

**FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE**

CÁTEDRA DE FOTOINTERPRETACIÓN



***Profesora: Mgter. Ing. Indiana Basterra
2011***

UNIDAD II: Visión Estereoscópica

Principios de fotogrametría: Objeto de la fotogrametría. Diferencias entre fotografías aéreas y cartas. Elementos de fotogrametría. Concepto de escala, importancia y su determinación en fotografías aéreas. Paralaje y visión estereoscópica. Deformación debida al relieve.

Introducción

La fotogrametría se define como la ciencia o arte de realizar mediciones en base a fotografías con el fin de determinar características métricas y geométricas de los objetos fotografiados, como por ejemplo; tamaño forma y posición.

Cuando se toman fotografías aéreas de una zona, la imagen obtenida es similar a un mapa, sin embargo, desde el punto de vista cartográfico no puede ser considerada como tal por las deformaciones de la imagen.

Es necesario conocer las deformaciones geométricas para eliminarlas o corregirlas por medio de instrumentos y métodos especiales, que permitan transformar las fotografías aéreas en un mapa.

La fotografía aérea, es utilizada como base para la elaboración de cartas o mapas, pero en forma general se utilizan en todo proceso de análisis cualitativo y cuantitativo de la superficie fotografiada.

La palabra Fotogrametría, etimológicamente, deriva de las palabras griegas: "photos" que significa luz, "gamma" que significa lo que esta dibujado y "metrón" que significa medir.

Cuando las fotografías son tomadas desde un punto de la superficie terrestre, con eje horizontal, se habla de fotogrametría terrestre. Cuando las fotografías son tomadas desde el aire, a través de helicópteros, aviones o cualquier vehículo espacial, se habla de fotogrametría aérea, y esto constituye el objeto de este capítulo.

1- Objeto de la fotogrametría

La Fotogrametría tiene por objeto analizar técnicas que nos permite obtener información cuantitativa de una fotografía aérea, es decir, determinar características métricas y geométricas de los objetos fotografiados, como por ejemplo; tamaño, forma y posición. Esta información cuantitativa servirá al ingeniero para la toma de decisiones, las cuales se traducen en mejores resultados ejecutivos y económicos a la hora de realizar un proyecto.

2- Diferencias entre Fotografías Aéreas y Cartas

Uno de los objetivos de la fotogrametría es confeccionar mapas o cartas a partir del análisis de fotografías aéreas, de modo que resulta oportuno citar las diferencias que existen entre estos documentos gráficos y las causas por las que se producen.

Esencialmente las diferencias se deben a tres factores:

a) Sistema de proyección:

Las fotografías aéreas poseen una proyección radial o cónica, tomada desde un punto central (cámara), es decir, que si consideramos un objeto de altura Δh , como un poste de alumbrado o una chimenea, el mismo aparecerá en la fotografía como un segmento orientado desde el centro hacia la periferia

En las cartas no ocurre lo mismo ya que su proyección es paralela u ortogonal, de manera que el mismo objeto de altura Δh aparecerá representado por un punto. (Figura 1)

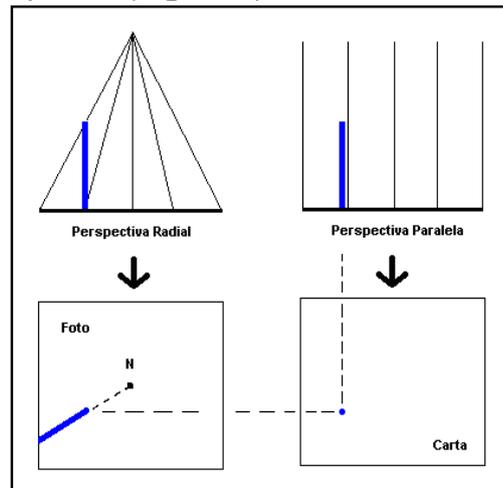


Figura 1: Proyección

b) Las características del terreno fotografiado:

Si fuera posible tomar una fotografía perfectamente vertical de un terreno plano, con un equipo libre de distorsiones el resultado sería una imagen realmente idéntica al de una proyección ortogonal (carta), sin embargo esta situación es meramente teórica, ya que la curvatura de la tierra y la existencia de relieve topográfico generan ciertos problemas.

El relieve del terreno produce un desplazamiento de la imagen de cada punto en la fotografía con respecto a un plano base o plano de referencia, pero este desplazamiento resulta en parte benéfico ya que permite determinar la diferencia de altura entre dos puntos y dibujar curvas de nivel.

c) El equipo utilizado para la toma de vistas:

Como sabemos para tomar una fotografía utilizamos una cámara de toma de vistas que capta en una película los atributos del terreno, la cual va montada en un avión. Existen varios problemas que pueden ocasionar distorsiones en una imagen fotográfica.

Si al momento de la exposición el avión cabecea o se inclina lateralmente la fotografía deja de ser vertical y esto ocasiona que la escala de la fotografía varíe en distintos puntos de la fotografía.

Durante la exposición, la cámara se desplaza junto con el avión, lo que genera una pequeña deformación de los puntos proyectados.

El sistema de vacío que coloca la película en posición plana puede fallar, generando la ondulación de la película haciéndola inútil desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo.

El siguiente cuadro pretende resumir las principales diferencias entre fotografías aéreas y cartas.

CARTAS	FOTOGRAFIAS AEREAS
Proyección ortogonal, paralela o vertical	Proyección central, cónica o radial
Escala uniforme o constante	La escala varía en función de la inclinación del eje óptico y por la existencia de diferencias de nivel (relieve)
Las características del terreno se representan a través de símbolos y leyendas, y hasta es posible representar los que no se ve. Es una representación abstracta	Las características del terreno se observan tal cual son en la realidad
No existen distorsiones	Existen distorsiones de la imagen, que se hacen mas evidentes al alejarnos del centro de la fotografía

Cuadro 1: Diferencias entre fotografías aéreas y cartas

3- Elementos de fotogrametría

Para orientar, identificar e interpretar fotografías aéreas es preciso que el Ingeniero conozca los principios geométricos básicos en los que se funda esta ciencia.

Los términos que se definen más a bajo se refieren a los factores o parámetros fundamentales que inciden directa o indirectamente sobre la evaluación e interpretación de fotografías aéreas; por lo tanto, es imprescindible conocer su significado a fin de comprender los principios elementales de la fotogrametría aérea.

Desde el punto de vista geométrico una fotografía es una proyección central del terreno. En la Figura 2 aparecen esquemáticamente representados por rectas, el terreno y el plano (negativo) de la fotografía, y por un punto el centro de proyección (O), que es la cámara.

