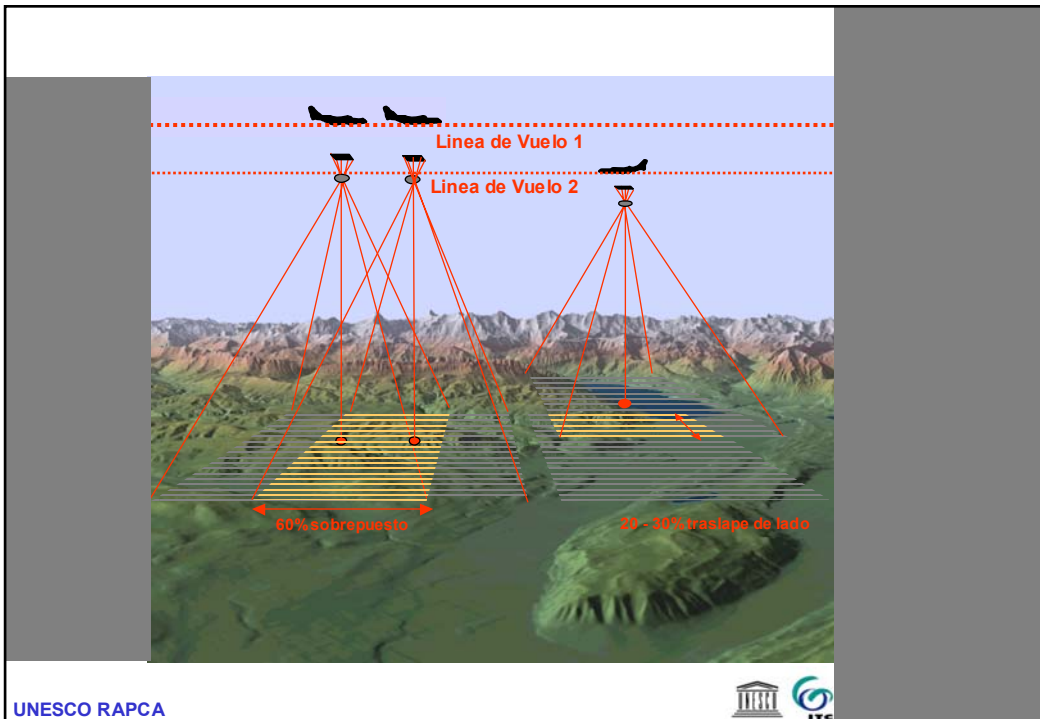
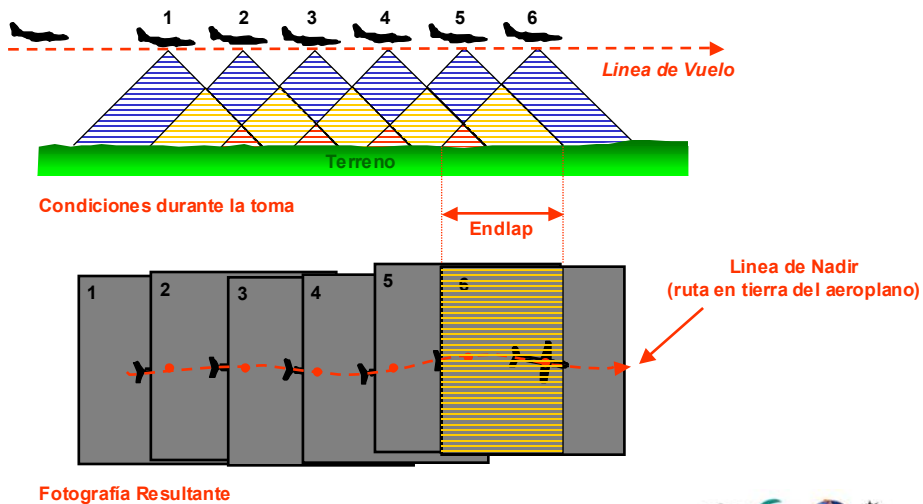


# Correcciones Geométricas



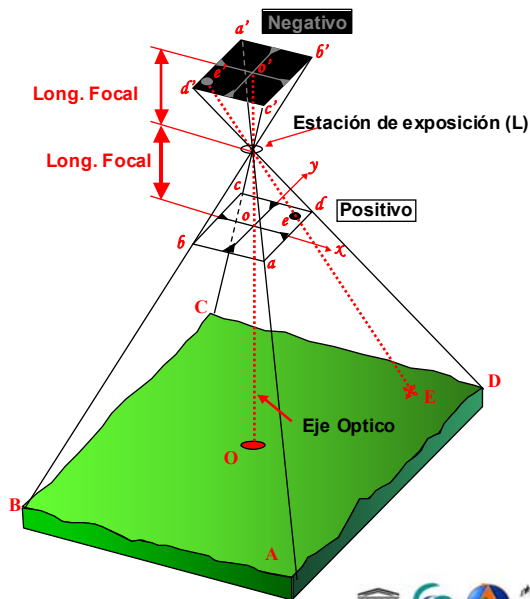
## Cobertura fotográfica a través de una Línea de Vuelo



