



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería

Manual de prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática
Departamento de Geodesia y Cartografía

ASIGNATURA

PROCESOS FOTOGRAMÉTRICOS





Manual de Prácticas De Procesos Fotogramétricos

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de
Fotogrametría

Prácticas de procesos
Fotogrametricos.

Tema 1: La fotogrametría digital e imágenes Aéreas

Nombre completo del alumno		Firma
N° de brigada:	Fecha de elaboración:	Grupo:

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
M.I. Roberto Ascencio Villagomez	M. en I. Adolfo Reyes Pizano		17-01-17



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de Fotogrametría

Prácticas de Procesos Fotogrametricos.

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1		
2		

2. Objetivos de aprendizaje

- I. Diferenciar entre fotografías digitales y fotografías digitalizada
- II. Identificar los elementos que son utilizados para obtener la imagen digital
- III. Identificar el elementos que sirven para digitalizar las imágenes
- IV. Identificar el pixel como parámetro básico en las imágenes digitales
- V. Analizar y reportar las características del pixel
- VI. Obtener los parámetros para cada imagen aérea
- VII. Identificar las fuentes de error y su corrección.

3. Introducción

Una imagen digital o gráfico digital es una representación bidimensional de una imagen a partir de una matriz numérica, frecuentemente en binario (unos y ceros). Dependiendo de si la resolución de la imagen es estática o dinámica, puede tratarse de una imagen matricial (o mapa de bits) o de un gráfico vectorial para fotogrametría esta definición, es más amplia debido a que la relación entre la matriz numérica y ubicación de estos valores, tiene relación en el valor del color, el cual determina con gran definición una imagen digital, Este grafico es obtenido mediante un dispositivo.

Dispositivo CCD

Un dispositivo de carga acoplada (en inglés charge-coupled device, conocido

también como CCD) es un circuito integrado que contiene un número determinado de condensadores enlazados o acoplados. Bajo el control de un circuito interno, cada condensador puede transferir su carga eléctrica a uno o a varios de los condensadores que estén a su lado en el circuito impreso. En la actualidad los CCD son mucho más populares en aplicaciones profesionales y en cámaras digitales.

Otra posibilidad de obtener una imagen digital, es utilizar un dispositivo que se encargue de la conversión analógica-digital. Ese es el caso de una cámara fotográfica digital o de un escáner. Con una cámara de este tipo, una persona puede tomar una imagen y almacenarla en formato digital, ya sea en una computadora (ordenador) o en otro soporte. El escáner, por su parte, permite registrar y capturar una imagen física (como una foto impresa en una revista) y transformarla en una imagen digital.

Las imágenes digitales o digitalizadas para la fotogrametría, las imágenes deben tener características especiales que las hacen propias para esta actividad.

Pixel.

Un píxel o pixel, plural píxeles (acrónimo del inglés picture x element, 'elemento de imagen'), es la menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital.

La capacidad de resolución o detalle de la imagen depende del número de células fotoeléctricas del CCD. Este número se expresa en píxeles. A mayor número de píxeles, mayor nitidez en relación con el tamaño. Actualmente las cámaras fotográficas digitales incorporan CCD con capacidades de hasta ciento sesenta millones de píxeles (160 megapíxeles) en cámaras Carl Zeiss.

Los píxeles del CCD registran gradaciones de los tres colores básicos: rojo, verde y azul (abreviado "RGB", del inglés red, green, blue), por lo cual tres píxeles, uno para cada color, forman un conjunto de células

fotoeléctricas capaces de captar cualquier color en la imagen. Para conseguir esta separación de colores la mayoría de cámaras CCD utilizan una máscara de Bayer que proporciona una trama para cada conjunto de cuatro píxeles de forma que un píxel registra luz roja, otro luz azul y dos píxeles se reservan para la luz verde (el ojo humano es más sensible a la luz verde que a los colores rojo o azul). El resultado final incluye información sobre la luminosidad en cada píxel pero con una resolución en color menor que la resolución de iluminación. Se puede conseguir una mejor separación de colores utilizando dispositivos con tres CCD acoplados y un dispositivo de separación de luz como un prisma dicróico que separa la luz incidente en sus componentes rojo, verde y azul. Estos sistemas son mucho más caros que los basados en máscaras de color sobre un único CCD. Algunas cámaras profesionales de alta gama utilizan un filtro de color rotante para registrar imágenes de alta resolución de color y luminosidad pero son productos caros y tan solo pueden fotografiar objetos estáticos.



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de
Fotogrametría

Prácticas de Fotogrametría I.

4. Material y Equipo

1. Computadora con software para tratamiento de imágenes digitales
2. Fotografías digitales.
3. Internet
4. Software para manejo de base de datos
5. Procesados de textos



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de
Fotogrametría.

Prácticas de Fotogrametría I.

1. Procedimiento

- Cargar las imágenes digitales de los dos tipos en software
- Investigar sus propiedades de las fotografías.
- Identificar todos los parámetros de una imagen digital
- Sobre una tabla en Excel anotar todos los parámetros de las imágenes digitales.
- Realizar una investigación y establecer una definición propia de los siguientes conceptos:
 - Imagen pancromática
 - Imagen multiespectral
 - Tamaño de pixel
 - Profundidad del color
 - Valor del GSD
- Se recomienda seguir las instrucciones del profesor

2. Desarrollo Realizado por el alumno.

3. Conclusiones Realizado por el alumno



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de
Fotogrametría .

Prácticas de Fotogrametría I.

7. Bibliografía

- ⌚ Buill F., Amparo M., Rodríguez J., 2003. Fotogrametría analítica. Univ. Politéc. De Catalunya. 160 p. Revisado en línea:
https://books.google.com.mx/books?id=2xwQmKjZw4sC&dq=aplicaciones+fotogram%C3%A9tricas&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- ⌚ Gottfried Konecny, 2014. Geoinformation: Remote Sensing, Photogrammetry and Geographic Information System. CRC Press, 472 p. revisado en línea:
https://books.google.com.mx/books?id=8TcyAwAAQBAJ&dq=photogrammetry&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- ⌚ KRAUS K. 2007. Photogrammetry: Geometry from images and Laser Scans, Vol. 1. Walter de Gruyter, 459 p.
- ⌚ McGlone C. Mikhail E., James S., Bethel S. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, American Society for Photogrammetry, 2004
- ⌚ http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotogrametria_analitica/ApuntesFotogrametria2.pdf
⌚



Manual de Prácticas De Procesos Fotogramétricos

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de
Fotogrametría

Prácticas de procesos
Fotogramétricos.

Tema 2: Los Sensores Remotos e imágenes Aéreas

Nombre completo del alumno		Firma
N° de brigada:	Fecha de elaboración:	Grupo:

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
M.I. Roberto Ascencio Villagomez	M. en I. Adolfo Reyes Pizano		17-01-17



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de
Fotogrametría

Prácticas de Procesos
Fotogramétricos.

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	Eléctrica	Líquidos
2	Eléctrica	Bebidas

2. Objetivos de aprendizaje

- I. Definir el significado de Sensor remoto
- II. Identificar tipos y características de los sensores remotos
- III. Definir el significado de imagen multiespectral
- IV. Entender el significado de profundidad el color
- V. Definir el significado de imagen pancromática
- VI. Entender el significado de tamaño de pixel
- VII. Obtener el valor del GSD
- VIII. Identificar las distorsiones de las imágenes y su corrección

3. Introducción

Sensor Remoto

Los sensores de Teledetección son instrumentos que transforman la radiación electromagnética en información perceptible y analizable.

Tipos de sensores

Se pueden distinguir dos tipos básicos de sensores:

Captadores pasivos: detectan la radiación electromagnética emitida o reflejada de fuentes naturales.

Captadores activos: poseen fuentes internas que generan artificialmente la radiación (radar).

También podemos clasificar los sensores en:

No generadores de imágenes: Trabajan en una sola longitud de onda y entre ellos se encuentran el altímetro y el magnetómetro.

Generadores de imágenes: Operan en varias bandas, barriendo por franjas perpendiculares al desplazamiento del satélite.

En primer lugar, vamos a analizar por separado las palabras imagen y espectro:

Imagen: Reconstrucción de la figura de un objeto por la combinación de los rayos de luz que proceden de él.

Espectro: Distribución de la intensidad de una radiación en función de una magnitud característica, como la longitud de onda, la energía, la frecuencia o la masa.

Una imagen espectral es aquella que restituye la figura de un objeto en función de la longitud de onda que esté reflejando (o emitiendo) el objeto en cuestión; o dicho de otro modo, es un set de imágenes del mismo objeto representadas cada una de ellas con diferentes longitudes de onda.

Las **imágenes multispectrales** están formadas por relativamente pocas bandas (normalmente entre 3 y 20) y son bandas no necesariamente contiguas unas a otras.

Con una imagen multispectral podemos obtener los valores de intensidad en las longitudes de onda discretas en las que el sistema capte radiación

Imagen pancromática.

Es una imagen, cuya sensibilidad es aproximadamente igual para los contrastes en la gama de grises, sensible a todas las longitudes de onda del espectro visible, varía las tonalidades desde 0 a 255 en profundidad de color.

Profundidad del color.

La profundidad de color o bits por píxel (bpp) es un concepto de la computación gráfica que se refiere a la cantidad de bits de información necesarios para representar el color de un píxel en una imagen digital o en un framebuffer. Debido a la naturaleza del sistema binario de numeración, una profundidad de bits de n implica que cada píxel de la imagen puede tener 2^n posibles valores y por lo tanto, representar 2^n colores distintos.

Debido a la aceptación prácticamente universal de los octetos de 8 bits como unidades básicas de información en los dispositivos de almacenamiento, los valores de profundidad de color suelen ser divisores o múltiplos de 8, a saber 1, 2, 4, 8, 16, 24 y 32, con la excepción de la profundidad de color de 10 o 15, usada por ciertos dispositivos gráficos.

Elemento GSD.

Es la distancia en el suelo que separa los centros de dos píxeles adyacentes de una fotografía aérea tomada con disposición nadir. Da información sobre la resolución de una ortofotografía.

Distorsión cromática o aberración.

En óptica, la aberración cromática es un tipo de distorsión óptica provocada por la imposibilidad de una lente para enfocar todos los colores en un único punto de convergencia.



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de
Fotogrametría

Prácticas de Fotogrametría I.

4. Material y Equipo

1. Computadora con software para tratamiento de imágenes digitales
2. Fotografías digitales b/n y color.
3. Internet
4. Software para manejo de base de datos
5. Procesados de textos



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de
Fotogrametría.

Prácticas de Fotogrametría I.

1. Procedimiento

- Cargar las imágenes digitales de los dos tipos en software
- Investigar sus propiedades de las fotografías.
- Identificarlas características de las imágenes multiespectrales y pancromáticas.
- Sobre una tabla en Excel anotar todos los parámetros de las dos imágenes
- Realizar una investigación y establecer una definición propia de los siguientes conceptos:
 - Tipos de sensores y plataformas
 - Elementos periféricos del sensor remoto
 - Parámetros de calibración
- Se recomienda seguir las instrucciones del profesor

2. Desarrollo Realizado por el alumno.

3. Conclusiones Realizado por el alumno



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de Fotogrametría .

Prácticas de Fotogrametría I.

7. Bibliografía

- ⌚ Buill F., Amparo M., Rodríguez J., 2003. Fotogrametría analítica. Univ. Politéc. De Catalunya. 160 p. Revisado en línea:
https://books.google.com.mx/books?id=2xwQmKjZw4sC&dq=aplicaciones+fotogram%C3%A9tricas&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- ⌚ Gottfried Konecny, 2014. Geoinformation: Remote Sensing, Photogrammetry and Geographic Information System. CRC Press, 472 p. revisado en línea:
https://books.google.com.mx/books?id=8TcyAwAAQBAJ&dq=photogrammetry&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- ⌚ KRAUS K. 2007. Photogrammetry: Geometry from images and Laser Scans, Vol. 1. Walter de Gruyter, 459 p.
- ⌚ McGlone C. Mikhail E., James S., Bethel S. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, American Society for Photogrammetry, 2004
- ⌚ http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotogrametria_analitica/ApuntesFotogrametria2.pdf
⌚



Manual de Prácticas De Procesos Fotogramétricos

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de
Fotogrametría

Prácticas de procesos
Fotogramétricos.

Tema 3: Los tipos de Sensores Remotos y plataformas aéreas para fotogrametría.

Nombre completo del alumno		Firma
N° de brigada:	Fecha de elaboración:	Grupo:

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
M.I. Roberto Ascencio Villagomez	M. en I. Adolfo reyes Pizano		17-01-17



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de Fotogrametría

Prácticas de Procesos Fotogramétricos.

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	Eléctrica	Líquidos
2	Eléctrica	Bebidas

2. Objetivos de aprendizaje

- I. Identificar tipos y características de los sensores remotos
- II. Identificar los elementos complementarios de los sensores
- III. Entender el significado parámetros de calibración

3. Introducción

Sensor Remoto

Los sensores de Teledetección son instrumentos que transforman la radiación electromagnética en información perceptible y analizable.

Tipos de sensores

Se pueden distinguir dos tipos básicos de sensores:

Captadores pasivos: detectan la radiación electromagnética emitida o reflejada de fuentes naturales.

Captadores activos: poseen fuentes internas que generan artificialmente la radiación (radar).

También podemos clasificar los sensores en:

No generadores de imágenes: Trabajan en una sola longitud de onda y entre ellos se encuentran el altímetro y el magnetómetro.

Generadores de imágenes: Operan en varias bandas, barriendo por franjas perpendiculares al desplazamiento del satélite.

