

## CURSO SENSORES REMOTOS

### Taller 8. Fotogrametría

*versión del taller:* 28 de enero de 2026

## 1. Objetivos y alcance

Entender las limitaciones y potencial del uso de fotografías aéreas, pasa por entender la geometría, y específicamente la fotogrametría del proceso. Es por esto que el objetivo del presente taller es que el estudiante aprenda la geometría básica de la fotointerpretación, y pueda por lo tanto, estimar la escala de una fotografía aérea, la exageración vertical, y la diferencia de alturas entre puntos.

## 2. Montaje par estereográfico

### 2.1. Procedimiento

1. Coloque la cartulina paralela a la mesa de trabajo y dibuje sobre ella una recta de 40 cm. aproximadamente.
2. Marque un punto  $m_1$  en la parte izquierda de la recta.
3. Coloque el estereoscopio sobre la mesa en posición de trabajo.
4. Enfoque los binoculares independientemente para cada ojo y ajústelos a su distancia interpupilar.
5. Observe solamente por el binocular izquierdo (ojo izquierdo) del estereoscopio de espejo, el punto  $m_1$  debe apreciarse en el centro del campo de visión del binocular junto con la recta trazada en la cartulina (Figura 6).
6. Ahora observe con ambos ojos, debe apreciarse una sola recta, en caso de que se observen dos rectas paralelas, gire el estereoscopio alrededor del punto  $m_1$ , hasta lograr que las dos imágenes coincidan sobre una misma recta (si las dos rectas las observa ligeramente convergentes se debe a un desajuste en el estereoscopio).
7. Vea ahora solamente por el binocular derecho (ojo derecho), marque un punto  $m_2$  sobre la recta en el centro del campo de visión.

8. Observe con ambos ojos y los dos puntos  $m_1$  y  $m_2$  deben coincidir en uno solo en el centro del campo de visión (Figura 7), la observación se está haciendo con los ejes de los ojos paralelos.
9. La distancia  $m_1m_2$  es la medida de la base instrumental del estereoscopio de espejo empleado, generalmente oscila entre 25 y 26 cm. Dependiendo de la marca del aparato (Figura 8).
10. Coloque un lápiz en la posición “A” y otro en la posición “B” a una distancia igual a la base instrumental.
11. Si al observar estereoscópicamente ve las dos imágenes separadas, desplace el lápiz “2” hacia la izquierda hasta una posición “2a” en que observe las dos imágenes fusionadas.
12. Desplace el lápiz derecho lentamente hacia la posición “2”, tratando de mantener la observación de una sola imagen.

## 2.2. Orientación de fotografías aéreas

La correcta orientación de un par estéreo de fotografías aéreas bajo el estereoscopio de espejos, nos permite observar el modelo estereoscópico en las mismas condiciones en las cuales fue tomado, permitiendo de esta manera realizar cualquier tipo de medición sobre el mismo.

1. Preparación de las fotografías. Consiste en colocar una lámina de acetato sobre cada una de las fotografías con la cinta adhesiva.
2. Determinación de los puntos centrales en cada fotografía.
  - Tome una fotografía, ubique dos marcas fiduciales opuestas y trace una pequeña línea en el centro de la fotografía, las marcas fiduciales están impresas en el punto medio de cada lado o en las esquinas de las fotografías aéreas.
  - Repita el mismo procedimiento con las otras dos marcas fiduciales; la intersección de las líneas trazadas desde las marcas fiduciales opuestas determinará el centro de la fotografía.
  - Repitiendo el procedimiento determine el centro de la otra fotografía.
3. Determinación del área común.
  - El área común fotografiada es la porción del terreno que aparece en dos fotografías aéreas que fueron tomadas consecutivamente, esto se debe al recubrimiento longitudinal ó solape obtenido durante el vuelo.