UNESCO RAPCA

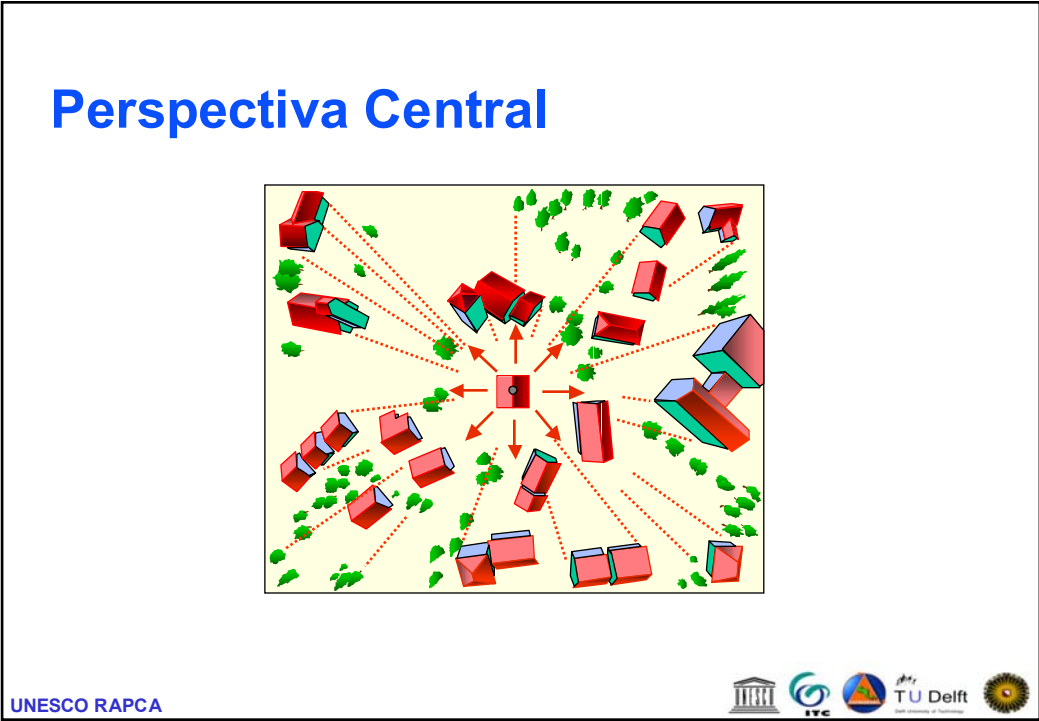
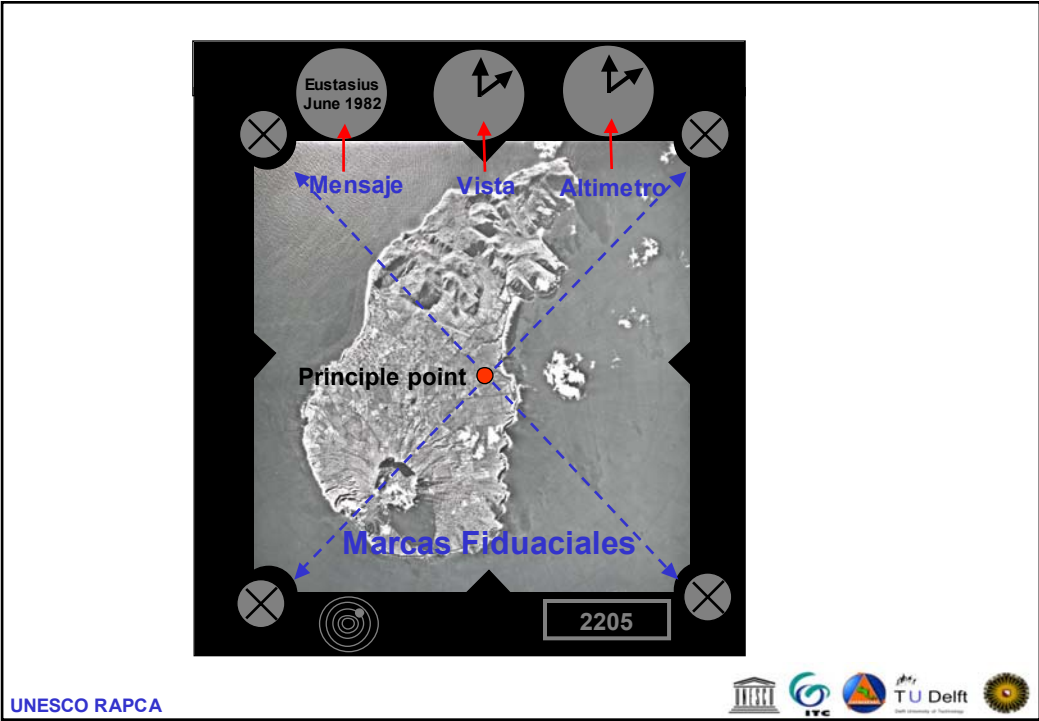


## Elementos Geométricos de una Foto aérea



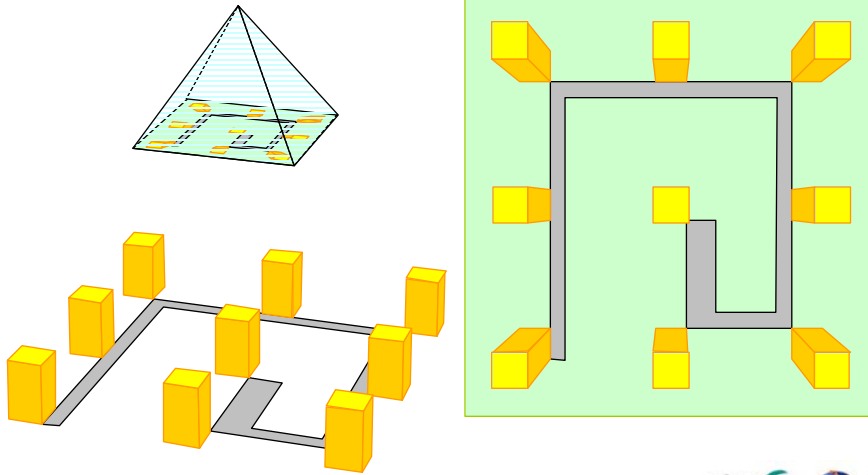
UNESCO RAPCA





# Fotografía

## Proyección Central



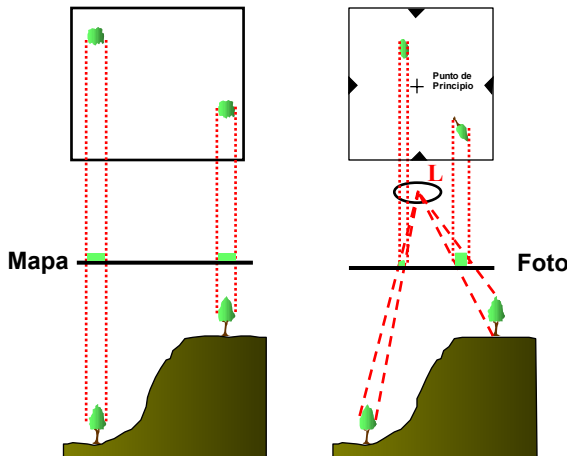
UNESCO RAPCA



# Geometría de la Foto y el Mapa

## Proyección Ortogonal

## Proyección Perspectiva Central



- Escalas Variada
- Desplazamiento del Relieve

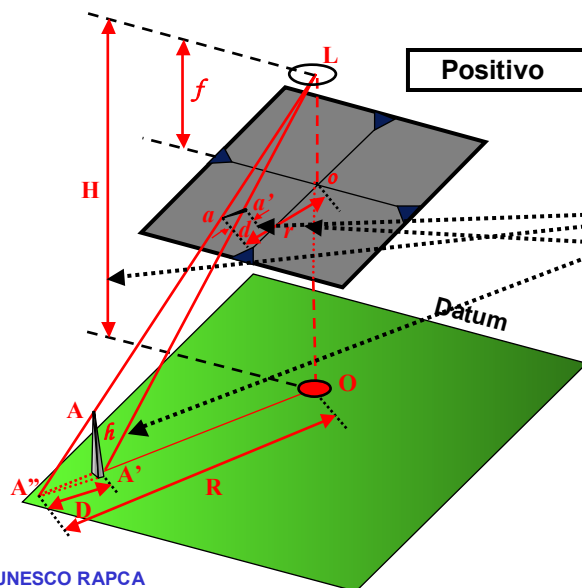
Resultado:

Diferente tamaño, forma y ubicación de los objetos estáticos

UNESCO RAPCA



## Desplazamiento del Relieve



Positivo

Ocurre para puntos en el terreno donde la elevación esta arriba o abajo de la elevación de referencia (en el O)

Puede ser usado para calculos de Alturas (h):

$$h = \frac{dH}{r}$$

$d = 2.01 \text{ mm.}$

$H$  (Altura de Vuelo) = 1220 mtr.

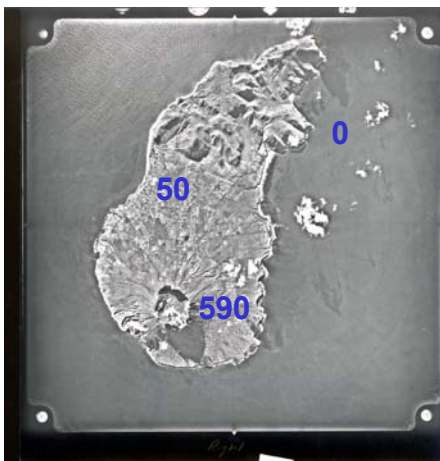
$r = 56.43 \text{ mm.}$

$h = 43.45 \text{ mtr.}$

UNESCO RAPCA



## Escala



Cerca a la cámara = Escala mas Grande

$$S = \frac{H - h}{f}$$

$S$  = Escala

$f$  = Longitud Focal (15.323 cm)

$H$  = Longitud de vuelo (6200 mtr.)

