

## Seguimiento detallado de los cambios urbanísticos que se producen en el término municipal de Madrid.

Dña Lourdes Albizua<sup>(1)</sup>, D. Moisés Zalba<sup>(1)</sup> y D. José Manuel Romero<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Área de Ingeniería Territorial. Trabajos Catastrales S.A. Ctra del Sadar, Edificio del Sario S/N, 31006 Pamplona, Navarra. labizua@tracasa.es, mzalba@tracasa.es.

<sup>(2)</sup> Ayuntamiento de Madrid. Área de Gobierno de Urbanismo, Vivienda e Infraestructuras. Dirección General de Planificación y Evaluación Urbana. Subdirección General del Plan General de Ordenación Urbana. Departamento de Cartografía Urbanística.

### Resumen

Este proyecto ha puesto a punto una metodología para el seguimiento detallado de cambios urbanísticos en el término municipal de Madrid mediante técnicas de teledetección. Para ello se han capturado y ortorectificado una serie de tres imágenes de alta resolución (SPOT5) y otra serie de cuatro imágenes de muy alta resolución (QUICKBIRD e IKONOS), a partir de las cuales se han elaborado los mapas de cambio de E. 1:20.000 y 1:5.000 respectivamente.

### 1. Introducción

La ortorectificación de imágenes de satélite y generación de mapas de cambios mediante técnicas cuantitativas de teledetección responde a la necesidad de la Gerencia Municipal de Urbanismo de Madrid de datos y herramientas para llevar a cabo un seguimiento detallado de los cambios urbanísticos que se están produciendo en la ciudad.

Este proyecto se enmarca en otro más ambicioso que incluye además la realización de un vuelo fotogramétrico a color, generación de ortofotografías digitales de 20 cm de resolución y la realización de cartografías a escala 1:5.000 y 1:20.000 mediante la generalización de la cartografía 1:1.000 y las imágenes de satélite.

### 2. Objetivo

El objetivo general del proyecto es la elaboración de nuevos productos basados en imágenes de satélite que permitan el mantenimiento de la información cartográfica, la generalización de cartografías a diferentes escalas y el seguimiento de los cambios urbanísticos.

Los objetivos específicos del proyecto son dos:

1. Adquisición y ortorectificación de imágenes de satélite de alta y muy alta resolución que cubran

la totalidad del territorio del Término Municipal de Madrid (aproximadamente 605 km<sup>2</sup>).

- Alta resolución de tres fechas: sensor SPOT5 (5 m en PAN).
- Muy alta resolución de cuatro fechas: sensores Quickbird o Ikonos

2. Elaboración de mapas para el seguimiento de los cambios y que facilite la posterior actualización de la cartografía.

- Dos mapas de cambios a escala 1:20.000 a partir de las tres imágenes de satélite de alta resolución
- Tres mapas de cambios a escala 1:5.000 a partir de las cuatro imágenes de satélite de muy alta resolución

### 3. Metodología

Bajo este epígrafe se explica la metodología utilizada en la producción de las ortoimágenes y en la generación de los mapas de cambios.

#### 3.1. Producción de ortoimágenes

La producción de las ortoimágenes contempla tres fases fundamentales: fusión, ortorectificación y mosaico.

##### 3.1.1. Fusión

Estas técnicas combinan el carácter espectral, con el mayor detalle o resolución espacial de las bandas pancromáticas, obteniendo un producto complementario. Estas técnicas están basadas en:

- Transformaciones Wavelet (Glez Audicana, 2005) y el análisis multiresolución para SPOT5.
- Componentes principales para IKONOS y QUICKBIRD.

### 3.1.2. Ortorrectificación

La orrorrectificación se llevó a cabo por escenas individuales. Cabe señalar que todo el ámbito de trabajo se cubre con una única escena de SPOT 5. El proceso de orrorrectificación se realiza a partir de las siguientes informaciones:

- Modelo del sensor.
- Modelo Digital de Terreno "MDT" generado a partir de la información altimétrica procedente de la cartografía CDM1000.
- Puntos de control tomados de la cartografía 1:1.000 o de la ortofoto existente 1:2.000.

### 3.1.3. Mosaico

A continuación se preparó un mosaico para el conjunto de escenas de muy alta resolución y para todas sus bandas. Las técnicas utilizadas en este proceso son:

- Ajuste de color: tiene como objetivo igualar la radiometría de las bandas de escenas contiguas
- Feathering: transición gradual entre imágenes.
- Análisis de costuras: delimitación de la línea de unión entre escenas para minimizar la diferencia existente entre escenas.

Posteriormente se dividen los mosaicos en imágenes de acuerdo al tamaño y dimensiones de la malla de hojas a escala 1:5.000.

## 3.2. Producción de cartografía de cambios

Se consideran dos productos en función de las imágenes utilizadas: mapas de cambios E. 1:20.000 y E. 1:5.000

### 3.2.1. Mapas de cambios E. 1:20.000

Estos productos se obtienen a partir del tratamiento numérico de las imágenes de alta resolución.