Periféricos de la cámara aérea

IMU:

Una unidad de medición inercial o IMU (del inglés inertial measurement unit), es un dispositivo electrónico que mide e informa acerca de la velocidad, orientación y fuerzas gravitacionales de un aparato, usando una combinación de acelerómetros y giróscopos. Las unidades de medición inercial son normalmente usadas para maniobrar aviones, incluyendo vehículos aéreos no tripulados, entre muchos otros usos, y además naves espaciales, incluyendo transbordadores y satélites. Recientes desarrollos han permitido la producción de dispositivos GPS protegidos contra la interferencia electromagnética.

La IMU es el componente principal de los sistemas de navegación inercial usados en aviones, naves espaciales, buques y misiles guiados entre otros. En este uso, los datos recolectados por los sensores de una IMU permiten a un computador seguir la posición del aparato a través de un archivo de trayectoria, captura los movimientos inerciales para su posterior proceso de orientación de las imágenes aéreas.

SISTEMA DE ESTABILIZACION DE LA CAMARA.

Es una cama dispuesta por debajo de la cámara con servoestabilizadores que corrigen en cierto porcentaje, los movimientos provocados por las condiciones climáticas que sufre el avión o la plataformas.

PARÁMETROS DE CALIBRACIÓN DE LA CÁMARA AÉREA:

Una cámara tiene tanto parámetros intrínsecos como extrínsecos, (internos y externos). Los parámetros intrínsecos son lo que describen el funcionamiento de la cámara, por ejemplo: la distancia focal, el punto principal y el centro óptico.

En una cámara CCD que son las cámaras digitales, los parámetros internos definen las coordenadas de los píxeles de un punto en la imagen virtual con respecto a las coordenadas del cuadro de referencia de la cámara, es decir, dan orientación interna al cuadro siempre teniendo como objetivo , conocer la distancia focal, el punto principal, etc. De la cámara digital.

Calibrar una cámara significa encontrar sus parámetros internos, externos y distorsiones posibles que esta tenga. También se puede definir como un paso necesario para extraer la información de las medidas de las imágenes y las distancias también.



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de
Fotogrametría

Prácticas de Fotogrametría I.

4. Material y Equipo

1. Computadora con software para tratamiento de imágenes digitales y para corregir y calibrar las imágenes del sensor y la cámara.
2. Fotografías digitales b/n y color.
3. Internet
4. Software para manejo de base de datos
5. Procesados de textos



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de Fotogrametría.

Prácticas de Fotogrametría I.

1. Procedimiento

- Cargar las imágenes digitales de los dos tipos en software de ajuste y calibración
- Investigar sus propiedades intrínsecas de la fotografía como los son distancia focal, coordenadas del punto principal, tamaño del pixel, etc.
- Identificar los datos obtenidos en el certificado de calibración así como sus correcciones.
- Sobre una tabla en Excel anotar todos los parámetros obtenidos de las de las dos imágenes
- Realizar una investigación y establecer una definición propia de los siguientes conceptos:
 - Orientación interior digital
 - Parámetros necesarios de la orientación interior
 - Métodos de orientación interior
- Se recomienda seguir las instrucciones del profesor

2. Desarrollo Realizado por el alumno.

3. Conclusiones Realizado por el alumno



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de
Fotogrametría .

Prácticas de Fotogrametría I.

7. Bibliografía (agregar más bibliografía por el alumno)

- ⌚ Buill F., Amparo M., Rodríguez J., 2003. Fotogrametría analítica. Univ. Politéc. De Catalunya. 160 p. Revisado en línea:
https://books.google.com.mx/books?id=2xwQmKjZw4sC&dq=aplicaciones+fotogram%C3%A9tricas&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- ⌚ Gottfried Konecny, 2014. Geoinformation: Remote Sensing, Photogrammetry and Geographic Information System. CRC Press, 472 p. revisado en línea:
https://books.google.com.mx/books?id=8TcyAwAAQBAJ&dq=photogrammetry&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- ⌚ KRAUS K. 2007. Photogrammetry: Geometry from images and Laser Scans, Vol. 1. Walter de Gruyter, 459 p.
- ⌚ McGlone C. Mikhail E., James S., Bethel S. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, American Society for Photogrammetry, 2004
- ⌚ http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotogrametria_analitica/ApuntesFotogrametria2.pdf

⌚



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de
Fotogrametría

Prácticas de Procesos
Fotogramétricos

Tema 4: ORIENTACION INTERNA

Nombre completo del alumno		Firma
N° de brigada:	Fecha de elaboración:	Grupo:

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
M.I. Roberto Ascencio Villagómez	M.en I. Adolfo Reyes Pizano		17-01-17



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de Fotogrametría

Prácticas de Procesos Fotogramétricos

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	eléctrica	agua
2	eléctrica	Líquidos

2. Objetivos de aprendizaje

- I. Obtener la orientación interna de las fotografías mediante el software AU3-Win.

3. Introducción

Existen en una fotografía métrica aérea ocho posibilidades dentro de las zonas donde se encuentran las marcas fiduciales. Las cámaras convencionales tienen cuatro marcas fiduciales diametralmente dispuestas, aunque existen cámaras que disponen de las ocho marcas. Nuestro planteamiento se basa en la localización de estas marcas, en su medición y en el conocimiento de la focal de la cámara. Por la disposición de las marcas fiduciales también existirá una rotación de 90° en el caso de que existiera una mala posición de la fotografía en el momento del escaneo, teniendo en cuenta que dentro de la misma pasada, las fotografías están dispuestas en la misma dirección. Por tanto existe la posibilidad de necesitar una rotación previa a la orientación interna para corregir este error.

Como las marcas fiduciales son objetos bidimensionales con una geometría y radiometría particular y que no difieren en rotación más de 10° . La correlación es la opción más válida para la medición de las marcas. Si tenemos en cuenta la homogeneidad tanto en la forma como en la radiometría de estas marcas, la correlación presenta en esta detección una aceptación máxima en la medición. Si a este aspecto añadimos técnicas de segmentación por binarización se consigue una correlación muy eficiente.

El proceso de cálculo tiene las siguientes etapas:

- Reconocimiento del patrón, mediante la identificación del tipo de marca fiducial que contenga la fotografía.
- Tratamiento de imágenes piramidales. El uso de imágenes piramidales, ayudará a una rápida localización de la zona en que se encuentra la marca fiducial.
- Localización robusta marcas. Esta etapa incluye el reconocimiento de positivo/negativo de la fotografía digital mediante el cálculo de la media de los niveles de grises de la imagen. El proceso de localización comprende:
 - Definición del espacio de búsqueda. Utilizando las imágenes piramidales para una localización más rápida de las marcas fiduciales
 - Binarización. Este paso comprende la segmentación de la imagen de búsqueda.
 - Correlación binaria. La correlación es en niveles de grises, las imágenes difieren en geometría por una traslación $T(u,v)$ y en radiometría por una transformación lineal en brillo y contraste. Además de funcionar sólo con imágenes binarias, también habrá que tener en cuenta la única posibilidad de medir blanco o negro. Usando una correlación binaria para localizar una marca fiducial, el patrón se traslada por $T(u,v)$
 - Test de consistencia. El resultado de las localizaciones individuales en cada nivel piramidal es revisada usando un criterio para detectar afloramientos. Se hará una búsqueda de la mejor solución que se define por una transformación tomando los errores remanentes más pequeños.
 - Auto diagnóstico. Es necesario para un sistema automático poderse auto diagnosticar. Será necesario realizar este tipo de operaciones para detectar errores ocultos o sistemáticos. Analizando la precisión y sensibilidad de las mediciones se podrán realizar métodos de auto diagnóstico.
 - Estimación de los parámetros de transformación 2-D afín. Una vez realizadas las mediciones de las marcas fiduciales se realizarán los cálculos de la transformación y después se obtendrán los parámetros que permiten pasar al sistema de coordenadas imagen.
 - Auto diagnóstico. Otro auto diagnóstico llevará a poder realizar comprobaciones finales de precisión y sensibilidad de los resultados



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de
Fotogrametría

Prácticas de Procesos
Fotogramétricos

4. Material y Equipo

1. Computadora con AU3-Win
2. -2 Fotografías digitales.
3. -Manual de AU3-Win



Manual de Prácticas

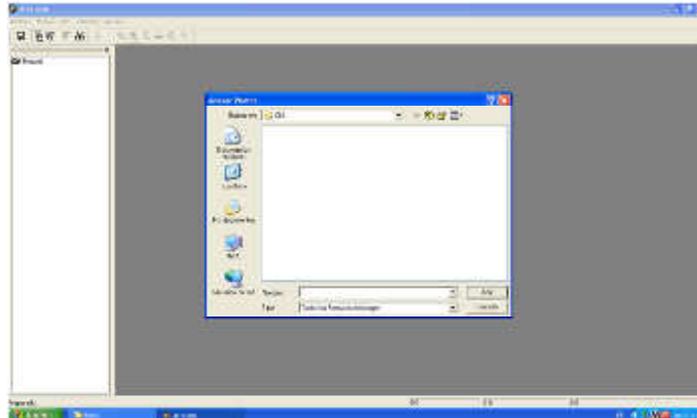
División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de Fotogrametría.

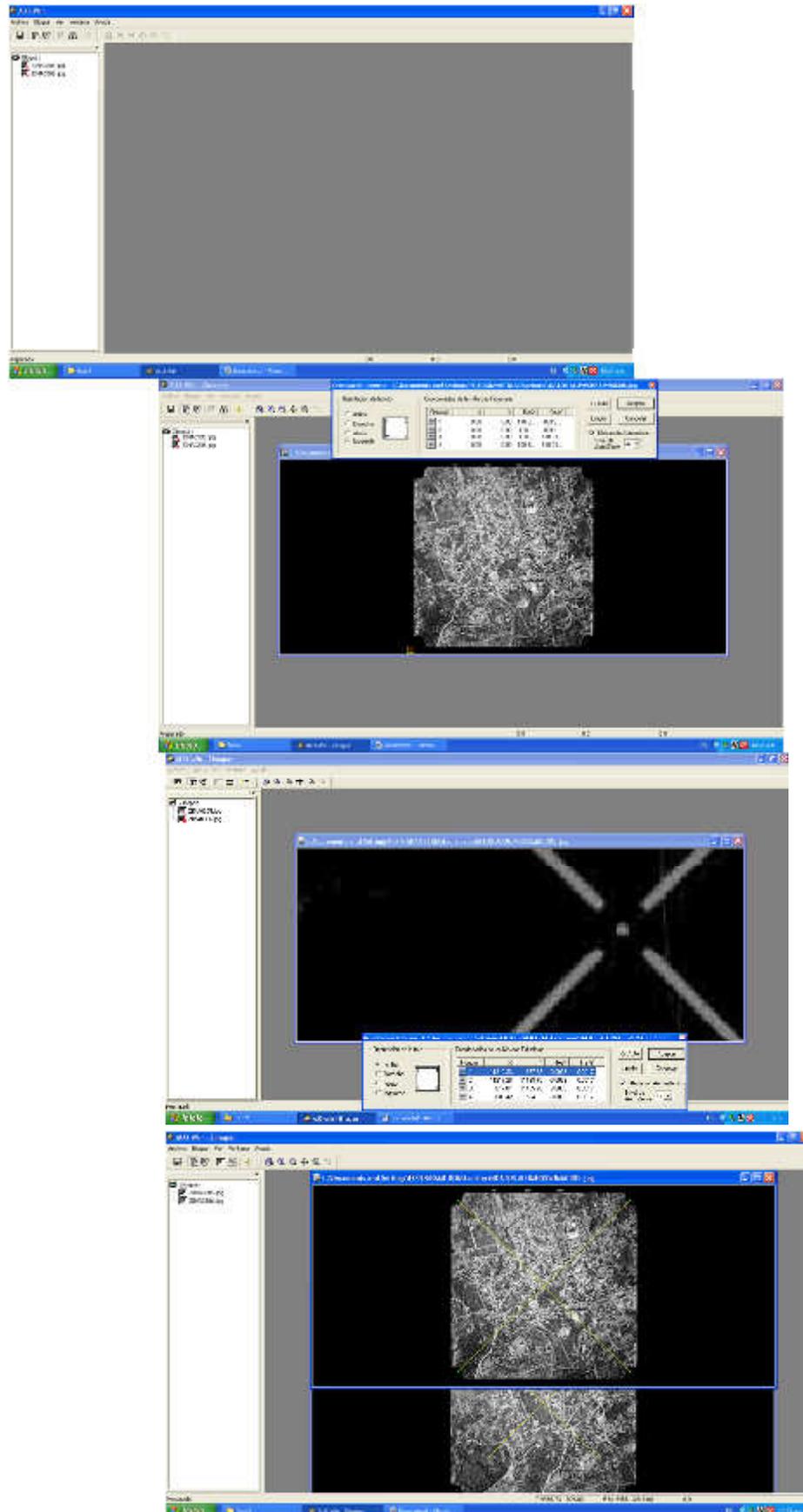
Prácticas de Procesos Fotogramétricos

1. Procedimiento

- Abrir el software AU3-Win
- Calibrar la cámara
- Definir el bloque de fotografías en un archivo nuevo
- Abrir dos fotografías consecutivas del bloque de fotografías
- Guardar el archivo.
- Empezar con la orientación interna
- Realizar la siguiente investigación y definir personalmente el concepto de orientación externa digital.
- Se recomienda seguir las instrucciones del profesor

2. Desarrollo





3. Conclusiones



7. Bibliografía

- ⌚ Buill F., Amparo M., Rodríguez J., 2003. Fotogrametría analítica. Univ. Politéc. De Catalunya. 160 p. Revisado en línea:
https://books.google.com.mx/books?id=2xwQmKjZw4sC&dq=aplicaciones+fotogram%C3%A9tricas&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- ⌚ Gottfried Konecny, 2014. Geoinformation: Remote Sensing, Photogrammetry and Geographic Information System. CRC Press, 472 p. revisado en línea:
https://books.google.com.mx/books?id=8TcyAwAAQBAJ&dq=photogrammetry&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- ⌚ KRAUS K. 2007. Photogrammetry: Geometry from images and Laser Scans, Vol. 1. Walter de Gruyter, 459 p.
- ⌚ McGlone C. Mikhail E., James S., Bethel S. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, American Society for Photogrammetry, 2004
- ⌚ http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotogrametria_analitica/ApuntesFotogrametria2.pdf
⌚



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de
Fotogrametría

Prácticas de procesos
fotogramétricos

Tema 5: ORIENTACION EXTERNA

Nombre completo del alumno		Firma
N° de brigada:	Fecha de elaboración:	Grupo:

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
M.I. Roberto Ascencio Villagómez	M. en I. Adolfo Reyes Pizano		17-01-17



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de Fotogrametría

Prácticas de procesos fotogramétricos.