$h$  = Altura Local del terreno

Escala sobre el nivel del Mar (0 mtr.):

**1:40.462**

Escala de 50 mtr. Elevación del Terreno:

**1:40.136**

Escala en el tope del volcán (590 mtr.)

**1:36.612**

UNESCO RAPCA



### Cambio en las posiciones de los objetos estacionarios debido al cambio en la posición de vista

**Paralaje del Punto A**

$$Pa = x_a - x'_a$$

**Pa = El paralaje del punto A**

$x_a =$  La medida de la coordenada X de la imagen A en la foto izquierda

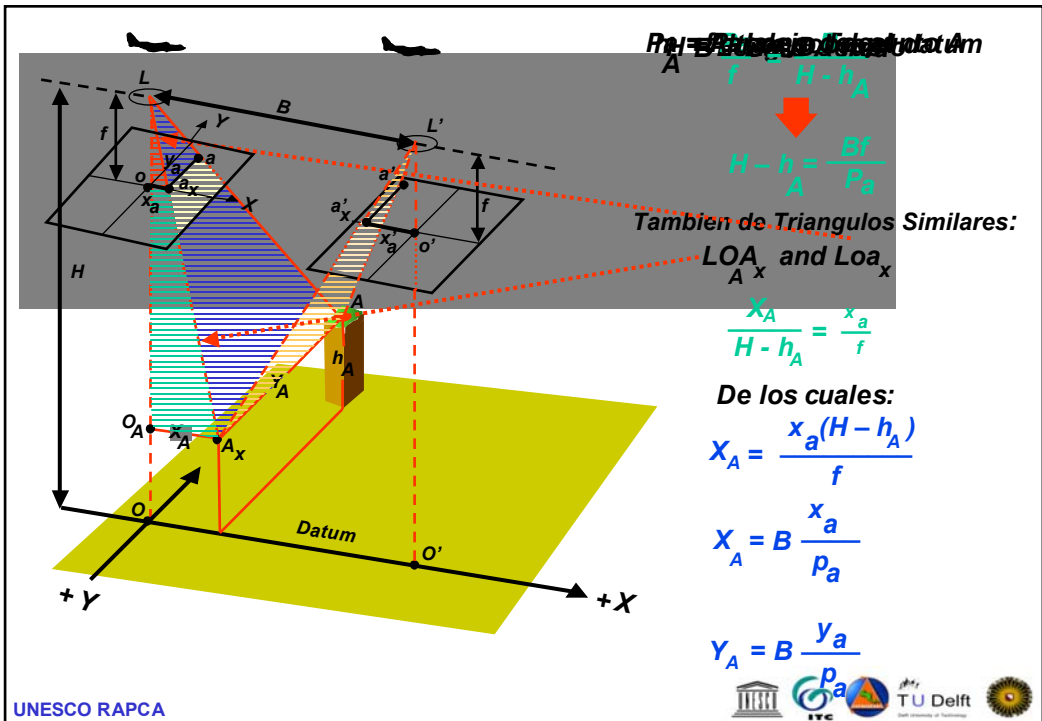
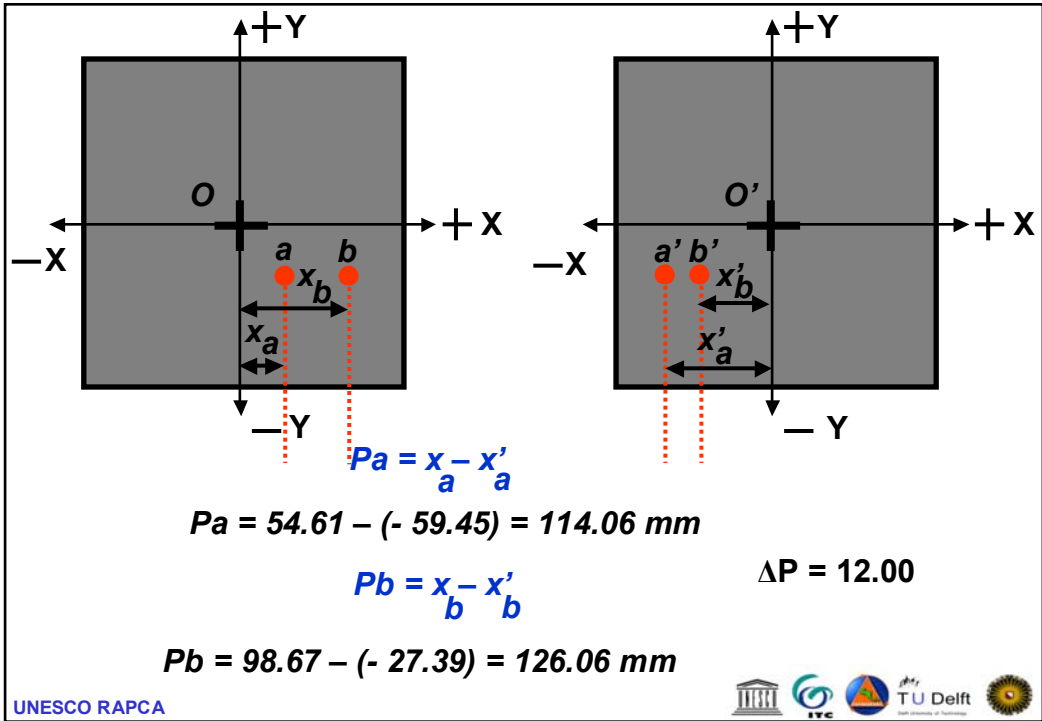
$x'_a =$  La medida de la coordenada x de la imagen A en la foto derecha

UNESCO RAPCA

### Paralaje de la Imagen

**Desplazamientos de paralaje ocurren solo paralelos a la línea de vuelo epipolar (no paralaje en Y)**

UNESCO RAPCA



$$X_A = B \frac{x_a}{p_a}$$

$$Y_A = B \frac{y_a}{p_a}$$

→ Ecuaciones de Paralaje

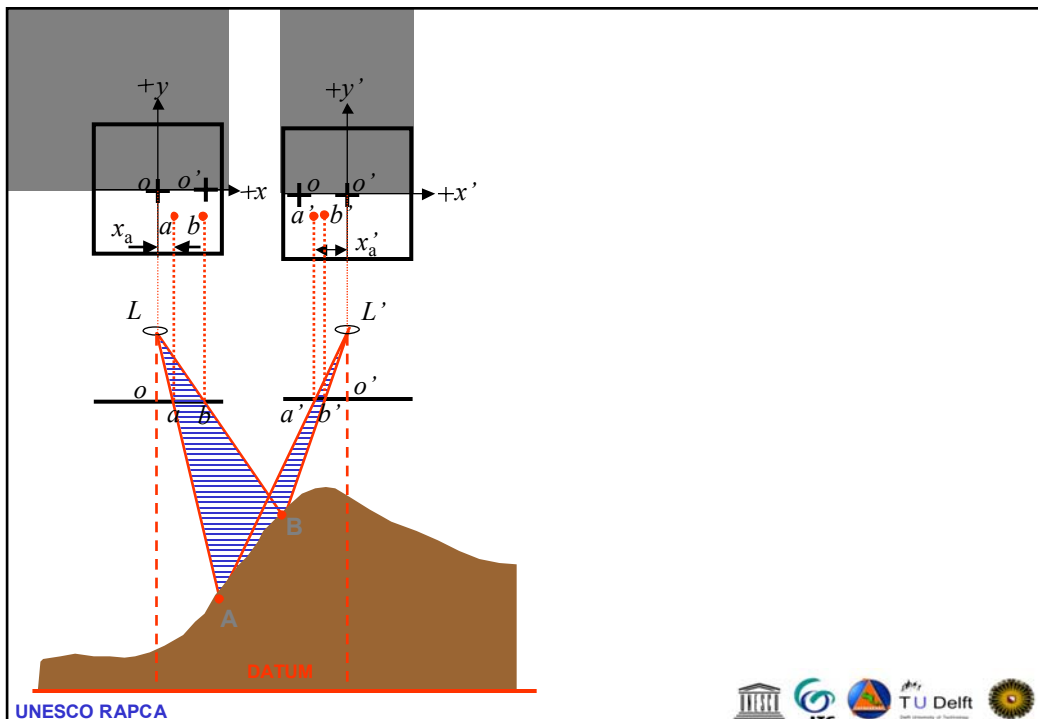
**X and Y** Son coordenadas en tierra de un punto con respecto a un sistema de coordenadas arbitrario donde el origen esta verticalmente bajo la estación de exposición izquierda y con x positivo en la dirección del vuelo

