



Fotogrametría de Objeto Cercano. Conceptos básicos

Apellidos, nombre	Balaguer Puig, Matilde (balaguer@upv.es)
Departamento	Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría
Centro	ETSIGCT

1 Resumen

En este artículo se describe qué es la Fotogrametría de Objeto Cercano, clasificándola adecuadamente dentro de la disciplina de la Fotogrametría en función de diversos criterios, como número de imágenes empleadas, posición de la cámara respecto del objeto, o tamaño y distancia del objeto.

Se identifican y describen sus características distintivas, sus relaciones con otras ciencias y sus principales áreas de aplicación.

2 Objetivos

Una vez que leas con detenimiento este documento, serás capaz de:

- Explicar qué es la Fotogrametría de Objeto Cercano.
- Clasificarla adecuadamente dentro de la Fotogrametría en función de diversos criterios, como número de imágenes empleadas, posición de la cámara respecto del objeto, o tamaño y distancia del objeto.
- Identificar las características distintivas de la Fotogrametría de objeto Cercano.
- Describir las diferencias entre fotogrametría de objeto cercano y fotogrametría aérea
- Indicar sus relaciones con otras ciencias y sus principales áreas de aplicación.

3 Conocimientos previos

Para poder seguir correctamente este módulo son necesarios algunos conocimientos previos de Fotogrametría:

- Conceptos básicos de formación de imágenes fotográficas.
- Definición de Fotogrametría.
- Fundamentos matemáticos: sistemas de coordenadas empleados en Fotogrametría, transformaciones de coordenadas, proyección central, ecuaciones de colinearidad, geometría epipolar.

Procedimientos de orientación de imágenes en Fotogrametría.

4 Introducción

Empezaremos recordando el concepto de Fotogrametría:

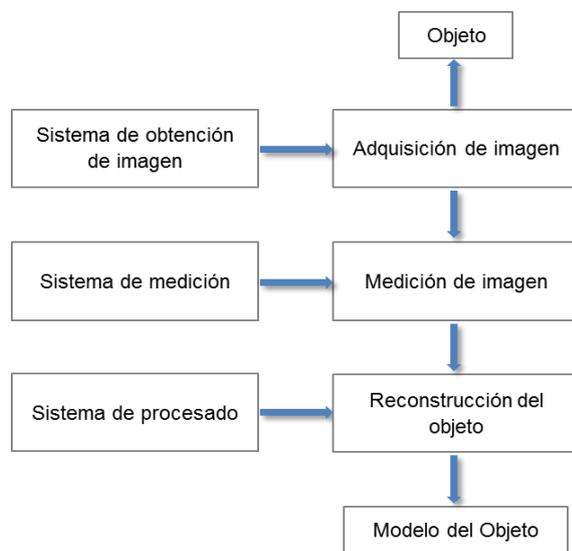
La **Fotogrametría** es la disciplina que se ocupa de los conceptos, los métodos, los procesos y las tecnologías de obtención de fotografías o imágenes digitales aéreas, terrestres o de satélite, con el objetivo de obtener medidas geométricas precisas, exactas y fiables para la producción cartográfica o la reconstrucción de entidades espaciales.

El objetivo principal de la fotogrametría es la reconstrucción, a partir de una imagen bidimensional, de las relaciones espaciales existentes en el momento de la toma entre la cámara o el sensor, la imagen y el espacio objeto, mediante la geometría perspectiva tridimensional y determinando la geometría, posición y orientación de los objetos tridimensionales, para obtener una imagen en proyección ortogonal, con la corrección de

la proyección y las distorsiones. De este modo, las operaciones fundamentales son la orientación interna, relativa y absoluta de las imágenes. Las medidas tridimensionales calculadas de los objetos son la posición horizontal y vertical, la distancia lineal y angular, el tamaño (longitud, perímetro, área y volumen), la altura y la forma de las entidades espaciales.

(Diccionari terminològic de fotogrametria, 2011)

El objetivo de la fotogrametría es la georreferenciación y la reconstrucción tridimensional de un objeto, a partir de mediciones realizadas sobre imágenes fotográficas del objeto, sin contacto físico con él. La Fig. 1 muestra las etapas generales del proceso fotogramétrico.



Adaptado de Luhmann et al. (2013)

Figura 1: Etapas del proceso fotogramétrico.

La Fotogrametría de Objeto Cercano se engloba dentro de la disciplina general de la fotogrametría. En los siguientes apartados se describe y caracteriza, indicando sus principales aplicaciones.