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	Eléctrica	Agua
2	Eléctrica	Líquidos

2. Objetivos de aprendizaje

- I. Obtener la orientación EXTERNA del bloque orientado externamente mediante el software de restitución.

3. Introducción

La Fotogrametría como la ciencia, arte y técnica de obtener información fiable de los objetos y su entorno mediante el registro, medida e interpretación de imágenes fotográfica y datos obtenidos a partir de energía electromagnética radiante y otros fenómenos, definición del Manual de la Sociedad Americana de Fotogrametría, ha usado casi desde sus inicios a las fotografías como fuente primaria de información.

Determinación simultánea de todos los elementos de orientación

Una vez obtenidas las coordenadas imagen de los puntos proyectados y para poder realizar el proceso inverso de la perspectiva, es decir, obtener las coordenadas terreno de dichos puntos, es necesario situar los centros de proyección y los planos de la imagen en la misma posición espacial que cuando se realizaron las tomas, referenciando dichas posiciones al sistema de coordenadas absoluto del terreno. No sólo se pretende que la posición relativa entre las perspectivas se mantenga, lo cual se consigue con la orientación relativa sino a su vez, se obliga a que la intersección de los rayos homólogos se realice precisamente en el punto a restituir.

Deberemos conocer los parámetros de orientación externa de las dos perspectivas obtenidas en el proceso fotogramétrico, lo cual se consigue por medio de aplicar la condición de colinealidad.

Condición de colinealidad

Condición que obliga a que se encuentren en la misma recta el centro de proyección, el punto imagen y el punto del terreno proyectado. De tal forma que si conseguimos esta condición en las dos perspectivas, queda asegurada la intersección de rayos homólogos en el punto del terreno prefijado (Fig. 1).

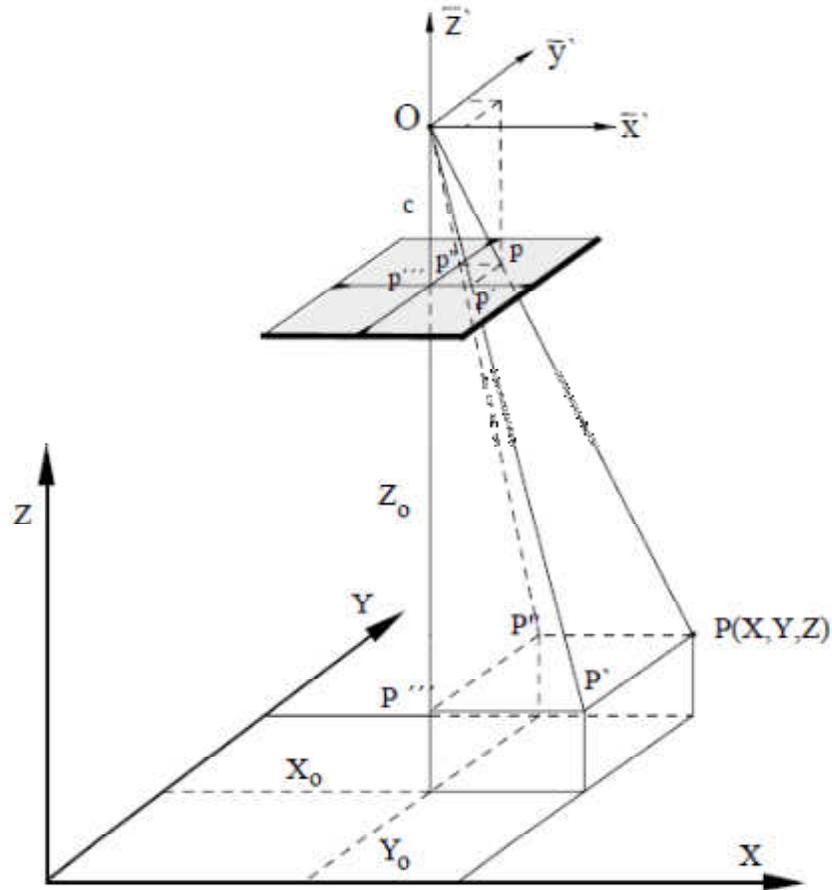


Figura 1. Condición de colinealidad.

Vamos a obtener primeramente la expresión analítica que expresa la condición de colinealidad entre dos puntos, para que con ayuda de esta, obtengamos los parámetros de orientación de la perspectiva central.

De la figura 1 se deduce fácilmente las relaciones siguientes:

$$\lambda = \frac{\overline{P'P''}}{\overline{p'p''}} = \frac{\overline{PP'}}{\overline{pp'}} = \frac{\overline{OP''}}{\overline{Op''}}$$

$$\lambda = \frac{X - X_0}{x} = \frac{Y - Y_0}{y} = \frac{Z - Z_0}{z}$$



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de Fotogrametría

Prácticas de procesos fotogramétricos.

Expresado las anteriores relaciones en forma matricial tendremos **que**:

$$\begin{bmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \quad (1)$$

Si al sistema de coordenadas imagen (z_p, y_p, x_p) se le imprimen las tres rotaciones (ω, ϕ, κ) , el sistema pasará a ser el (z, y, x''') (Fig. 2).

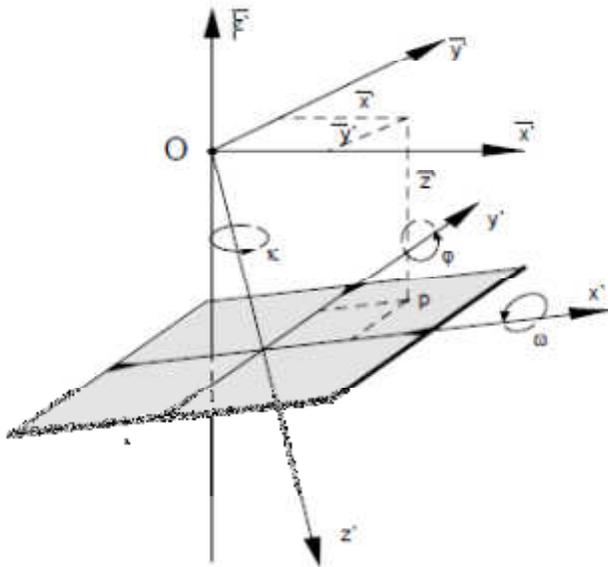


Figura 2. Rotaciones sobre el sistema de coordenadas imagen.

La transformación por rotación en el plano imagen será:

$$\begin{aligned}x &= a_{11}x' + a_{12}y' + a_{13}c \\y &= a_{21}x' + a_{22}y' + a_{23}c \\z &= a_{31}x' + a_{32}y' + a_{33}c\end{aligned}$$

Quedando en forma matricial:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ c \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ c \end{bmatrix} \quad (2)$$

donde R es la matriz de rotación (ω , ϕ , κ), siendo los valores de cada uno de los coeficientes:

$$a_{11} = \cos \phi \cos \kappa$$

$$a_{12} = -\cos \phi \sin \kappa$$

$$a_{13} = \sin \phi$$

$$a_{21} = \cos \omega \sin \kappa + \sin \omega \sin \phi \cos \kappa$$

$$a_{22} = \cos \omega \cos \kappa - \sin \omega \sin \phi \sin \kappa$$

$$a_{23} = -\sin \omega \cos \phi$$

$$a_{31} = \text{sen } \omega \text{ sen } \kappa - \text{cos } \omega \text{ sen } \varphi \text{ cos } \kappa$$

$$a_{32} = \text{sen } \omega \text{ cos } \kappa + \text{cos } \omega \text{ sen } \varphi \text{ sen } \kappa$$

$$a_{33} = \text{cos } \omega \text{ cos } \varphi$$

Sustituyendo en (1) los valores transformados del plano imagen (2), resulta:

$$\begin{bmatrix} X - X_o \\ Y - Y_o \\ Z - Z_o \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \lambda R \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ c \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ c \end{bmatrix} = \frac{1}{\lambda} R^{-1} \begin{bmatrix} X - X_o \\ Y - Y_o \\ Z - Z_o \end{bmatrix}$$

Dado que en una matriz ortogonal, se cumple que la matriz inversa es igual a la matriz traspuesta, y la matriz de rotación $[R]$ es ortogonal $[R^{-1}] = [R^t]$, llamando a $[R^{-1}] = [M]$, llegaremos a:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ c \end{bmatrix} = \frac{1}{\lambda} M \begin{bmatrix} X - X_o \\ Y - Y_o \\ Z - Z_o \end{bmatrix} = \frac{1}{\lambda} \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X - X_o \\ Y - Y_o \\ Z - Z_o \end{bmatrix}$$

Despejando las ecuaciones respectivamente tendremos:

$$x' = \frac{1}{\lambda} [m_{11}(X - X_o) + m_{12}(Y - Y_o) + m_{13}(Z - Z_o)]$$

$$y' = \frac{1}{\lambda} [m_{21}(X - X_o) + m_{22}(Y - Y_o) + m_{23}(Z - Z_o)]$$

$$c = \frac{1}{\lambda} [m_{31}(X - X_o) + m_{32}(Y - Y_o) + m_{33}(Z - Z_o)]$$

Dividiendo las dos primeras ecuaciones por la tercera y llevando al lado derecho la distancia principal de la cámara (c) obtendremos:

Dividiendo las dos primeras ecuaciones por la tercera y llevando al lado derecho la distancia principal de la cámara (c) obtendremos:

$$\begin{aligned} x' &= -c \frac{m_{11}(X - X_o) + m_{12}(Y - Y_o) + m_{13}(Z - Z_o)}{m_{31}(X - X_o) + m_{32}(Y - Y_o) + m_{33}(Z - Z_o)} \\ y' &= -c \frac{m_{21}(X - X_o) + m_{22}(Y - Y_o) + m_{23}(Z - Z_o)}{m_{31}(X - X_o) + m_{32}(Y - Y_o) + m_{33}(Z - Z_o)} \end{aligned} \quad (3)$$

Expresiones que nos dan la condición de colinealidad. Estas ecuaciones contienen 12 cantidades independientes:

- Coordenadas imagen (x', y', c)
- Coordenadas del centro de proyección (X_o, Y_o, Z_o)
- Coordenadas del punto objeto (X, Y, Z)
- Elementos de rotación (ω, ϕ, κ) implícitos en los términos de la matriz $[M]$

La expresión (3) deducida anteriormente corresponden a una sola toma, es decir a un proyector. Las ecuaciones del segundo proyector se obtendrían de igual modo.

Estas ecuaciones pueden expresarse también de la forma siguiente:

$$\begin{bmatrix} X - X_o \\ Y - Y_o \\ Z - Z_o \end{bmatrix} = \lambda R \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ c \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ c \end{bmatrix}$$

Despejando para cada una de las coordenadas objeto:

$$\begin{aligned} X &= X_o + \lambda(a_{11}x' + a_{12}y' + a_{13}c) \\ Y &= Y_o + \lambda(a_{21}x' + a_{22}y' + a_{23}c) \\ Z &= Z_o + \lambda(a_{31}x' + a_{32}y' + a_{33}c) \end{aligned}$$

Dividiendo las dos primeras expresiones por la tercera tendremos:

$$\begin{aligned} X &= X_o + (Z - Z_o) \frac{a_{11}x' + a_{12}y' + a_{13}c}{a_{31}x' + a_{32}y' + a_{33}c} \\ Y &= Y_o + (Z - Z_o) \frac{a_{21}x' + a_{22}y' + a_{23}c}{a_{31}x' + a_{32}y' + a_{33}c} \end{aligned} \quad (4)$$

La distancia principal es siempre una cantidad conocida; (y', x') (y'', x'') son cantidades observadas normalmente. Si hay suficientes puntos de coordenadas conocidos en el sistema terreno y son estos observados y medidos en el instrumento, las incógnitas a resolver serán los tres giros del proyector izquierdo y los tres del proyector derecho $(\kappa_1, \phi_1, \omega_1)$ $(\kappa_2, \phi_2, \omega_2)$ y las coordenadas del centro de proyección izquierdo y derecho (Z_{10}, Y_{10}, X_{10}) (Z_{20}, Y_{20}, X_{20}) en este caso se resolvería el problema de la *Intersección Inversa* en el espacio (3).