- Para determinar el área común se coloca una fotografía sobre la otra haciendo coincidir aproximadamente la zona común de recubrimiento, modelo estéreo.
4. Transferencia de los puntos centrales de fotografía a fotografía (puntos homólogos). Enfoque y ajuste los binoculares de acuerdo a su distancia interpupilar, observe el punto principal de la fotografía izquierda manteniendo el ojo derecho cerrado, posteriormente visualice el sector homólogo en la derecha cerrando el ojo izquierdo, luego observe simultáneamente con los dos ojos y si la imagen está girada gire cualquiera de las dos fotografías hasta observar una sola imagen de manera tridimensional, después marque en la fotografía derecha el centro del punto principal de la fotografía izquierda. Repita el mismo procedimiento anterior para transferir el punto principal de la fotografía derecha.
  5. Ubicación de la línea de vuelo en ambas fotografías. En cada fotografía dibuje una recta uniendo el punto central y el punto central transferido (homólogo) y obtendrá la dirección correcta de las líneas de vuelo.
  6. Ubicar las líneas de vuelo sobre una misma recta y dos homólogos a una distancia igual a la base instrumental del aparato.
    - Tome la fotografía derecha y colóquela de manera tal que la dirección aproximada de la línea de vuelo se encuentre sobre la prolongación de la correspondiente a la fotografía izquierda, es decir, sobre una misma recta.
    - Desplace la fotografía derecha a lo largo de la línea de vuelo hasta que el punto central y su homólogo se encuentren a una distancia igual a la base instrumental. Compruebe que la dirección aproximada de las líneas de vuelo se mantenga sobre una misma recta.
    - Coloque las fotografías aéreas para que la dirección del vuelo quede paralela al borde de la mesa de trabajo y fíjelas con cinta adhesiva a la mesa.
    - Coloque el estereoscopio sobre las fotografías de manera que la base se encuentre paralela a la línea de vuelo.
    - Observe con ambos ojos y obtendrá una imagen tridimensional. Moviendo el estereoscopio a través de todo el modelo y manteniendo la base paralela a la línea de vuelo, se podrá examinar estereoscópicamente todo el modelo en condiciones normales.