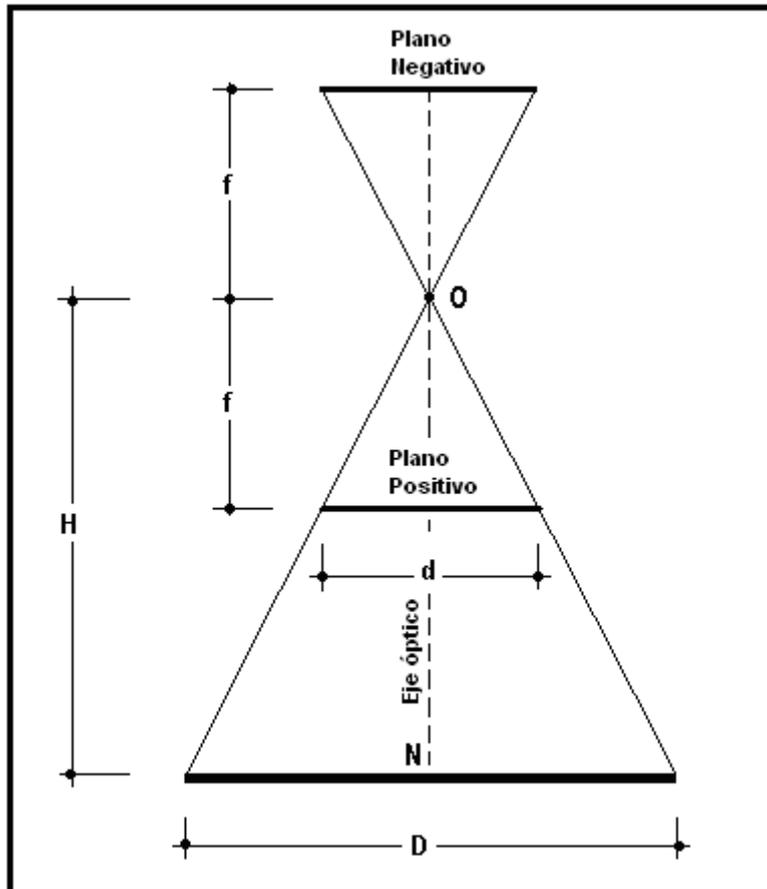
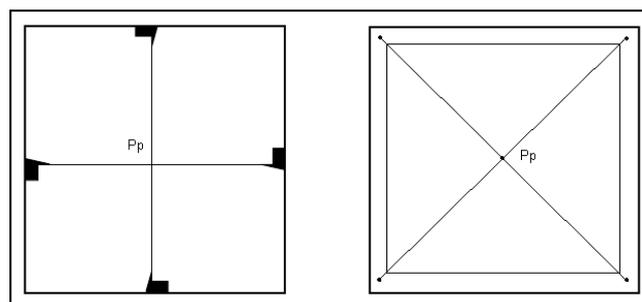


Figura 2: Definición de los elementos de una fotografía aérea

- a) **Altura de vuelo (H):** Distancia que existe entre el centro de proyección y el plano del terreno al momento de la exposición. (Figura 2)
- b) **Distancia focal (f):** Distancia que existe entre al foco de la lente y el negativo de la película. (Figura 2)
- c) **Eje óptico:** Línea ideal que pasa por el centro de la cámara y es perpendicular al negativo de la película. En el caso de las fotografías verticales es coincidente con la vertical del lugar. (Figura 2)
- d) **Nadir (N):** Punto situado verticalmente debajo del centro de proyección, sobre el terreno. Es evidente que si la fotografía es perfectamente vertical el nadir coincide con el punto central. (Figura 2)
- e) **Marcas fiduciales o fieles:** Son marcas de distinta configuración, ubicadas en los bordes o esquinas de las fotos, muy importantes porque su intersección determina el punto principal (P_p) de la fotografía. (Figura 3)



Marcas fiduciales o fieles

f) **Punto central o principal (Ppi)**: Es la proyección ortogonal del centro de proyección sobre el plano de la fotografía. Corresponde al centro geométrico de la fotografía. (Figura 4)

g) **Punto transferido (Ppjt)**: Son los mismos puntos que se observan en fotografías consecutivas o puntos homólogos. (Figura 4)

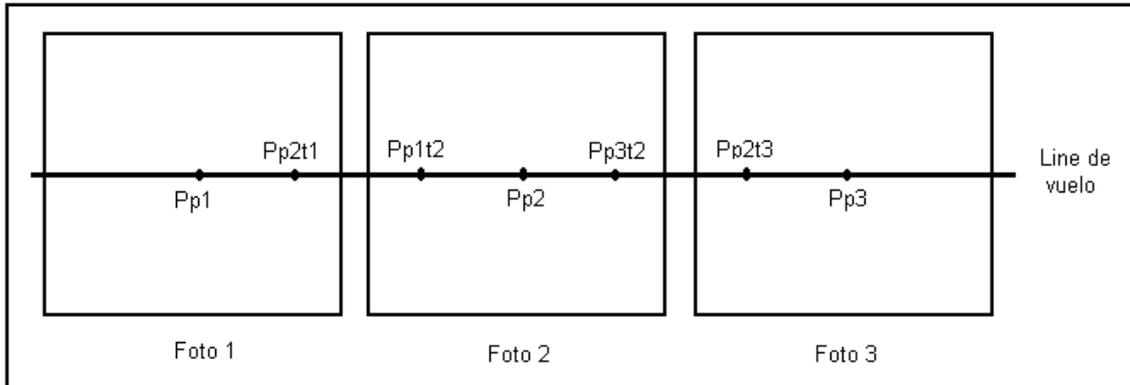
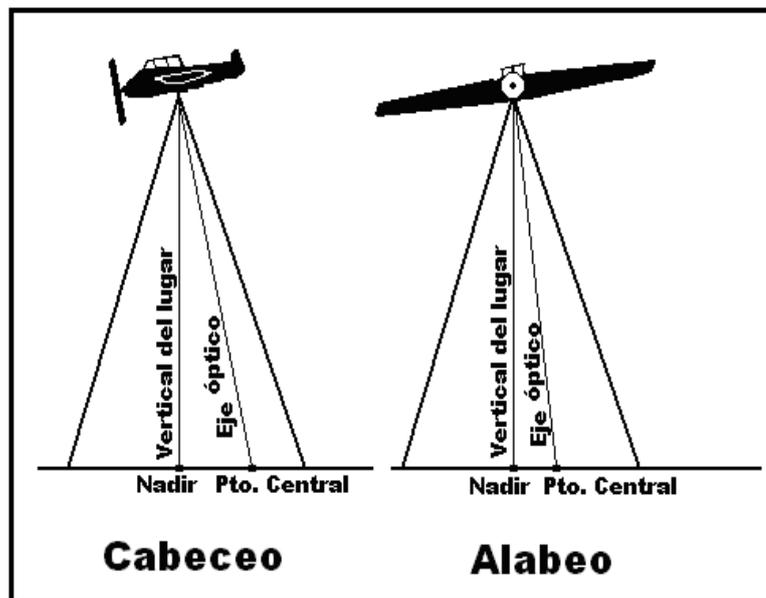


Figura 4: Puntos principales y transferidos.

h) **Desviación**: La desviación es la razón de porque puede no coincidir el eje óptico con la vertical del lugar; se debe principalmente a dos causas: el **cabeceo** del avión al momento de la exposición, o la inclinación de las alas o **alabeo**. (Figura 5)



Efecto de cabeceo y alabeo que producen distorsiones en una fotografía.

i) **Línea de vuelo**: La línea de vuelo es una línea continua que une los puntos principales de las fotos sucesivas de vuelo. Rara vez resulta recta ya que el rumbo del avión es modificado por acción del viento. (Figura 6)

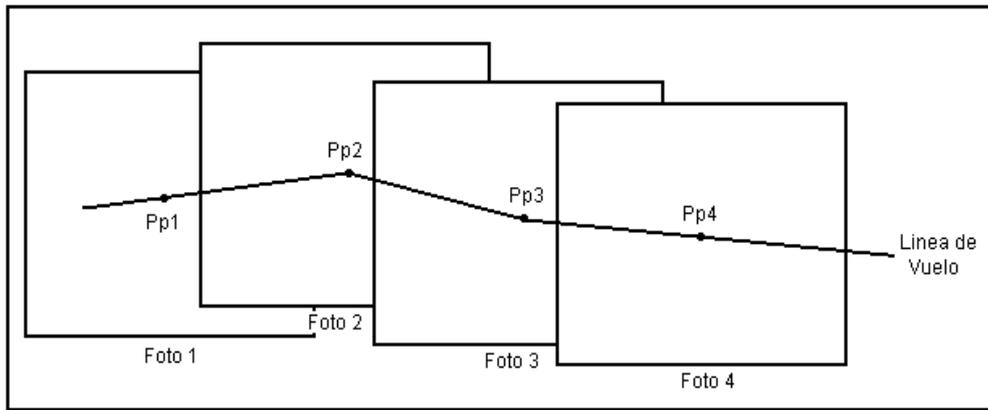


Figura 6: Línea de vuelo.

