

ESTUDIO DE ORTOFOTOGRAFÍA URBANA

Ricardo Antequera Regalado
Ingeniero en geodesia y cartografía
ALTAIS S.L.

r.antequera@altais-sl.com

www.altais-sl.com

RESUMEN: Las ortofotografías se plantean en la actualidad como una fuente fundamental de información en todos los ámbitos. La generación de este tipo de productos en zonas urbanas no es tarea sencilla siendo necesario recurrir a procedimientos de rectificación avanzados que dan lugar a las conocidas como ortofotografías verdaderas (true ortos). En este trabajo se muestran los principales resultados del proyecto de investigación DATOS que financiado por PROFIT ha tenido por objeto el desarrollo de un sistema de generación de ortofotografía verdadera como fuente de información territorial urbana. Este sistema es el fruto de la colaboración entre las empresa Altais,S.L., y la Universidad de Jaén. En el artículo se muestran las etapas seguidas para el desarrollo de este sistema y diversos ejemplos de aplicación del mismo; así como el flujo de trabajo diseñado para este tipo de producto cartográfico.

Palabras clave: Método Most Right, Orto-rectificación Verdadera, Método de Perfiles Nadirales, Análisis de Visibilidad Múltiple.

1. INTRODUCCIÓN

Altais es una empresa dedicada al ámbito de la Ingeniería Geomática, su estructura de funcionamiento se basa en las siguientes áreas:

- Área de producción Cartográfica.
 - Departamento de toma de datos, sensores aerotransportados e imagen de satélite.
 - Fotogrametría: raster, vector.
 - Proyectos cartografía territorial.
 - Base para proyectos de ingeniería.
 - Cartografía, series nacionales, autonómicas, modelos de datos.
- Consultoría: Preparación de flujos de trabajo para proyectos, Portales digitales, Sistemas de Información Geográfica; Catastro.
- Área de urbanismo, es el apartado temático en el que estamos especializados, como usuarios de productos cartográficos; desarrollando figuras de planeamiento para corporaciones locales, o proyectos de ordenación del territorio.
- Área de Investigación y Desarrollo; en los últimos años se nos han aprobado y financiado tres proyectos de investigación relacionados con el área de fotogrametría, DATOS, sobre ortofotografía urbana, motivo de esta presentación; SATLIS, sobre el uso de imagen de satélite para temas de ordenación del territorio, y el AUTORADCOR, para el ajuste radiométrico en bloque de imágenes capturada mediante cámaras matriciales.
- Área de Formación, disponemos de un programa de formación en el área de la ingeniería Geomática, íntimamente relacionada con el área de consultoría, donde realizamos trabajos de coaching para organismos públicos o privados, que necesiten asesoría en proyectos; (Junta de Extremadura, Junta de Castilla y León, Tragsatec, CGE, Avanzit...).

Proyecto datos: El concepto más extendido de ortofotos se basa en la corrección de imágenes aéreas a nivel terreno (Ground_orto); obviando la rectificación de todos los elementos, artificiales o naturales que existen sobre el mismo.

Además de las oclusiones debidas a los abatimientos de los objetos, se produce otro fenómeno que dificulta la explotación de las imágenes como son las sombras.

Motivado por la problemática de las actuales ortoimágenes se propuso el proyecto DATOS, financiado por el Ministerio de Industria Turismo y Comercio; dentro de su programa PROFIT. El principal Objetivo ha sido desarrollar un prototipo de software de ortorrectificación verdadera, reduciendo al máximo los elementos desfavorables que encarecen dicho producto e imposibilita su empleo actual en el mercado de los SIG y de la Cartografía.

Finalmente se ha aplicado esta aplicación a un caso real de proyecto de producción que ha sido el proyectos de producción de la orto urbana de Palma de Mallorca, para la empresa pública Sitibsa. Antes de pasar a la explicación de la aplicación, es importante repasar algunos conceptos que vamos a tratar:

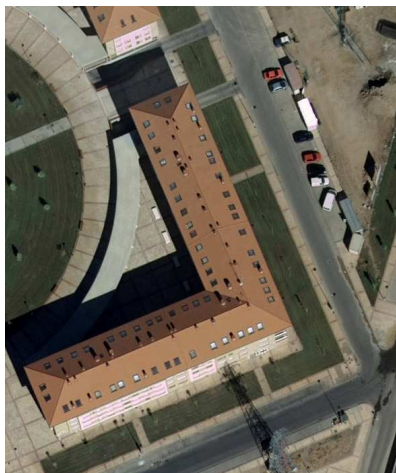


Fig 1. Ground_orto

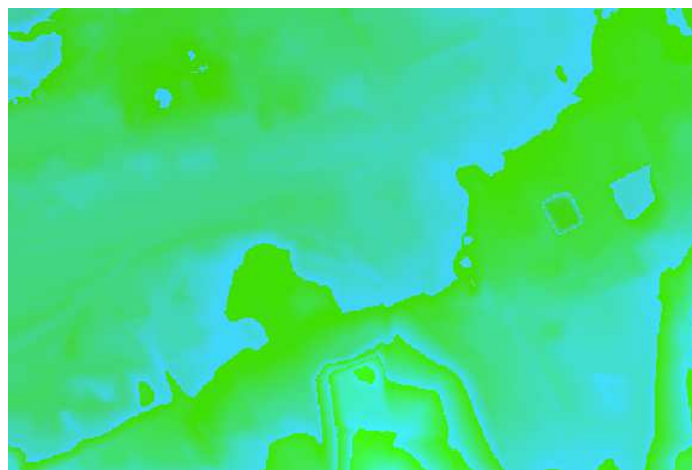


Fig 2. Modelo Digital del Terreno

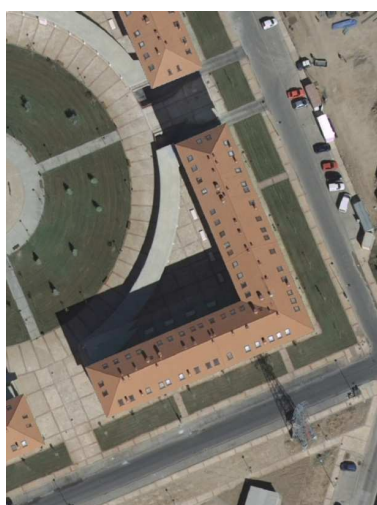


Fig 3. True Orto

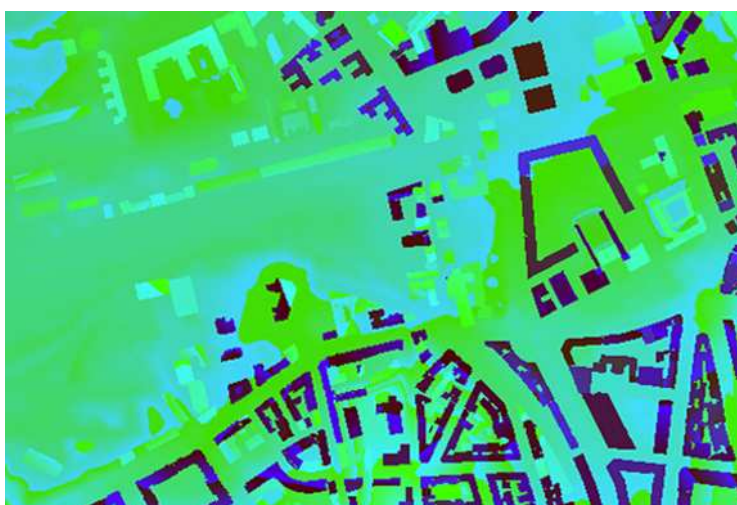


Fig 4. Modelo Digital de Edificaciones

¿Qué es lo que intentamos corregir en realidad? ; la Ground_orto nos brinda información objetiva, pero no métrica, por lo menos no métrica a todos los niveles; ya que los edificios aparecen desplazados, dependiendo de su ángulo de abatimiento en la imagen original, eso lleva a que las líneas de mosaicos de la ortofotocartas no pueda atravesar las edificaciones, y deben ir siempre sobre el terreno, pasando por calles, lo cual en formatos de cámara digital, y con recubrimientos altos, no siempre es fácil.

El caso extremo es la formación de artefactos por distancia limite, cuando el ancho de la calle es menor que el abatimiento de los edificios, bien porque el edificio sea alto o porque la calle sea estrecha; pudiendo ocurrir como en el caso de la imagen (Fig 5) que desaparezca completamente la información, esto serían admisibles según los PPT que se están editados sobre este producto cartográfico, en realidad este tipo de problemas anulan completamente el producto, conseguir solucionar este problema, podría tener en el mercado cartográfico un beneficioso impacto, por ello decidimos emprender un proyecto de investigación que diera como resultado final una aplicación, que se engranara en nuestro flujo de trabajo de cartografía raster, basado en un producto de Bae Systems, SOCET-SET.

2. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

2.1 ALGORITMIA

El sistema Altais LRTO se planteó modularmente, partiendo del desarrollo de un método de ortorrectificación básico, que permitiese integrar progresivamente algoritmos que resolviesen los problemas que se presentan en las actuales ortofotografías, hasta conseguir la solución más rigurosa de Ortofotografía Verdadera.

❖ **Módulo Ground Ortho: GO+.**

Módulo de ortorrectificación a nivel terreno basado en un modelo matemático simple de ecuaciones de colinealidad y parámetros adicionales, que emplea los datos de calibración de la cámara, y los parámetros de orientación interna y externa de imágenes.