### 3. Taller

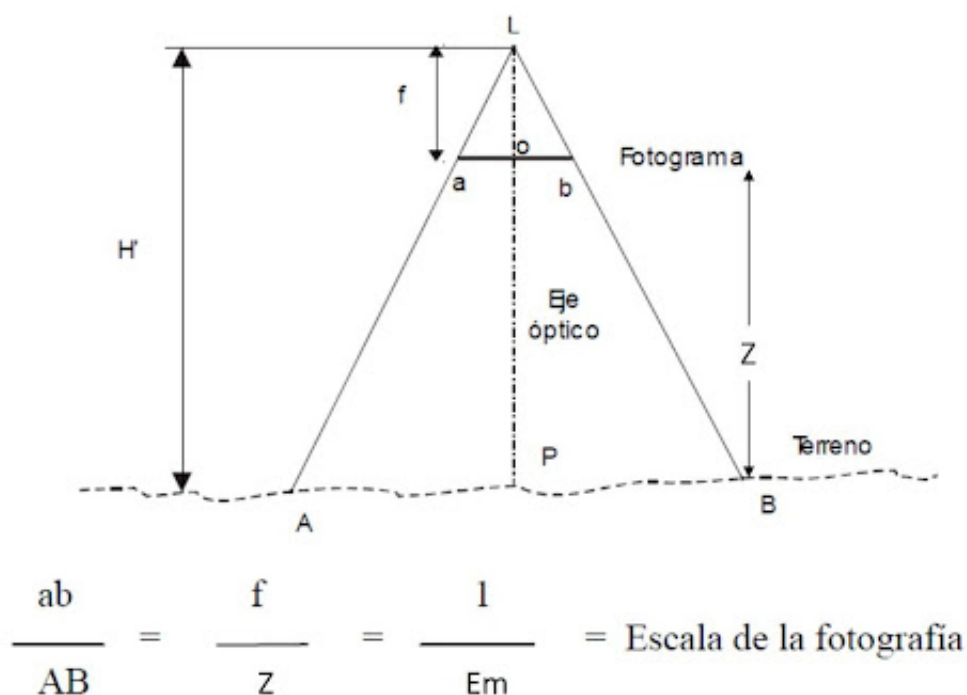
#### 3.1. Ubicación de la fotografía

1. Identifique en las fotografías seleccionadas los siguientes datos: vuelo, línea de vuelo, dirección del norte, distancia focal de la cámara, altura del vuelo sobre el nivel del mar, hora de toma (si es posible verifique dicha hora con las sombras).
2. Ubique la zona cubierta por la fotografía aérea utilizando Google Earth. Para esto diríjase en Google Earth a la zona de la foto, oriente la fotografía e identifique detalles fáciles de identificar en el terreno como vías o quebradas entre otros. Con esto señale exactamente el área de cubrimiento de sus fotografías.
3. Con la grilla de planchas del IGAC identifique el número de plancha topográfica que corresponde a su área de toma y dibuje el mapa de líneas de vuelo sobre dicha imagen señalando los centros de la foto sobre la línea de vuelo y el número correspondiente.

#### 3.2. Estimación de la escala

El inverso del factor de escala ( $E_m$ ) es igual a la distancia focal de la cámara y la altura del vuelo con respecto a la superficie de la fotografía aérea. Por lo tanto la escala es variable de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar.

1. Con la distancia focal, la altura del vuelo sobre el nivel del mar y la altura media aproximada del terreno estime el factor de escala de la fotografía aérea. Compare dicho valor con el que aparece en las marcas fiduciales.
2. Determine la escala de la fotografía de acuerdo con la relación mapa – foto. Utilice la plancha topográfica y dos puntos claramente fáciles de identificar tanto en la foto como el mapa. Mida la distancia en el mapa y la distancia en la foto, y estime el factor de escala de la fotografía aérea.
3. Utilizando Google Earth, identifique dos puntos, mida la distancia en Google con la herramienta de medir distancias, y mida la longitud que le corresponde a dicha distancia en la foto. Estime el factor de escala con dicha relación.
4. Finalmente, identifique elementos conocidos en la fotografía a los cuales pueda asumir su longitud o ancho, tales como el ancho de una vía o la longitud de una casa. A partir de dicha relación terreno – fotografía establezca la escala de la fotografía.



5. Realice los ejercicios anteriores para diferentes alturas del terreno, y discuta los cambios en la escala de la fotografía.

### 3.3. Exageración de la escala

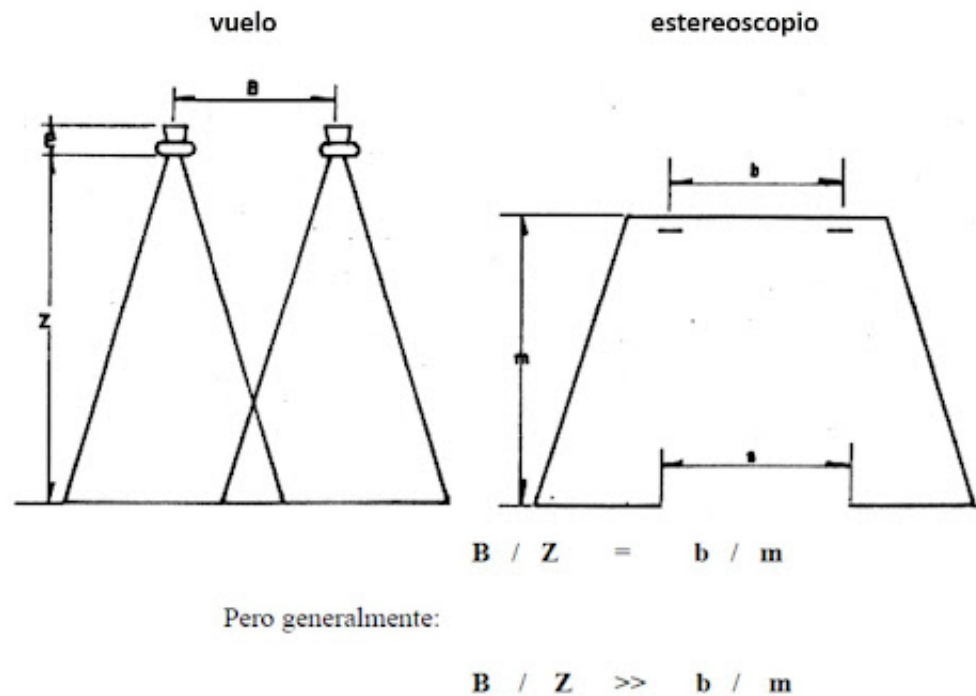
Debido al cambio de las condiciones de la toma de la fotografía y la fotointerpretación se presenta la exageración de escala.