j) Rumbo: Es la dirección que sigue el avión para la toma de las fotografías, normalmente para las tomas fotográficas de una región el rumbo es NS o EW, aunque puede cambiar en función de las características del terreno o del estudio que tengamos que realizar. (Figura7)

k) Banda: Se denomina así a cada pasada que realiza el avión durante la toma de las fotografías necesarias para cubrir la zona. (Figura7)

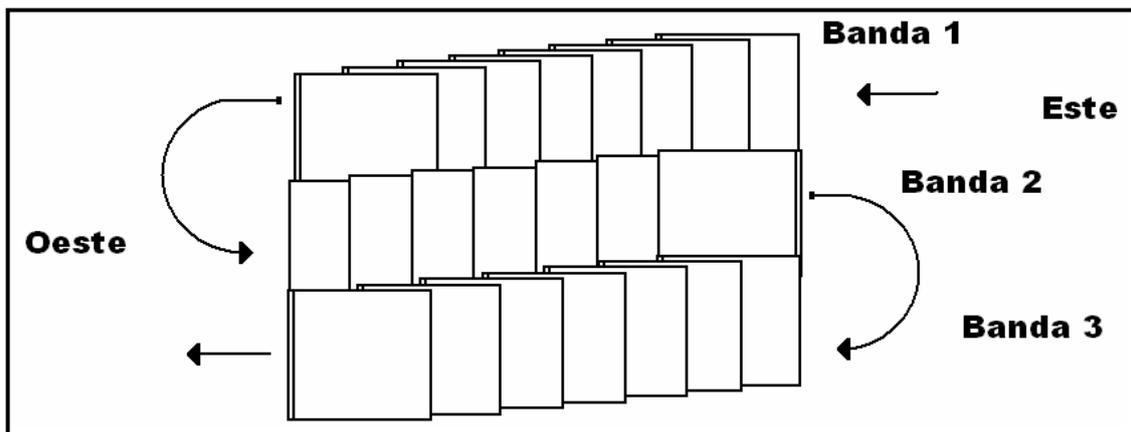
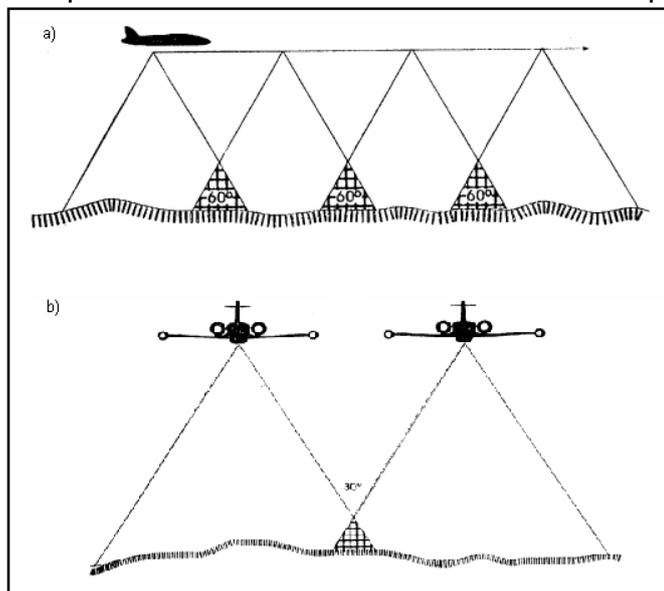


Figura 7: Pasadas en un vuelo aerofotogramétrico.-

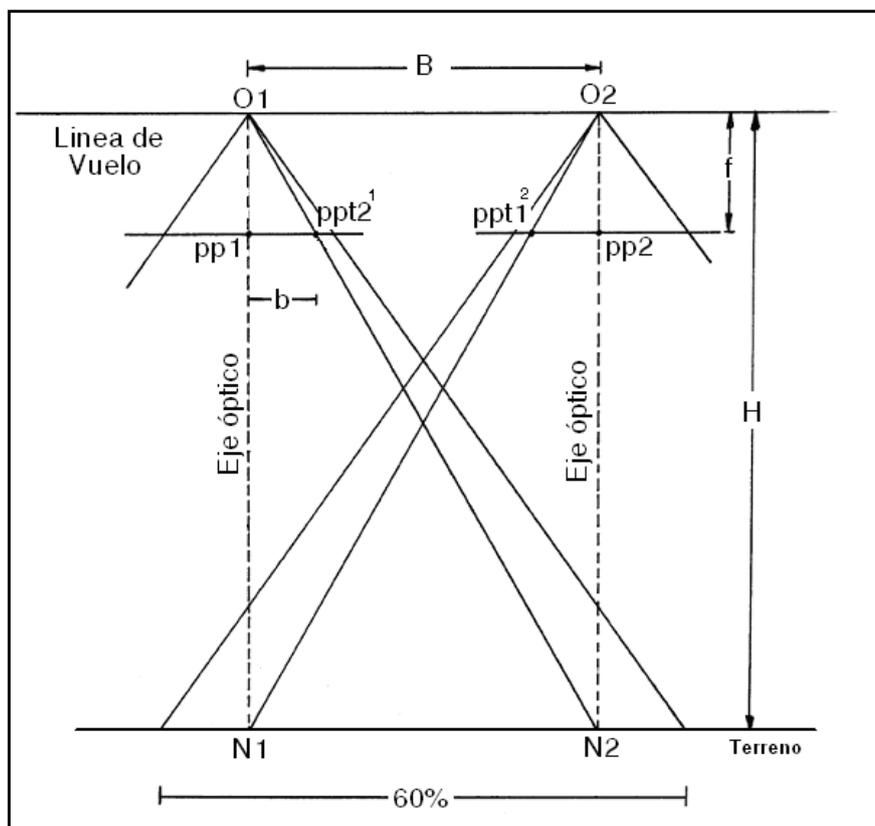
l) Recubrimiento Longitudinal: Para lograr la visión en tres dimensiones o visión estereoscópica es necesario que entre tomas sucesivas exista un solape del 60% (entre 55% a 70%), es decir que exista una parte del terreno observable en ambas fotografías sucesivas. (Figura 8 -a-)

m) Recubrimiento Lateral: También es necesario un solape lateral que debe ser de 25% (entre 10% a 30%). Este solape es útil a la hora de realizar foto mosaicos apoyados o semiapoyados. (Figura 8 -b-)



n) **Aerobase (B)**: Distancia que existe entre dos tomas sucesivas del terreno. (Figura 9)

ñ) **Fotobase (b)**: Es la proyección de la aerobase en la fotografía. (Figura 9)



La distancia entre O_1 y O_2 se denomina **Aerobase (B)**, mientras que su proyección en la fotografía se denomina **fotobase (b)**.

4- Concepto de escala, importancia y determinación en fotografías

Al igual que en una carta la escala se define como la relación que existe entre una longitud "d" medida en la fotografía entre A y B (puntos cualesquiera) y lo que representa dicho segmento en la realidad "D", expresadas ambas longitudes en la misma unidad.

Esta relación se expresa normalmente como una proporción o como una fracción, cuyo numerador es 1.

$$E = \frac{d}{D} = 1 : 5000 = \frac{1}{5000}$$

Como adelantáramos más arriba, la escala no resulta constante en toda la fotografía debido principalmente al efecto del relieve topográfico, conocido también como deformación del relieve y a otros efectos asociados al modo de la toma de vista, aberraciones del objetivo, procesos de revelado, etc.