5 Fotogrametría de Objeto Cercano

5.1 Una cuestión de nombres

En inglés se hace referencia generalmente a esta disciplina como:

Close Range Photogrammetry (CRP)

Pero también podemos encontrar otras denominaciones, menos utilizadas hoy en día y desaconsejadas por su mayor ambigüedad (Granshaw, 2016):

Non-Topographic Photogrammetry, Terrestrial Photogrammetry

¿Cómo traducirlo?

Una denominación generalmente aceptada es:

Fotogrametría de Objeto Cercano

Usaremos esta nomenclatura, junto con las siglas en inglés, **CRP**.

(También se pueden encontrar otras expresiones, actualmente menos utilizadas:

Fotogrametría de rango cercano, fotogrametría de corto alcance, fotogrametría de cerca, fotogrametría no cartográfica, ...

Es preferible la anterior.)

5.2 Definición de Fotogrametría de Objeto Cercano

¿Qué es “close-range” en fotogrametría?

Históricamente, se ha referido al modelado 3D a partir de imágenes terrestres.

Generalmente el término se entiende como lo opuesto a la fotogrametría aérea con configuración de imágenes estándar.

Una definición podría ser:

Fotogrametría de Objeto Cercano: Fotogrametría terrestre aplicada a la obtención de medidas geométricas a partir de fotografías o imágenes tomadas desde la superficie terrestre a una distancia a los objetos superior a 10 cm e inferior a 300 m.

La fotogrametría de objeto cercano tiene aplicaciones principalmente no topográficas, para el estudio de procesos de cambio o la reconstrucción de objetos arquitectónicos, en medicina y en diseño industrial.

(Diccionari terminològic de fotogrametria, 2011)

La Fotogrametría de objeto cercano se aplica a objetos de tamaño entre 0.1 y 200 m (aproximadamente), obteniendo una precisión alrededor de 0.1 mm en el extremo más pequeño (fotogrametría industrial) y 1 cm en el extremo más grande (fotogrametría arquitectónica). En la Fig. 2 podemos ver una comparativa de distintas tecnologías para obtención de datos 3D, con respecto al tamaño del objeto medido y a la precisión obtenida (Luhmann, Robson, Kyle, & Boehm, 2013).

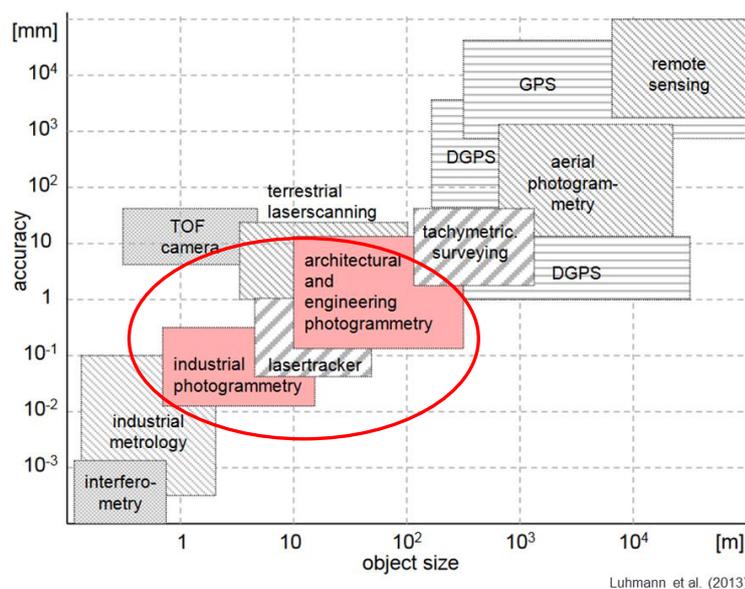


Figura 2: Relación entre tamaño del objeto medido, precisión de medición requerida y tecnología relevante.

5.3 Clasificación

Dentro de la Fotogrametría se pueden establecer clasificaciones en función de múltiples criterios.

1. Según el **número de imágenes** empleado:

Fotogrametría con una sola imagen	• Procesado de una sola imagen
Fotogrametría estereoscópica	• Procesado de pares de imágenes estereoscópicas
Fotogrametría multi-imagen	• Procesado de más de 2 imágenes

En general, la Fotogrametría de Objeto Cercano emplea múltiples imágenes convergentes.