La solución planteada es rigurosa mediante un método de ortorrectificación pixel a pixel a partir de la imagen más nadiral, a diferencia de los métodos diferenciales empleados en la mayoría de los programas existentes, que eran soluciones simplificadas adaptadas a la tecnología informática del momento.

❖ **Módulo Right Ground Ortho: RGO+.**

Módulo de ortorrectificación a nivel de terreno que incluye un algoritmo de búsqueda de imágenes en función del ángulo de incidencia del rayo perspectivo Este módulo supone la introducción de un nuevo método de Ororrectificación y Mosaico basado en un algoritmo de búsqueda de fotografías óptimas, no solo por la distancia mínima con respecto al nadir del punto considerado (conocido método MOST NADIR), sino también por el ángulo de incidencia óptimo para evitar la presencia de “arrastres” o “estiramientos” en la ortoimagen digital final, método que denominamos MOST RIGHT.

Habitualmente los vuelos se planifican a una escala o resolución tal que se absorban las diferencias de escala locales de la fotografía. Para ello se tienen en cuenta las diferencias de altura existentes en el terreno, de manera que la escala final permita obtener un GSD uniforme mayor que el GSD de entrada, dentro de un porcentaje de admisibilidad.

Sin embargo, no se tiene en cuenta en estos cálculos la pendiente del terreno, que influye directamente en la escala, y por tanto, en la resolución de la imagen.



Fig. 5

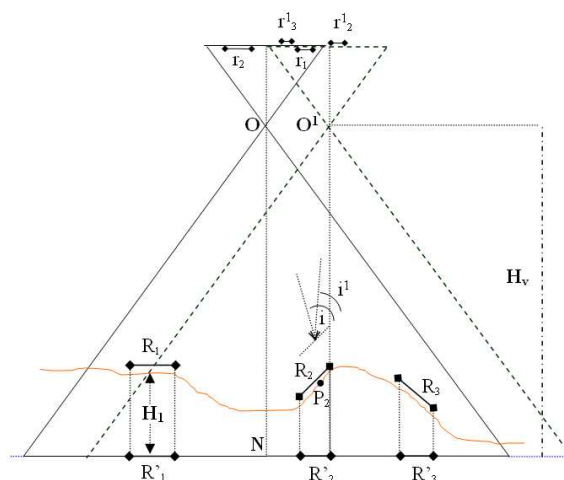


Figura 6.- Método Most Right

En la figura 2 se observa como la solución Most Nadir ofrece menor resolución para el segmento R_2 desde la imagen con centro de proyección O^1 que desde la imagen con centro en O . Puesto que el ángulo de incidencia i sobre el segmento R_2 es mayor que el ángulo i^1 , se tiene que $r_2^1 < r_2$ y por tanto:

$$E_{v_{r_2}} = \frac{r_2}{R_2} > \frac{r_2^1}{R_2} = E_{v_{r_2^1}}$$

Dónde $E_{v_{r_i}}$ es la escala local de vuelo a la que se representa el segmento R_j en la fotografía i .

Si la resolución del sensor es “s”, y “g” y “g¹” son las respectivas resoluciones terreno obtenidas desde las imágenes con centros en O y O^1 , se tiene que:

$$g = \frac{s}{E_{v_{r_2}}} < \frac{s}{E_{v_{r_2^1}}} = g^1$$

Por lo que a priori la mejora de resolución es clara.

Si g^0 es la resolución nominal de salida, existirá un ángulo de incidencia límite i^0 , función del ángulo de apertura del rayo perspectivo y de la pendiente del terreno, tal que $g^1 > g^0$, a partir del cual se producirá un estiramiento de la imagen para ángulos de vista menores. Es decir, donde no se cumple la relación:

$$GSD_{input} / GSD_{output} < 1.$$

El ángulo de incidencia óptimo es evidentemente el que más se aproxime a 90° , aunque tendrán que valorarse las ventajas e inconvenientes de la utilización del algoritmo sin restricciones.

❖ Módulo Right True Orthophoto: RTO+.

Módulo de ortorrectificación verdadera que emplea un algoritmo de intersección del rayo perspectivo con el MDEdificios para la búsqueda de imágenes con información en zonas ocultas por abatimientos. En este módulo se ha desarrollado el algoritmo propio de generación de Ortoimágenes Verdaderas mediante el análisis combinado del ángulo de incidencia óptimo y las intersecciones del rayo con los obstáculos definidos en el propio modelo digital de superficies en la dirección nadiral. El análisis de visibilidad se realiza para cada píxel de la ortofoto y para todas las fotografías en las que aparece éste representado, en orden creciente de distancia a los correspondientes puntos nadirales, comenzando por la solución MOST RIGHT. De este modo se resuelve, al igual que en el módulo anterior, la Ororrectificación y el Mosaico en un solo paso. Del modelo digital de superficies se considera un perfil de alturas con origen en el correspondiente punto terreno, y longitud, la que determina el abatimiento máximo posible (Figura 8).

❖ Módulo Light RTO+: LRTO+

Módulo desarrollado para la determinación de zonas de sombra en la ortoimagen y su realce, a partir del MDS y de la información de la posición verdadera del sol. En este último módulo se ha pretendido abordar otro de los problemas fundamentales del trabajo con ortofotografías en zonas urbanas, la presencia de sombras que dificultan la interpretabilidad final de la imagen y que plantean importantes problemas de ajuste radiométrico de las imágenes ortorrectificadas. Así dentro de esta línea se ha introducido el algoritmo de atenuación de sombras, basado en el cálculo preciso de la posición del sol para cada fotografía, a partir de los datos de exposición de la imagen derivados de los sistemas de navegación GPS, y del modelo digital de superficies, combinado con el análisis radiométrico de las imágenes digitales (intersectando el modelo geométrico de sombra y el modelo empírico de sombra representado en la imagen).

El proceso se ha planteado en dos fases: Detección y Realce (lighting).

- En primer lugar la determinación de las zonas de sombra, basada en el mismo Método de Perfiles para la determinación de oclusiones pero en la dirección del sol. La posición del sol viene estimada en coordenadas eclípticas por la fórmula:

$$\lambda_\theta \cong 279^\circ.77 + 0^\circ.98563 \times d + 1^\circ.915 \times \text{sen}(0^\circ.986 \times d - 3^\circ.2) + 0^\circ.02 \times \text{sen}(2^\circ \times d - 12^\circ) \quad \epsilon \cong 23^\circ.438641 - 0^\circ.00000036 \times d$$

$$\beta_\theta = 0^\circ$$

dónde d es el día y fracción de día del año

$(\lambda_{\odot}, \beta_{\odot})$ son las coordenadas eclípticas del sol
 ε es la oblicuidad de la eclíptica.

Estas son transformadas al sistema de coordenadas horizontales (A,h) a través de la Ecuación de Tiempo y sencillas fórmulas de trigonometría esférica.

De esta forma, en el mismo proceso de ortorrectificación, se pueden identificar aquellos píxeles que quedan bajo la influencia de una sombra, lo que puede ser contrastado con el nivel digital asignado a ese píxel.

- En segundo lugar, el realce local de los niveles digitales de la imagen en dichas zonas, aprovechando todas las ventajas radiométricas de las cámaras fotogramétricas digitales, que realizan la captura de imágenes en 12bits.

Esto abre la posibilidad de aumentar la ventana posible de vuelo en este tipo de tareas, actualmente muy limitada a las épocas del año (y horas centrales del día) en las que la inclinación solar es la adecuada.

❖ MÉTODO DE ORTORRECTIFICACIÓN VERDADERA IMPLEMENTADO

El método que se ha adoptado en el proyecto DATOS consiste en un análisis de visibilidad angular radial desde el punto terreno, en la dirección nadiral de cada imagen en la que aparece fotografiado el punto (Figura 7).

Este desarrollo, que denominamos “Análisis de Visibilidad Múltiple desde el objeto” presenta las ventajas de los métodos angulares, que resuelven los problemas de los métodos basados en algoritmos Z-Buffer de tamaño de celda del MDS y de disponibilidad de información adicional de edificios, y simplifica el proceso de producción de ortofotos verdaderas territoriales, eliminando la fase posterior de mosaicado y de análisis de imágenes de oclusiones, al incluir ambas fases en el propio algoritmo.

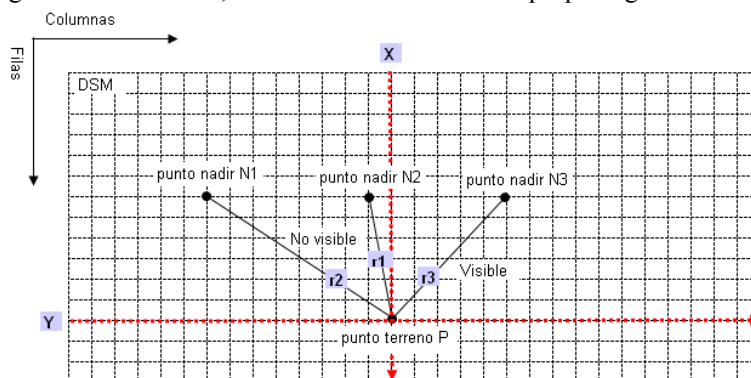


Figura 7.- Método de Análisis de Visibilidad Múltiple desde Objeto

Las principales características del método de Análisis de Visibilidad Múltiple empleado en True Ortho para detección de oclusiones y sombras son:

- Es un método radial, que analiza la visibilidad de cada punto terreno en la dirección nadiral principal, considerando ésta la que define el punto Nadir más próximo, y secundarias, en orden creciente de distancias nadirales de fotografías donde el punto pueda estar representado.
- Es un método angular, que compara los ángulos de visibilidad de cada punto del MDS desde el punto terreno con respecto al ángulo de visibilidad del Centro Perspectivo. El método de identificación de oclusiones lo denominamos “Método de Perfiles Nadirales” (Figura 8).
- Para cada punto terreno se determina el perfil de alturas en la dirección radial principal y se recorre el perfil desde el punto terreno hacia el nadir determinando los ángulos de visibilidad.