Si los giros y las coordenadas del centro de proyección en ambas tomas son conocidas, y efectuamos observaciones con el instrumento (y', x') , se pueden calcular coordenadas en el sistema terreno, caso de la *Intersección Directa* en el espacio (4). (Z, Y, X)

La dificultad que presentan estas ecuaciones cuando se utilizan para resolver las incógnitas correspondientes, es el hecho de no ser lineales. Un proceso de linealización ha de llevarse a cabo antes de obtener una solución simultánea de las ecuaciones. Además de la falta de linealidad de estas ecuaciones, a la hora de obtener los parámetros $(\kappa_1, \phi_1, \omega_1)$ $(\kappa_2, \phi_2, \omega_2)$ (Z_{10}, Y_{10}, X_{10}) (Z_{20}, Y_{20}, X_{20}) nos vamos a encontrar con la inexactitud de las observaciones realizadas (y', x') . (y''', x''')

1.4. Linealización de las ecuaciones de colinealidad

Las ecuaciones (3) pueden expresarse como:

$$\begin{aligned} Fx = 0 &= qx' + cr \\ Fy = 0 &= qy' + cs \end{aligned}$$

siendo:

$$\begin{aligned} q &= m_{11}(X - X_s) + m_{12}(Y - Y_s) + m_{13}(Z - Z_s) \\ r &= m_{21}(X - X_s) + m_{22}(Y - Y_s) + m_{23}(Z - Z_s) \\ s &= m_{31}(X - X_s) + m_{32}(Y - Y_s) + m_{33}(Z - Z_s) \end{aligned}$$

donde los términos $m_{11}, m_{12}, m_{13}, m_{21}, m_{22}, m_{23}, \dots$ son los coeficientes de la matriz $[M]$, con valores:

$$\begin{aligned} m_{11} &= \cos \phi \cos \kappa \\ m_{12} &= \cos \phi \sin \kappa + \sin \phi \sin \phi \cos \kappa \\ m_{13} &= \sin \phi \sin \kappa - \cos \phi \sin \phi \cos \kappa \\ m_{21} &= -\cos \phi \sin \kappa \\ m_{22} &= \cos \phi \cos \kappa - \sin \phi \sin \phi \sin \kappa \\ m_{23} &= \sin \phi \cos \kappa + \cos \phi \sin \phi \sin \kappa \\ m_{31} &= \sin \phi \\ m_{32} &= -\sin \phi \cos \phi \\ m_{33} &= \cos \phi \cos \phi \end{aligned}$$

Aplicando el desarrollo en serie de Taylor a las anteriores ecuaciones, despreciando infinitésimos de segundo orden.

$$F_x = 0 = (F_x)_0 + \left(\frac{\partial F_x}{\partial x'}\right)_0 dx' + \left(\frac{\partial F_x}{\partial X}\right)_0 dX + \left(\frac{\partial F_x}{\partial Y}\right)_0 dY + \left(\frac{\partial F_x}{\partial Z}\right)_0 dZ + \left(\frac{\partial F_x}{\partial X_s}\right)_0 dX_s + \left(\frac{\partial F_x}{\partial Y_s}\right)_0 dY_s + \left(\frac{\partial F_x}{\partial Z_s}\right)_0 dZ_s + \left(\frac{\partial F_x}{\partial \omega}\right)_0 d\omega + \left(\frac{\partial F_x}{\partial \varphi}\right)_0 d\varphi + \left(\frac{\partial F_x}{\partial \kappa}\right)_0 d\kappa \quad (5)$$

$$F_y = 0 = (F_y)_0 + \left(\frac{\partial F_y}{\partial y'}\right)_0 dy' + \left(\frac{\partial F_y}{\partial X}\right)_0 dX + \left(\frac{\partial F_y}{\partial Y}\right)_0 dY + \left(\frac{\partial F_y}{\partial Z}\right)_0 dZ + \left(\frac{\partial F_y}{\partial X_s}\right)_0 dX_s + \left(\frac{\partial F_y}{\partial Y_s}\right)_0 dY_s + \left(\frac{\partial F_y}{\partial Z_s}\right)_0 dZ_s + \left(\frac{\partial F_y}{\partial \omega}\right)_0 d\omega + \left(\frac{\partial F_y}{\partial \varphi}\right)_0 d\varphi + \left(\frac{\partial F_y}{\partial \kappa}\right)_0 d\kappa \quad (6)$$

donde $(F_x)_0, (F_y)_0$ son los valores de las ecuaciones originales particularizadas para valores aproximados de $X, Y, Z, X_s, Y_s, Z_s, \omega, \varphi, \kappa$ y los términos $\left(\frac{\partial F_x}{\partial x'}\right)_0, \left(\frac{\partial F_y}{\partial y'}\right)_0, \dots$ resultados de la aproximación.

De las funciones (5) y (6) los términos $\left(\frac{\partial F_x}{\partial x'}\right)_0, \left(\frac{\partial F_y}{\partial y'}\right)_0$ son respectivamente:

$$\left(\frac{\partial F_x}{\partial x'}\right)_0 = \left(\frac{\partial F_y}{\partial y'}\right)_0 = q$$

pudiendo dividir todos los términos de las ecuaciones (5) y (6) por q .

1.4.1. Coeficientes de la función lineal aproximada Fx

$$\frac{\partial Fx}{\partial X} = \frac{1}{q}(x'm_{11} + cm_{11}) = A_{11}$$

$$\frac{\partial Fx}{\partial Y} = \frac{1}{q}(x'm_{12} + cm_{12}) = A_{12}$$

$$\frac{\partial Fx}{\partial Z} = \frac{1}{q}(x'm_{13} + cm_{13}) = A_{13}$$

$$\frac{\partial Fx}{\partial X_s} = -\frac{1}{q}(x'm_{21} + cm_{21}) = -A_{21}$$

$$\frac{\partial Fx}{\partial Y_s} = -\frac{1}{q}(x'm_{22} + cm_{22}) = -A_{22}$$

$$\frac{\partial Fx}{\partial Z_s} = -\frac{1}{q}(x'm_{23} + cm_{23}) = -A_{23}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial Fx}{\partial \omega} &= \frac{x'}{q} [(Y - Y_s)(-\cos \omega \cos \varphi) + (Z - Z_s)(-\sin \omega \cos \varphi)] + \frac{c}{q} [(Y - Y_s)(-\sin \omega \sin \kappa + \cos \omega \sin \varphi \cos \kappa) + \\ &+ (Z - Z_s)(\cos \omega \sin \kappa + \sin \omega \sin \varphi \cos \kappa)] - \frac{x'}{q} [(Y - Y_s)m_{11} + (Z - Z_s)m_{12}] + \frac{c}{q} [(Y - Y_s)m_{11} + \\ &+ (Z - Z_s)m_{12}] - \frac{x'}{q} [-\Delta Y m_{21} + \Delta Z m_{22}] + \frac{c}{q} [-\Delta Y m_{21} + \Delta Z m_{22}] = A_{14} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial Fx}{\partial \varphi} &= \frac{x'}{q} [(X - X_s) \cos \varphi + (Y - Y_s)(\sin \omega \sin \varphi) + (Z - Z_s)(-\cos \omega \sin \varphi)] + \frac{c}{q} [(X - X_s)(-\sin \varphi \cos \kappa) + \\ &+ (Y - Y_s)(\sin \omega \cos \varphi \cos \kappa) + (Z - Z_s)(-\cos \omega \cos \varphi \cos \kappa)] - \frac{x'}{q} [\Delta X \cos \varphi + \Delta Y(\sin \omega \sin \varphi) + \\ &+ \Delta Z(-\cos \omega \sin \varphi)] + \frac{c}{q} [\Delta X(-\sin \varphi \cos \kappa) + \Delta Y(\sin \omega \cos \varphi \cos \kappa) + \Delta Z(-\cos \omega \cos \varphi \cos \kappa)] = A_{15} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial Fx}{\partial \kappa} &= \frac{c}{q} [(X - X_s)(\cos \omega \sin \kappa) + (Y - Y_s)(\cos \omega \cos \kappa - \sin \omega \sin \kappa) + (Z - Z_s)(\sin \omega \cos \kappa + \cos \omega \sin \kappa)] - \\ &= \frac{c}{q} [\Delta X m_{21} + \Delta Y m_{22} + \Delta Z m_{23}] = A_{16} \end{aligned}$$

Expresando la ecuación (4) como:

$$0 = dx' + A_{11}dX + A_{12}dY + A_{13}dZ - A_{21}dX_s - A_{22}dY_s - A_{23}dZ_s + A_{14}d\omega + A_{15}d\varphi + A_{16}d\kappa + P$$

$$\text{donde } P = \frac{qx' + cr}{q}$$

4.4.2. Coeficientes de la función lineal aproximada F_y

$$\begin{aligned} \frac{\partial F_y}{\partial X} &= \frac{1}{q}(y'm_{21} + cm_{21}) = A_{21} \\ \frac{\partial F_y}{\partial Y} &= \frac{1}{q}(y'm_{12} + cm_{12}) = A_{12} \\ \frac{\partial F_y}{\partial Z} &= \frac{1}{q}(y'm_{31} + cm_{31}) = A_{31} \\ \frac{\partial F_y}{\partial X_s} &= -\frac{1}{q}(y'm_{31} + cm_{31}) = -A_{31} \\ \frac{\partial F_y}{\partial Y_s} &= -\frac{1}{q}(y'm_{12} + cm_{12}) = -A_{12} \\ \frac{\partial F_y}{\partial Z_s} &= -\frac{1}{q}(y'm_{21} + cm_{21}) = -A_{21} \\ \frac{\partial F_y}{\partial \omega} &= \frac{y'}{q}[(Y - Y_s)(-\cos \omega \cos \varphi) + (Z - Z_s)(-\text{sen } \omega \cos \varphi)] + \frac{c}{q}[(Y - Y_s)(-\text{sen } \omega \cos \kappa - \cos \omega \text{sen } \varphi \text{sen } \kappa) + \\ &\quad + (Z - Z_s)(\cos \omega \cos \kappa - \text{sen } \omega \text{sen } \varphi \text{sen } \kappa)] = \frac{y'}{q}[(Y - Y_s) - m_{21} + (Z - Z_s)m_{12}] + \frac{c}{q}[(Y - Y_s) - m_{21} + \\ &\quad + (Z - Z_s)m_{12}] = \frac{y'}{q}[-\Delta Y m_{21} + \Delta Z m_{12}] + \frac{c}{q}[-\Delta Y m_{21} + \Delta Z m_{12}] = A_{24} \\ \frac{\partial F_x}{\partial \varphi} &= \frac{y'}{q}[(X - X_s) \cos \varphi + (Y - Y_s)(\text{sen } \omega \text{sen } \varphi) + (Z - Z_s)(-\cos \omega \text{sen } \varphi)] + \frac{c}{q}[(X - X_s)(\text{sen } \varphi \text{sen } \kappa) + \\ &\quad + (Y - Y_s)(-\text{sen } \omega \cos \varphi \text{sen } \kappa) + (Z - Z_s)(\cos \omega \cos \varphi \text{sen } \kappa)] = \frac{y'}{q}[\Delta X \cos \varphi + \Delta Y(\text{sen } \omega \text{sen } \varphi) + \\ &\quad + \Delta Z(-\cos \omega \text{sen } \varphi)] + \frac{c}{q}[\Delta X(\text{sen } \varphi \text{sen } \kappa) + \Delta Y(-\text{sen } \omega \cos \varphi \text{sen } \kappa) + \Delta Z(\cos \omega \cos \varphi \text{sen } \kappa)] = A_{13} \\ \frac{\partial F_y}{\partial \kappa} &= \frac{c}{q}[(X - X_s)(\cos \cos \kappa) + (Y - Y_s)(\cos \omega \text{sen } \kappa - \text{sen } \omega \text{sen } \cos \kappa) + (Z - Z_s)(\text{sen } \omega \text{sen } \kappa + \cos \omega \text{sen } \cos \kappa)] = \\ &= -\frac{c}{q}[\Delta X m_{11} + \Delta Y m_{31} + \Delta Z m_{11}] = A_{34} \end{aligned}$$

Expresando la ecuación (5) como:

$$0 = dy' + A_{21}dX + A_{12}dY + A_{31}dZ - A_{31}dX_s - A_{12}dY_s - A_{21}dZ_s + A_{24}d\omega + A_{13}d\varphi + A_{34}d\kappa + Q$$

$$\text{con } Q = \frac{qy' + cs}{q}$$

4.5. Proceso de cálculo

Una vez linealizadas las expresiones (3) y partiendo de las coordenadas de los puntos de apoyos, tanto en el terreno como en sistema imagen, podemos formar un sistema de ecuaciones a partir de:

$$0 = dx' + A_{11}dX + A_{12}dY + A_{13}dZ - A_{11}dX_s - A_{12}dY_s - A_{13}dZ_s + A_{14}d\omega + A_{15}d\varphi + A_{16}d\kappa + P$$

$$0 = dy' + A_{21}dX + A_{22}dY + A_{23}dZ - A_{21}dX_s - A_{22}dY_s - A_{23}dZ_s + A_{24}d\omega + A_{25}d\phi + A_{26}d\kappa + Q$$

Siendo los coeficientes las derivadas parciales anteriormente descritas, pero particularizadas para valores aproximados de los parámetros de orientación y para las coordenadas del terreno (puntos de apoyo).

Todo sistema de ecuaciones formado con las anteriores expresiones se solucionará por aplicación de la metodología de mínimos cuadrados, aplicando la condición de que la suma de los cuadrados de los residuos sea mínima.

$$\Phi = \sum_{i=1}^n V_i^2 \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

siendo V_i los residuos de las variables observadas, coordenadas imagen y coordenadas de los puntos de apoyo ($i = 4n + 3n$). En forma matricial (caso de observaciones de igual peso):

$$\Phi = [V]^T [V]$$

4.5.1. Sistema de ecuaciones indirectas:

Lo primero que hay que conocer son las coordenadas de n puntos de apoyos ($n > 3$) y sus respectivas coordenadas imagen en dos fotogramas consecutivos y en segundo lugar, se deberá prefijar de antemano unos valores aproximados de los parámetros de orientación, tanto para el fotograma derecho como para el izquierdo.

