

# EL USO DE FOTOS AÉREAS OBLICUAS DE PEQUEÑO FORMATO Y LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICAS PARA LA ACTUALIZACIÓN DE MAPAS DE USO DEL SUELO URBANO

Leonel RODRÍGUEZ<sup>1</sup>, Alberto E. GARCÍA<sup>1</sup>, Evelio AZCUY<sup>2</sup>, Lina REY<sup>1</sup>, Alina QUINTANA<sup>1</sup>,  
Ismael HERNÁNDEZ<sup>1</sup>, Bárbara BALLAGAS<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Laboratorio de Matemática Aplicada

<sup>2</sup> Departamento de Estudios Geoambientales

Instituto de Geofísica y Astronomía, calle 212 # 2906 % 29 y 31, La Lisa CP 11600 Ciudad de la Habana

## RESUMEN

A los especialistas encargados del Planeamiento Urbano se les hace difícil obtener información adecuada para el manejo y control de las ciudades y sus procesos. Éstas crecen a un ritmo tal que la información colectada se hace vieja muy rápido, y como el planeamiento es un proceso continuo se necesita de la información más actualizada posible en cada momento para llevar a cabo el mismo, constituyendo una herramienta imprescindible a la hora de la toma de decisiones. Nuestro estudio se centra en brindar un método rápido y relativamente barato para la actualización de los mapas de uso del suelo urbano a partir de fotos aéreas oblicuas de pequeño formato combinado con las potencialidades de los Sistemas de Información Geográficas. Se sobrevolaron algunas áreas de nuevo desarrollo urbano de la ciudad de Enschede, Holanda de las cuales se obtuvieron un grupo de fotos aéreas oblicuas que posteriormente se usaron en el proceso de actualización del mapa de uso del suelo de la ciudad y las bases de datos asociadas a éste.

## INTRODUCCIÓN

Generalmente los países en vías de desarrollo no cuentan con el andamiaje necesario (la técnica, el personal entrenado y el presupuesto) para mantener actualizado los mapas de uso del suelo urbano. Por otro lado las ciudades crecen a un ritmo tal (1.5 % al año) que se hace prácticamente incosteable mantener una actualización periódica, aún para aquellos países más desarrollados.

Las fotos aéreas oblicuas o las llamadas también "vista de pájaro", combinadas con las capacidades de los Sistemas de Información Geográfica nos facilitan las herramientas necesarias para actualizar los mapas y el correspondiente uso del suelo; y si por demás usamos cámaras de pequeño formato (cámaras comerciales de 120 mm ó 135 mm), entonces se convierte en una técnica simple y barata capaz de llevarla a cabo un especialista debidamente entrenado en un tiempo relativamente corto, garantizándose la información actualizada a pesar del crecimiento acelerado de las ciudades.

## AREA DE ESTUDIO

El área de estudio fue la ciudad de Enschede, situada en el Este de Holanda, a 8 km de la frontera con Alemania, la cual tiene una población de 50 000 habitantes aproximadamente y es la cabecera municipal de la región de Twente, a ésta le tributan un grupo de pequeñas ciudades (satélites) y otros asentamientos poblacionales de menor categoría. Su actividad fundamental está centrada en el comercio y la pequeña y mediana industria, principalmente textiles; también tiene un peso relevante el desarrollo educacional, contando con una universidad regional y varios institutos de educación superior. Su crecimiento obedece a un Plan Director previamente concebido y su desarrollo es de forma ordenada, con un monitoreo constante por parte de la municipalidad.

## **MATERIALES Y METODOLOGÍA UTILIZADA**

Para este trabajo se usaron tres cámaras fotográficas CANON de 135 mm, 8 rollos fotográficos KODAK de 135 mm y 300 ASA, mapa topográfico de la municipalidad de Enschede escala 1:5000, mapa de uso del suelo de la ciudad de Enschede en formato digital (raster), mapa de polígonos de las manzanas de la ciudad, también en formato digital. Todo el procesamiento se llevó a cabo con el software ILWIS 1. 41 y el avión que se usó durante el trabajo fue un CESNA monomotor de ala alta de cuatro plazas.

El proceso metodológico utilizado se fraccionó en dos partes; una de trabajo de campo (vuelo) y la otra de procesamiento en gabinete.

### **Metodología seguida durante el trabajo de campo.**

#### **1- Selección de las cámaras y el material fotográfico a usar.**

Se usaron cámaras convencionales de lentes intercambiables; se colocó el enfoque del lente en la posición de máxima distancia (infinito), fijándola con una cinta adhesiva para que no tenga posibilidades de moverse, además, se le colocó un protector de goma al lente para poder presionar la cámara a la ventanilla del avión y de esta manera tratar de mantener el ángulo de la cámara con la menor variación posible. Las cámaras a usar deben estar provistas de motor para que el tiempo entre los disparos sea mínimo y constante. Se recomienda usar más de una cámara de modo que facilite cambiar el rollo mientras se está usando la otra.

#### **2 - Selección de las áreas objetivos a sobrevolar.**

Se realizó un análisis previo para determinar las zonas que han sufrido cambios, y dentro de éstas, aquellas áreas que nos interesan actualizar.