1. Determine para las fotografías aéreas con las cuales está trabajando el factor de exageración de escala.
2. Tenga en cuenta que la distancia  $B$  corresponde a la Aero base, la cual puede ser estimada a partir de la fotobase,  $Z$  corresponde a la altura del vuelo sobre el terreno fotografiado,  $b$  corresponde a las distancia interpupilar, y  $m$  a la altura del estereoscopio de espejos.

### 3.4. Determinación de alturas por paralaje utilizando la regla

Estime la diferencia de altura entre los puntos seleccionados a partir del siguiente procedimiento:

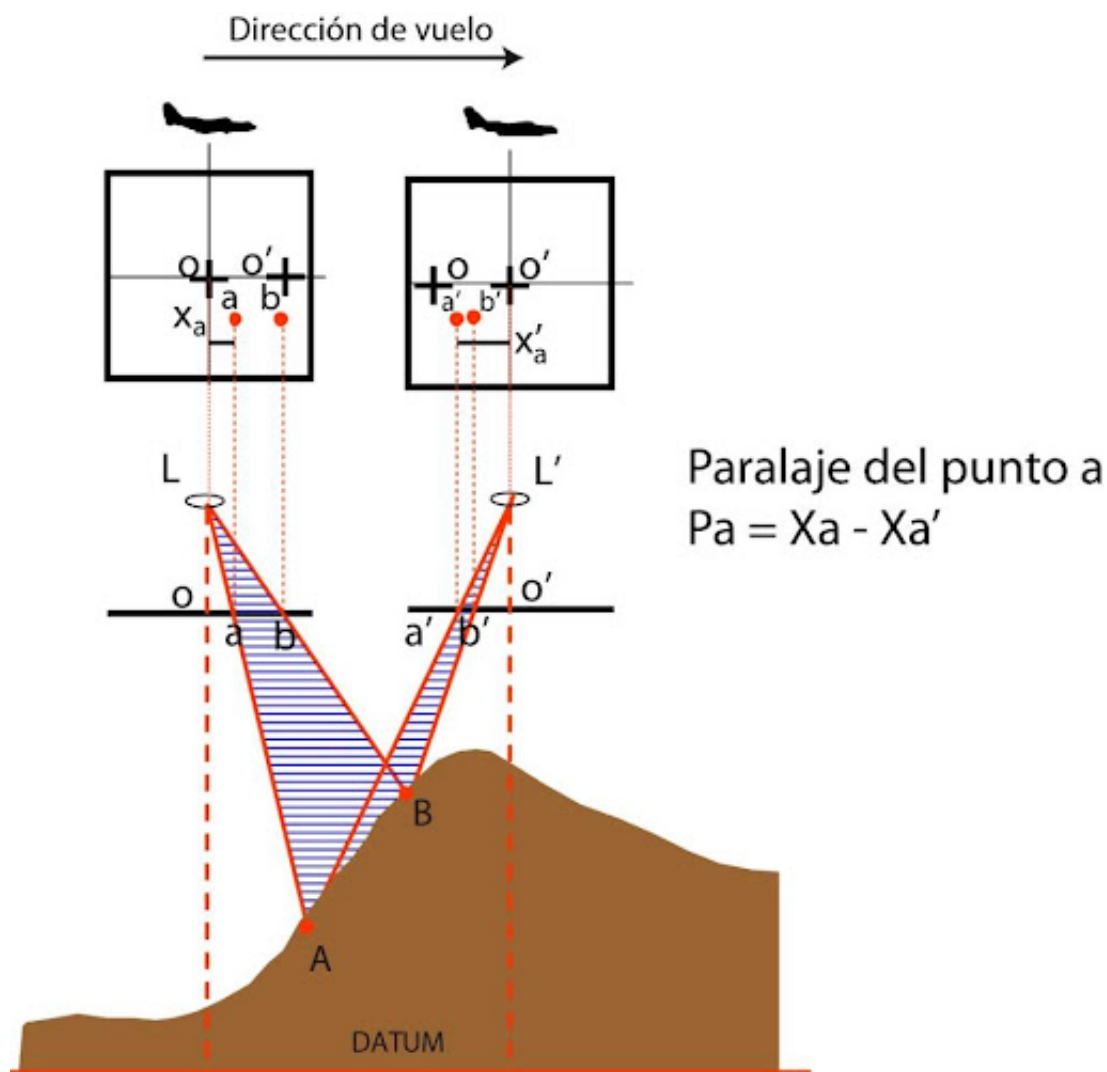
1. Macar los centros de cada foto ( $Pp1$  y  $Pp1$ ) y transferir los centros ( $n1$  y  $n2$ ).