**p** Es el paralaje del punto en cuestión

**x and y** Son las fotocoordenadas del punto **a** sobre la foto de la mano izquierda

El principal supuesto hecho en la derivación de estas ecuaciones es que las fotos son **verticalmente verdaderas** y que ellas son tomadas desde la **misma altura de vuelo**.

UNESCO RAPCA



UNESCO RAPCA



## Triangulación Fotogramétrica

### Que es?

- Incrementar la densidad de cualquier control en tierra que tu tengas; llamado "Extensión de los puntos de control"

### Que hace?

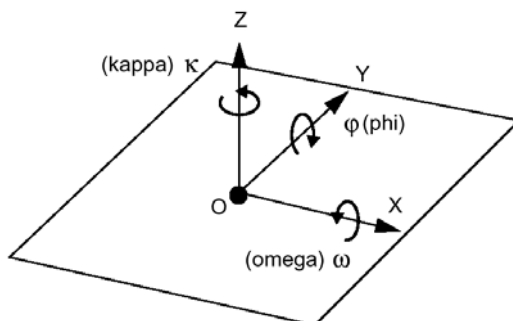
- Calcula valores de coordenadas para cualquier punto medido en dos o mas imágenes (tie points)

-Calcula la posición y orientación para cada estación de cámara

UNESCO RAPCA



## Triangulación Fotogramétrica



Calcula la posición de cada estación de cámara

- X,Y and Z (donde Z es la altura de vuelo)

- Omega ( $\omega$ )

- Phi ( $\rho$ )

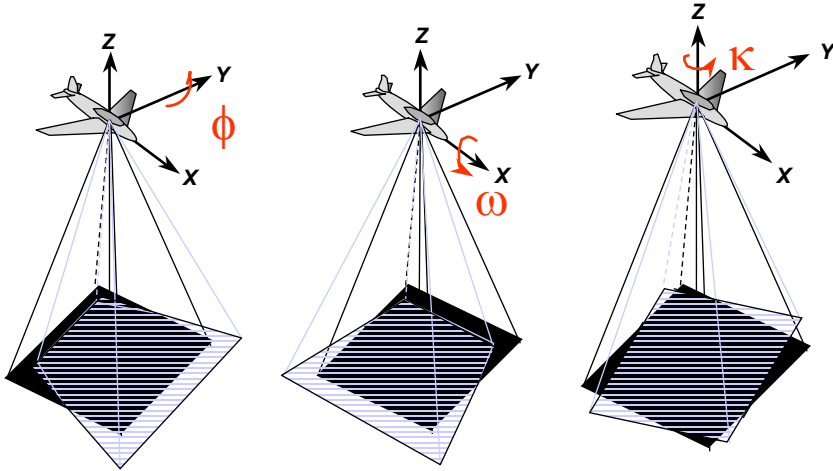
- Kappa ( $\kappa$ )

UNESCO RAPCA



# Fotografías Aéreas

$\kappa, \phi, \omega$  Deformations

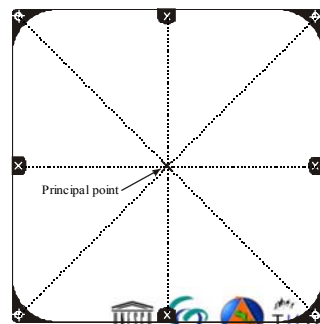
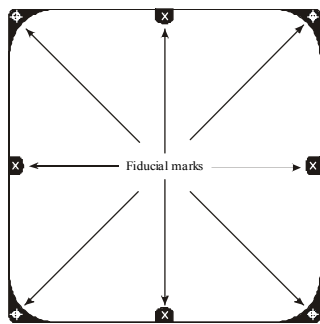


UNESCO RAPCA



# Orientación Interior

- Film: Co-ordenadas son medidas en micrones (Sistema de coordenadas de la imagen)
- Imagen Digital : Co-ordenadas son medidas en pixeles (Sistema de Coordenadas de Pixel)
- Usando puntos fiduciales se pueden establecer relaciones lineales entre las coordenadas del film y la imagen

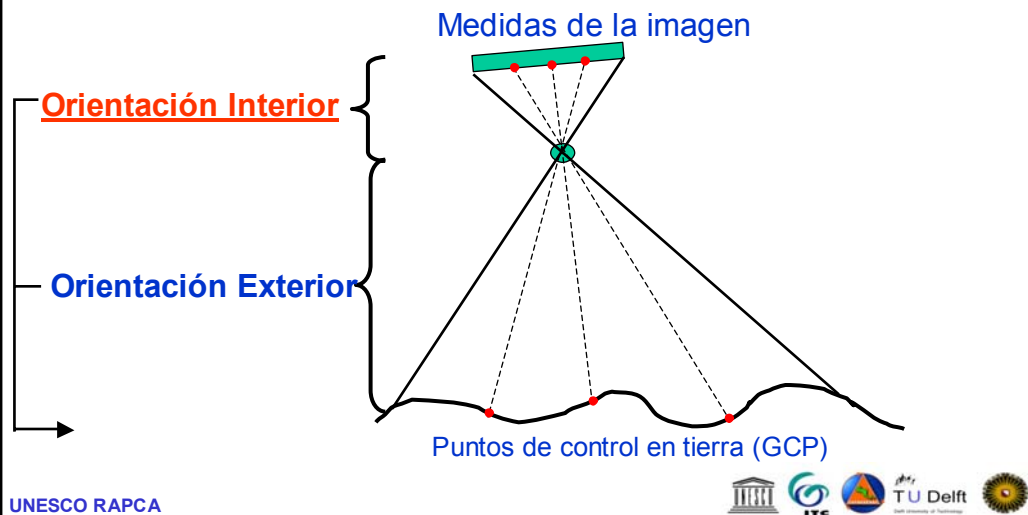


UNESCO RAPCA



# Triangulación Fotogramétrica

## ● Como hacerla?

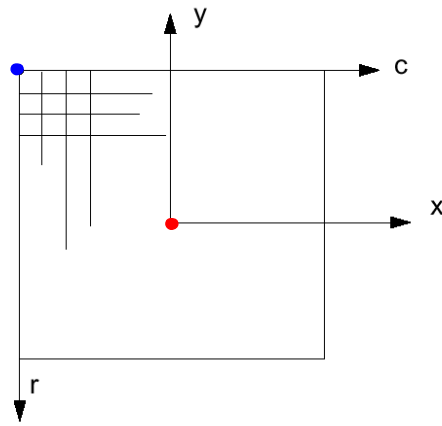


## Orientación Interior

- **Objetivo:** La orientación interior modela la geometría de la cámara.
  - Longitud Focal de Lentes
  - Origen del Sistema de Coordenadas (Punto principal)
  - Distorsión radial de lentes
- **Sistemas de Coordenadas**
  - Establece la relación entre la posición en la imagen (pixel) y la correspondiente posición en la cámara (mm)  
Las coordenadas de los puntos fiduciales en la cámara son conocidos.