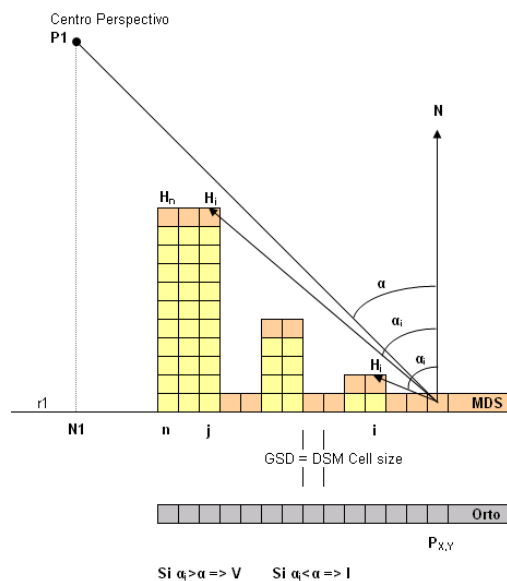


Figura 8.- Método de Perfiles Nadirales

En este método adquieren especial importancia dos factores que influirán en el rendimiento y en la calidad de la rectificación:

- La longitud del perfil, que se puede determinar por la altura máxima de los edificios y la pendiente máxima del terreno, suponiendo una oclusión máxima en el extremo del área útil de la fotografía (eliminando recubrimientos).
- La resolución del perfil, que se puede considerar unidimensional, de resolución igual o mayor que la del MDS.

El problema de la generación de ortoimágenes en zonas urbanas es sin duda un problema de compleja resolución, como consecuencia de la gran cantidad de información que intervienen en el proceso (imágenes digitales, modelos digitales de elevaciones, ...), la diversidad de formatos y estructuras de almacenamiento y, evidentemente, por la diversa casuística que existe en la resolución de los problemas reales.

Esto es especialmente interesante si se consideran que en el proceso están involucrados equipos de elevado coste por lo que la realización de un elevado número de pruebas, deberá ser lógicamente limitado por razones de índole económica.

Los módulos de ortorrectificación están basados por el momento en datos compatibles con los sistemas de software empleados en el proyecto, por medio de sus ficheros de soporte que contienen: parámetros de orientación exterior, de autocalibración del sensor, modelos digitales de elevación; y generan a su vez imágenes en formato estándar: TIFF con archivos asociados de georreferenciación TFW; directamente explotables por cualquier usuario de Cartografía/SIG.

El sistema ha sido desarrollado en entorno C++ (Borland Builder C++ 2006, Microsoft Visual Studio 2006) utilizando librerías gráficas específicas para la manipulación de las imágenes (Leadtools Medical Imaging Suite v.15). En la figura 6 se presenta un ejemplo de la Interface del programa.

2.2 FUNCIONALIDADES.

Desde un punto de vista funcional, la aplicación creada, tiene una estructura de funcionamiento similar a Socet_Set; generamos un proyecto, y se generarán las correspondientes carpetas de almacenamiento de la información (Fig 9).

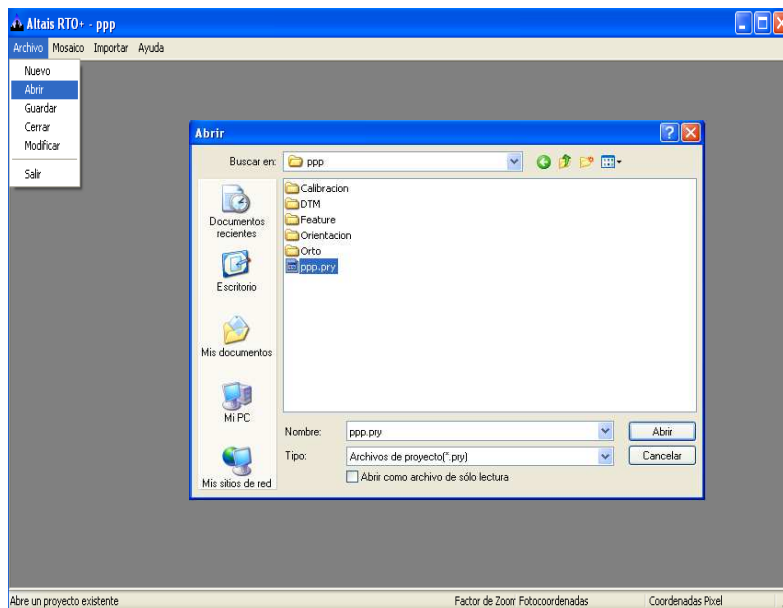


Fig. 9

Una vez importadas las imágenes tenemos la posibilidad de introducir la fecha y la hora de la toma, con el fin de poder calcular la máscara de sombras, así como tener acceso a las carpetas de productos generados (Fig 10).

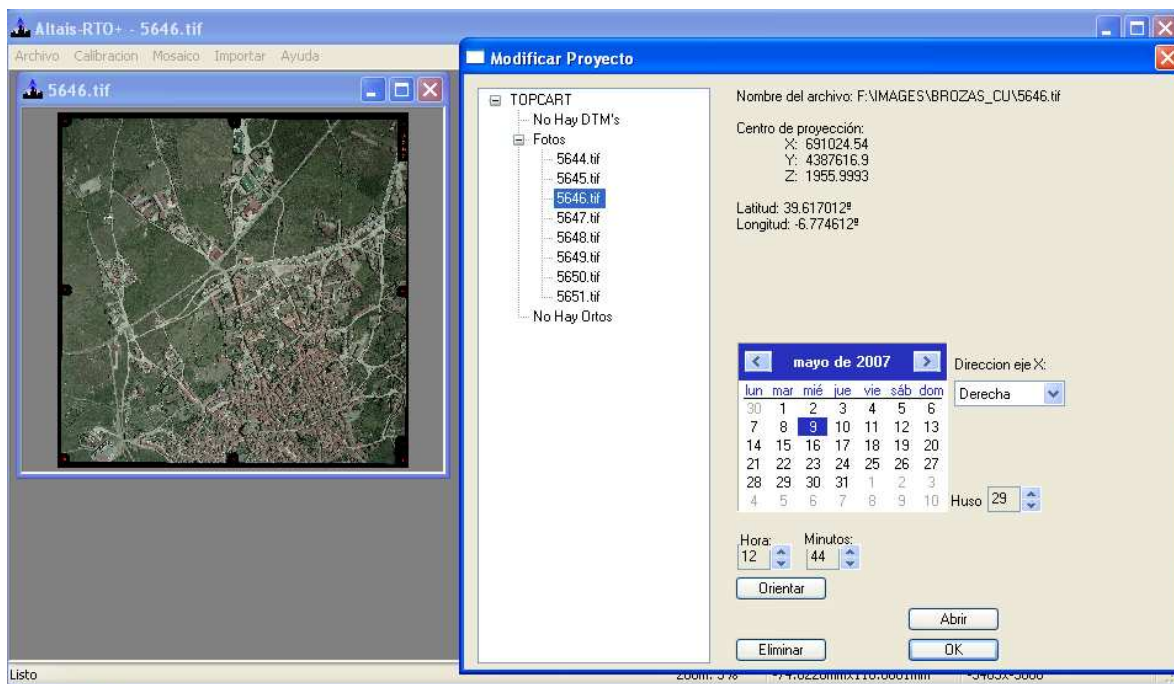


Fig 10

En la opción de mosaico, el primer menú es la entrada de datos, seleccionando las imágenes que están importadas y disponibles para generar el mosaico, así como la selección del MDT o MD_Edif, que podemos elegir. (fig. 11).