- **Leyenda:** se consideran tres clases
  - Demoliciones o movimientos de tierra
  - Nuevas construcciones
  - No cambio

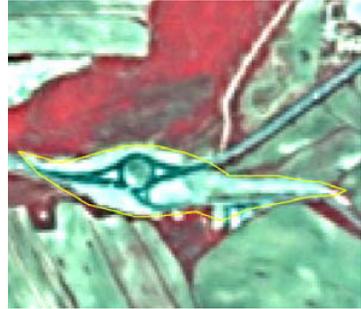


Figura 1: Detección de cambio correspondiente a clase "demoliciones o movimientos de tierra".

- **Procedimiento:** se consideran tres fases:
  - Corrección radiométrica basada en la normalización radiométrica relativa consistente en igualar niveles digitales en zonas invariables obteniéndose los coeficientes de normalización mediante ajuste de mínimos cuadrados.
  - Detección de cambios (Sunar, F., 1998; J.F. Mas, 1999). que consiste en la combinación de tres métodos diferentes: resta de imágenes, análisis de componentes principales y cálculo de la máscara de vegetación a partir de NDVI.
  - Limpieza de datos: básicamente consiste en el filtrado de los resultados y la revisión de cambios detectados por fotointerpretación.

### 3.2.2. Mapas de cambios E. 1:5.000

Estos productos se obtienen a partir de la fotointerpretación de las imágenes de muy alta resolución con información de apoyo: mapas de cambio E. 1:20.000 y ortofoto E 1:2.000 del año 2001.

- **Leyenda:** se consideran 11 clases
  - Zonas de obras de urbanización
  - Obras en edificios de nueva planta
  - Obras en edificaciones existentes
  - Demolición de edificios
  - Zonas de obras para la construcción de nuevos viales y terrenos asociados
  - Obras en vía urbana
  - Modificación de vías de comunicación existentes y terrenos asociado
  - Movimientos de tierras en solares, vertederos y similares
  - Aeropuerto
  - Implantación de viales en zonas de obras de urbanización
  - No cambio



Figura 2: *Detección de cambio correspondiente a “obras en edificios de nueva planta”.*

## 4. Resultados

Bajo este epígrafe se indican los resultados obtenidos en la producción de las ortoimágenes y en la generación de los mapas de cambios.

### 4.1. Producción de ortoimágenes

Se han generado las siguientes ortoimágenes de alta resolución y de muy alta resolución:

- SPOT 16 de Febrero del 2003
- SPOT 19 de Mayo del 2004
- SPOT 25 de septiembre 2004
- IKONOS Octubre-Noviembre 2003
- IKONOS-QUICKBIRD Febrero-Marzo 2004
- IKONOS Agosto 2004
- IKONOS Noviembre 2004



Figura 3: *Mosaico de término municipal de Madrid. Ikonos de Agosto 2004*

### 4.2. Producción de cartografía de cambios

Se han generado los siguientes mapas de cambios:

- MC20 feb03 – may04
- MC20 may04 – sept04

- MC5 oct03 – mar04
- MC5 mar04-ag04
- MC5 ag04-nov04



Figura 4: MC5 mar04-ag04 y detalle del mismo.

## 5. Conclusiones

La metodología puesta a punto se considera adecuada para el seguimiento de cambios urbanísticos en áreas de gran actividad.

Cabe señalar la idoneidad de trabajar con imágenes programadas por el usuario en el sentido de que se puede controlar, en cierta medida, las condiciones de captura de las imágenes: fechas, ángulo de incidencia, calidad radiométrica o

cobertura nubosa. Sin embargo, la posibilidad de utilizar imágenes de archivo permite realizar estudios retrospectivos, aunque lógicamente en este caso las condiciones de captura vienen impuestas.

En la detección de cambios mediante análisis numérico de las imágenes es aconsejable comparar imágenes capturadas en fechas similares. Es decir, es mejor comparar imágenes captadas con igual ángulo solar para evitar el efecto de las sombras y con el mismo estado fenológico de la vegetación. Lógicamente, cuando la actividad urbanística es de tal intensidad que obliga a realizar un seguimiento a lo largo del año este condicionante no se puede aplicar.

La metodología descrita permite centrar los esfuerzos de actualización de cartografía en zonas donde realmente son necesarias y evitar actualizaciones masivas con el consecuente incremento de coste.

## 6. Referencias

- [1] Remote Sensing and Urban Analysis. Edit. J.P. Donnay, M.J. Barnley y P. Longley. 2000
- [2] Guidelines for Quality Checking of Ortho Imagery. JRC Orthoimage Quality Assurance specification v1.5 (1999)
- [3] McMaster R.B., Shea K.S.: Generalization in Digital Cartography. Association of American Geographers. 1992
- [4] Introductory Digital Image Processing. A remote sensing Perspective. John R.Jensen
- [5] Glez Audicana M., Otazu X., Comparison between the Mallat and the discrete wavelet transform based algorithms for the fusion of multispectral and panchromatic images. International Journal of Remote Sensing Vol26 n3 Febrero2005 595-614
- [6] Sunar, F. (1998). An analysis of changes in a multi-date data set: a case study in the Ikitelli area, Istanbul, Turkey. International Journal of Remote Sensing, 19(2), 225 – 235
- [7] J.F. Mas, "Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques," Int. J. Remote Sensing, Vol. 20, No. 1, 1999, pp. 139-152.
- [8] Geographical Information Systems: Principles, techniques, management and applications. John Wiley and Sons. Chinchester, Reino Unido. 1999