## Orientación Interior

Relaciones entre



**Coordenadas de Pixel**

$(r, c)$

**y**

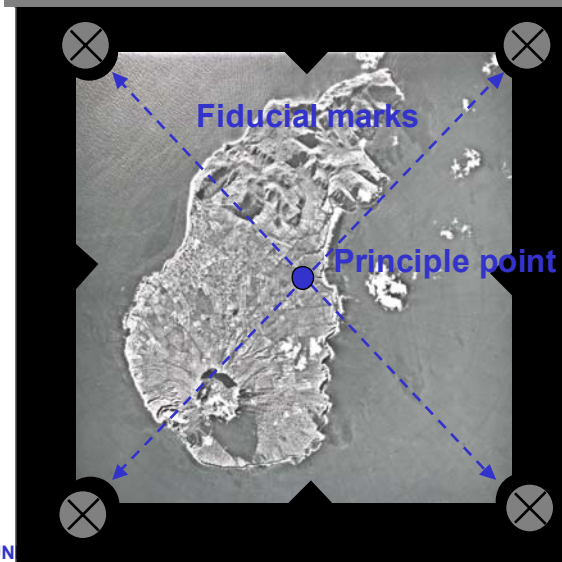
**Coordenadas de Imagen  
(en la cámara)**

$(x, y)$

UNESCO RAPCA



## Orientación Interior: Imagen usada durante demostración



### Detalles:

Escala promedio de la Foto:

**1:40,500**

Resolución de escaneo:

**300 DPI**

Resolución en tierra por pixel:

**$(2.54 / 300) * 405 =$   
**3.43 m.****

UN



## Orientación Interior

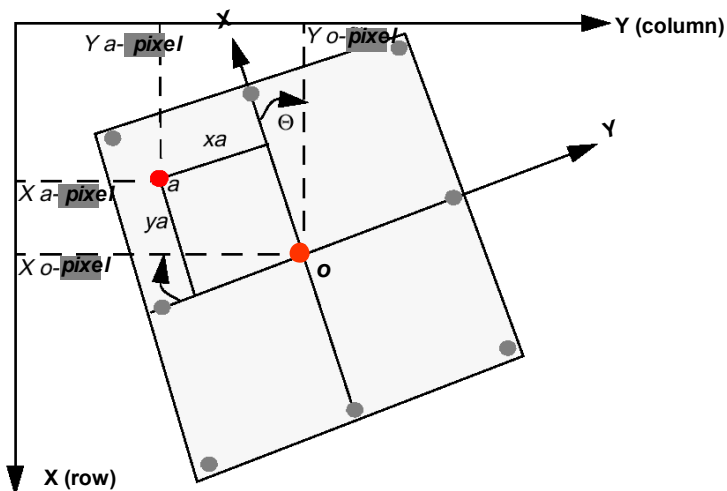
- Film: Co-ordenadas son medidas en micrones (Sistema de coordenadas de la imagen)
- Imagen Digital : Co-ordenadas son medidas en pixeles (Sistema de Coordenadas de Pixel)
- Usando puntos fiduciales se pueden establecer relaciones líneales entre las coordenadas del film y la imagen

UNESCO RAPCA



## Orientación Interior

### Sistema de Coordenadas de Pixel vrs Sistema de Coordenadas de Imagen



UNESCO RAPCA



## Orientación Interior

### - Información de calibración de cámara

- Obtenida de “Certificado de calibración de cámara”

#### - Elementos:

- Longitud Focal
- Coordenadas fiduciales
- Ubicación del Punto Principal
- Distorsión Radial de Lentes

UNESCO RAPCA



## Orientación Exterior

- **Objetivo:** Establecer relación entre el sistema de coordenadas de la imagen digital (pixel) y el Sistema de coordenadas del mundo real (latitud y longitud)
- **Puntos de control en tierra**
  - Identificables visualmente
  - Preferentemente en múltiples imágenes
  - Bloques de imágenes grandes necesitan menos control por imagen
  - Necesaria buena distribución en X,Y y Z
  - Tipos de Control:
    - Completa (X,Y,Z)
    - Horizontal (X,Y)
    - Vertical (Z)

UNESCO RAPCA



# Desplazamiento de relieve

A: Punto en terreno

$A_m$ : Posición en mapa de A

$A_i$ : punto en el plano de referencia con la misma ubicación en la imagen

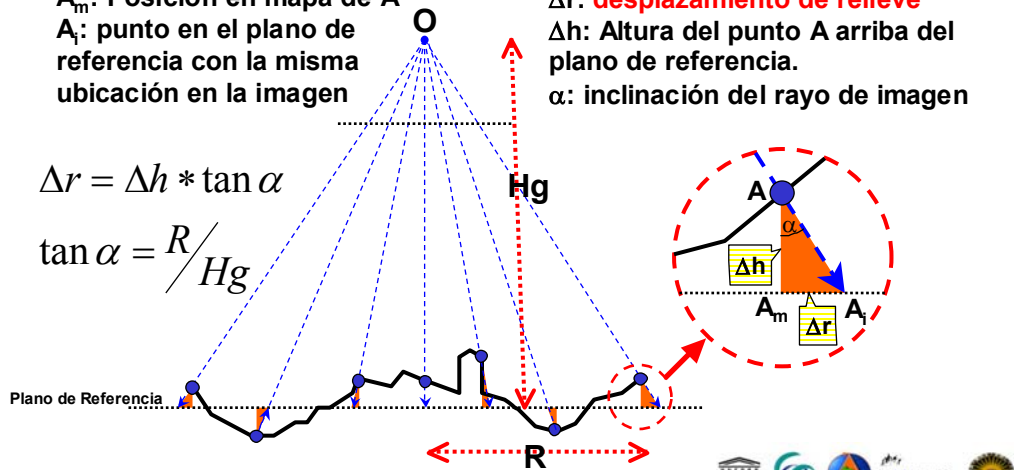
$\Delta r$ : desplazamiento de relieve

$\Delta h$ : Altura del punto A arriba del plano de referencia.