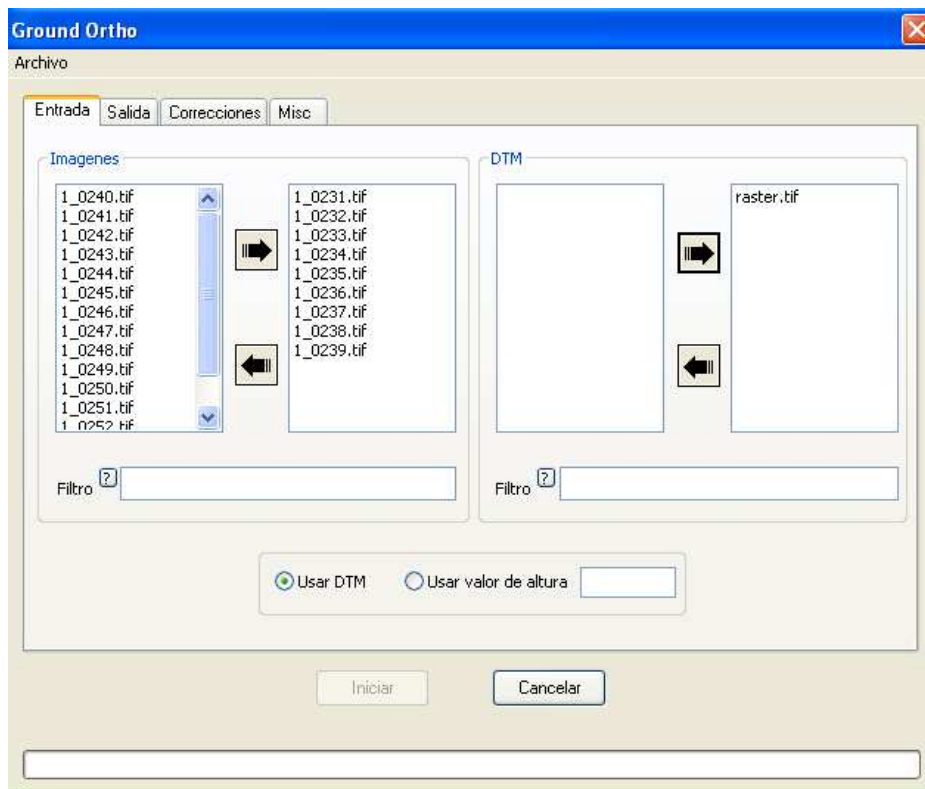


Fig.11

Definimos la imagen de salida, nombre, GSD y dimensiones, que la podemos introducir manualmente, o bien seleccionado el área gráficamente sobre la imagen de intensidad del MDE. (Fig.12).

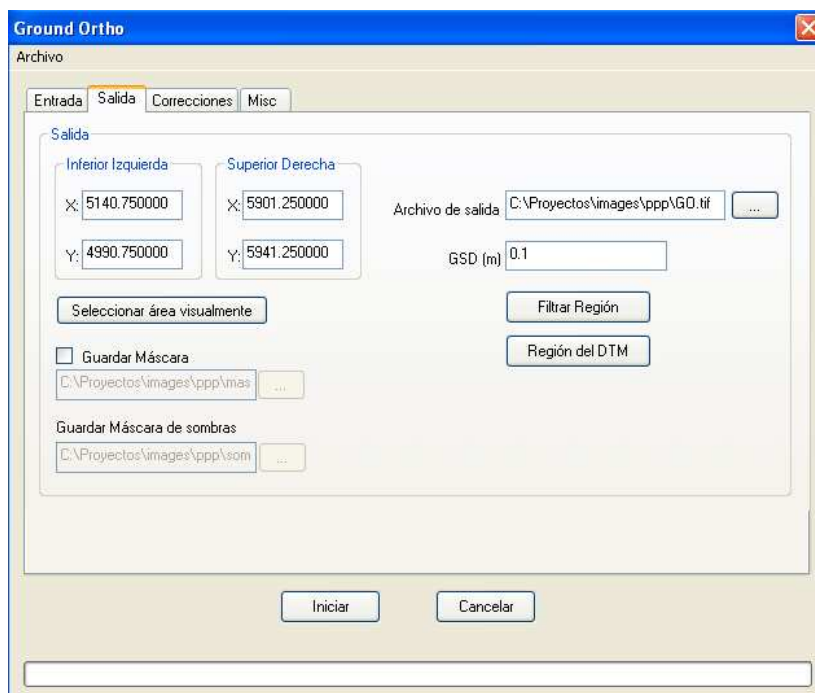


Fig.12

Finalmente tenemos el área de correcciones, que sería el motor de la aplicación. Con los diferentes posibilidades (fig.13).

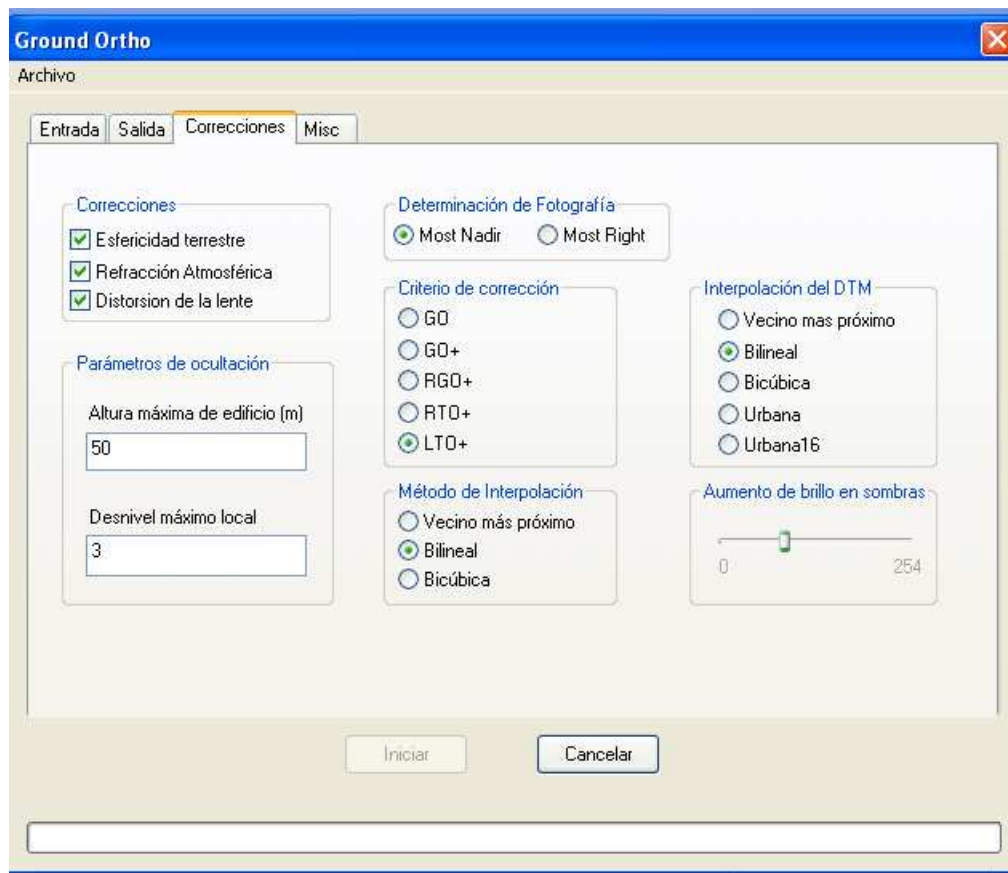


Fig.13

- ❖ Determinación de correcciones, esféricidad, refracción y distorsiones.
- ❖ Determinación de la imagen, si queremos que sea Most nadir o Most_Right.
- ❖ Criterio de corrección: los cinco módulos descritos en la algoritmia, que repasamos; GO, GO+, RGO+,RTO+, LTO+; que obviamente activarán o desactivarán otras áreas de los paneles.
- ❖ Método de interpolación de la imagen, vecino más próximo, bilineal o bicubico.
- ❖ Método de Interpolación del DTM, este apartado es interesante y merece un tratamiento especial, porque dependiendo de lo sofisticado del algoritmo, podremos aumentar o no el paso de malla del MD_Edif, y por lo tanto, haremos que el sistema sea más o menos ágil
- ❖ Vecino más próximo, como su propio nombre indica.
- ❖ Bilineal y bicubico, sería un algoritmo parecido al de la imagen.
- ❖ Urbana: algoritmo de desarrollo propio: es un método de interpolación que consiste en una pequeña modificación de la bilineal. La interpolación bilineal se usa cuando el cambio de un atributo en un entorno local es reducido. El problema es que la función "altura" en un entorno urbano no es una función con la cualidad de conservar el valor localmente, es decir, en un cambio pequeño en (x,y) se puede producir un gran cambio en la altura (z), debido a que pasemos de estar en la azotea de un edificio a estar a nivel de calle (o al revés). Por eso surge este método de interpolación, que lo que intenta es triangular cada celda cuadrangular del grid, para ello lo que hacemos es trazar la diagonal que minimice la diferencia de alturas entre los puntos de los triángulos; el

algoritmo pretende detectar si el punto interpolado debería estar sobre el edificio o en la calle, el problema es que solo funciona cuando es 3 a 1; mejora pero no es definitivo.

- ❖ Urbana 16: es un algoritmo que trata de realizar una detección real de borde, aumentando el ámbito de búsqueda.
- ❖ Tenemos también a la izquierda del panel un limitador de búsqueda de oclusiones; identificando la altura máxima esperada en los edificios y el ángulo del suelo, mediante unos valores medios, determina en que momento la búsqueda de oclusiones no es necesaria en un perfil determinado, lo que pretenden es limitar el tiempo de máquina.
- ❖ Tenemos un panel de aumento de brillo en sombras, que es un multiplicador de los valores medios digitales, de una zona que según la máscara generad esté en sombra y por lo tanto queremos realzarla.
- ❖ La ultima pestaña de suavizado de mosaico (Fig.14), es para evitar cremalleras formadas por defectos de interpolación en zonas de cambios bruscos de elevación, bordes de edificios.