2. Según la **posición de la cámara** y la **distancia** del objeto:

Fotogrametría espacial	• Imágenes obtenidas desde satélites
Fotogrametría aérea	• Imágenes obtenidas desde plataformas aerotransportadas
Fotogrametría terrestre	• Imágenes obtenidas desde la superficie terrestre
Fotogrametría de objeto cercano	• Imágenes obtenidas a una distancia inferior a 300 m
Macro Fotogrametría	• Imágenes de microscopio
Cartografía móvil	• Adquisición de datos desde vehículos en movimiento



Todas estas definiciones y clasificaciones no son rígidas, y actualmente pueden resultar algo confusas. Por ejemplo, ¿cómo clasificarías un levantamiento fotogramétrico de todas las partes de un edificio con imágenes aéreas tomadas desde un dron? ¿Y un proyecto que utiliza imágenes oblicuas tomadas desde un avión?

5.4 Características principales

Se describen a continuación las principales características de la fotogrametría de objeto cercano.

- Multi-imagen convergente, distancias imagen-objeto cortas.

Las imágenes se toman a corta distancia del objeto; los ejes de imágenes sucesivas forman un ángulo convergente, en lugar de ser tomas paralelas como en el caso de la fotogrametría estereoscópica. El diseño del levantamiento permite que un punto objeto aparezca en múltiples imágenes.

- Configuración de imágenes que no sigue el esquema por pasadas típico.

La configuración de las imágenes se plantea de forma que se obtenga una cobertura completa de todos los puntos del objeto, adaptándose a su forma; típicamente se realiza un levantamiento en anillos, rodeando el objeto.

- Grandes rangos de profundidad.

En una misma imagen suelen aparecer puntos objeto situados a diferentes distancias o profundidades; es necesario planificar adecuadamente los parámetros de obtención de la imagen para obtener la profundidad de campo adecuada y que todos los puntos de interés aparezcan con la nitidez suficiente para garantizar una medición precisa.

- Sistema de coordenadas objeto arbitrariamente orientado.

En general las coordenadas calculadas de los puntos objeto no necesitan referirse a un sistema de referencia absoluto (a diferencia de la fotogrametría aérea, en la que se suele trabajar con sistemas de referencia cartográficos como UTM). El sistema de coordenadas objeto suele establecerse con una orientación arbitraria, o de forma que se adapte al objeto facilitando la posterior generación de vistas y perfiles (por ejemplo, vista superior → plano XY, vista de frente → plano XZ, ...).

- No siempre hay apoyo geométrico (puntos de apoyo y control).

Los puntos de apoyo se emplean en Fotogrametría para la transformación de las coordenadas objeto calculadas al sistema de referencia deseado. Puesto que en general no se establece un sistema absoluto, en muchas ocasiones basta con información geométrica como una distancia entre dos puntos objeto que permita calcular la escala.

- Uso de cámaras comerciales, no diseñadas con propósitos métricos.

Se emplean cámaras fotográficas convencionales, de formato medio o pequeño. Suelen ser cámaras réflex de buena calidad, pero se puede emplear cualquier cámara.

- Parámetros de orientación interna variables o incluso desconocidos.

Al ser cámaras no métricas los parámetros de orientación interna de la cámara (focal, punto principal, distorsión radial y tangencial, ...) no se conocen con exactitud; será necesario realizar una calibración para determinar estos parámetros en cada trabajo.

5.5 Fotogrametría de objeto cercano vs Fotogrametría aérea

La comparación de la fotogrametría de objeto cercano con la fotogrametría aérea clásica nos ayudará a entender mejor sus características y peculiaridades.

Se analizan a continuación tres diferencias fundamentales entre fotogrametría aérea y fotogrametría de objeto cercano.

1. Configuración de imágenes que no sigue el esquema por pasadas típico (Fig. 3).

Consecuencias:

- Mayor flexibilidad en el diseño del levantamiento.
- La orientación relativa aproximada no se puede presuponer → se necesita obtener valores iniciales para la orientación del bloque de imágenes por haces de rayos.