La determinación de la escala es de suma importancia a la hora de determinar mediciones de objetos o elementos y además resulta un factor limitante a la

hora de observar ciertos detalles, lo que nos indica una relación entre la escala de un documento gráfico y la escala de trabajo o nivel de detalle esperado.

Por ejemplo, se ha demostrado que con la ayuda de una lupa micrométrica es posible realizar mediciones de hasta 0.1 mm en una fotografía, esto indica que si la escala es 1:5000 el objeto mas pequeño que podremos distinguir resulta de 0.50 m en la realidad y si la escala fuera de 1:50000 el objeto mas pequeño que podemos distinguir será de 5 m.

Con esto podemos concluir diciendo que cuando la escala disminuye menor será el nivel de detalle a observar lo que condiciona la utilización de las diferentes escalas en función del tipo de proyecto que se desea abordar.

Métodos para la determinación de la escala en una fotografía:

Existen tres métodos para definir la escala en una fotografía en orden decreciente de exactitud, que le servirán al Ingeniero en función de los datos o elementos disponibles.

1) Por la relación Fotografía-Terreno: Es posible expresar la escala de una fotografía como la relación existente entre un segmento “d” medido en la fotografía y lo que representa verdaderamente en el terreno “D”. Esta relación puede ser lograda únicamente si se reconoce en la fotografía un objeto del cual se conocen previamente sus dimensiones.

Ejemplo: Se desea determinar la escala de una fotografía, en la cual se observa una ruta nacional cuyo ancho es de 7.20 m, y en la fotografía dicho segmento mide 2 mm:

$$E = \frac{d}{D} = \frac{0,002m}{7.2m} = \frac{1}{3600}$$

Los cuidados que hay que tener a la hora de determinar la escala por este método son: que los puntos a considerar tienen que estar lo más próximos al centro de la fotografía para evitar el efecto de las distorsiones, más notorias en la periferia de la fotografía; los puntos considerados deben estar sobre la misma cota y por último es común realizar varios cálculos con diferentes segmentos para así definir una escala media, tomando los promedios de los denominadores.

2) Por la relación Fotografía-Carta: Teniendo una Carta y una fotografía aérea de la misma zona es posible relacionar la escala de la carta con la escala de la fotografía.

Se identifican dos puntos sobre la fotografía y se determina la distancia entre ellos la que denominamos “d”, luego se hace lo mismo en la carta identificando los puntos homólogos definiendo la distancia “dc” y por ultimo aplicamos la relación:

$$\frac{E_{foto}}{E_{carta}} = \frac{d}{dc} \Rightarrow E_{foto} = \frac{d}{dc} \times E_{carta}$$

3) Por la relación Distancia Focal-Altura de vuelo: La relación distancia focal (distancia principal o simplemente focal) y la altura de vuelo definan la escala de una fotografía, donde:

$$E = \frac{f}{Hv} = \frac{f}{H - h}$$

Hv: Altura de vuelo

H: Altura respecto del nivel medio del mar (Altímetro del avión)

h: Cota del terreno

En zonas de llanura o de baja amplitud del relieve la escala resulta sencilla de determinar, pero en relieves montañosos será necesario definir una escala media a partir de definir una cota del terreno media con la ayuda de una carta.

Analizando la ecuación:
$$E = \frac{d}{D} = \frac{f}{Hv}$$

Si aumentamos la altura de vuelo, manteniendo constante la distancia focal, vemos que la escala disminuye; esto quiere decir que los objetos se ven mas chicos ya que se barre un área mas extensa de terreno. Si disminuimos la altura de vuelo, manteniendo constante la distancia focal, vemos que la escala aumenta; esto quiere decir que los objetos se ven mas grandes.

Si disminuimos la distancia focal, cambiando de cámara, también disminuye la escala y los objetos se ven más chicos ya que barre un área más extensa. En caso de que la distancia focal sea aumentada la escala aumenta y los objetos se ven más grandes.

Observando la figura 9, notamos que los segmentos M, R, N, S son de igual longitud en el terreno, pero los segmentos que le corresponden en la fotografía, es decir sus proyecciones, son iguales cuando están sobre el mismo plano y distintos cuando están en planos diferentes, así:

$$m = n \neq r \neq s.$$

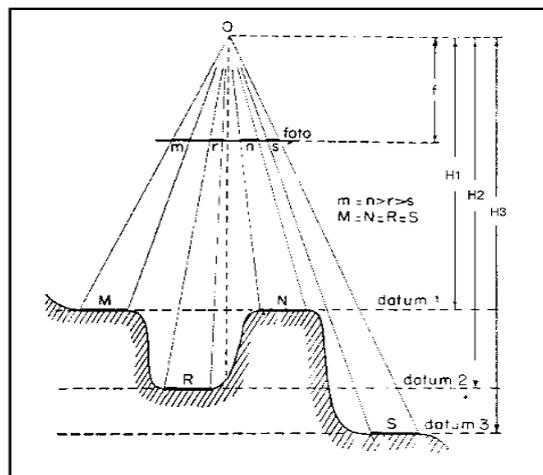
La conclusión es que cuando el terreno es accidentado, es decir, cuando hay diferencia de relieve, la escala no es constante en toda la fotografía.

$$\text{Datum 1} \rightarrow E1 = m / M = n / N = f / H1$$

$$\text{Datum 2} \rightarrow E2 = r / R = f / H2$$

$$\text{Datum 3} \rightarrow E3 = s / S = f / H3$$

$$E1 \neq E2 \neq E3$$



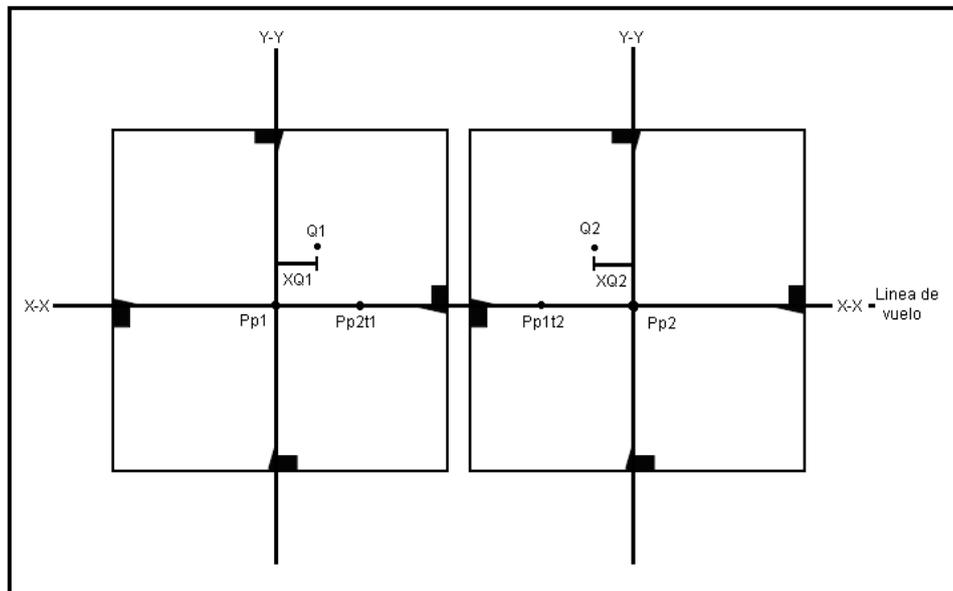
Escala variable por la existencia de relieve topográfico.

5- Paralaje y visión estereoscópica

La visión en relieve se logra por la visión simultánea de los objetos desde dos puntos de vista distintos, el correspondiente a cada ojo, separados una distancia llamada "interpupilar", y su coordinación mental. Es por ello que podemos apreciar distancias, espesores, profundidades, etc.

Podemos definir el concepto de **Paralaje**, de un punto u objeto como el desplazamiento relativo que sufre dicho punto u objeto al ser observado desde distinto ángulo.