El sistema quedará expresado en forma matricial, como:

$$[A] \begin{bmatrix} dx'_s \\ dy'_s \\ dx''_s \\ dy''_s \end{bmatrix} + [B] \begin{bmatrix} dX_s \\ dY_s \\ dZ_s \end{bmatrix} + [C] \begin{bmatrix} d\omega_s \\ d\phi_s \\ d\kappa_s \end{bmatrix} + [(F)_s] = 0$$

pudiendo reagruparse de forma:

$$[N] \begin{bmatrix} dx'_s \\ dy'_s \\ dx''_s \\ dy''_s \\ dX_s \\ dY_s \\ dZ_s \end{bmatrix} + [C][dP] + [(F)_s] = 0$$

donde $[(F)_s]$ = matriz columna formada por la diferencia entre coordenadas imagen observadas y calculadas, a partir de los parámetros aproximados en los dos fotogramas.

$$[(F)_b] = \begin{bmatrix} x'_{n(o)} - x'_{n(c)} \\ y'_{n(o)} - y'_{n(c)} \\ \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots \\ x''_{n(o)} - x''_{n(c)} \\ y''_{n(o)} - y''_{n(c)} \\ x''_{n(c)} - x''_{n(c)} \\ y''_{n(o)} - y''_{n(c)} \\ \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots \\ x''_{n(c)} - x''_{n(c)} \\ y''_{n(o)} - y''_{n(c)} \end{bmatrix}$$

Indicando los subíndices:

(o) = observado
(c) = calculado

Indicando los subíndices:

(o) = observado
(c) = calculado

- $x'_{n(o)}$ = coordenada imagen observada en la placa izquierda para el punto 1.
- $x'_{n(c)}$ = coordenada imagen calculada en la placa izquierda para el punto 1.
- $x''_{n(o)}$ = coordenada imagen observada en la placa derecha para el punto 1.
- $x''_{n(c)}$ = coordenada imagen calculada en la placa derecha para el punto 1.
- do_1 = Corrección de las coordenadas del centro de proyección del fotograma izquierdo.
- dg_1 = Corrección de los giros de la perspectiva izquierda.
- do_2 = Corrección de las coordenadas del centro de proyección del fotograma derecho.
- dg_2 = Corrección de los giros de la perspectiva derecha.
- dx'_n = Residuos de las coordenadas x' imagen de todos los puntos medidos en el fotograma izquierdo.
- dy'_n = Residuos de las coordenadas y' imagen de todos los puntos medidos en el fotograma izquierdo.
- dx''_n = Residuos de las coordenadas x'' imagen de todos los puntos medidos en el fotograma derecho.
- dy''_n = Residuos de las coordenadas y'' imagen de todos los puntos medidos en el fotograma derecho.
- dX_n = Residuos de las coordenadas X terreno de todos los puntos
- dY_n = Residuos de las coordenadas Y terreno de todos los puntos
- dZ_n = Residuos de las coordenadas Z terreno de todos los puntos

[C] = Matriz de los coeficientes.

<i>Fotograma izquierdo</i>						<i>Fotograma derecho</i>					
$-A_{11}^{(1)}$	$-A_{12}^{(1)}$	$-A_{13}^{(1)}$	$A_{14}^{(1)}$	$A_{15}^{(1)}$	$A_{16}^{(1)}$	0	0	0	0	0	0
$-A_{21}^{(1)}$	$-A_{22}^{(1)}$	$-A_{23}^{(1)}$	$A_{24}^{(1)}$	$A_{25}^{(1)}$	$A_{26}^{(1)}$	0	0	0	0	0	0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$-A_{11}^{(2)}$	$-A_{12}^{(2)}$	$-A_{13}^{(2)}$	$A_{14}^{(2)}$	$A_{15}^{(2)}$	$A_{16}^{(2)}$	0	0	0	0	0	0
$-A_{21}^{(2)}$	$-A_{22}^{(2)}$	$-A_{23}^{(2)}$	$A_{24}^{(2)}$	$A_{25}^{(2)}$	$A_{26}^{(2)}$	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	$-A_{11}^{(3)}$	$-A_{12}^{(3)}$	$-A_{13}^{(3)}$	$A_{14}^{(3)}$	$A_{15}^{(3)}$	$A_{16}^{(3)}$
0	0	0	0	0	0	$-A_{21}^{(3)}$	$-A_{22}^{(3)}$	$-A_{23}^{(3)}$	$A_{24}^{(3)}$	$A_{25}^{(3)}$	$A_{26}^{(3)}$
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	0	0	0	0	0	$-A_{11}^{(4)}$	$-A_{12}^{(4)}$	$-A_{13}^{(4)}$	$A_{14}^{(4)}$	$A_{15}^{(4)}$	$A_{16}^{(4)}$
0	0	0	0	0	0	$-A_{21}^{(4)}$	$-A_{22}^{(4)}$	$-A_{23}^{(4)}$	$A_{24}^{(4)}$	$A_{25}^{(4)}$	$A_{26}^{(4)}$

[N] = Matriz de los coeficientes de los residuos y cuyo valor es:

[N] = Matriz de los coeficientes de los residuos y cuyo valor es:

<i>Coordenadas imagen</i>							<i>Puntos de Apoyos</i>								
1	0	0	0	0	0	0	$A_{11}^{(1)}$	$A_{12}^{(1)}$	$A_{13}^{(1)}$	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	$A_{21}^{(1)}$	$A_{22}^{(1)}$	$A_{23}^{(1)}$	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	$A_{11}^{(2)}$	$A_{12}^{(2)}$	$A_{13}^{(2)}$	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	$A_{21}^{(2)}$	$A_{22}^{(2)}$	$A_{23}^{(2)}$	0	0	0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	$A_{11}^{(3)}$	$A_{12}^{(3)}$	$A_{13}^{(3)}$
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	$A_{21}^{(3)}$	$A_{22}^{(3)}$	$A_{23}^{(3)}$
0	0	0	0	0	0	0	$A_{11}^{(4)}$	$A_{12}^{(4)}$	$A_{13}^{(4)}$	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	$A_{21}^{(4)}$	$A_{22}^{(4)}$	$A_{23}^{(4)}$	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$A_{11}^{(5)}$	$A_{12}^{(5)}$	$A_{13}^{(5)}$	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$A_{21}^{(5)}$	$A_{22}^{(5)}$	$A_{23}^{(5)}$	0	0	0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	$A_{11}^{(6)}$	$A_{12}^{(6)}$	$A_{13}^{(6)}$
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$A_{21}^{(6)}$	$A_{22}^{(6)}$	$A_{23}^{(6)}$

4.5.2. Solución del sistema

Partiendo del sistema anteriormente expuesto, las correcciones se obtendrán realizando la siguiente operación:

$$\begin{bmatrix} [N] \\ (4n, 4n+3n) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V] \\ (4n+3n, 1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} [B] [dP] + [(F)_0] \\ (4n, 6) (6, 1) (4n, 1) \end{bmatrix} = 0$$

despejando los residuos de la anterior expresión:

$$\begin{aligned} [N][V] &= -[B][dP] - [(F)_0] \Rightarrow [V] = -[N^{-1}][B][dP] - [N^{-1}][(F)_0] \\ [V] &= [A][X] - [L] \end{aligned}$$

donde: $[A] = -[N^{-1}][B]$; $[X] = [dP]$; $L = [N^{-1}][(F)_0]$

$$\Phi = V^T V (\text{Condición de mínimo}); \frac{\partial \Phi}{\partial X} = \text{mínimo}$$

$$[X] = -([A^T][A])^{-1}[A^T][L]$$

Sustituyendo los valores anteriormente vistos, llegamos a:

$$[dP] = -[A^{-1}][A^{-T}][A^T][L] = -([N^{-1}][B])^{-1}([N^{-1}][B])^{-T}([N^{-1}][B])^T[N^{-1}][(F)_0]$$

$$[dP] = -[B^{-1}][N]([B^{-1}][N])^T[B^T][N^{-1}][N^{-1}][(F)_0]$$

$$[dP] = -[B^{-1}][N][N^T][B^{-1}][B^T][N^{-1}][N^{-1}][(F)_0]$$

Los parámetros de orientación serán después de la primera iteración:

<i>Izquierdo</i>	<i>Derecho</i>
$X_n^i = X_{n(a)}^i + dX_n^i$	$X_n^d = X_{n(a)}^d + dX_n^d$
$Y_n^i = Y_{n(a)}^i + dY_n^i$	$Y_n^d = Y_{n(a)}^d + dY_n^d$
$Z_n^i = Z_{n(a)}^i + dZ_n^i$	$Z_n^d = Z_{n(a)}^d + dZ_n^d$
$\omega_1 = \omega_{1(a)} + d\omega_{1(a)}$	$\omega_2 = \omega_{2(a)} + d\omega_{2(a)}$
$\varphi_1 = \varphi_{1(a)} + d\varphi_{1(a)}$	$\varphi_2 = \varphi_{2(a)} + d\varphi_{2(a)}$
$\kappa_1 = \kappa_{1(a)} + d\kappa_{1(a)}$	$\kappa_2 = \kappa_{2(a)} + d\kappa_{2(a)}$

definiendo con los subíndices (a) el carácter aproximado.

Tras varias iteraciones se obtendrá la solución final, utilizando por cada iteración los parámetros calculados en la anterior iteración, finalizando el proceso cuando los parámetros de orientación apenas varíen en la iteración "n" y "n+1".

4.5.3. Método de la variación de coordenadas imagen

El proceso de cálculo puede reducirse mucho si se consideran las coordenadas de los puntos de apoyos como exactas, siendo $dX=0, dY=0, dx'=0, dy'=0, dx''=0, dy''=0$ pudiéndose obtener por separado cada una de las dos perspectivas a partir de las expresiones:

$$\begin{bmatrix} dx'_s \\ dy'_s \end{bmatrix} + [B][dP] + [(F)_s] = 0 \quad \text{Haz izquierdo}$$

$$\begin{bmatrix} dx''_s \\ dy''_s \end{bmatrix} + [B][dP] + [(F)_s] = 0 \quad \text{Haz derecho}$$

Las dimensiones son:

$$\begin{matrix} [B] & [dP] & + & [(F)_s] & = & [V_s] \\ (2n,6) & (6,1) & & (6,1) & & (2n,1) \end{matrix}$$

Siendo en este caso la corrección de los parámetros:

$$[dP] = ([B]^T [B])^{-1} [B]^T [- (F)_s] \quad [dP] = ([B]^T [B])^{-1} [B]^T [- (F)_s]$$

4.6. Cálculo de coordenadas terreno

Una vez obtenidos los parámetros definitivos de la orientación externa ($X_0, Y_0, Z_0, \alpha, \beta, K$) para cada una de las dos placas, pueden obtenerse fácilmente las coordenadas terreno de cualquier punto medido sobre el modelo, utilizando las ecuaciones (4)

$$X = X_0 + (Z - Z_0) \frac{a_{11}X' + a_{12}Y' + a_{13}C}{a_{11}X' + a_{12}Y' + a_{13}C}$$

$$Y = Y_0 + (Z - Z_0) \frac{a_{21}X' + a_{22}Y' + a_{23}C}{a_{11}X' + a_{12}Y' + a_{13}C}$$

Conocidas las coordenadas imagen de un punto $P (x', y')$ (x'', y''), se pueden plantear un total de cuatro ecuaciones (dos para cada haz) del tipo anterior, donde las incógnitas a resolver son tres (X, Y, Z)

Así por ejemplo el haz izquierdo daría lugar a dos ecuaciones del tipo:

$$a_{11}Xx' - a_{12}X_0x' + a_{13}Xy' - a_{12}X_0y' - a_{13}Xc + a_{13}X_0c = a_{11}Zx' - a_{12}Z_0x' + a_{13}Zy' - a_{12}Z_0y' - a_{13}Zc + a_{13}Z_0c$$

$$a_{21}Yx' - a_{22}Y_0x' + a_{23}Yy' - a_{22}Y_0y' - a_{23}Yc + a_{23}Y_0c = a_{21}Zx' - a_{22}Z_0x' + a_{23}Zy' - a_{22}Z_0y' - a_{23}Zc + a_{23}Z_0c$$

Sacando las incógnitas de las expresiones anteriores tendremos:

$$X(a_{11}x' + a_{12}y' - a_{13}c) + Z(-a_{11}x' - a_{12}y' + a_{13}c) = X_0(a_{11}x' + a_{12}y' - a_{13}c) - Z_0(a_{11}x' + a_{12}y' - a_{13}c)$$

$$Y(a_{21}x' + a_{22}y' - a_{23}c) + Z(-a_{21}x' - a_{22}y' + a_{23}c) = Y_0(a_{21}x' + a_{22}y' - a_{23}c) - Z_0(a_{21}x' + a_{22}y' - a_{23}c)$$

Llamando

$$\begin{array}{lll} A_{11} = a_{11}x' + a_{12}y' - a_{11}c & A_{12} = 0 & A_{13} = -a_{11}x' - a_{12}y' + a_{11}c \\ A_{21} = 0 & A_{22} = a_{21}x' + a_{22}y' - a_{21}c & A_{23} = -a_{21}x' - a_{22}y' + a_{21}c \end{array}$$

$$\begin{aligned} L_1 &= X_1(a_{11}x' + a_{12}y' - a_{11}c) - Z_1(a_{11}x' + a_{12}y' - a_{11}c) \\ L_2 &= Y_1(a_{21}x' + a_{22}y' - a_{21}c) - Z_2(a_{21}x' + a_{22}y' - a_{21}c) \end{aligned}$$

Expresando el sistema de ecuaciones en forma matricial para los dos haces tendríamos:

$$\begin{array}{ccc} \begin{bmatrix} A_{11}^1 & A_{12}^1 & A_{13}^1 \\ A_{21}^1 & A_{22}^1 & A_{23}^1 \\ A_{11}^2 & A_{12}^2 & A_{13}^2 \\ A_{21}^2 & A_{22}^2 & A_{23}^2 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} L_1^1 \\ L_2^1 \\ L_1^2 \\ L_2^2 \end{bmatrix} \\ [A] & [X] & [L] \end{array}$$

4. Material y Equipo

1. Computadora con software de orientacion
2. Bloque orientado internamente.
3. -Manual del software



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de
Fotogrametría.

Prácticas de procesos
fotogramétricos.