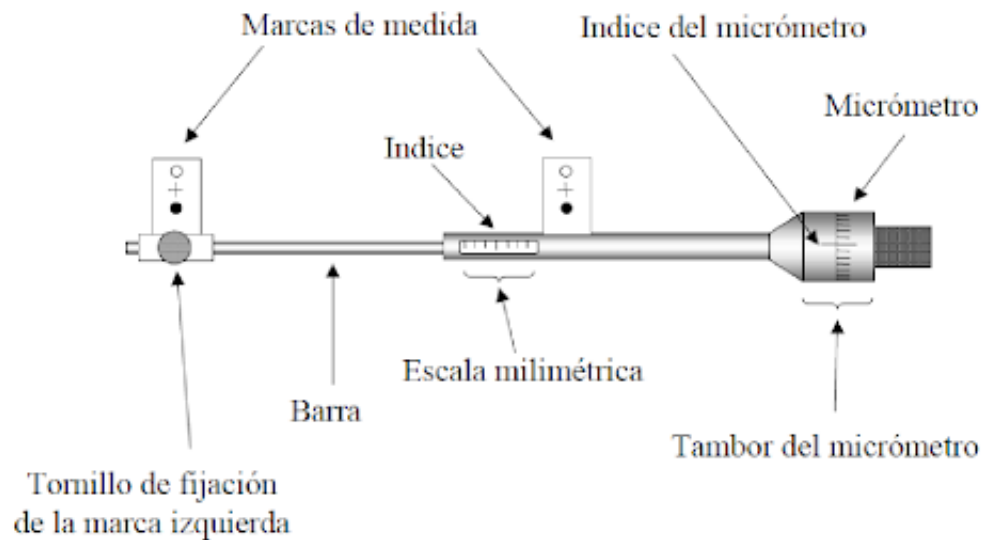
2. Trazar la línea de vuelo de cada fotografía uniendo los puntos principales con los transferidos.
3. Montar las dos fotografías respetando la alineación el vuelo y fijarlas a una determinada distancia.
4. Identificar los puntos P y Q entre los cuales se quiere determinar la diferencia de altura. Se recomienda que el punto P debe pertenecer a un plano donde se conoce la altura de vuelo ( $H_p$ ) y la fotobase ajustada  $bp = B - V$
5. Medir la distancia (V) entre P1 y P2 según una dirección paralela a la línea de vuelo.
6. Medir la distancia (W) entre Q1 y Q2 según una dirección paralela a la línea de vuelo
7. Calcular  $\Delta px$  utilizando  $\Delta px = V - W$ .
8. Calcular  $\Delta h$  utilizando  $\Delta H = (\Delta Px * H_p) / (bp + \Delta Px)$

### 3.5. Determinación de alturas por paralaje con la barra de paralaje

El paralaje se define como el cambio en las posiciones de los objetos estacionarios debido al cambio en la posición o ángulo del observador, y nos permite estimar las diferencias de alturas entre puntos.