Matemáticamente, la paralaje de un punto u objeto puede obtenerse como la diferencia, en valor absoluto, de las coordenadas de dicho punto medidas en cada fotografía $\rightarrow PXQ = |XQ1 - XQ2|$. (Figura 11)



Paralaje del punto Q

Un aspecto fundamental a tener en cuenta es que la paralaje de un punto se halla relacionada directamente con la elevación de dicho punto en el terreno.

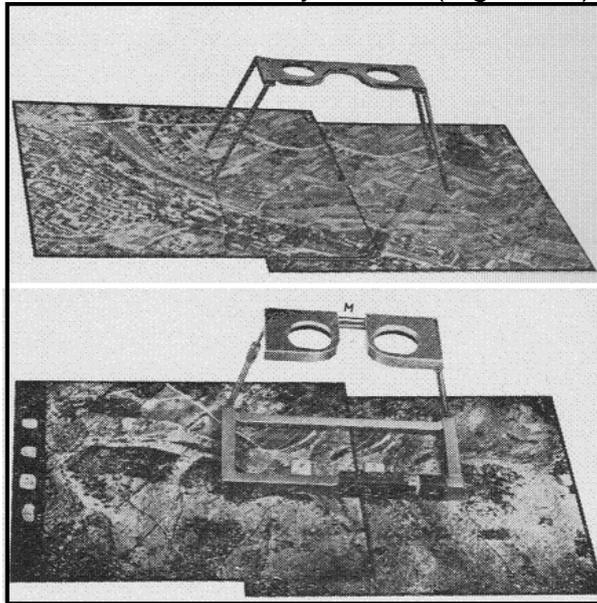
Concluimos diciendo que porque existen deformaciones en el terreno (relieve topográfico), existe la paralaje de cualquier punto observado y esto nos permite determinar gracias a la fórmula de diferencia de paralaje la elevación de un objeto con respecto a un plano de referencia cualquiera.

La analogía que se pretende plantear es que a partir de la toma de fotografías aéreas verticales sucesivas, a escala aproximadamente constante, separadas una cierta distancia, llamada aerobase (B), con un solape longitudinal del 60% (2/3 partes del terreno fotografiado en la primera esta contenido en la siguiente), es posible lograr la visión estereoscópica o en tres dimensiones.

Existen ciertos aparatos especiales que nos permiten observar dos fotografías sucesivas que se denominan Estereoscopios. Con ellos es posible lograr la coordinación mental necesaria para la visión estereoscópica es decir obtener una imagen virtual tridimensional de los objetos fotografiados. Existen diversos tipos de estereoscopios siendo los más comunes los estereoscopios de bolsillo y los de espejo.

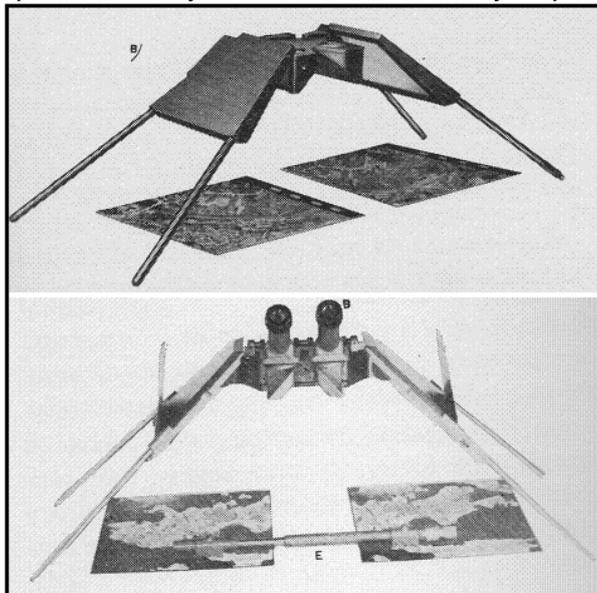
Los estereoscopios de bolsillo consisten en dos lentes de poco aumento, separados entre sí unos 6,50 cm. (la distancia interpupilar); poseen la ventaja

de ser pequeños, de fácil transporte, bajo costo y buena claridad de imagen. Como inconvenientes tenemos que son incómodos a la hora de trabajar mucho tiempo, generan un pequeño campo visual y la incomodidad de realizar anotaciones en las fotos debido a su baja altura. (Figura 12)



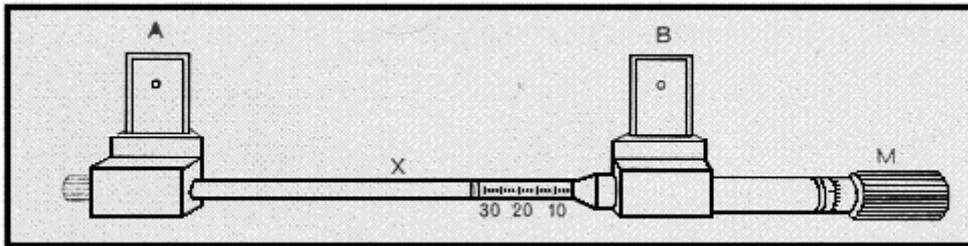
Estereoscopio de bolsillo

Los estereoscopios de espejo poseen dos lentes con aumento, con la distancia interpupilar regulable, además de dos prismas de reflexión que transmiten el haz luminoso transmitido a su vez por unos espejos laterales que reflejan toda o casi toda la zona de estereovisión. Este aparato lleva incorporado unos prismas de aumento extra, lo que permite definir un gran nivel de detalle; poseen la ventaja de la cómoda postura del observador, gran campo visual y fácil anotación de los datos. Los inconvenientes radican en su tamaño, que lo hacen difícil de transportar, ya que son preferentemente utilizados en gabinete y no en campo o expediciones, y son de un costo muy superior.



Estereoscopio de espejos.

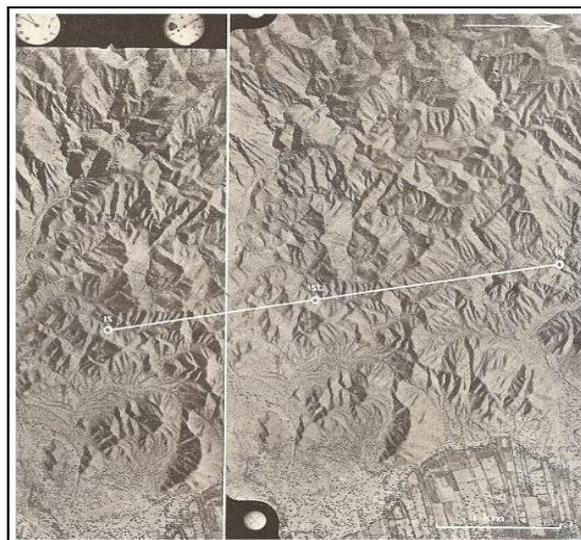
Otro de los elementos fundamentales para la determinación de las características geométricas de los objetos es la regla de paralaje; este instrumento permite realizar mediciones con una exactitud de una décima de milímetro (0,01 mm); consiste en una barra que tiene dos cristales solidarios a ella con una marca, uno de ellos esta fijo mientras que el otro es posible moverlo mediante un tornillo sinfín el cual se encuentra relacionado con un vernier que permite obtener directamente la distancia entre los objetos. Además trabajando con las fotografías separadas, una cierta distancia cualquiera, es posible medir las distancias que existen entre puntos homólogos en ambas fotografías sucesivas, que será de mucha utilidad para la determinación de alturas por la fórmula de diferencia de paralaje que mas adelante detallaremos. (Figura 14)



Barra de paralaje.