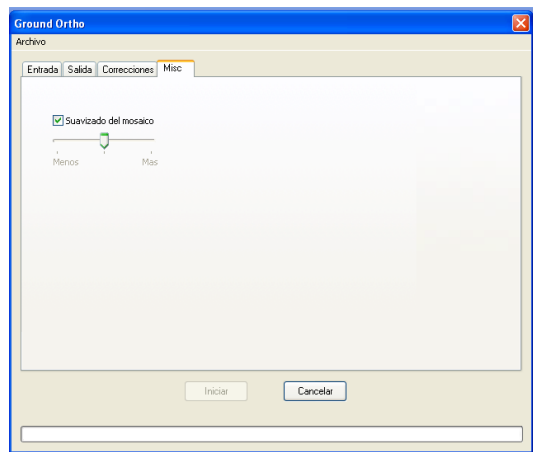


Fig.14

➤ VALIDACION PRÁCTICA DE LA APLICACIÓN.

- Validación mediante modelo sintético

Toma fotográfica de una Maqueta de ciudad realizada en madera, mediante cámara fotográfica semimétrica.



Fig 15 (Diseño de la maqueta)

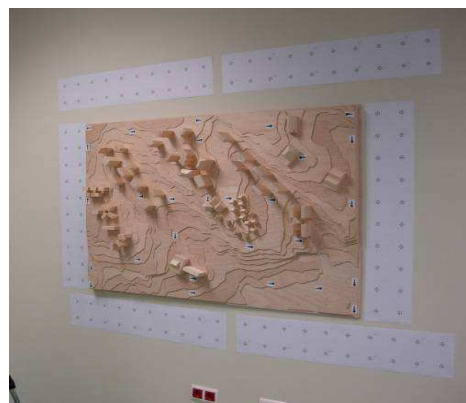


Fig 16 (Toma de datos)



Fig 17 (Resultados true_orto)

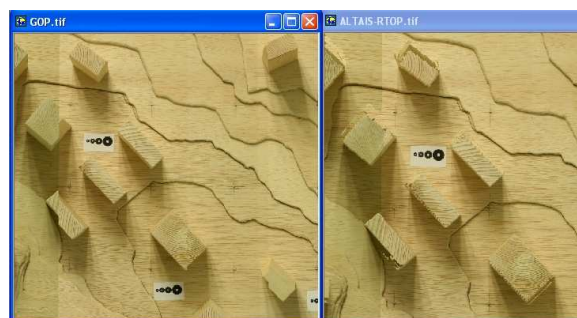


Fig 18 (Detalle comparativa)

- Validación mediante toma de datos real

Para la validación con un ejemplo real se utilizó un vuelo 60*60, realizado en Burgos, con los siguientes resultados:



Fig 19 (Ground orto zona de pruebas_Burgos 2006)



Fig 20 (True orto zona de pruebas, pixeles magenta en zonas de oclusión no resuelta)



Fig 21 (LTO, ortofoto verdadera con realce de sombras)

3. DISEÑO DE FLUJO DE TRABAJO

3.1 TOMA DE DATOS

La primera fase de identificación del flujo de trabajo es la toma de datos: Se han testado diferentes sistemas, la primera opción fue la cámara de Barrido(Fig 22), tiene un sensor nadiral (Fig 23), por lo que no tiene abatimiento en el sentido de avance; es un sensor inercialmente dependiente y su sistema de orientación es propio, no admite software convencional al necesitar postproceso.



Fig 22

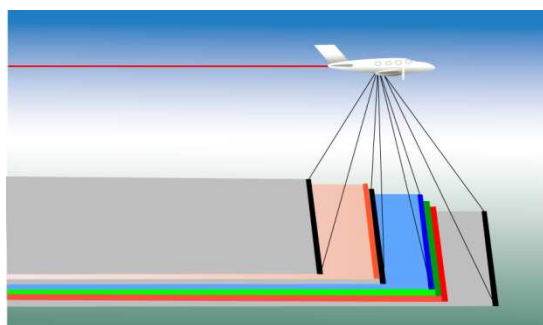


Fig 23

Otra ventaja añadida de este sistema sería la limitación de las líneas de mosaico (Sean_line) a una única orientación y el menor número de las mismas, como podemos ver en el ejemplo Fig 24-25, del vuelo para ortofotografía urbana de la localidad de Ciudad Real.

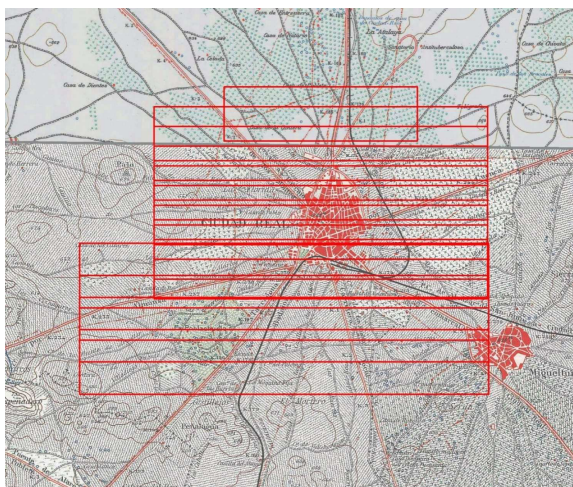


Fig 24

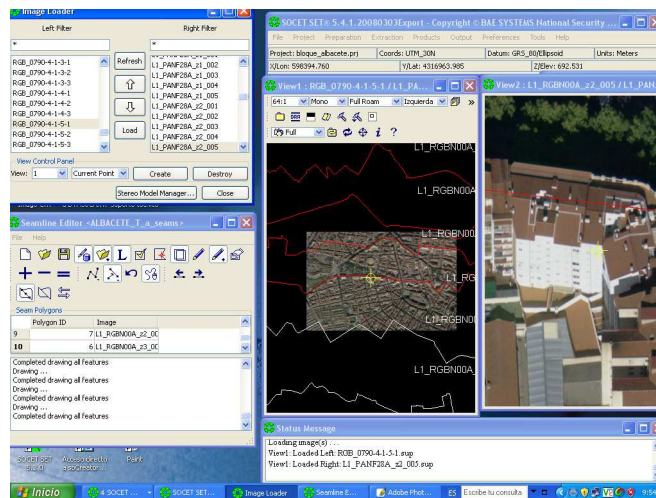


Fig 25

Otra opción que intuitivamente parecía recomendable, era la del barrido laser, en la fase de obtención del MDS, la analizaremos debidamente en el apartado de modelo digital.

Finalmente la opción de Cámara tipo Frame, que habría que analizar en cualquier caso, por ser la más habitual, en un flujo de trabajo fotogramétrico Fig 26. Con la única premisa que se igualasen los recubrimientos longitudina y transversal hasta el 60%.



Fig.26

3.2 ORIENTACION EXTERNA

La orientación como hemos señalado anteriormente se realiza en el software fotogramétrico habitual dentro de nuestro flujo de trabajo, que es Socet_Set, utilizando Orima como motor de cálculo en el ajuste del bloque Fig 27, normalmente en este tipo de proyectos recomendamos la Preseñalización de los puntos de control Fig 28; con el fin de evitar ambigüedades a la hora de su identificación.

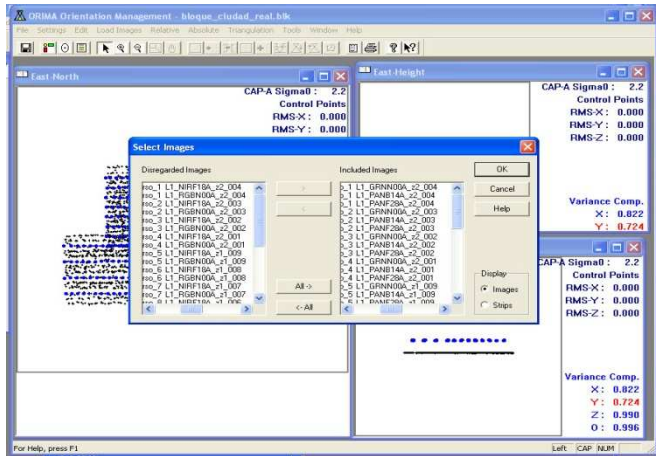


Fig 27



Fig 28

3.3 MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES

La siguiente fase necesaria sería la importación/creación del MD_Edificaciones (Fig 29), definiéndolo como un MDT + Edificios, que no es exactamente un MDS, esta diferencia nos hace desear la toma de datos directa por lidar o correlación, ya que el comportamiento de ambos en los bordes de las edificaciones, no es exacto, formándose indeterminaciones en los bordes; además en el caso del lidar, tendremos la dificultad añadida de la densidad de la malla, necesitamos un paso de malla lo más cercanos posible al GSD de la imagen de salida, habitualmente 0.1 m; y esto es complicado conseguirlo en un vuelo específico, que encarecería el producto; en vuelo combinado directamente no es viable.