1. Procedimiento

- Abrir el software
- Abrir el bloque orientado internamente
- Definir el bloque de fotografías en un archivo nuevo
- Empezar con la orientación externa
- Realizar la siguiente investigación y definir personalmente el concepto de orientación aerotriangulación digital.
- Se recomienda seguir las instrucciones del profesor

2. Desarrollo realizado por el alumno

3. Conclusiones realizadas por el alumno



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de Fotogrametría .

Prácticas de procesos fotogramétricos

7. Bibliografía

- ⌚ Buill F., Amparo M., Rodríguez J., 2003. Fotogrametría analítica. Univ. Politéc. De Catalunya. 160 p. Revisado en línea:
https://books.google.com.mx/books?id=2xwQmKjZw4sC&dq=aplicaciones+fotogram%C3%A9tricas&lr=&hl=es&source=gs_navlinks_s
- ⌚ Gottfried Konecny, 2014. Geoinformation: Remote Sensing, Photogrammetry and Geographic Information System. CRC Press, 472 p. revisado en línea:
https://books.google.com.mx/books?id=8TcyAwAAQBAJ&dq=photogrammetry&lr=&hl=es&source=gs_navlinks_s
- ⌚ KRAUS K. 2007. Photogrammetry: Geometry from images and Laser Scans, Vol. 1. Walter de Gruyter, 459 p.
- ⌚ McGlone C. Mikhail E., James S., Bethel S. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, American Society for Photogrammetry, 2004
- ⌚ http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotogrametria_analitica/ApuntesFotogrametria2.pdf



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de Fotogrametría

Prácticas de procesos fotogramétricos.

PRACTICA 6. RESTITUCIÓN FOTOGAMÉTRICA DIGITAL

Nombre completo del alumno		Firma
N° de brigada:	Fecha de elaboración:	Grupo:

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
M.I. Roberto Ascencio Villagómez	M.en I. Adolfo Reyes Pizano		17-01-17



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de Fotogrametría

Prácticas de procesos fotogramétricos.

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	eléctrica	agua
2	eléctrica	alimentos

2. Objetivos de aprendizaje

1. Trabajar bloque fotogramétrico digital y restablecer sus características empleando el software de restitución.
2. Realizar la restitución de un bloque fotogramétrico digital para obtener un producto que muestre rasgos importantes de los cuales se requiera información precisa.

3. Introducción

Apoyo topográfico del vuelo y Aerotriangulación

Consiste en realizar un trabajo de campo en el que utilizando diversos métodos e instrumental topográfico se procede a identificar en términos de coordenadas X Y Z varios puntos sobre el terreno.

A los puntos identificados se les denomina puntos de apoyo, que más tarde en la fase de restitución servirán de base para dotar de coordenadas al resto de elementos presentes en cada par estereoscópico.

A partir de la observación de puntos con coordenadas bien conocidas, como pueden ser las redes de vértices geodésicos, se aplican diversos métodos topográficos (cuyo estudio no es objeto del presente artículo) que permiten conocer las coordenadas de los puntos que hemos seleccionado para que nos sirvan de apoyo.

El número de puntos de apoyo es variable en función del tipo y precisión del trabajo, así como del uso de técnicas de asistencia al apoyo con la aerotriangulación.

La restitución es la última etapa dentro de la secuencia de trabajo en fotogrametría. En ella se junta todo el trabajo anterior (vuelo y apoyo) para trazar los mapas propiamente dichos.

La restitución consiste en la formación de forma muy precisa de los pares estereoscópicos en un proceso que se denomina orientación de imágenes, y en la extracción posterior de los elementos contenidos en ellas mediante unos aparatos llamados estéreo-restituidores.

Mientras los analógicos y los analíticos se basaban en los negativos de las fotos para realizar el proceso de restitución, los digitales realizan una copia digital de las fotos (escaneado) que divide en millones de puntos (píxels) la foto.

Esta tecnología fotogramétrica totalmente digital presenta dos incrementos de la efectividad muy importantes frente a la tecnología de restituidores analíticos:

* Por un lado, la extracción de la orografía y la formación de modelos digitales del terreno está altamente automatizada y se realiza de forma mucho más rápida.

* Por otro lado, la tecnología digital presenta grandes mejoras a la hora de formar ortofotos.

Al igual que en el caso de los últimos restituidores analíticos, los digitales obtienen la geometría de la restitución directamente en formato digital, con lo cual la incorporación a los Sistemas de Información Geográfica no precisa de ningún paso de digitalización adicional. Como ya se ha señalado anteriormente, la fotogrametría es una de las principales formas de incorporar información a un Sistema de Información Geográfica.

No obstante, hay que tener en cuenta que se trata de una metodología sujeta a ciertas restricciones de precisión; así, para levantamientos de una gran precisión (normalmente en el ámbito de la ingeniería civil) la resolución que la fotogrametría proporciona -sobre todo en el eje Z- no es suficiente, debiendo en esos casos recurrir a otros métodos más precisos como la topografía clásica (teodolitos, triangulación).

La tecnología de restitución ha evolucionado de los primeros restituidores analógicos a los analíticos y por fin a los de última generación digital, que en realidad ya no son más que un ordenador con el software adecuado. Extracción de un edificio con un restituidor digital.

Las ventajas que se derivan de las nuevas tecnologías aplicadas a la técnica de la restitución fotogramétrica son:

Exactitud de todo lo registrado (a mayor número de fotos, mayor precisión).

Trabajo de restitución sencillo y rápido.

Proceso de restitución de tantas fases como se quiera (las fotografías digitalizadas no se deforman ni pierden calidad).

1. Posibilidad de restituir el objeto con varias personas trabajando simultáneamente en el mismo objeto.
2. Catalogación perfecta del objeto sin necesidad de restituirlo.
3. Programas de restituciones accesibles tanto económicamente como en su dificultad de utilización.

Pero la característica más relevante que hace de la restitución el sistema por excelencia es sin duda la objetividad de la geometría obtenida. Con cualquier otro sistema de toma de datos, independientemente de su precisión (que puede llegar a ser mucho mayor como en el caso de estaciones totales láser), estamos siempre supeditados al gran inconveniente de los errores cometidos en el croquis donde se anotan las medidas tomadas, y en la insuficiencia de datos que en muchos casos obliga (ya en el estudio) a presuponer ciertas hipótesis geométricas que bien no son reales o bien puede llegar a introducir errores en el dibujo de otros elementos.

Pongamos por ejemplo un edificio antiguo situado en una calle estrecha. Desde la calle, a simple vista, es casi imposible detectar las deformaciones que tiene la fachada en su plano vertical. Por ello, este dato no se tomará en cuenta y se presupondrá que todos los huecos están más o menos alineados en horizontal. Esto haría que el alzado obtenido difiriera bastante de la realidad.

Pero si utilizamos la fotogrametría, la geometría obtenida no es el resultado de una interpretación visual de una toma de datos, si no de la representación fidedigna de los datos numéricos que el programa ha obtenido automáticamente por la transformación matemática de las coordenadas fotográficas marcadas en las diferentes fotos. Esto es, el dibujo obtenido por restitución es el reflejo fiel de la realidad.

En el ejemplo anterior, podemos imaginar como la geometría de la fachada (huecos), tiene una deformación clara (y analizable desde un punto de vista etiológico), algo que no es evidente a simple vista desde la calle. Sin embargo, el despiece del revoco en los entrepaños, no sigue tal deformación, de los que se deduce que en una intervención reciente sobre la fachada, dichos despieces se falsearon para corregir óptimamente el efecto de la deformación de los huecos.





Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de
Fotogrametría

Prácticas de procesos fotogramétricos.

4. Material y Equipo

1. Bloque estereoscópico orientado interna y externamente
2. Computadora software de restitución



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de Fotogrametría.

Prácticas de procesos fotogramétricos.

5. Procedimiento

1. Abrir software
2. Seleccionar como trabajo nuevo
3. En este caso seleccionar bloques donde se trabajara
4. Buscar la herramienta llamada colect data en modo estéreo
5. Al abrirse la ventana de la herramienta será necesario llenar los primeros tres espacios que están en blanco. El primero pide una localización del archivo; el segundo el nombre de la clase que se está creando, y el tercero el tipo de geometría que se maneja, ya sean polígonos, líneas o puntos.
6. Generar el archivo de restitución
7. Esperar a que se muestre la herramienta de vectorización llamada marca flotante.
8. Empezar la edición identificando los rasgos y conservando la marca flotante a la altura del terreno que se requiera.
9. Se repetirá el proceso a partir del punto 5- de acuerdo a todas las áreas, o información que se quiera vectorizar.

6. Desarrollo realizado por el alumno

7. Conclusiones



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de Fotogrametría .

Prácticas de procesos fotogramétricos.

8. Bibliografía

- ⌚ Buill F., Amparo M., Rodríguez J., 2003. Fotogrametría analítica. Univ. Politéc. De Catalunya. 160 p. Revisado en línea:
https://books.google.com.mx/books?id=2xwQmKjZw4sC&dq=aplicaciones+fotogram%C3%A9tricas&lr=&hl=es&source=gs_navlinks_s
- ⌚ Gottfried Konecny, 2014. Geoinformation: Remote Sensing, Photogrammetry and Geographic Information System. CRC Press, 472 p. revisado en línea:
https://books.google.com.mx/books?id=8TcyAwAAQBAJ&dq=photogrammetry&lr=&hl=es&source=gs_navlinks_s
- ⌚ KRAUS K. 2007. Photogrammetry: Geometry from images and Laser Scans, Vol. 1. Walter de Gruyter, 459 p.
- ⌚ McGlone C. Mikhail E., James S., Bethel S. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, American Society for Photogrammetry, 2004
- ⌚ http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotogrametria_analitica/ApuntesFotogrametria2.pdf
- ⌚ <http://www.euatm.upm.es/santacruz/Fotogrametria/LeccionFotogrametria.pdf>
- ⌚



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de
Fotogrametría

Prácticas de procesos fotogramétricos.

PRACTICA 7. OBTENCIÓN DE MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES

Nombre completo del alumno		Firma
N° de brigada:	Fecha de elaboración:	Grupo:

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
M.I. Roberto Ascencio Villagómez	M. en I. Adolfo Reyes Pizano		17-01-17



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de Fotogrametría

Prácticas de procesos fotogramétricos.

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	eléctrica	agua
2	eléctrica	alimentos

2. Objetivos de aprendizaje

1. Obtener modelo digital de elevaciones por medio del proceso de restitución.
2. Revisar los parámetros necesarios para determinar si se realizó MDE con los estándares requeridos

3. Introducción

Apoyo topográfico del vuelo y Aerotriangulación

Consiste en realizar un trabajo de campo en el que utilizando diversos métodos e instrumental topográfico se procede a identificar en términos de coordenadas X Y Z varios puntos sobre el terreno.

A los puntos identificados se les denomina puntos de apoyo, que más tarde en la fase de restitución servirán de base para dotar de coordenadas al resto de elementos presentes en cada par estereoscópico.

A partir de la observación de puntos con coordenadas bien conocidas, como pueden ser las redes de vértices geodésicos, se aplican diversos métodos topográficos (cuyo estudio no es objeto del presente artículo) que permiten conocer las coordenadas de los puntos que hemos seleccionado para que nos sirvan de apoyo.

El número de puntos de apoyo es variable en función del tipo y precisión del trabajo, así como del uso de técnicas de asistencia al apoyo con la aerotriangulación.

La restitución es la última etapa dentro de la secuencia de trabajo en fotogrametría. En ella se junta todo el trabajo anterior (vuelo y apoyo) para trazar los mapas propiamente dichos.

La restitución consiste en la formación de forma muy precisa de los pares estereoscópicos en un proceso que se denomina orientación de imágenes, y en la extracción posterior de los elementos contenidos en ellas mediante unos aparatos llamados estéreo-restituidores.

Mientras los analógicos y los analíticos se basaban en los negativos de las fotos para realizar el proceso de restitución, los digitales realizan una copia digital de las fotos (escaneado) que divide en millones de puntos (píxels) la foto.

Esta tecnología fotogramétrica totalmente digital presenta dos incrementos de la efectividad muy importantes frente a la tecnología de restituidores analíticos:

- * Por un lado, la extracción de la orografía y la formación de modelos digitales del terreno está altamente automatizada y se realiza de forma mucho más rápida.
- * Por otro lado, la tecnología digital presenta grandes mejoras a la hora de formar ortofotos.

Al igual que en el caso de los últimos restituidores analíticos, los digitales obtienen la geometría de la restitución directamente en formato digital, con lo cual la incorporación a los Sistemas de Información Geográfica no precisa de ningún paso de digitalización adicional. Como ya se ha señalado anteriormente, la fotogrametría es una de las principales formas de incorporar información a un Sistema de Información Geográfica.

No obstante, hay que tener en cuenta que se trata de una metodología sujeta a ciertas restricciones de precisión; así, para levantamientos de una gran precisión (normalmente en el ámbito de la ingeniería civil) la resolución que la fotogrametría proporciona -sobre todo en el eje Z- no es suficiente, debiendo en esos casos recurrir a otros métodos más precisos como la topografía clásica (teodolitos, triangulación).

La tecnología de restitución ha evolucionado de los primeros restituidores analógicos a los analíticos y por fin a los de última generación digital, que en realidad ya no son más que un ordenador con el software adecuado. Extracción de un edificio con un restituidor digital.

Las ventajas que se derivan de las nuevas tecnologías aplicadas a la técnica de la restitución fotogramétrica son:

Exactitud de todo lo registrado (a mayor número de fotos, mayor precisión).

Trabajo de restitución sencillo y rápido.

Proceso de restitución de tantas fases como se quiera (las fotografías digitalizadas no se deforman ni pierden calidad).

1. Posibilidad de restituir el objeto con varias personas trabajando simultáneamente en el mismo objeto.
2. Catalogación perfecta del objeto sin necesidad de restituirlo.
3. Programas de restituciones accesibles tanto económicamente como en su dificultad de utilización.