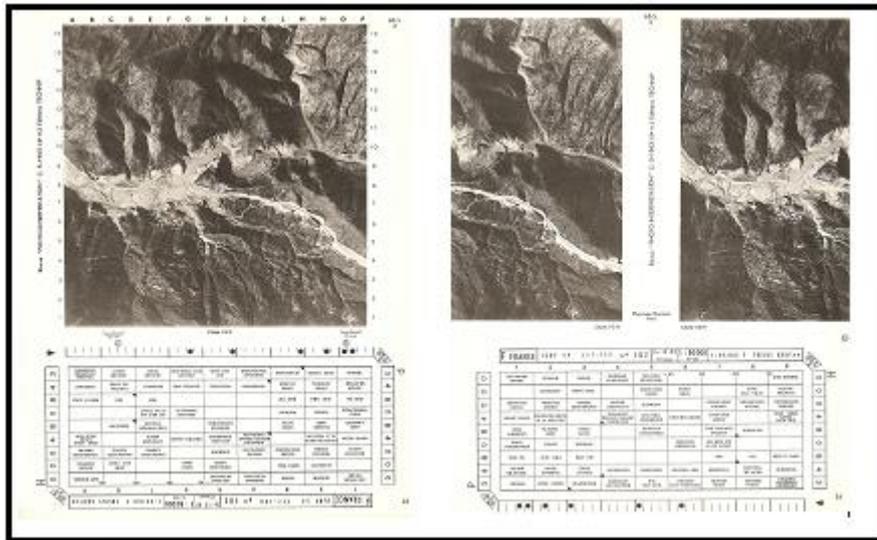
Dos fotografías aéreas sucesivas forman un “Par estereoscópico” pero para ser utilizadas en estereovisión es imprescindible que cumplan ciertos requisitos:

- a) La escala en ambas fotografías debe ser aproximadamente igual
- b) El solape longitudinal, entre fotos sucesivas, debe ser de 60 %.
- c) El Rumbo del avión debe ser lo mas constante posible.
- d) El eje óptico debe coincidir con la vertical del lugar o diferir como máximo en 2° .



Par estereoscópico. Obsérvense las marcas fiduciales, la Línea de vuelo y el reloj del altímetro del avión.

Existen también los llamados estereo-triples o tripletas estereoscópicas las cuales consisten en una fotografía central y dos porciones de las fotografías anterior y posterior, de tal manera que se pueda observar toda la fotografía central, o gran parte de ella, en estereovisión.



Estereo-triple.

6- Deformación debida al relieve

Como sabemos las fotografías aéreas están tomadas con un sistema de proyección cónico, siendo la cámara el centro de perspectiva.

Si consideramos un objeto cualquiera de altura Δh , el cual se encuentra situado por encima del plano de referencia π , en la fotografía aparecerá representado como un segmento orientado desde el centro hacia la periferia. Es a ese segmento en la fotografía al que se lo denomina Deformación debida al relieve (dr).

Para la deducción de la formula de deformación debida al relieve vamos a tener en cuenta un objeto vertical definido por AB, cuya altura Δh , deseamos conocer.

fotografía hasta la parte superior del objeto (r); por ello si aumenta el segmento (r) aumentara la deformación debida al relieve (dr), o lo que es lo mismo, a medida que nos alejamos del centro de la fotografía la deformación debida al relieve aumenta.

La deformación debida al relieve (dr) es directamente proporcional a la diferencia de altura del objeto (Δh); es decir, que cuanto mas alto sea un objeto mayor será la deformación debida al relieve.

Y por último, la deformación debida al relieve es inversamente proporcional a la altura de vuelo (H); es decir que a mayor altura de vuelo será menor la deformación debida al relieve. Es por ello que se usan fotografías aéreas para medir diferencias de altura y no imágenes satelitarias, ya que la altura de vuelo en los satélites es muy grande (700 a 900 Km.).

Método práctico para determinar Δh

Los pasos prácticos para determinar la diferencia de altura entre dos puntos A y B que se hallan sobre la misma vertical, en una fotografía son los siguientes:

1º) Medimos los segmentos (dr) y (r) en la fotografía.

2º) Conociendo la escala (E) y la distancia focal (f) determinamos la altura de vuelo (H).

3º) Aplicando la formula de deformación debida al relieve, despejando la diferencia de altura (Δh) obtenemos la altura del objeto estudiado.

Fotobase ajustada a un plano.

El concepto de fotobase ajustada a un plano nos interesa por la relación que tiene con el paralaje de un punto y éste concepto es importante para determinar la fórmula de diferencia de paralaje.

Recordando los conceptos dados en "Elementos de fotogrametría", habíamos definido como Aerobase (B) a la distancia que hay entre dos tomas sucesivas y a la Fotobase (b) como la proyección de la aerobase en la fotografía.

Sabemos que cuando el terreno es perfectamente plano la escala es constante en toda la fotografía y puede ser expresada como el cociente entre un segmento medido en la fotografía y lo que representa en verdadera magnitud en el terreno o como el cociente entre la fotobase (b) y la aerobase (B). (Figura 18)

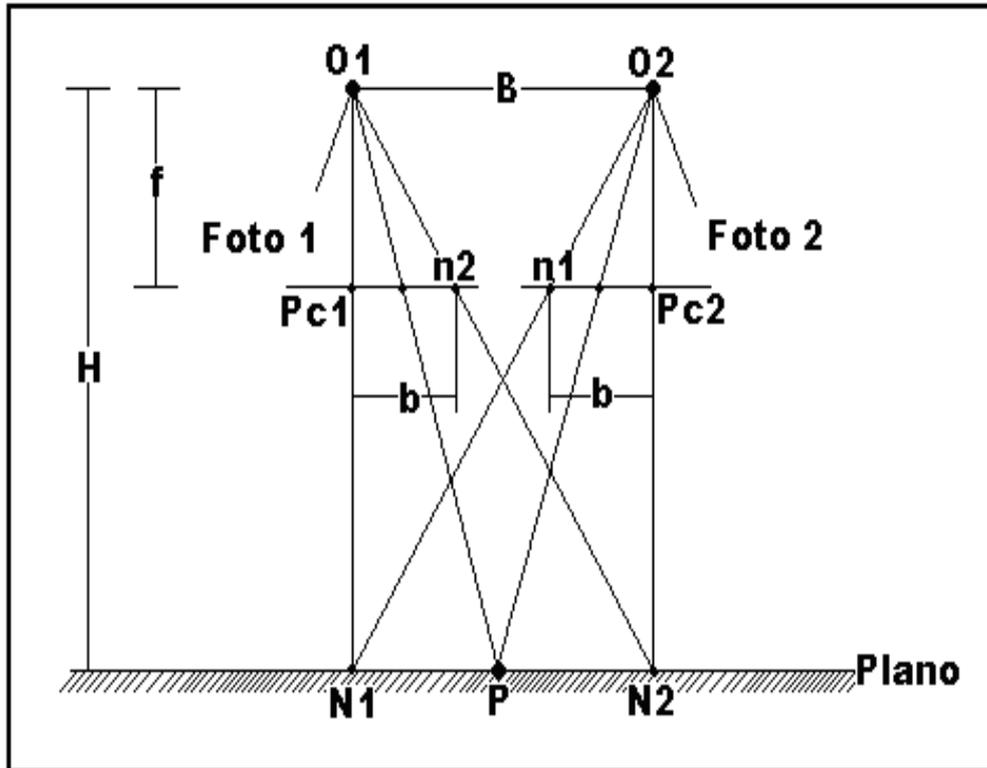
$$E = \frac{d}{D} = \frac{b}{B} = CTE$$

La **fotobase (b) permanece constante** y es igual en las fotografías sucesivas.