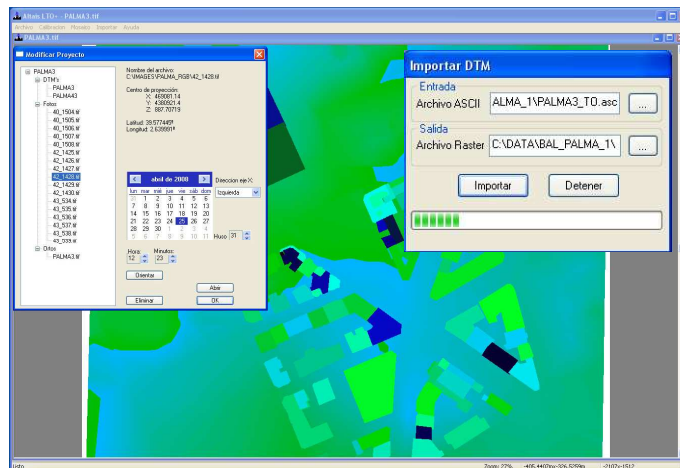


Fig 29

Si bien no se puede utilizar como un datos final para la TO, si que es necesario la generación de un MDS, con un paso de malla, lo más cercano al GSD, esto lo podemos realizar con NGATE; de Socet, lo sistemas actuales de correlación han mejorado mucho, Fig 30; obteniendo resultados parecidos a una toma de datos Lidar, y nos da la suficiente densidad como para plantearnos una clasificación en punto terreno y puntos en altura, de una forma automática Fig 31.

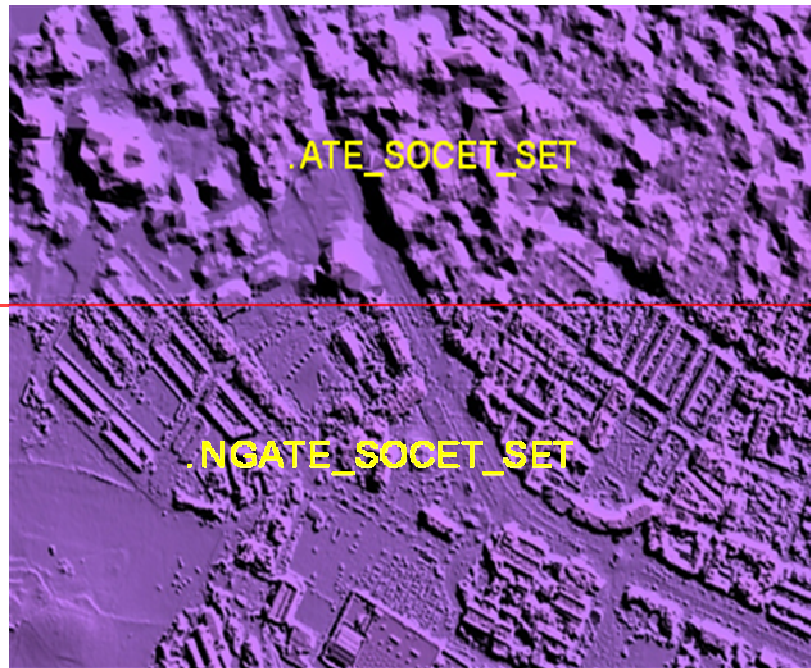


Fig 30

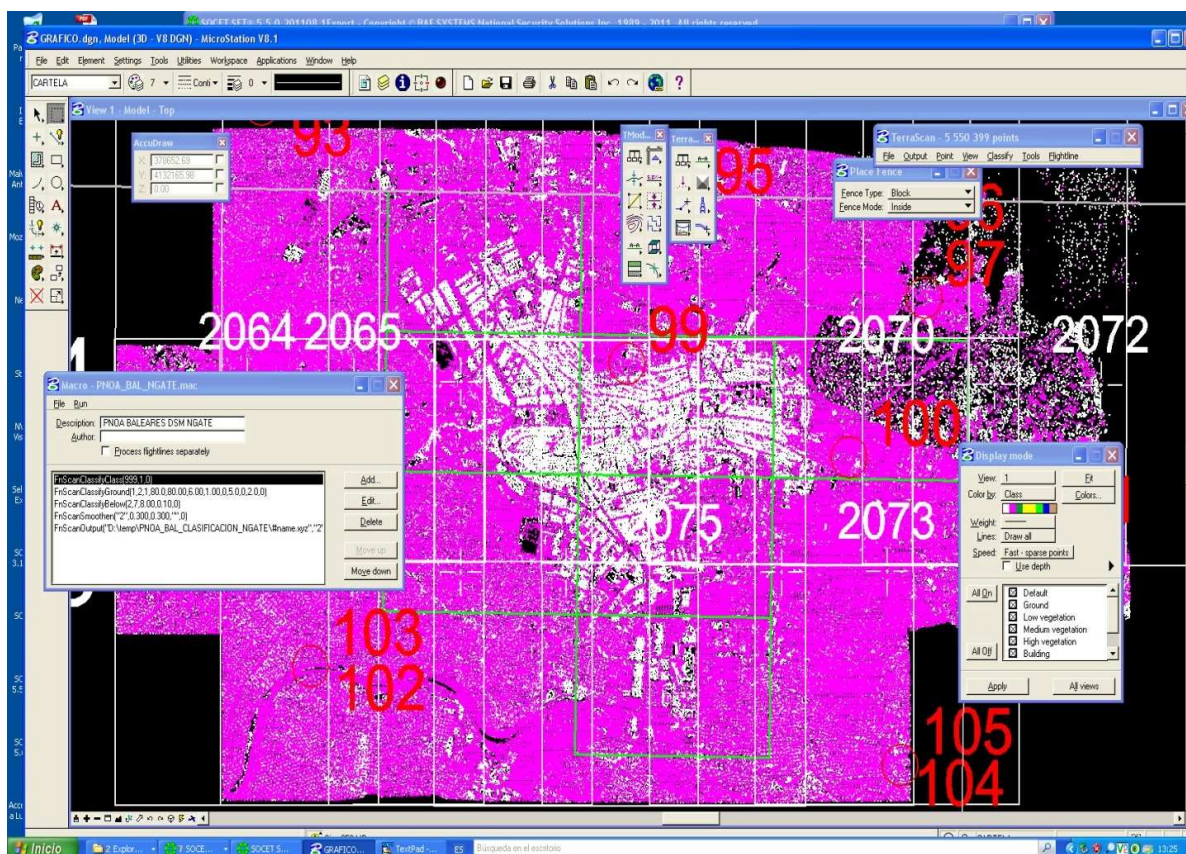


Fig 31

En esta imagen siguiente Fig 32; podemos ver un ejemplo de lo que hemos comentado, de forma automática desaparecen los elementos en altura, con el fin de limpiar la base para situar los contornos de los edificios.

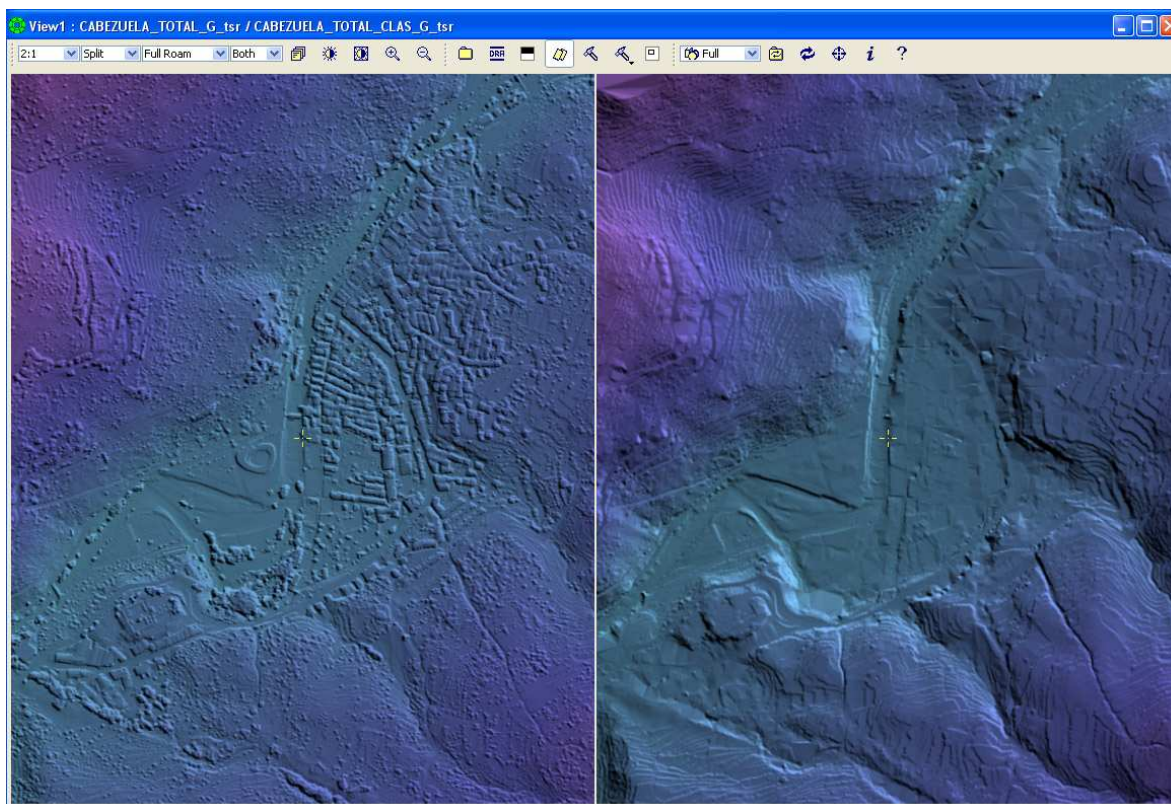


Fig 32

Sobre este MDT, tendríamos que proyectar los contornos de los edificios, para sumarle el MD Edificaciones, esto lo podremos platear de tres modos distintos:

- ❖ Con vectorización manual mediante restitución tridimensional, es la opción más costosa;
- ❖ Captura automática de bordes, sobre el MDS obtenido por correlación; esta es una aplicación futura que está desarrollando BAE systems, posiblemente tengamos una primera versión en Abril del 2012 (Fig 33).
- ❖ Utilización de bases cartográficas de archivo.

