que hay entre los diversos parámetros de información.

Una correcta gestión del mantenimiento supone una gran reducción de costes, un aumento de la rentabilidad de los esfuerzos y de la eficiencia en el empleo de los recursos propios (materiales, mano de obra,...), un incremento del control

sobre los recursos gracias a una mejor asignación basada en estudios y experiencias previas, un aumento de la eficacia de trabajo (hay más control sobre el trabajo y sobre la mano de obra, una mejor asignación cuantitativa y cualitativa de recursos, control de *stocks* y materiales). En consecuencia, el mantenimiento nos permitirá hacer más y mejor.

A la hora de implantar un sistema de mantenimiento no existe una regla general de cuál es el óptimo. El nivel de mantenimiento adecuado dependerá de numerosos factores como el tamaño del municipio, sus recursos, su estructura, la cualificación del personal laboral con el que cuenta, etc. Para el caso de las administraciones locales, cada municipio tiene sus características propias que lo conforman como un caso único. El nivel óptimo es el caso ideal (mantenimiento óptimo), el que se encuentra en un nivel intermedio entre los estados de sobremantenimiento y el submantenimiento, los cuales "pecan" por exceso y por defecto respectivamente.

Conclusiones

A lo largo de este artículo se ha analizado la viabilidad teórica de adoptar en la administración una serie de metodologías de trabajo que, hasta el día de hoy, se han aplicado mayormente en la empresa privada. Lo cierto es que ya sea

individualmente y/o integradas en conjunto, estas metodologías de trabajo propias de la ingeniería geográfica y del mantenimiento industrial pueden tener cabida en la gestión y administración pública al ofrecer una serie de ventajas propias, a las que se ha hecho referencia en el texto. Todo ello permite acometer una gestión más eficaz y eficiente de los recursos propios.

Se ha optado por particularizar una buena parte del planteamiento al caso de las administraciones locales, por ser las más próximas al ciudadano. Aunque este nivel administrativo tiene unas características propias que lo diferenciaran de los niveles superiores, lo cierto es que la perspectiva de trabajo adoptada en el texto puede ser extrapolable a cualquier otro nivel de la administración pública.

El contexto económico actual de crisis está obligando a las administraciones locales a realizar una gestión más eficiente de sus recursos, proyectando al exterior una imagen de austeridad y transparencia. La responsabilidad de gestión municipal vincula a gobernantes con los ciudadanos, y se deriva de las decisiones y actos relativos a la gestión de los recursos públicos. Utilizar recursos y gestionar los servicios conforme a la legalidad vigente y de forma que se logre ofrecer el máximo valor a cambio del gasto efectuado constituye el campo de la responsabilidad en la gestión. El concepto así interpretado comprendería pues, no solamente la exigen-

cia de honradez y el cumplimiento de la legalidad en la utilización de los recursos (responsabilidad legal), sino también la exigencia de una gestión eficiente y eficaz de los mismos (responsabilidad gerencial).

El empleo de metodologías y técnicas propias del mundo industrial dentro del sector público obliga a las administraciones públicas a adoptar una nueva filosofía de trabajo. Los gobiernos locales se ven obligados, cada vez más, a gestionar mejor sus recursos, contener sus gastos, promocionarse más activamente,... lo que los asemeja en sus objetivos a una empresa privada. Siguiendo esta lógica deductiva, las administraciones locales han de asumir metodologías, técnicas y tecnologías propias del sector industrial y civil, las que han demostrado ser herramientas de gestión muy eficientes.

Referencias bibliográficas

- Alarcón, V. (1999): "Soluciones GIS para la administración local". *Revista Mapping Interactivo*, No. 54, pp. 56-57.
- Balsa Barreiro, J. (2008): *Análise para a implementação dun SIX co fin da xestión de servizos en calquera nivel da Administración. Particularización e aplicacións de mellora para o caso da Dirección Xeral de Turismo-Turgalicia (Conseillería de Innovación e Indus-*