$\alpha$ : inclinación del rayo de imagen

$$\Delta r = \Delta h * \tan \alpha$$

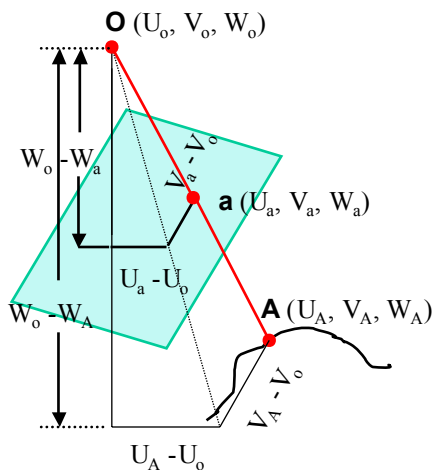
$$\tan \alpha = R / Hg$$



UNESCO RAPCA



# Condición de Colinealidad



O: Centro de Proyección

A: Punto en tierra

a: Imagen de A en la fotografía

De triángulos similares:

$$\frac{U_A - U_o}{U_a - U_o} = \frac{V_A - V_o}{V_a - V_o} = \frac{W_A - W_o}{W_a - W_o} = s_a$$

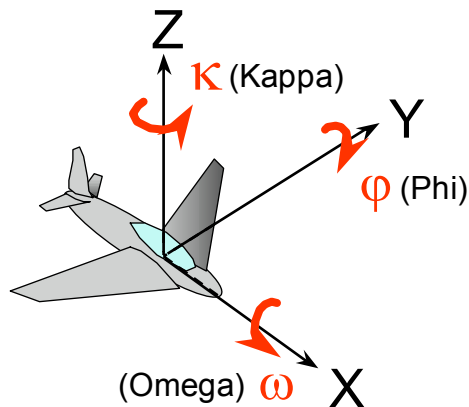
or :

$$\begin{bmatrix} U_A - U_o \\ V_A - V_o \\ W_A - W_o \end{bmatrix} = s_a * \begin{bmatrix} U_a - U_o \\ V_a - V_o \\ W_a - W_o \end{bmatrix}$$

UNESCO RAPCA



## Angulos $\kappa$ , $\varphi$ , $\omega$

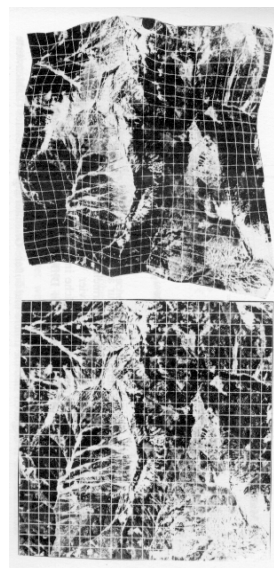


UNESCO RAPCA



## Conceptos y Definiciones

- Una **Ortofoto Digital** es una imagen digital de una fotografía Aérea o de Satélite (de la superficie de la tierra) en la cual los desplazamientos causados por la inclinación de la cámara y el relieve del terreno han sido removidos.
- La corrección para los desplazamientos de relieve es obtenido por una rectificación diferencial hacia una proyección ortogonal usando un DTM.
- Una **Ortomapa** es una Ortofoto + características cartográficas
- Un **Mosaico de Ortofotos** es la unión de dos o mas ortofotos.



UNESCO RAPCA



## Ortofotos

- Desplazamientos por relieve e inclinación son removidos
- Escala es constante (= Geomtría del mapa!)
- Muestra brillo, colores, sombras, etc. de las características en el terreno.
- No coordenadas de referencia o escala de referencia (precisas), no nombres, etc.
- No Simobologías (No hay simbolos)

## Mosaico

- **Un mosaico es la unión de varias ortofotos o fotografías rectificadas (algunas veces no corregidas).**
- **La unión de fotografías no corregidas causan mayores problemas debido a los errores geométricos provocados por la inclinación y el relieve**

## Mapa de Imagen

- Un mapa de imagen es un mosaico que tiene propiedades de un mapa, es decir es un mosaico de ortofotos. Los mapas de imagen también tienen características de un mapa básico, tales como nombre, coordenadas de referencia y escala de referencia. Normalmente sin leyendas (no hay símbolos).

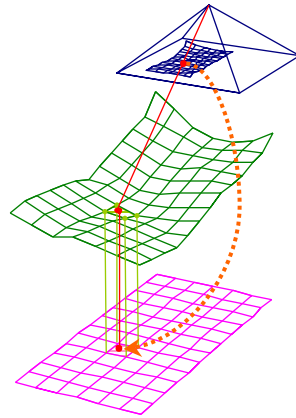
## Mapa de Imagen Simbolizado

Los mapas de imagen simbolizados son básicamente mapas de imágenes con detalles topográficos muy importantes representados con símbolos convencionales. A menudo, líneas de contorno y una grilla son mostradas en el mapa.

Debido a la velocidad de producción de mapas de imagen simbolizados, se convierten en una alternativa atractiva para un mapa de líneas.

Usualmente un mapa de imagen simbolizado tiene una leyenda.

# Proyección de un Pixel



De la posición del pixel obtener (X,Y) en terrain

De un DTM y el (X,Y)-terreno obtener Z-terreno (interpolado)

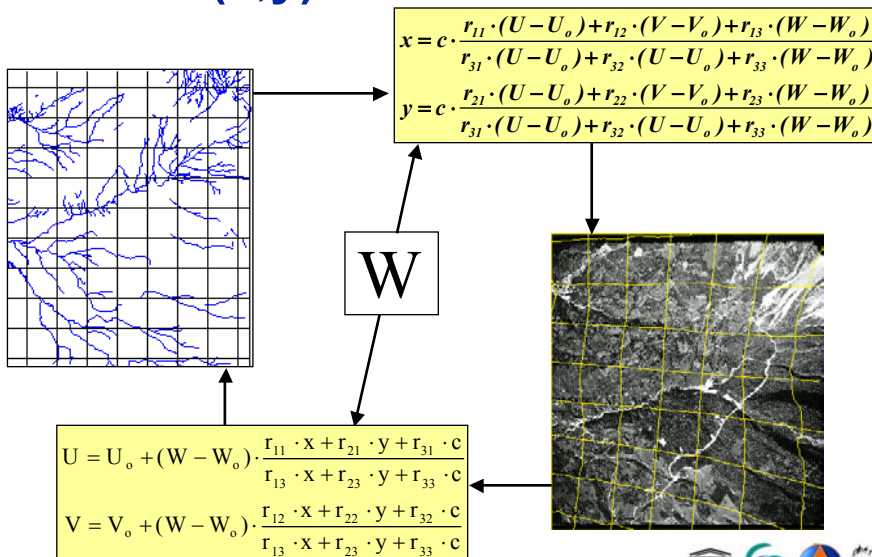
Del (X,Y,Z)-terreno y la orientación de la imagen obtener (x,y)-imagen

Interpolar brillo (o color) para esta posición en la imagen y asignarla al pixel de la ortofoto.

UNESCO RAPCA



# Relación: Terreno (U,V,W) - Camara (x,y)



UNESCO RAPCA



## Que significan estas letras?

$$x = -c \cdot \frac{r_{11} \cdot (U - U_0) + r_{12} \cdot (V - V_0) + r_{13} \cdot (W - W_0)}{r_{31} \cdot (U - U_0) + r_{32} \cdot (V - V_0) + r_{33} \cdot (W - W_0)} + x_{PP}$$

$$y = -c \cdot \frac{r_{21} \cdot (U - U_0) + r_{22} \cdot (V - V_0) + r_{23} \cdot (W - W_0)}{r_{31} \cdot (U - U_0) + r_{32} \cdot (V - V_0) + r_{33} \cdot (W - W_0)} + y_{PP}$$

**Posición de un punto en la imagen: x, y**

**Posición del correspondiente punto en el terreno: U, V, W**

**Conocido después de la orientación interior:  $x_{PP}$ ,  $y_{PP}$ , C**

**De la Orientación Exterior:  $U_0$ ,  $V_0$ ,  $W_0$ ,**

**$r_{11}$ ,  $r_{12}$ ,  $r_{13}$ ,  $r_{21}$ ,  $r_{22}$ ,  $r_{23}$ ,  $r_{31}$ ,  $r_{32}$ ,  $r_{33}$  (calculados a partir de  $\kappa$ ,  $\varphi$ ,  $\omega$ )**