1. Marcar los centros de cada foto (Pp1 y Pp1) y transferir los centros.
2. Trazar la línea de vuelo de cada fotografía uniendo los puntos principales con los transferidos.
3. Montar las dos fotografías respetando la alineación del vuelo y base instrumental.



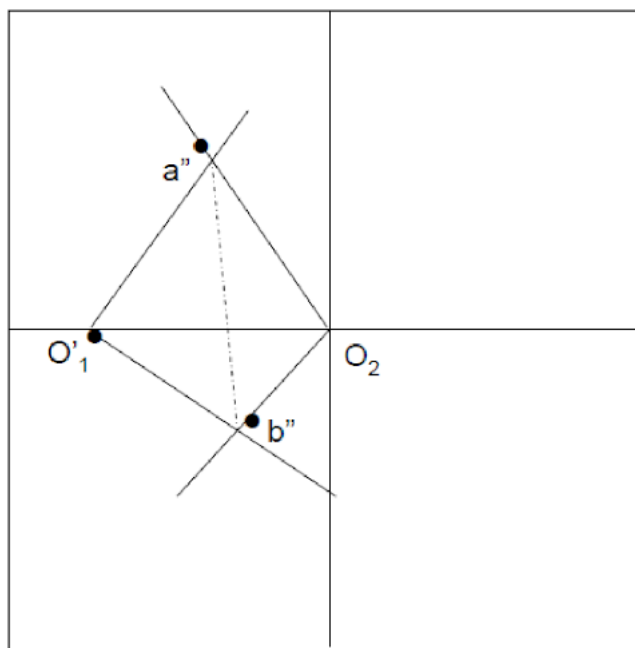
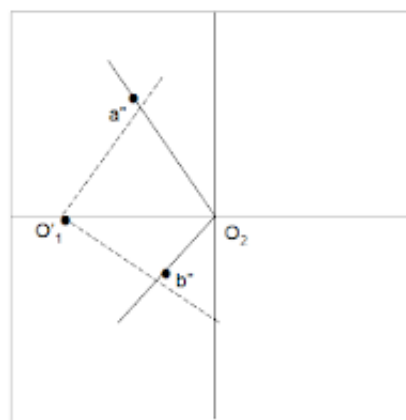
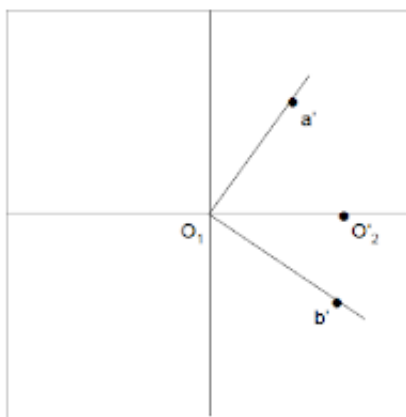
4. Identificar los puntos P y Q entre los cuales se quiere determinar la diferencia de altura.
5. Medir el paralaje del punto P con la barra de paralaje.
6. Medir el paralaje del punto Q con la barra de paralaje.
7. Estimar la diferencia de paralaje ( $\Delta P$ ) entre el punto Q y el punto P.
8. Determinar el paralaje absoluto ( $P_r$ ) del punto mas bajo (P) localizado en un plano donde se conoce la altura de vuelo ( $H_p$ ) y la fotobase ajustada.
9. Calcular  $\Delta h$  utilizando  $\Delta h = (\Delta P * H_p) / (P_r + \Delta P)$
10. Finalmente discuta entre los resultados obtenidos por ambos procedimientos (con la regla y con la barra de paralaje).

### 3.6. Determinación de pendiente

Conocida la diferencia de altura relativa entre dos puntos, es posible estimar la pendiente. Para esto debemos definir la distancia real entre dos puntos seleccionados de la foto. La distancia real entre los puntos es la distancia entre los dos puntos de intersección de las dos líneas.

1. Estime la pendiente media entre los 4 puntos seleccionados.





*Creditos: Manual de ejercicios de laboratorio fotogrametría y fotointerpretación. Carlos Pacheco & Ennio Pozzobon. Universidad de Los Andes. 2006.*