#### **3 - Planificación de la estrategia de vuelo.**

Después de seleccionadas las áreas a sobrevolar se planificó el recorrido sobre un mapa, teniendo en cuenta que cada una de ellas hay que sobrevolarlas en círculos para obtener fotos desde posiciones distintas de la misma área, se diseñó un recorrido óptimo de manera que al terminar el mismo se cubrieran todas y cada una de las áreas previamente seleccionadas.

### **Metodología empleada durante el procesamiento en gabinete.**

#### **4 - Selección de los puntos comunes en las fotos y en el mapa topográfico**

Después de obtener las fotos aéreas se seleccionaron los puntos comunes en las fotos y en el mapa, se localizaron de modo que estuvieran convenientemente distribuidos en toda la foto, éstos deben ser claros y bien definidos, preferiblemente ubicados a nivel del terreno (intersecciones de calles, carreteras, esquinas de edificios, etc. ). Se requiere un mínimo de cuatro puntos para la transformación geométrica de la proyección.

#### **5 - Digitalización de los puntos comunes y los segmentos que componen las nuevas áreas en las fotos.**

Durante este proceso se midió el ancho y el largo de la foto y se digitalizaron los puntos de cada extremo (**puntos de control**) asignándole las coordenadas en milímetros, o sea el extremo izquierdo inferior (punto 1) tiene coordenadas  $X = 0$ ,  $Y = 0$  y el extremo derecho inferior (punto 2)  $X = 23$ ,  $Y = 0$ , y así sucesivamente. Después se digitalizaron cada uno de los puntos comunes y el contorno de las áreas nuevas en forma de segmentos; se poligonizaron estas áreas, obteniéndose un mapa de polígonos y una serie de puntos (**puntos comunes**) dentro de éste.

#### **6 - Rasterización de los polígonos de las nuevas áreas en la foto.**

Se creó un mapa raster a partir de los polígonos digitalizados, el cual abarcó una extensión un poco mayor que los polígonos de las nuevas áreas; para la transformación se necesita que los puntos comunes estén ubicados dentro del área del mapa que se convertirá a formato raster.

#### 7 - Digitalización de los puntos comunes en el mapa topográfico.

Para esto se comenzó digitalizando cuatro puntos de control del mapa topográfico (puntos convenientemente distribuidos con coordenadas conocidas), posteriormente se digitalizaron los puntos comunes en el mapa topográfico y se obtuvo un fichero con las coordenadas reales de cada uno de estos puntos.

#### 8 - Proceso de vinculación de los datos de la foto y el mapa topográfico.

Se creó un nuevo fichero donde se relacionan los puntos comunes en ambos sistemas de coordenadas (coordenadas de la foto en milímetros y las coordenadas reales). Este fichero se utilizó para llevar a cabo la transformación geométrica. La relación matemática entre ambos sistemas de coordenadas se utilizó para transformar el mapa raster creado a partir de la foto en un nuevo mapa con coordenadas reales.

#### 9 - Transformación geométrica del mapa raster obtenido a partir de la foto.

Con el programa de transformación geométrica del ILWIS 1. 41 no se puede transformar mapas en vector, por lo que en los pasos anteriores se hizo necesario convertir el mapa de segmentos generado a partir de la foto a un mapa en formato raster. La transformación geométrica se puede realizar tanto en coordenadas planas como geográficas, en nuestro caso usamos el sistema de coordenadas planas. La retícula de orientación del mapa raster oblicuo fue geoméricamente transformada a la orientación del mapa topográfico, se calcularon nuevos coeficientes de transformación basados en la relación entre los dos sistemas de coordenadas (topográficas y de la foto). El método de interpolación que se usó fue el del vecino más cercano.

#### 10 - Actualización del mapa de uso del suelo.

Después que se tuvieron las nuevas áreas a incorporar debidamente transformadas, se pasó a la actualización del mapa de uso del suelo. Para esto se "pegaron" (merge) ambos mapas (el de uso del suelo existente y el mapa con las nuevas áreas geoméricamente transformadas), es necesario que ambos mapas tengan la misma orientación y el mismo sistema de coordenadas. Por último se le asignó el código correspondiente (atributo) al uso del suelo de cada nueva área y se actualizó también la base de datos asociada a este mapa.

### CONCLUSIONES

Se obtuvo el mapa de uso del suelo actualizado en formato digital de la ciudad de Enschede con la calidad requerida para su uso posterior por parte los especialistas encargados del Planeamiento Urbano.

El estudio es un ejemplo del tipo de trabajo que puede realizarse en un tiempo muy corto, usando una metodología poco compleja y una técnica relativamente barata, para resolver problemas de planeamiento en ciudades con un elevado índice de crecimiento.

El uso de la automatización (Sistemas de Información Geográficas) minimiza tiempo, personal y reemplaza jornadas de trabajo agotadoras en el caso de usarse métodos tradicionales.

### BIBLIOGRAFÍA

- HOFSTEE Paul and BUDDE Petra, 1994. Urban ILWIS Workshop Manual, Volumen 2
- HOFSTEE Paul, 1984. Small Format Aerial Photography.
- Manual of Photogrammetry for information on Geometric Corrections and Transformations