Pero la característica más relevante que hace de la restitución el sistema por excelencia es sin duda la objetividad de la geometría obtenida. Con cualquier otro sistema de toma de datos, independientemente de su precisión (que puede llegar a ser mucho mayor como en el caso de estaciones totales láser), estamos siempre supeditados al gran inconveniente de los errores cometidos en el croquis donde se anotan las medidas tomadas, y en la insuficiencia de datos que en muchos casos obliga (ya en el estudio) a presuponer ciertas hipótesis geométricas que bien no son reales o bien puede llegar a introducir errores en el dibujo de otros elementos.

Pongamos por ejemplo un edificio antiguo situado en una calle estrecha. Desde la calle, a simple vista, es casi imposible detectar las deformaciones que tiene la fachada en su plano vertical. Por ello, este dato no se tomará en cuenta y se presupondrá que todos los huecos están más o menos alineados en horizontal. Esto haría que el alzado obtenido difiriera bastante de la realidad.

Pero si utilizamos la fotogrametría, la geometría obtenida no es el resultado de una interpretación visual de una toma de datos, si no de la representación fidedigna de los datos numéricos que el programa ha obtenido automáticamente por la transformación matemática de las coordenadas fotográficas marcadas en las diferentes fotos. Esto es, el dibujo obtenido por restitución es el reflejo fiel de la realidad.

En el ejemplo anterior, podemos imaginar como la geometría de la fachada (huecos), tiene una deformación clara (y analizable desde un punto de vista etiológico), algo que no es evidente a simple vista desde la calle. Sin embargo, el despiece del revoco en los entrepaños, no sigue tal deformación, de los que se deduce que en una intervención reciente sobre la fachada, dichos despieces se falsearon para corregir óptimamente el efecto de la deformación de los huecos.





Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de Fotogrametría

Prácticas de procesos fotogramétricos.

Un Modelo Digital de Terreno (MDT) es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua.

El tipo de Modelo Digital del Terreno (MDT) más conocido es el Modelo Digital de Elevaciones (MDE), un caso particular de aquel, en el que la variable representada es la cota del terreno en relación a un sistema de referencia concreto.

No obstante no hay un uso normalizado en la literatura científica de los términos Modelo Digital de Elevaciones (MDE), Modelo Digital del Terreno (MDT) y Modelo Digital de Superficie (MDS). En la mayoría de los casos, el término Modelo Digital de Superficie se refiere a la superficie de la tierra e incluye todos los objetos que esta contiene. En cambio un MDT representa la superficie de suelo desnudo y sin ningún objeto, como la vegetación o los edificios.

4. Material y Equipo

1. Bloque estereoscópico orientado interna y externamente
2. Computadora software de restitución



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de
Fotogrametría.

Prácticas de procesos fotogramétricos.

5. Procedimiento

1. Abrir software
2. Seleccionar como trabajo nuevo
3. En este caso seleccionar bloques donde se trabajara
4. Buscar la herramienta llamada MDT compilation en el software.
5. Generar con el software, el archivo de formato raster con la escala y resolución deseada.
6. Se recomienda seguir las instrucciones del profesor

6. Desarrollo realizado por el alumno

7. Conclusiones



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de Fotogrametría .

Prácticas de procesos fotogramétricos.

8. Bibliografía

- ⌚ Buill F., Amparo M., Rodríguez J., 2003. Fotogrametría analítica. Univ. Politéc. De Catalunya. 160 p. Revisado en línea:
https://books.google.com.mx/books?id=2xwQmKjZw4sC&dq=aplicaciones+fotogram%C3%A9tricas&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- ⌚ Gottfried Konecny, 2014. Geoinformation: Remote Sensing, Photogrammetry and Geographic Information System. CRC Press, 472 p. revisado en línea:
https://books.google.com.mx/books?id=8TcyAwAAQBAJ&dq=photogrammetry&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- ⌚ KRAUS K. 2007. Photogrammetry: Geometry from images and Laser Scans, Vol. 1. Walter de Gruyter, 459 p.
- ⌚ McGlone C. Mikhail E., James S., Bethel S. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, American Society for Photogrammetry, 2004
- ⌚ http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotogrametria_analitica/ApuntesFotogrametria2.pdf
- ⌚ <http://www.euatm.upm.es/santacruz/Fotogrametria/LeccionFotogrametria.pdf>
- ⌚



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de
Fotogrametría

Prácticas de procesos fotogramétricos.

PRACTICA 8. OBTENCIÓN DE ORTOFOTO

Nombre completo del alumno		Firma
N° de brigada:	Fecha de elaboración:	Grupo:

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
M.I. Roberto Ascencio Villagómez	M. en I. Adolfo Reyes Pizano		17-01-17



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de Fotogrametría

Prácticas de procesos fotogramétricos.

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	eléctrica	agua
2	eléctrica	alimentos

2. Objetivos de aprendizaje

1. Obtener una ortofoto verdadera por medio del proceso de restitución.
2. Revisar los parámetros necesarios para determinar si se realizó la ortofoto con los estándares requeridos

3. Introducción

Apoyo topográfico del vuelo y Aerotriangulación

Consiste en realizar un trabajo de campo en el que utilizando diversos métodos e instrumental topográfico se procede a identificar en términos de coordenadas X Y Z varios puntos sobre el terreno.

A los puntos identificados se les denomina puntos de apoyo, que más tarde en la fase de restitución servirán de base para dotar de coordenadas al resto de elementos presentes en cada par estereoscópico.

A partir de la observación de puntos con coordenadas bien conocidas, como pueden ser las redes de vértices geodésicos, se aplican diversos métodos topográficos (cuyo estudio no es objeto del presente artículo) que permiten conocer las coordenadas de los puntos que hemos seleccionado para que nos sirvan de apoyo.

El número de puntos de apoyo es variable en función del tipo y precisión del trabajo, así como del uso de técnicas de asistencia al apoyo con la aerotriangulación.

La restitución es la última etapa dentro de la secuencia de trabajo en fotogrametría. En ella se junta todo el trabajo anterior (vuelo y apoyo) para trazar los mapas propiamente dichos.

La restitución consiste en la formación de forma muy precisa de los pares estereoscópicos en un proceso que se denomina orientación de imágenes, y en la extracción posterior de los elementos contenidos en ellas mediante unos aparatos llamados estéreo-restituidores.

Mientras los analógicos y los analíticos se basaban en los negativos de las fotos para realizar el proceso de restitución, los digitales realizan una copia digital de las fotos (escaneado) que divide en millones de puntos (píxels) la foto.

Esta tecnología fotogramétrica totalmente digital presenta dos incrementos de la efectividad muy importantes frente a la tecnología de restituidores analíticos:

- * Por un lado, la extracción de la orografía y la formación de modelos digitales del terreno está altamente automatizada y se realiza de forma mucho más rápida.
- * Por otro lado, la tecnología digital presenta grandes mejoras a la hora de formar ortofotos.

Al igual que en el caso de los últimos restituidores analíticos, los digitales obtienen la geometría de la restitución directamente en formato digital, con lo cual la incorporación a los Sistemas de Información Geográfica no precisa de ningún paso de digitalización adicional. Como ya se ha señalado anteriormente, la fotogrametría es una de las principales formas de incorporar información a un Sistema de Información Geográfica.

No obstante, hay que tener en cuenta que se trata de una metodología sujeta a ciertas restricciones de precisión; así, para levantamientos de una gran precisión (normalmente en el ámbito de la ingeniería civil) la resolución que la fotogrametría proporciona -sobre todo en el eje Z- no es suficiente, debiendo en esos casos recurrir a otros métodos más precisos como la topografía clásica (teodolitos, triangulación).

La tecnología de restitución ha evolucionado de los primeros restituidores analógicos a los analíticos y por fin a los de última generación digital, que en realidad ya no son más que un ordenador con el software adecuado. Extracción de un edificio con un restituidor digital.

Las ventajas que se derivan de las nuevas tecnologías aplicadas a la técnica de la restitución fotogramétrica son:

Exactitud de todo lo registrado (a mayor número de fotos, mayor precisión).

Trabajo de restitución sencillo y rápido.

Proceso de restitución de tantas fases como se quiera (las fotografías digitalizadas no se deforman ni pierden calidad).

1. Posibilidad de restituir el objeto con varias personas trabajando simultáneamente en el mismo objeto.
2. Catalogación perfecta del objeto sin necesidad de restituirlo.
3. Programas de restituciones accesibles tanto económicamente como en su dificultad de utilización.

Pero la característica más relevante que hace de la restitución el sistema por excelencia es sin duda la objetividad de la geometría obtenida. Con cualquier otro sistema de toma de datos, independientemente de su precisión (que puede llegar a ser mucho mayor como en el caso de estaciones totales láser), estamos siempre supeditados al gran inconveniente de los errores cometidos en el croquis donde se anotan las medidas tomadas, y en la insuficiencia de datos que en muchos casos obliga (ya en el estudio) a presuponer ciertas hipótesis geométricas que bien no son reales o bien puede llegar a introducir errores en el dibujo de otros elementos.

Pongamos por ejemplo un edificio antiguo situado en una calle estrecha. Desde la calle, a simple vista, es casi imposible detectar las deformaciones que tiene la fachada en su plano vertical. Por ello, este dato no se tomará en cuenta y se presupondrá que todos los huecos están más o menos alineados en horizontal. Esto haría que el alzado obtenido difiriera bastante de la realidad.

Pero si utilizamos la fotogrametría, la geometría obtenida no es el resultado de una interpretación visual de una toma de datos, si no de la representación fidedigna de los datos numéricos que el programa ha obtenido automáticamente por la transformación matemática de las coordenadas fotográficas marcadas en las diferentes fotos. Esto es, el dibujo obtenido por restitución es el reflejo fiel de la realidad.

En el ejemplo anterior, podemos imaginar como la geometría de la fachada (huecos), tiene una deformación clara (y analizable desde un punto de vista etiológico), algo que no es evidente a simple vista desde la calle. Sin embargo, el despiece del revoco en los entrepaños, no sigue tal deformación, de los que se deduce que en una intervención reciente sobre la fachada, dichos despieces se falsearon para corregir óptimamente el efecto de la deformación de los huecos.





Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de
Fotogrametría

Prácticas de procesos fotogramétricos.

Una ortofoto, u ortofotografía, es una imagen producto de un proceso de orientaciones corregida geoméricamente (ortorectificada). A diferencia de una imagen aérea, una ortofoto puede ser utilizada para realizar mediciones reales ya que es una representación precisa de la superficie terrestre, en la que se han corregido las distorsiones inherentes a las imágenes aéreas. Las ortofotos combinan las características de detalle y cobertura temporal de las fotografías aéreas y la escala uniforme y precisión geométrica de los mapas. Esto permite a las ortofotos ser usadas en muchas ocasiones como fondo sobre el que se superponen los elementos de un mapa.

4. Material y Equipo

1. Bloque estereoscópico orientado interna y externamente
2. Computadora software de restitución



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de Fotogrametría.

Prácticas de procesos fotogramétricos.

5. Procedimiento

1. Abrir software
2. Seleccionar como trabajo nuevo
3. En este caso seleccionar bloques donde se trabajara
4. Buscar la herramienta llamada ortorectificación en el software.
5. Buscar el modelo digital de elevaciones que servirán de base para ortorectificar la imagen.
6. Generar con el software, el archivo de ortofoto con la escala y resolución deseada.
7. Se recomienda seguir las instrucciones del profesor

6. Desarrollo realizado por el alumno

7. Conclusiones



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de Fotogrametría .

Prácticas de procesos fotogramétricos.

8. Bibliografía

- ⌚ Buill F., Amparo M., Rodríguez J., 2003. Fotogrametría analítica. Univ. Politéc. De Catalunya. 160 p. Revisado en línea:
https://books.google.com.mx/books?id=2xwQmKjZw4sC&dq=aplicaciones+fotogram%C3%A9tricas&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- ⌚ Gottfried Konecny, 2014. Geoinformation: Remote Sensing, Photogrammetry and Geographic Information System. CRC Press, 472 p. revisado en línea:
https://books.google.com.mx/books?id=8TcyAwAAQBAJ&dq=photogrammetry&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- ⌚ KRAUS K. 2007. Photogrammetry: Geometry from images and Laser Scans, Vol. 1. Walter de Gruyter, 459 p.
- ⌚ McGlone C. Mikhail E., James S., Bethel S. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, American Society for Photogrammetry, 2004
- ⌚ http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotogrametria_analitica/ApuntesFotogrametria2.pdf
- ⌚ <http://www.euatm.upm.es/santacruz/Fotogrametria/LeccionFotogrametria.pdf>
- ⌚



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de
Fotogrametría

Prácticas de procesos fotogramétricos.

PRACTICA 9. OBTENCIÓN DE CURVAS DE NIVEL MEDIANTE EL MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES

Nombre completo del alumno		Firma
N° de brigada:	Fecha de elaboración:	Grupo:

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
M.I. Roberto Ascencio Villagómez	M. en I. Adolfo Reyes Pizano		17-01-17



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de Fotogrametría

Prácticas de procesos fotogramétricos.

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	eléctrica	agua
2	eléctrica	alimentos

2. Objetivos de aprendizaje

1. Obtener curvas de nivel mediante el modelo digital de elevaciones.
2. Revisar los parámetros necesarios para determinar si se realizó las curvas de nivel con los estándares requeridos

3. Introducción

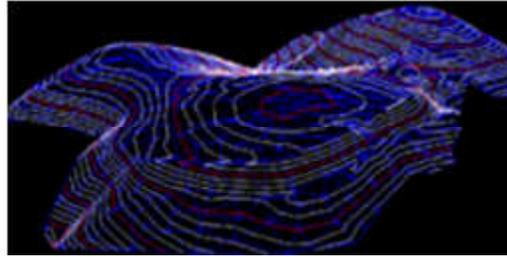
Un Modelo Digital de Terreno (MDT) es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua.