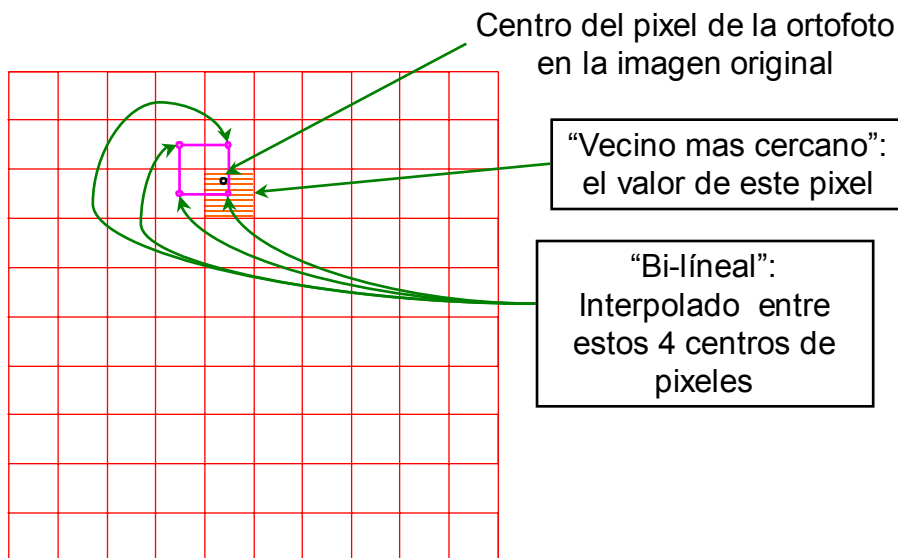
**Para cada punto en el terreno su posición en la imagen puede ser calculada de estas dos ecuaciones.**

**(Diferente para las imágenes izquierda y derecha)**

UNESCO RAPCA



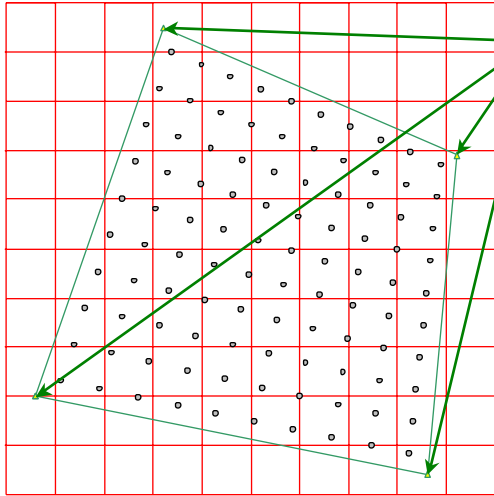
## Resampliando un Pixel



UNESCO RAPCA



## Resamplando un sector



Solo las 4 esquinas de la porción (e.g. puntos del DTM) son encontrados de la colinealidad

Ubicación de los centros de pixeles en la ortofoto son interpoladas (dentro del sector)

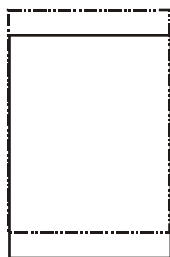
Finalmente los valores de gris (o de color) son interpolados de manera usual

UNESCO RAPCA

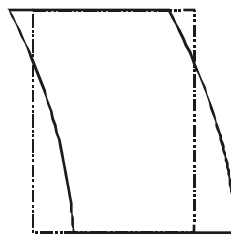


## Desplazamientos de la Imágenes de Satélite

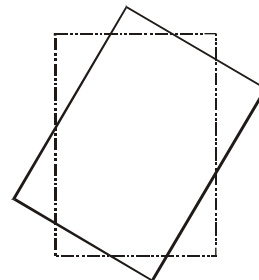
- Desplazamientos debido a la orientación del sensor



Forward/aft tilt



Sideways tilt



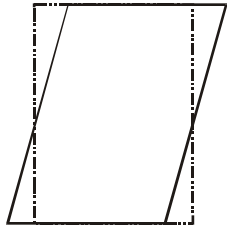
Rotation

UNESCO RAPCA

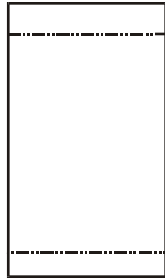


## Desplazamientos de la Imágenes de Satélite

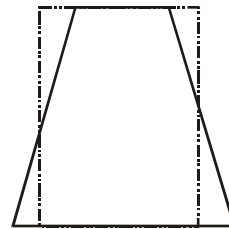
- Desplazamientos debidos a la relación entre el sensor y la superficie de la tierra.



Earth rotation



Platform velocity

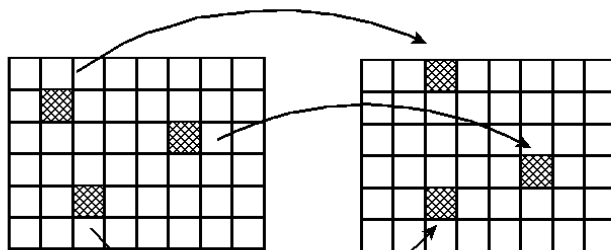


Altitude variation

UNESCO RAPCA



## Registro Imagen a Imagen



Row1, Col1

Row2, Col2

Imagen Master

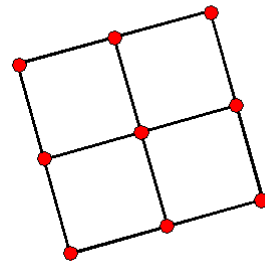
Imagen Esclava

UNESCO RAPCA



## Transformación Conformal

- Traslación
- rotación
- Escaleo
- Preservación de ángulos (formas)

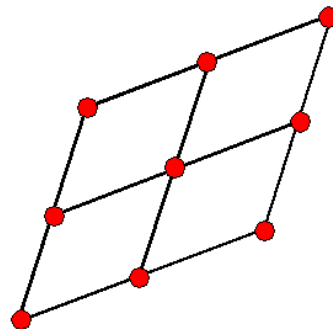


UNESCO RAPCA



## Transformación Afine

- Traslación
- rotación
- Escaleo
- Preservación de paralelos

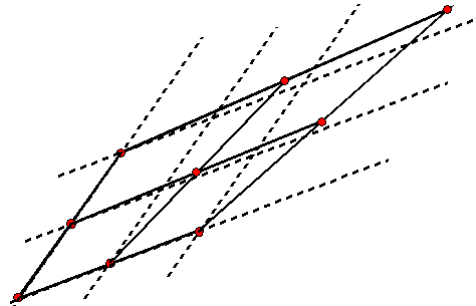


UNESCO RAPCA



## Transformación Bi-líneal

- traslación
- rotación
- Escaleo
- No preserva paralelos.