- tria). Monografía No. 9, Ed. Escola Galega de Administración Pública, Santiago de Compostela.
- Bosque Sendra, J. & Gould, M. (1992): *Sistemas de Información Geográfica*. Ed. Rialp, Madrid.
- Crespo Márquez, A. y Sánchez Herguedas, A. (1995): "Análisis y diseño de las políticas de mantenimiento mediante métodos cuantitativos". *Revista Mantenimiento: ingeniería industrial y de edificios*, No. 85, pp. 5-16.
- De Groote, P. (1993): "La gestión de mantenimiento". *Revista Mantenimiento: ingeniería industrial y de edificios*, No. 67, pp. (sin definir).
- Garrido Palacios, J. (2000): "Aplicación geográfica de los SIG al estudio de la contaminación atmosférica en el ámbito local". *Tecnologías geográficas para el desarrollo sostenible: IX Congreso del grupo de métodos cuantitativos, sistemas de información geográfica y teledetección*. Asociación de Geógrafos Españoles. Alcalá de Henares, 2000: pp. 608-622.
- Granero Martín, A. (1994): "El mantenimiento y la seguridad de los centros de transformación de energía en los grandes edificios y espacios públicos". *Revista Mantenimiento: ingeniería industrial y de edificios*, No. 78, pp. (sin definir).
- Gutiérrez Puebla, J. & Gould, M. (1994): *SIG: Sistemas de Información Geográfica*. Ed. Síntesis, Madrid.
- Herrero Silvestre, M., Sáez Esteve, A. & Moreno Clarí, P. (2004): "Los sistemas de información geográfica. Las nuevas tecnologías aplicadas a la gestión del tráfico urbano". *Revista Bit*, No. 146, pp. 77-79.
- Insunza Arrien, M. (1986): "El mantenimiento industrial ante las nuevas tecnologías". *Revista Mantenimiento: ingeniería industrial y de edificios*, No. 16, pp. (sin definir).
- Kemp, K., Goodchild, M. & Dodson, R. (1992): "Teaching GIS in geography". *The professional Geographer*, vol. 44, No. 2, pp. 181-191.
- Lerma Peris, M.J. & Tormos Martínez, B. (2002): *Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador*. Departamento de Máquinas y Motores (CMT). Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia, (España).
- Lothberg, L. (1985): "Alto nivel de mantenimiento en las carreteras de clima ártico". *Revista Mantenimiento: ingeniería industrial y de edificios*, No. 11, pp. (sin definir).

- Macian Martínez, V., Tormos Martínez, B. & Olmeda González, P. (2007): *Fundamentos de Ingeniería del Mantenimiento*. Departamento de Máquinas y Motores (CMT). Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia (España).
- Molist i Tarres, R. (1993): "El control de calidad en la gestión de mantenimiento en áreas urbanas". *Revista Mantenimiento: ingeniería industrial y de edificios*, No. 61, pp. (sin definir).
- Montilla Gómez, J.C., Gallardo Izquierdo, A. & Vidal Nadal, R. (2000): "Diseño de un Plan de recogida de residuos sólidos urbanos utilizando tecnologías SIG". *Revista Mapping Interactivo*, No. 60, pp. 40-46.
- Moreu De León P. y Crespo Márquez, A. (1996): "Consideraciones sobre el sistema de información para la gestión del mantenimiento industrial". *Revista Mantenimiento: ingeniería industrial y de edificios*, No. 97, pp. 25-34.
- Muntasell Arcarons, J. (1997): "Edificios de uso público: criterios prácticos de evaluación y control del mantenimiento". *Revista Mantenimiento: ingeniería industrial y de edificios*, No. 103, pp. (sin definir).
- Ochoa De la Torra, J.M. (1999): *La vegetación como instrumento para el control microclimático*. Tesis doctoral: Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
- Olgay, V. (1998): *Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Ed. Gustavo Gili, Barcelona.
- Olivares Talens, A. (1995): "Los programas de GMAO como centro de control de mantenimiento". *Revista Mantenimiento: ingeniería industrial y de edificios*, No. 88, pp. (sin definir).
- Pueyo Campos, A. (1991): "El sistema de información geográfica: un instrumento para la planificación y gestión urbana". *Revista Geographicalia*, No. 28, pp. 175-192.
- Romero-Toro Soria, A. (1999): "Gestión y mantenimiento en edificios hospitalarios". *Revista Mantenimiento: ingeniería industrial y de edificios*, No. 123, pp. (sin definir).
- Smith, M.L. y Esteban Sánchez, O. (2003): "Normalización en el campo del mantenimiento. Guía europea para la elaboración de contratos de mantenimiento, ENV 13269:2001. Aplicabilidad en el sector del transporte y la logística. Herramientas de mejora". *Revista Mantenimiento: ingeniería industrial y de edificios*, No. 168, pp. 26-32.

Tobalina Pons, F. (2000): "TPM como síntesis de la estrategia productiva". *Revista Mantenimiento: ingeniería industrial y de edificios*, No. 131, pp. 13-18.

..... (2008): "Sistemas de gestión de mantenimiento GMAO. De las expectativas a la realidad". *Revista Mantenimiento: ingeniería industrial y de edificios*, No. 217, pp. 12-16.

Vilasau Soler, J. (1985): "Mantenimiento y ahorro de energía". *Revista Mantenimiento: ingeniería industrial y de edificios*, No. 12, pp. (sin definir).

VVAA (2003): "Liderazgo y representación política en los entes lo-

cales". Primer seminario *Pensando lo local en un nuevo siglo*. Granada, 20-21 de Febrero 2003.

Instituciones y webs

Instituto Nacional de Estadística de España (INE): <<http://www.ine.es/>> [Entrada: 15/04/2011]

European Federation of National Maintenance Societies, EFNMS: <<http://www.efnms.org/>> [Entrada: 15/04/2011]

Asociación Española de Mantenimiento (AEM): <<http://www.aem.es/>> [Entrada: 15/04/2011] ◇