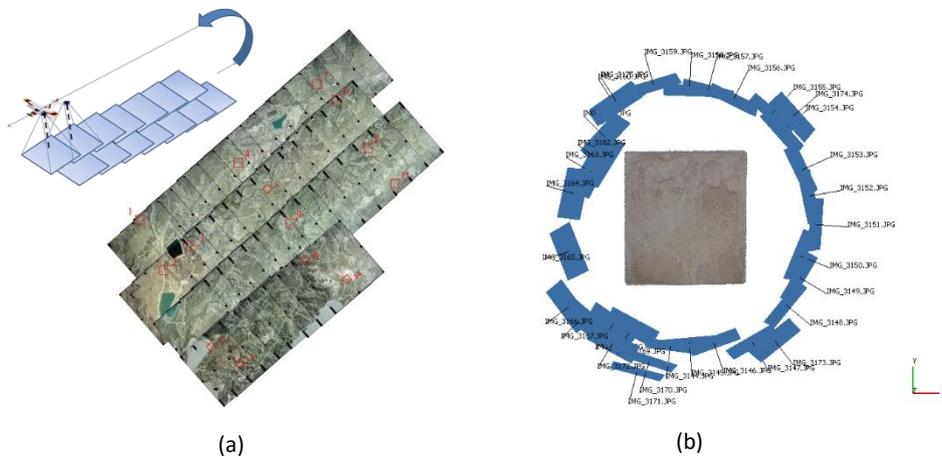


Figura 3: a) Fotogrametría aérea: Configuración por pasadas; b) Fotogrametría objeto cercano: Configuración en anillo.

- Base (distancia entre tomas) amplia → fuertes cambios de iluminación, grandes distorsiones perspectivas, oclusión, ...

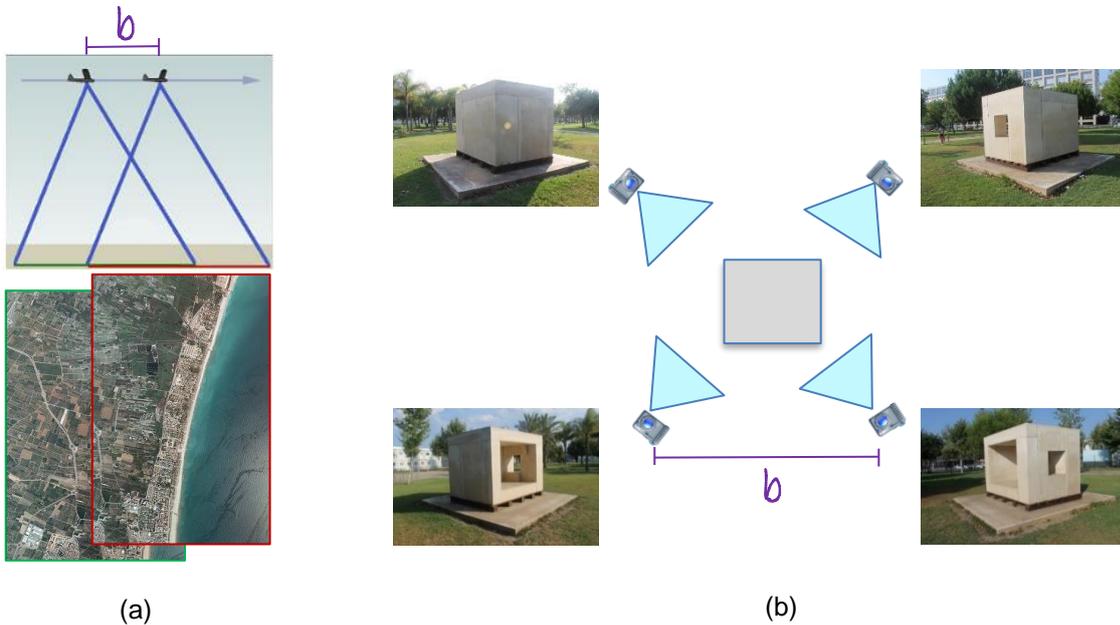


Figura 4: a) Fotogrametría aérea: base estrecha, constante; b) Fotogrametría objeto cercano: base amplia, variable.

Consecuencias:

- El aspecto de la escena (o partes de ella) cambia significativamente a lo largo de diferentes vistas → la correspondencia es difícil.
- Menor conocimiento a priori sobre la localización esperada de los elementos de la imagen, mayor posibilidad de correspondencias erróneas → más errores (*outliers*).
- En general no hay visión estereoscópica.

3. Cámaras no métricas, posiblemente no calibradas, o incluso desconocidas (por ejemplo, en el caso de imágenes de archivo).



Figura 5: a) Fotogrametría aérea: cámaras métricas; b) Fotogrametría objeto cercano: cámaras de todo tipo.

Consecuencias:

- Parámetros de la cámara desconocidos → necesidad de calibración.
- Cámaras sin sistema de navegación GNSS/INS → posición espacial desconocida de la cámara durante la toma de imágenes.
- Cámaras de consumo → más asequibles.