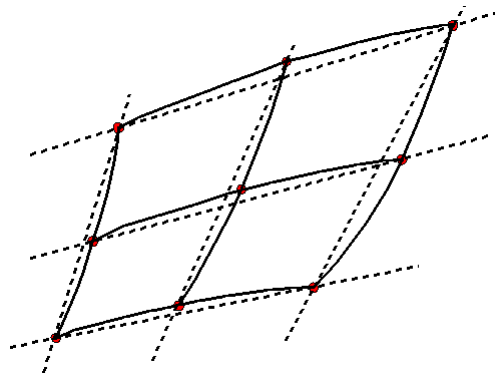


UNESCO RAPCA



## Transformación de 2o. Orden

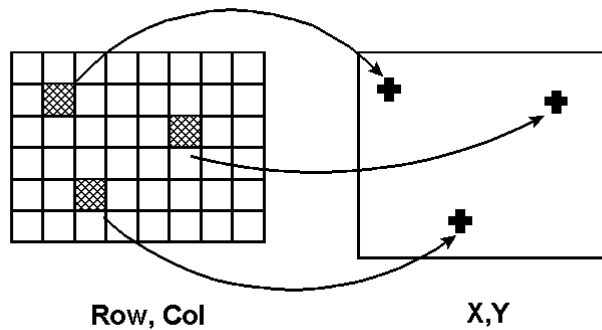
- Traslación
- Rotación
- Escaleo
- No preservación de paralelos
- Líneas rectas se convierten en curvas



UNESCO RAPCA



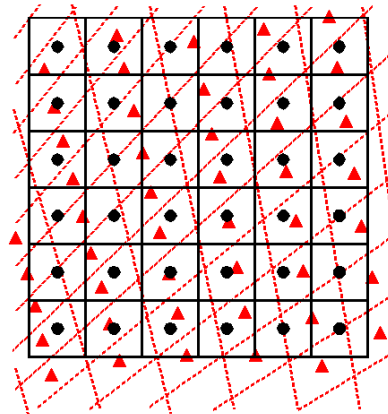
## Registro Imagen a Mapa (transformación geométrica)



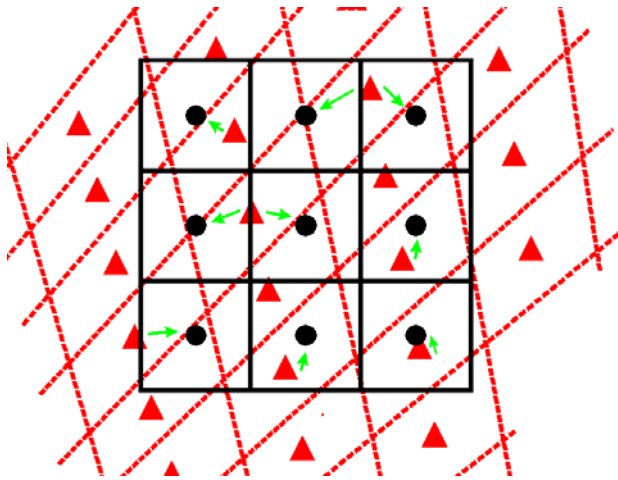
Nota: El mapa debe estar referenciado a la imagen

## Resamplero (remuestreo)

- Los pixeles de una imagen georeferenciada y una base de datos raster no coinciden



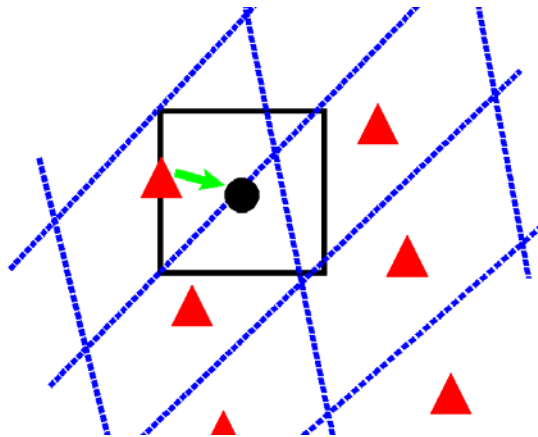
## Resamleo con Vecino Mas Cercano (nearest neighbour)



UNESCO RAPCA



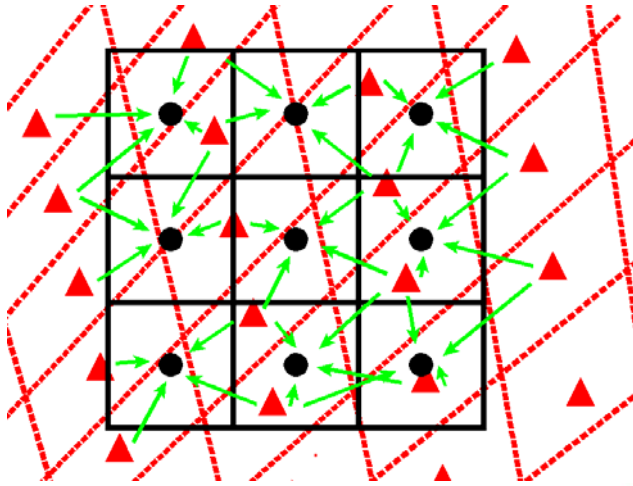
## Resamleo con Vecino Mas Cercano: una vista mas cercana



UNESCO RAPCA



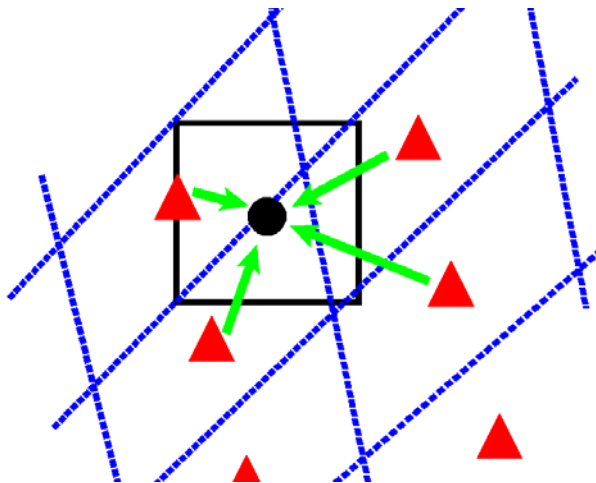
## Resampleo Bi-líneal (4 vecinos)



UNESCO RAPCA



## Resampleo Bi-líneal: un acercamiento



UNESCO RAPCA



## Resumen de Correcciones Geométricas: 1 – La imagen Original



UNESCO RAPCA



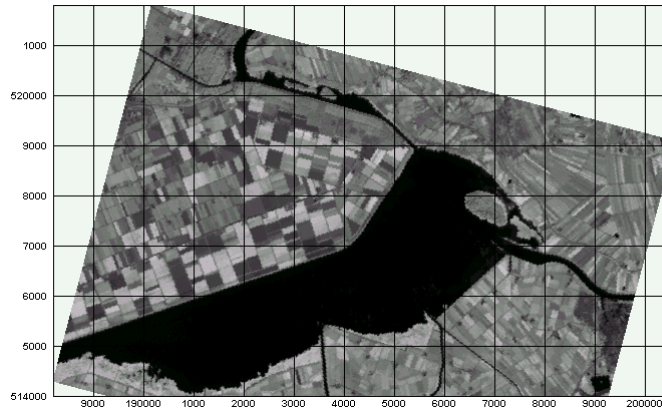
## Resumen de Correcciones Geométricas: 2 – La imagen Georreferenciada



UNESCO RAPCA



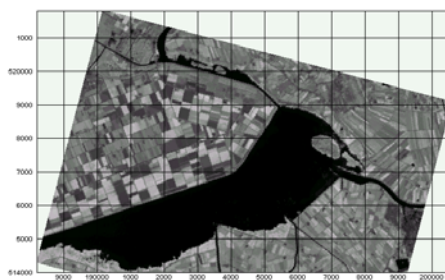
## Resumen de Correcciones Geométricas: 3 – Resampleo y Geo-codificación



UNESCO RAPCA



## Resumen de Correcciones Geométricas: 4 – La imagen Geocodificada y un mapa



UNESCO RAPCA