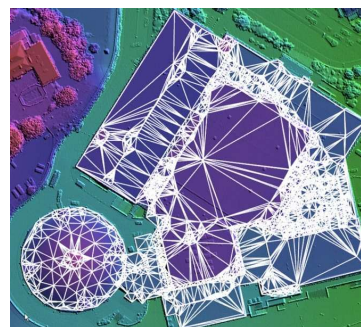


Fig 33

Analizando este último caso y partiendo de un fichero DGN 2D, procedente de catastro, con la información de los polígonos de los edificios, podemos darles cota a partir de una nube de puntos que defina el modelo digital de superficie. Para ello utilizamos la herramienta *Set Polygon Elevation* de TerraScan (fig. 34).

Una vez obtenida fusionamos el MDT y los mencionados contornos y obtendremos el MDT+ Edificaciones que necesitamos para nuestra ortorrectificación (fig 35).

Si lo importamos en la aplicación, dejamos ya todo preparado para el mosaicado (fig 36).

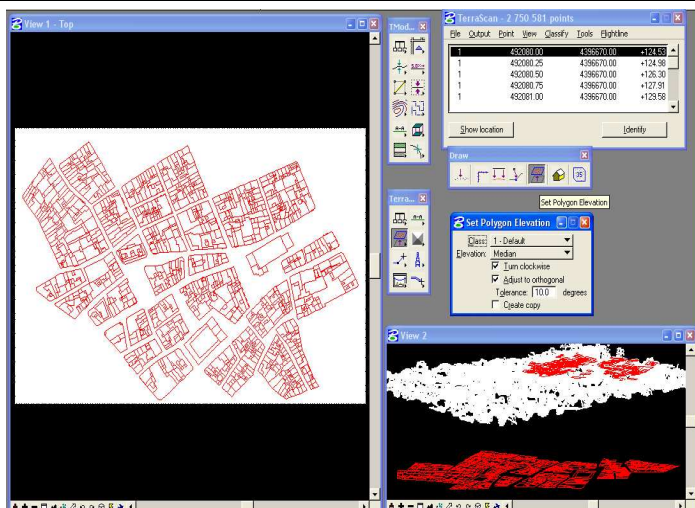


Fig.34

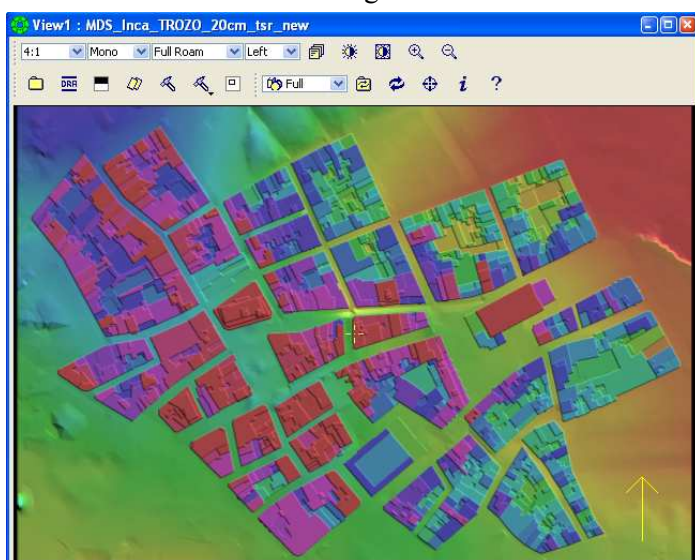


Fig 35

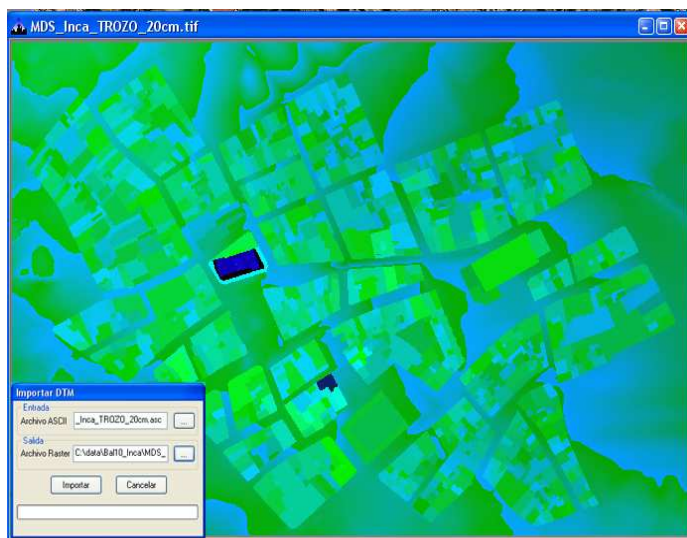


Fig.36

3.4. MOSAICO

Para finalizar lanzamos la TO, con los niveles de corrección deseados, y obtenemos el producto final (Fig.37).

La imagen que vemos es una imagen en bruto (Fig 38); llamó la atención algunos aspectos a tener en cuenta, el primero es que necesitábamos un tratamiento adicional a la base vector, hay algunas que presentar retranqueos en los aleros que distorsionan el producto, duplicando la imagen en algunas calles, esto se solucionó con la aplicación de un buffer automático de 0,20 m, en la mayoría de los casos; esto junto al interpolado de urbana, ya comentada, corregía bastante el problema; otro aspecto es el sistema de control de calidad incorporado que tiene la aplicación, ya que las oclusiones no resueltas las identifica con un relleno de pixel en Magenta; normalmente son defectos en el MDE; que podemos editar manualmente si es necesario, en otros casos corresponden a patios interiores o incluso a calles muy estrechas, que por la disposición del vuelo no alcance el fondo de la misma.

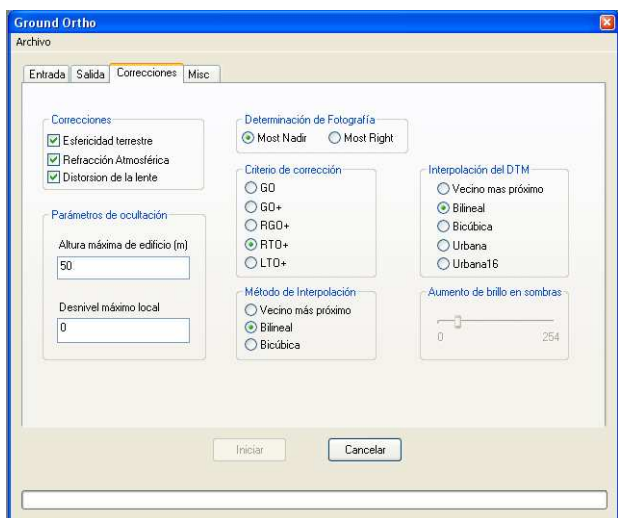


Fig. 37

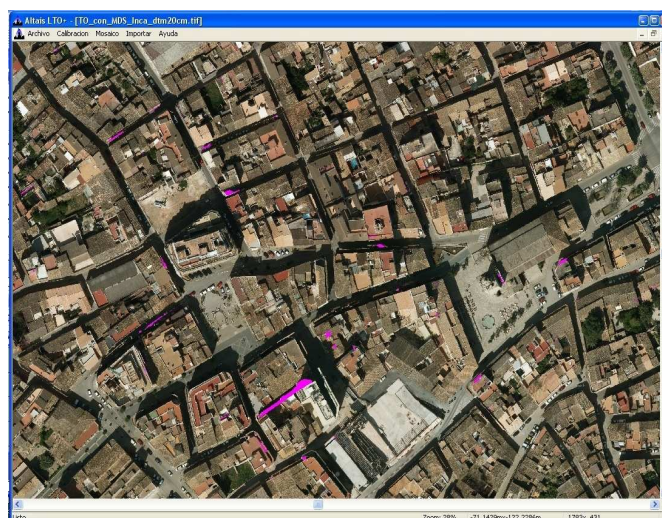


Fig. 38

Por mostrar resultados finales en proyectos de producción real dentro del PNOA 10, se trata del núcleos urbanos de Palma de Mallorca, con un GSD de 0.6 m, y el 60*60% de recubrimiento; podemos ver la solución adoptada en determinadas áreas como la zona A y B (Fig 39); de la ortofoto urbana de la izquierda, que pasó el control de calidad como producto oficial; y la mejora realizada a la derecha.