5.6 Aplicaciones

La fotogrametría de objeto cercano tiene un fuerte carácter interdisciplinario. Presenta una estrecha conexión con otras técnicas, ciencias y disciplinas como:

- ✓ Matemáticas, física, informática, topografía, cartografía.
- ✓ Computación gráfica y visión por ordenador, procesamiento digital de imágenes, diseño asistido por ordenador (CAD), sistemas de información geográfica (SIG).

La fotogrametría es una técnica especialmente adecuada cuando:

- el objeto que se ha de medir es de difícil acceso;
- el objeto no es rígido y se requieren sus dimensiones instantáneas;
- el objeto es muy pequeño;
- el uso de mediciones directas puede producir perturbaciones en el objeto o su entorno;
- se requieren resultados en tiempo real;
- se requiere el registro simultáneo y la medición de un número muy grande de puntos;
- se necesita conservar los datos para una posible medición posterior.

Así, la fotogrametría de objeto cercano tiene aplicaciones en un gran número de áreas:

- Arquitectura y conservación del patrimonio cultural y arquitectónico: medición de edificios y fachadas, documentación de edificios históricos, medición de deformaciones, modelizado 3D de monumentos,
- Arqueología: registro y cartografiado de excavaciones, reconstrucción virtual de hallazgos arqueológicos, visitas virtuales, ...
- Ingeniería Civil: medición de deformaciones, trazado de vías y carreteras, medición de túneles y tuberías, ...

- Ingeniería Industrial: medición “as-built” de plantas de procesado, modelizado de piezas, control de procesos y de calidad, ingeniería inversa...
- Geomorfología: obtención de MDE, análisis de cambios temporales en glaciares, seguimiento de cambios morfológicos en áreas costeras, estudios de erosión, ...
- Medicina y Bioingeniería: mediciones dentales, análisis de movimiento y ergonomía, medición y modelización corporal, ...
- Ciencias Forenses: registro de accidentes, mediciones de escenas de crimen, documentación de registros legales, medición de datos biométricos, ...
- Animación 3D y cinematografía: creación de realidad virtual y películas 3D, grabación de formas corporales, ...

En general, se utilizan métodos similares de grabación y análisis para todas las áreas de aplicación de la fotogrametría de objeto cercano, con características comunes:

- Sistemas de obtención y grabación de imágenes potentes.
- Configuración de imagen libremente seleccionada, con un número casi ilimitado de fotografías.
- Orientación de las imágenes basada en la triangulación por haces de rayos.
- Análisis visual y digital de las imágenes.
- Presentación de resultados en forma de modelos 3D, archivos de coordenadas 3D, datos CAD, fotografías o dibujos.

Las aplicaciones industriales y de ingeniería suelen presentar mayores exigencias a la técnica fotogramétrica:

- Tiempo limitado de obtención de imágenes en el sitio (sin que suponga una interrupción significativa de los procesos industriales).
- Entrega de resultados para su análisis en plazos de tiempo cortos.
- Requerimiento de alta precisión.
- Garantías de precisión alcanzada.

6 Conclusiones

A lo largo de este objeto de aprendizaje hemos visto en qué consiste la Fotogrametría de Objeto Cercano, definiéndola y caracterizándola respecto de la Fotogrametría clásica aérea.

7 Bibliografía

7.1 Libros y artículos

- Atkinson, K. B. (Ed.). (1996). *Close range photogrammetry and machine vision*. Dunbeath, Scotland: Whittles Publishing.
- Fra Paleo, U. (2011). *Diccionari terminològic de fotogrametria*. Barcelona: ICC/Enciclopèdia Catalana.
- Fryer, J., Mitchell, H., & Chandler, J. (Eds.). (2007). *Applications of 3D measurement from images*. Dunbeath, Scotland: Whittles Publishing.
- Granshaw, S. I. (2016). Photogrammetric Terminology: Third Edition. *The Photogrammetric Record*, 31(154), 210-252. <http://doi.org/10.1111/phor.12146>



- Kraus, K. (2007). *Photogrammetry: geometry from images and laser scans* (2nd ed.). Berlin: Walter de Gruyter.
- Lerma, J. L. (2002). *Fotogrametría moderna: analítica y digital*. Valencia (Spain): Universidad Politécnica de Valencia.
- Luhmann, T., Robson, S., Kyle, S., & Boehm, J. (2013). *Close-Range Photogrammetry and 3D Imaging* (2nd ed.). Berlin/Boston: Walter de Gruyter. <http://doi.org/10.1515/9783110302783>