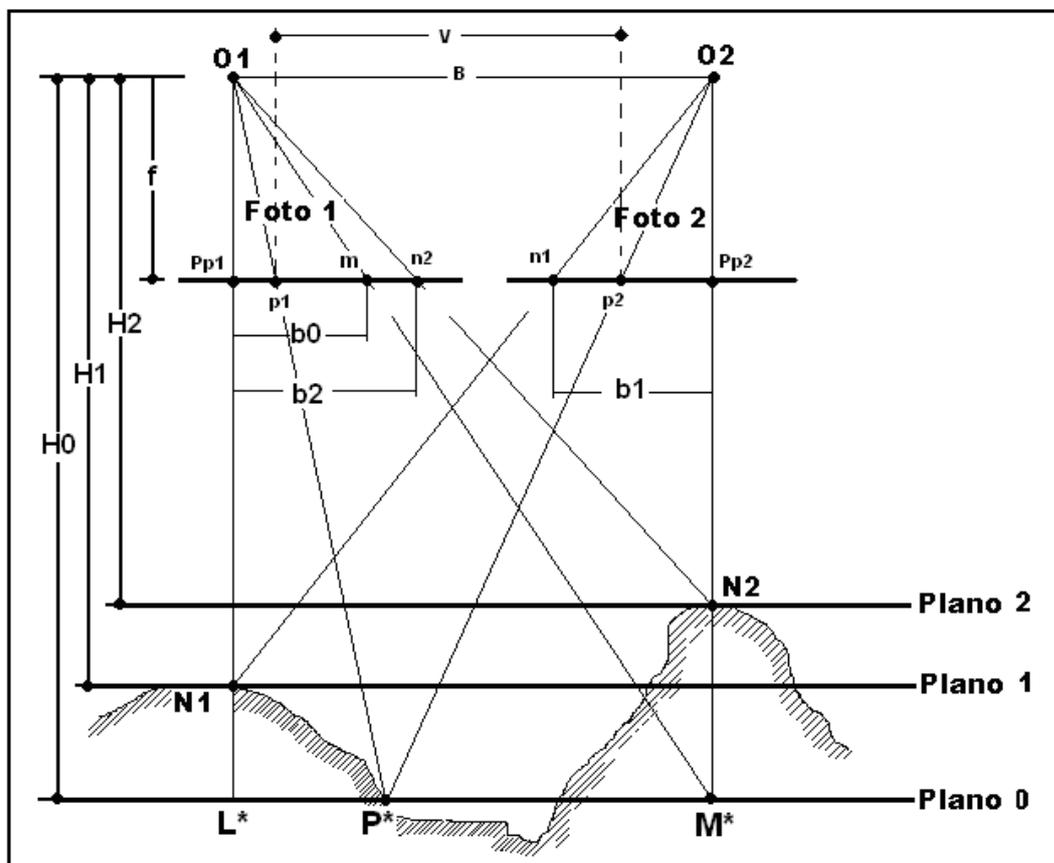
$$b = B * E = CTE$$

Ahora cuando tenemos un relieve topográfico la escala ya no es constante en toda la fotografía (solo es constante para los puntos que se encuentran sobre el mismo plano).

De esta manera, aunque la aerobase (B) sea una constante en una foto existirán **distintas fotobases**, una para cada plano horizontal considerado. (Figura 19)



Fotobase ajustada a un plano.



Fotobase ajustada terreno accidentado.

Observando la foto 1, el segmento $Pp1n2$ es la fotobase ajustada al plano 2, es decir, b_2 .

Observando la foto 2, el segmento $Pp2n1$ es la fotobase ajustada al plano 1, es decir, b_1 .

Por lo tanto podemos afirmar que existe una fotobase ajustada a cada plano considerado, y además es única para cualquier punto perteneciente a dicho plano

$$b_i \rightarrow \pi_i$$

Ahora si observamos el punto P, éste está contenido en un plano 0, su fotobase ajustada (b_0) está representada por el segmento $Pp1m$, pero como el punto M^* no se lo observa en ninguna fotografía porque está dentro de la montaña, expresamos la fotobase ajustada como la suma de los segmentos $Pp1P1 + P1m$.

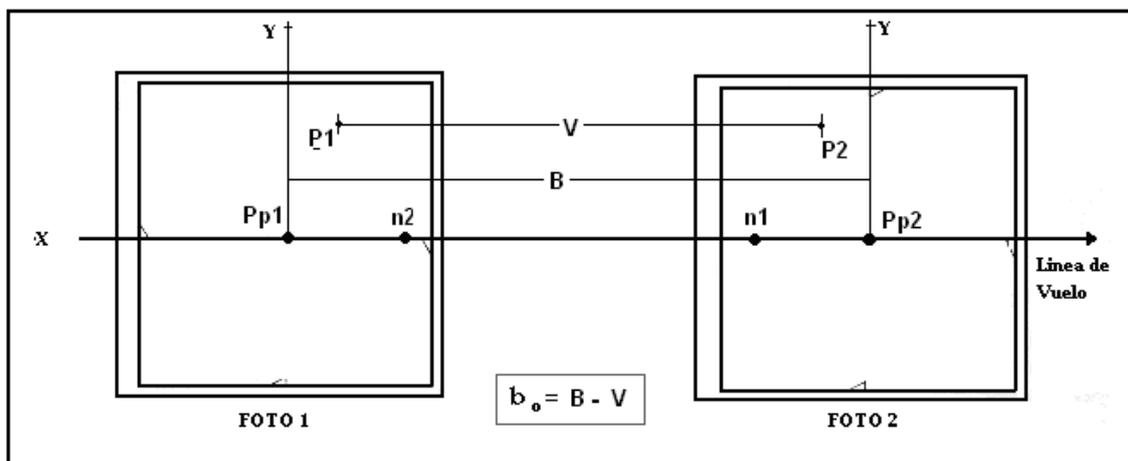
$$b_0 = Pp1P1 + P1m.$$

Observemos que los triángulos P^*O1M^* y P^*O2M^* poseen igual base (P^*M^*) e igual altura de vuelo (H_0), por lo tanto podemos ver que el segmento $P1m$, en la fotografía 1, es igual al segmento $P2Pp2$, en la fotografía 2. Con lo que concluimos diciendo que la fotobase ajustada al plano 0, es:

$$b_0 = Pp1P1 + Pp2P2$$

De modo que podemos expresar a la fotobase ajustada al plano 0 como:

$$b_0 = B - V$$



Determinación de los segmento B y V con las fotografías montadas

“Por último es necesario darse cuenta que determinar la fotobase ajustada a un plano 0 ($b_0 = B - V$), no es otra cosa que determinar la diferencia entre las coordenadas del punto P, tomadas en valor absoluto ($PXp = |Xp1 - Xp2|$). En definitiva la paralaje de un punto es igual a la fotobase ajustada al plano que contiene dicho punto.”

Método Práctico para determinar la Fotobase Ajustada (bo) a un Plano (π_0).

Para determinar la fotobase ajustada a un plano π_0 que contiene a un punto genérico P se puede seguir el siguiente procedimiento:

- 1º) Marcar los centros de cada foto siguiendo sus marcas fieles (Pp_1 y Pp_2)
- 2º) Transferir dichos centros a las fotos contiguas ($n1$ y $n2$)
- 3º) Definir la línea de vuelo de cada fotografía.
- 4º) Montar las dos fotografías respetando la alineación de vuelo y fijarlas a una determinada distancia genérica.
- 5º) Identificar en ambas fotos el punto P ($P1$ y $P2$). El punto P está ubicado sobre el plano π_0 del cual se desea determinar la fotobase b_0
- 6º) Medir las distancias B y V paralelas a la línea de vuelo. Observe que la diferencia entre B y V nos da directamente el valor de la fotobase, independientemente de la distancia a la que se encuentren las fotos.
- 7º) Calcular la fotobase b_0 como: $b_0 = B - V$

Formula de Diferencia de Paralaje

La diferencia de paralaje es importante porque nos permite calcular la diferencia de altura entre dos puntos visibles en dos fotografías aéreas sucesivas.