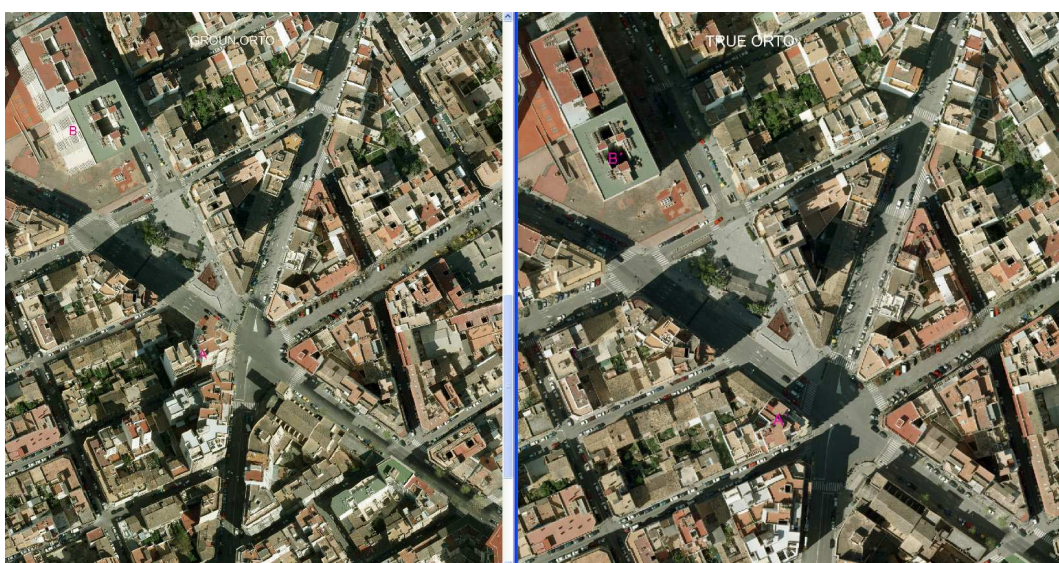


Fig 39

4. DESARROLLOS FUTUROS

❖ PROYECTO AUTORADCOR

El objetivo principal del proyecto es investigar la corrección radiométrica automática de un bloque de imágenes generadas por cámaras matriciales ópticas de alta resolución, de forma que se genere el conocimiento necesario que permita el desarrollo de una nueva tecnología destinada a eliminar el retoque y compensación radiométricos, que actualmente se realiza manualmente, y dotar a dichas cámaras de una nueva funcionalidad, la teledetección.



Fig 40

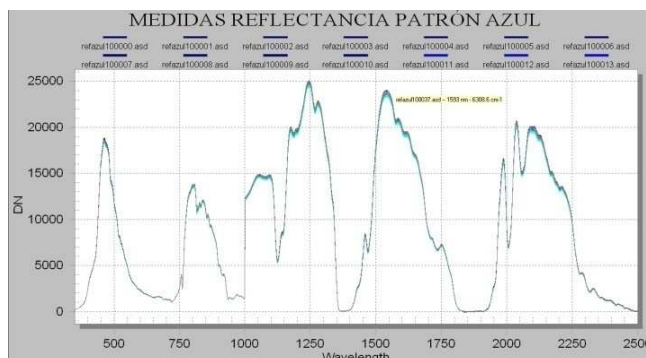


Fig 41

❖ PROYECTO FAST MAP

Automatización del proceso con integración de sensores de amplio espectro, incluida la utilización de UAVs (Fig 42).

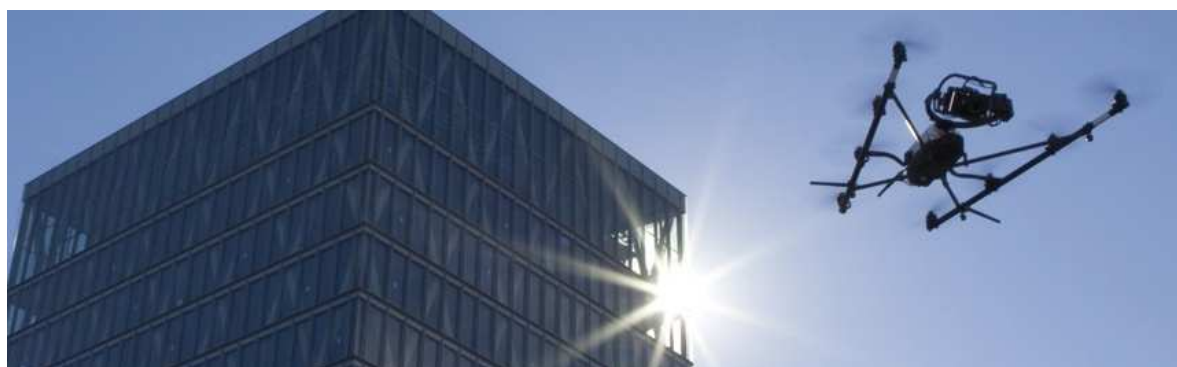


Fig.42

5. CONCLUSIONES

- ❖ Las áreas urbanas son las zonas donde la actualización de la base cartográfica es más necesaria, son zonas de alta variabilidad, por la evolución de las ciudades .
- ❖ La base cartográfica urbana, es una herramienta absolutamente imprescindible en la economía de las corporaciones locales, actualización catastral, planificación urbana, infraestructura, disciplina urbanística, etc.
- ❖ Las ortoimágenes es un producto cartográfico, rápido y económico, pensemos que el precio por Ha; de una base cartográfica urbana vector rondaría los 70 €/ha, y la ortofoto urbana tal cual la hemos descrito no pasaría de 15 €/ha.

- ❖ Las ortoimágenes (ground_orto), tal cual están concebidas en la actualidad tienen muy poco valor métrico, por los problemas de los elementos en altura.
- ❖ Se licitan proyectos tipo PNOA 10, donde en realidad no se contemplan especificaciones de calidad, acordes con un producto cartográfico.
- ❖ Es necesario regular este tipo de documento cartográfico con el fin de establecer unos parámetros mínimos de calidad, al existir flujos de trabajo viables.
- ❖ La ortoimágenes son productos cartográficos base, no subjetivo, un alto porcentaje de los elementos recogidos en un modelo de datos vector urbano, corresponde a elementos meramente informativos, sin base de datos asociadas; los cuales podrían ser obviados si tuviéramos un fondo raster con especificaciones cartográficas, y el resto podría ser vectorizados directamente de la base, con el sentido temático necesario en cada caso, abaratando los costes de producción de la base cartográfica final.
- ❖ Aunque en un apartado menos importante, la evolución de los tratamientos en sombras, ampliarían las ventanas de vuelo, o mejoraría las imágenes tomadas en épocas menos favorables.

6. BIBLIOGRAFIA

- Ricardo Antequera, Pilar Andrinal, Rodrigo González, Sebastián Breit Altai, S.L. Jorge Delgado, José Luis Pérez, Manuel Ureña, Sergio Molina Universidad de Jaén. Grupo de Investigación Sistemas Fotogramétricos y Topométricos (2010).CICUM (JAEN).
- Amhar, F.; Jansa, J.; Ries, C. (1998). "The Generation of True Orthophotos Using a 3d Building Model in Conjunction with a Conventional DTM."
- IAPRS, Vol. 32, Part 4 "GIS-Between Visions and Applications", Stuttgart, Germany.
- Antequera, R. (2005) "Análisis de toma de imágenes para ortofotografía urbana", VII Semana Geomática Barcelona
- Baltsavias, E.P., (1996). "Digital Ortho-Images – A Powerful Tool for the Extraction of Spatial- and Geo-Information." ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 51, 63–77.
- Baltsavias, E.P. (1999). "A comparison between photogrammetry and laser scanning". ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 54, 83–94
- Baltsavias, E.P. and C. Käser, (2002). "DTM and orthoimage generation – a thorough analysis and comparison of four digital photogrammetric systems." Commission IV, Working Group 2.
- Braun, J., 2003. "Aspects on True-Orthophoto Production." Photogrammetric Week '03, Ed. Dieter Fritsch, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg.
- 1 Ackermann, F. (1999). "Airborne laser scanning – present status and future expectation." ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 54, 64–67
- Floriani, L. y Magillo, P. (1994). "Visibility algorithms on triangulated digital terrain models". Int. J. Geographical Information Systems, 8 (1), 13-41.
- Habib Et Al. (2007). "New Methodologies for true Orthophoto Generation".
- Keating, T.J. y Boston, D.R. (1979). "Digital Orthophoto Production Using Scanning Microdensitometers". PE&RS, 45(6), 735-740.
- Kuzmin, Y.P.; Korytnik, S. A.; Long, O. (2004). Polygon-based true orthophoto generation. Proc. ISPRS Congress, Istanbul, Turquía.
- Lee, J. (1991). "Analyses of visibility sites on topographic surfaces". Int. J. Geographical Information Systems, 5 (4), 413-429.
- Mayr, W., 2002. "Bemerkungen zum Thema ,True Orthoimage“.Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation, 4/2002, 237-244.
- Nagy, G. (1994). "Terrain visibility". Comput. & Graphics, 18 (6), 763-773.
- Novak, K. (1992). "Rectification of Digital Imagery". PE&RS 58(3), 339-344.
- Pérez García, J.L.; Delgado García, J.; Cardenal Escarcena, F.J.; Ureña Cámara, M.A. (2008). Docencia e investigación en Fotogrametría Digital a partir de modelos a escala. IX Congreso Nacional Top-Cart, Valencia, 18-21 febrero.
- Rau, J.Y., N.Y. Chen, and L.C. Chen, (2002). "True Orthophoto Generation of Built-Up Areas Using Multi-View Images". PE&RS, 68(6), 581-588.
- Rau, J.Y.; Chen, N.Y.; Chen, L.C. (2000). "Hidden Compensation and Shadow Enhancement for True Orthophoto Generation", Proceedings of ACRS2000.
- Wolf, B. (2005). "Generating true orthoimages from urban áreas – a new approach". Proc. URBAN 2005 – New Data and Sensors.