El tipo de Modelo Digital del Terreno (MDT) más conocido es el Modelo Digital de Elevaciones (MDE), un caso particular de aquel, en el que la variable representada es la cota del terreno en relación a un sistema de referencia concreto.

No obstante no hay un uso normalizado en la literatura científica de los términos Modelo Digital de Elevaciones (MDE), Modelo Digital del Terreno (MDT) y Modelo Digital de Superficie (MDS). En la mayoría de los casos, el término Modelo Digital de Superficie se refiere a la superficie de la tierra e incluye todos los objetos que esta contiene. En cambio un MDT representa la superficie de suelo desnudo y sin ningún objeto, como la vegetación o los edificios.

Una curva de nivel es aquella línea que en un mapa une todos los puntos que tienen igualdad de condiciones, normalmente altitud sobre el nivel del mar o profundidad. Las curvas de nivel suelen imprimirse en los mapas en color siena para el terreno y en azul para los glaciares y las profundidades marinas. La impresión del relieve suele acentuarse dando un sombreado que simule las sombras que produciría el relieve con una iluminación procedente del Norte o del Noroeste. En los mapas murales, las superficies comprendidas entre dos curvas de nivel

convenidas se imprimen con determinadas tintas convencionales (tintas hipsométricas). Por ejemplo: verde oscuro para las depresiones situadas por debajo del nivel del mar, verdes cada vez más claros para las altitudes medias, y sienas cada vez más intensos para las grandes altitudes, reservando el rojo o violeta para las mayores cumbres de la tierra.



En Geodesia, cada una de las curvas de nivel materializa una sección horizontal de relieve representado. La equidistancia, diferencia de altitud entre dos curvas sucesivas, es constante y su valor depende de la escala del mapa y de la importancia del relieve.

Mediante los procesos fotogramétricos, las curvas de nivel pueden extraerse desde los modelos digitales de terreno, con una precisión igual al valor del tamaño de pixel, esta ventaja nos proporciona valores altos de exactitud.



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de
Fotogrametría

Prácticas de procesos fotogramétricos.

4. Material y Equipo

1. Bloque estereoscópico orientado interna y externamente
2. Computadora software de restitución



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de Fotogrametría.

Prácticas de procesos fotogramétricos.

5. Procedimiento

1. Abrir software
2. Seleccionar como trabajo nuevo
3. En este caso seleccionar bloques donde se trabajara
4. Buscar la herramienta llamada MDT compilation en el software.
5. Generar con el software, el archivo curvas de nivel mediante el MDT con la escala y resolución deseada.
6. Se recomienda seguir las instrucciones del profesor

6. Desarrollo realizado por el alumno

7. Conclusiones



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de Fotogrametría .

Prácticas de procesos fotogramétricos.

8. Bibliografía

- ⌚ Buill F., Amparo M., Rodríguez J., 2003. Fotogrametría analítica. Univ. Politéc. De Catalunya. 160 p. Revisado en línea:
https://books.google.com.mx/books?id=2xwQmKjZw4sC&dq=aplicaciones+fotogram%C3%A9tricas&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- ⌚ Gottfried Konecny, 2014. Geoinformation: Remote Sensing, Photogrammetry and Geographic Information System. CRC Press, 472 p. revisado en línea:
https://books.google.com.mx/books?id=8TcyAwAAQBAJ&dq=photogrammetry&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- ⌚ KRAUS K. 2007. Photogrammetry: Geometry from images and Laser Scans, Vol. 1. Walter de Gruyter, 459 p.
- ⌚ McGlone C. Mikhail E., James S., Bethel S. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, American Society for Photogrammetry, 2004
- ⌚ http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotogrametria_analitica/ApuntesFotogrametria2.pdf
- ⌚ <http://www.euatm.upm.es/santacruz/Fotogrametria/LeccionFotogrametria.pdf>
- ⌚



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de
Fotogrametría

Prácticas de procesos fotogramétricos.

PRACTICA 10. MANEJO DE LA NUBE DE PUNTOS

Nombre completo del alumno		Firma
N° de brigada:	Fecha de elaboración:	Grupo:

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
M.I. Roberto Ascencio Villagómez	M. en I. Adolfo Reyes Pizano		17-01-17



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de Fotogrametría

Prácticas de procesos fotogramétricos.

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	eléctrica	agua
2	eléctrica	alimentos

2. Objetivos de aprendizaje

1. Conocer el Sensor lidar
2. Identificar el formato de la nube de puntos
3. Revisar los parámetros necesarios para clasificar la nube de puntos

3. Introducción

Un lidar (un acrónimo del inglés LIDAR, Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging) es un dispositivo que permite determinar la distancia desde un emisor láser a un objeto o superficie utilizando un haz láser pulsado. La distancia al objeto se determina midiendo el tiempo de retraso entre la emisión del pulso y su detección a través de la señal reflejada. En general, la tecnología lidar tiene aplicaciones en geología, sismología y física de la atmósfera. También se investiga su uso en vehículos, especialmente los autónomos.

El lidar es un sistema que permite obtener una nube de puntos del terreno tomándolos mediante un escáner láser aerotransportado (ALS). Para realizar este escaneado se combinan dos movimientos. Uno longitudinal dado por la trayectoria del avión y otro transversal mediante un espejo móvil que desvía el haz de luz láser emitido por el escáner.

Para conocer las coordenadas de la nube de puntos se necesita la posición del sensor y el ángulo del espejo en cada momento. Para ello el sistema se apoya en un sistema GPS diferencial y un sensor inercial de navegación (INS). Conocidos estos datos y la distancia sensor-terreno obtenida con el distanciómetro obtenemos las coordenadas buscadas. El resultado es de decenas de miles de puntos por segundo.

- Visualización 3D con tecnología lidar terrestre y batimétrica.1
- Visualización 3D de aeropuertos con tecnología lidar aéreo.2
- Visualización 3D de imagen RGB e infrarrojo sobre datos lidar.3
- Visualización 3D de carreteras con lidar aéreo.4
- Lidar aéreo aplicado a la gestión de líneas eléctricas.5
- Lidar aéreo aplicado a captura edificaciones en 3D.6

Los componentes del lidar son:

- ALS: Escáner Láser Aerotransportado. Emite pulsos de luz infrarroja que sirven para determinar la distancia entre el sensor y el terreno.
- GPS diferencial. Mediante el uso de un receptor en el avión y uno o varios en estaciones de control terrestres (en puntos de coordenadas conocidas), se obtiene la posición y altura del avión.
- INS: Sistema Inercial de Navegación. Nos informa de los giros y de la trayectoria del avión.
- Cámara de video digital (opcional), que permite obtener una imagen de la zona de estudio, que servirá para la mejor interpretación de los resultados. Ésta puede montarse en algunos sistemas junto al ALS.
- Medio aéreo. Puede ser un avión o un helicóptero. Cuando se quiere primar la productividad y el área es grande se utiliza el avión, y cuando se quiere mayor densidad de puntos se usa el helicóptero, debido a que éste puede volar más lento y bajo.

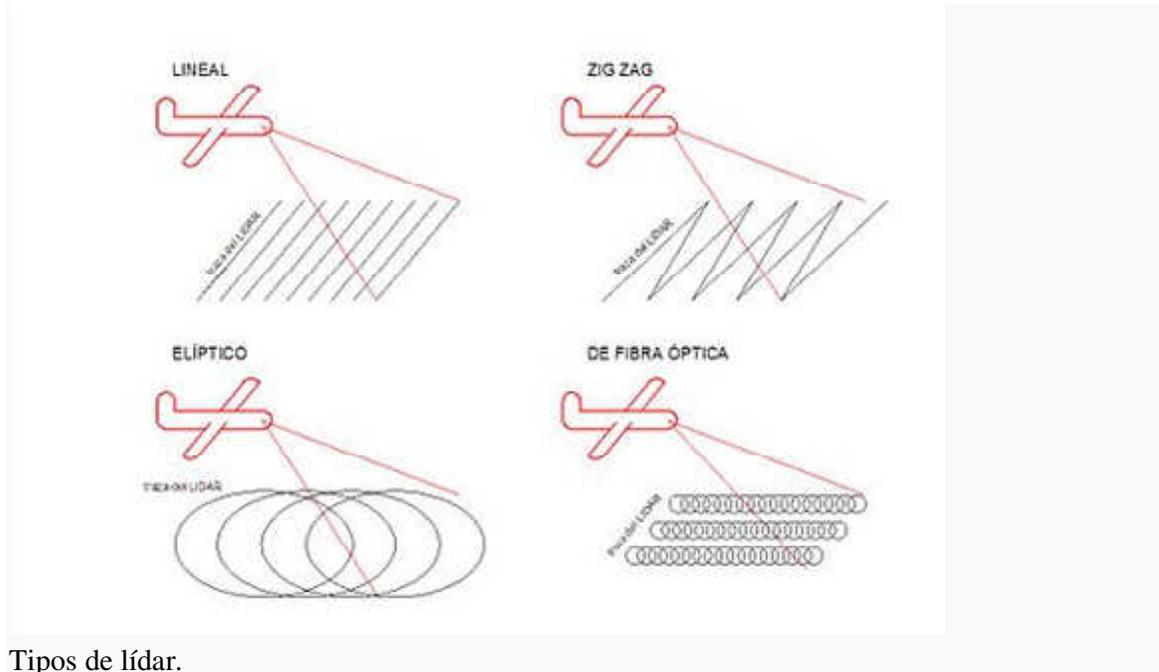
Las medidas obtenidas por los tres componentes principales, ALS, GPS y IMU, se toman con una misma etiqueta de tiempos acorde con el GPS. De esta forma después se pueden relacionar fácilmente en el cálculo posterior.

El sistema lidar obtiene también la siguiente información.

- Por cada pulso emitido puede captar 2 o más ecos. Esto nos permite recoger información a diferentes alturas. Por ejemplo, si estamos sobrevolando una zona arbolada, el primer eco puede responder a la copa de los árboles y el último a la superficie terrestre.
- La intensidad reflejada. Puede ser muy útil para la clasificación poster

Por tipo de láser:

- Lidar de pulsos. El proceso para la medición de la distancia entre el sensor y el terreno se lleva cabo mediante la medición del tiempo que tarda un pulso desde que es emitido hasta que es recibido. El emisor funciona emitiendo pulsos de luz.
- Lidar de medición de fase. En este caso el emisor emite un haz láser continuo. Cuando recibe la señal reflejada mide la diferencia de fase entre la emitida y la reflejada. Conocida ésta solo hay que resolver el número de longitud de ondas enteras que ha recorrido (ambigüedades).



Tipos de lidar.

Por tipo de escaneado:

- Líneas. Dispone de un espejo rotatorio que va desviando el haz láser. Produce líneas paralelas en el terreno como patrón de escaneado. El inconveniente principal de este sistema es que al girar el espejo en una sola dirección no siempre tenemos mediciones.
- Zigzag. En este caso el espejo es rotatorio en dos sentidos (ida y vuelta). Produce líneas en zigzag como patrón de escaneado. Tiene la ventaja de que siempre está midiendo pero al tener que cambiar de sentido de giro la aceleración del espejo varía según su posición. Esto hace que en las zonas cercanas al límite de escaneado lateral (donde varía el sentido de rotación del espejo), la densidad de puntos escaneados sea mayor que en el nadir.
- De fibra óptica. Desde la fibra central de un cable de fibra óptica y con la ayuda de unos pequeños espejos, el haz láser es desviado a las fibras laterales montadas alrededor del eje. Este sistema produce una huella en forma de una especie de circunferencias solapadas. Al ser los espejos pequeños, la velocidad de toma de datos aumenta respecto a los otros sistemas pero el ángulo de escaneado (FOV) es menor.
- Elíptico (Palmer). En este caso el haz láser es desviado por dos espejos que producen un patrón de escaneado elíptico. Como ventajas del método podemos comentar que el terreno es a veces escaneado desde diferentes perspectivas aunque el tener dos espejos incrementa la dificultad al tener dos medidores angulares.



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de
Fotogrametría

Prácticas de procesos fotogramétricos.

4. Material y Equipo

1. Un archivo LIDAR
2. Computadora software de para tratamiento de la nube de puntos



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de Fotogrametría.

Prácticas de procesos fotogramétricos.

5. Procedimiento

1. Abrir software
2. Seleccionar como trabajo nuevo
3. Cargar el archivo lidar
4. Filtrar por categoría y rasgo
5. Obtener MDT con la escala y resolución deseada.
6. Obtener MDE
7. Obtener curvas de nivel mediante el archivo lidar
8. Se recomienda seguir instrucciones del profesor.

6. Desarrollo realizado por el alumno

7. Conclusiones



Manual de Prácticas

División de Ingenierías Civil y Geomática. Departamento de Fotogrametría .

Prácticas de procesos fotogramétricos.

8. Bibliografía

- ⌚ Buill F., Amparo M., Rodríguez J., 2003. Fotogrametría analítica. Univ. Politéc. De Catalunya. 160 p. Revisado en línea:
https://books.google.com.mx/books?id=2xwQmKjZw4sC&dq=aplicaciones+fotogram%C3%A9tricas&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- ⌚ Gottfried Konecny, 2014. Geoinformation: Remote Sensing, Photogrammetry and Geographic Information System. CRC Press, 472 p. revisado en línea:
https://books.google.com.mx/books?id=8TcyAwAAQBAJ&dq=photogrammetry&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- ⌚ KRAUS K. 2007. Photogrammetry: Geometry from images and Laser Scans, Vol. 1. Walter de Gruyter, 459 p.
- ⌚ McGlone C. Mikhail E., James S., Bethel S. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, American Society for Photogrammetry, 2004
- ⌚ http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotogrametria_analitica/ApuntesFotogrametria2.pdf
- ⌚ <http://www.euatm.upm.es/santacruz/Fotogrametria/LeccionFotogrametria.pdf>
- ⌚