Supongamos que deseamos calcular la diferencia de altura que existe entre P y Q, tomando como referencia el punto mas bajo de los dos P.

Habíamos dicho que la paralaje de un punto no es mas que la fotobase ajustada al plano que contiene a dicho punto, entonces podemos escribir:

$$Pxp = bp = \frac{B * f}{Hp} \quad ; \quad Pxq = bq = \frac{B * f}{Hq} \quad \text{y} \quad \Delta H = Hp - Hq$$

Por lo tanto la diferencia de paralaje no es mas que la diferencia entre las fotobases bp y bq , tal que:

$$\Delta Px = |Pxq - Pxp| = bq - bp$$

$$\Delta Px = \frac{B * f}{Hq} - \frac{b * f}{Hp} = \frac{Bf(Hp - Hq)}{Hq * Hp} = \frac{B * f * \Delta H}{Hq * Hp}$$

Reagrupando en términos conocidos, podemos escribir:

$$\Delta Px = \frac{B * f}{Hp} * \frac{\Delta H}{Hq} = bp * \frac{\Delta H}{Hq}$$

Como $Hq = Hp - \Delta H$ resulta:

$$\Delta Px = bp * \frac{\Delta H}{(Hp - \Delta H)}$$

Operando matemáticamente para despejar Δh :

$$\Delta H = \frac{\Delta Px * Hp}{bp + \Delta Px}$$

ç

Esta ecuación permite calcular la diferencia de altura entre dos puntos P y Q, tomando como plano base al que contiene al punto P.

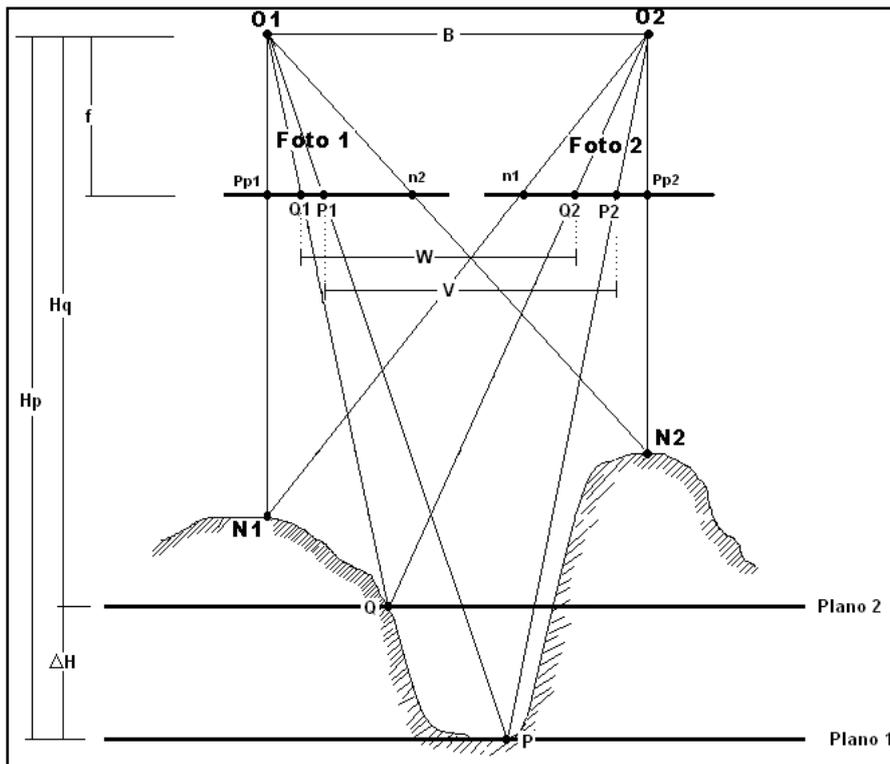
La diferencia de paralaje ΔPx , se calcula de la siguiente manera:

$$bp = B - V \quad \text{y} \quad bq = B - W$$

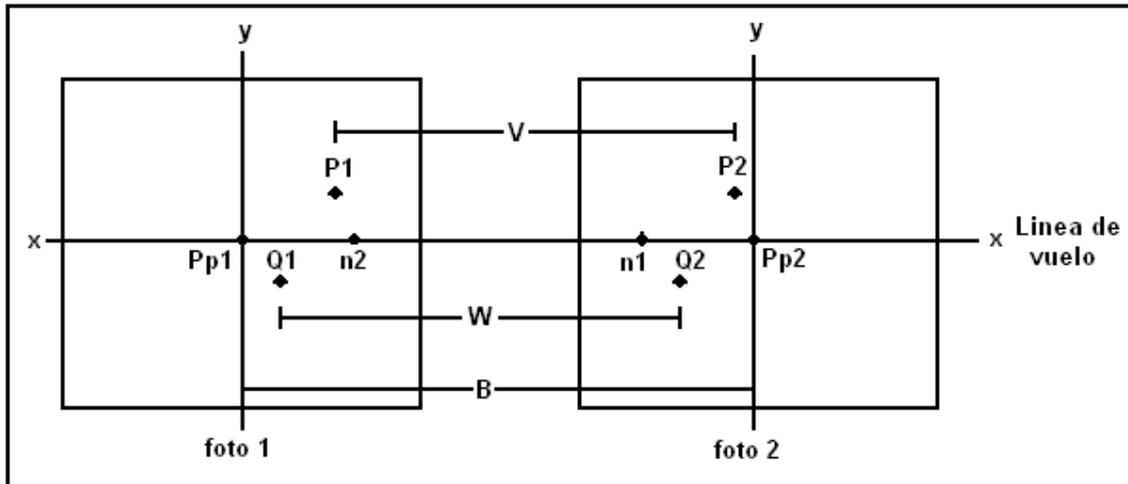
De modo que:

$$\Delta Px = bq - bp = (B - W) - (B - V) = V - W$$

Como se indica en las Figura 21 y 22.



Determinación de la formula de diferencia de paralaje



Determinación práctica de la diferencia de paralaje

Procedimiento Práctico para medir la Diferencia de Paralaje

Es decir, para determinar la diferencia de altura entre dos puntos P y Q debemos seguir el siguiente procedimiento:

- 1º) Marcar los centros de cada foto siguiendo sus marcas fieles (Pp₁ y Pp₂)
- 2º) Transferir dichos centros a las fotos contiguas (n₁ y n₂)
- 3º) Definir la línea de vuelo de cada fotografía uniendo los puntos principales con los transferidos
- 4º) Montar las dos fotografías respetando la alineación de vuelo y fijarlas a una determinada distancia genérica.
- 5º) Identificar dos puntos P y Q entre los cuales se desee determinar la diferencia de altura. El punto P debe pertenecer a un plano, donde se conoce la altura de vuelo (Hp) y la fotobase ajustada (bp).
- 6º) Medir la distancia (V) entre P1 y P2 según una dirección paralela a la línea de vuelo (ver Figura N° 22)
- 7º) Medir la distancia (W) entre Q1 y Q2 según una dirección paralela a la línea de vuelo (ver Figura N° 22).
- 8º) Calcular Δp_x utilizando $\rightarrow \Delta p_x = V - W$
- 9º) Calcular Δh utilizando $\rightarrow \Delta H = \frac{\Delta P_x * H_p}{b_p + \Delta P_x}$

Bibliografía

“Fotogeología aplicada” – Henry S. de Römer-1969 – Editorial Universitaria de Bs.As.-Argentina.

“Introducción a la fotogrametría”- Ministerio de obras publicas y transporte, Centro interamericano de fotointerpretación- 1984. Bogotá-Colombia