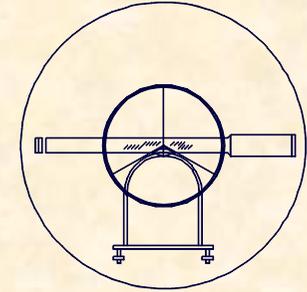




UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA  
E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA



# Unidad Didáctica III

## MÉTODOS TOPOGRÁFICOS

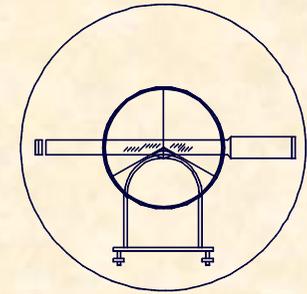
Profesor Responsable : Julio Manuel de Luis Ruiz



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA

E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA



## ESTRUCTURA DE LA UNIDAD DIDÁCTICA

### A. - METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS.

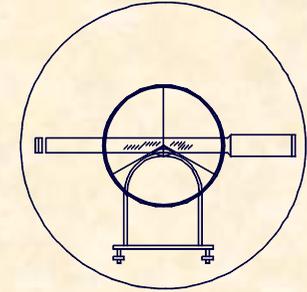
- 1.- Introducción general.
- 2.- Métodos basados en el empleo de ETT.
- 3.- Métodos basados en el empleo del taquímetro.
- 4.- Métodos basados en el empleo del teodolito.

### B. - METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS.

- 1.- Definición y aspectos generales.
- 2.- Elementos ópticos y fotográficos.
- 3.- El método general.
- 4.- Restitución fotogramétrica.
- 5.- Actividades fotogramétricas.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA  
**E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA**



## **METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS**

### **1. INTRODUCCIÓN GENERAL**

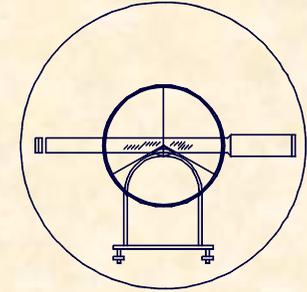
- 1.1. Necesidad del establecimiento metodológico
- 1.2. Técnicas elementales de campo y gabinete
- 1.3. Principales metodologías topográficas

### **2. MÉTODOS BASADOS EN EL EMPLEO DE ETT.**

- 2.1. Conceptos previos y objetivos
- 2.2. Determinaciones planimétricas
- 2.3. Determinaciones altimétricas



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA  
E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA



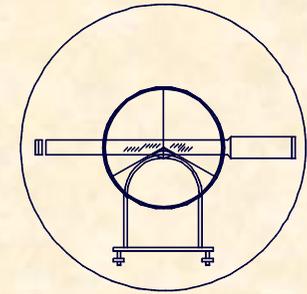
## METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS

### 3. MÉTODOS BASADOS EN EL EMPLEO DE TAQUIMETRO.

- 3.1. Conceptos previos y objetivos.
- 3.2. Determinaciones planimétricas.
- 3.3. Determinaciones altimétricas.

### 4. MÉTODOS BASADOS EN EL EMPLEO DEL TEODOLITO.

- 4.1. Método de intersección directa.
- 4.2. Método de intersección inversa.
- 4.3. Triangulación.

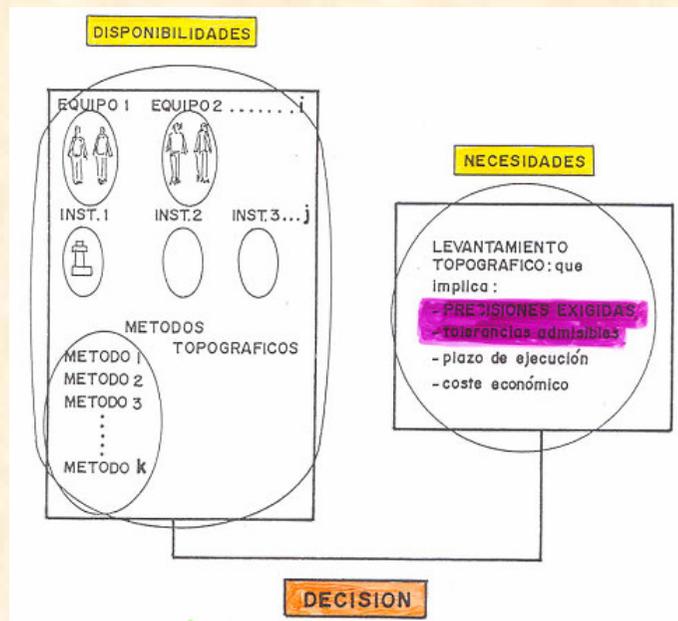


## A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS

### 1.- INTRODUCCIÓN GENERAL

#### 1.1.- NECESIDAD DEL ESTABLECIMIENTO METODOLÓGICO

## PLANTEAMIENTO GENERAL.-



**PRECISIÓN.-**

Error permitido.

**TOLERANCIA.-**

Error esperado.

**CIERRE.-**

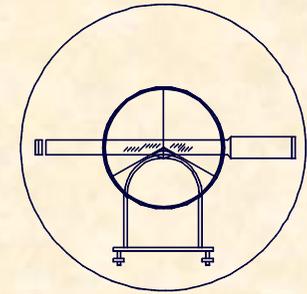
Error real.



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA

E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA



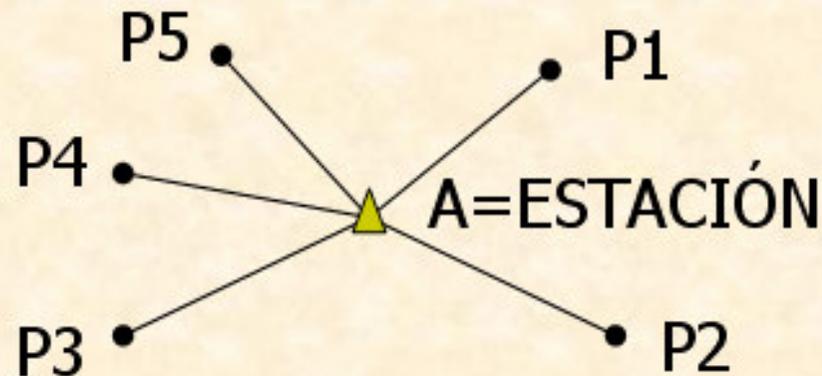
## A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS

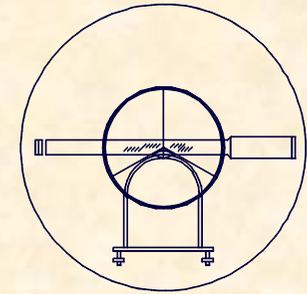
### 1.- INTRODUCCIÓN GENERAL

#### 1.1.- NECESIDAD DEL ESTABLECIMIENTO METODOLÓGICO

## PLANTEAMIENTO GENERAL.-

### RADIACIÓN





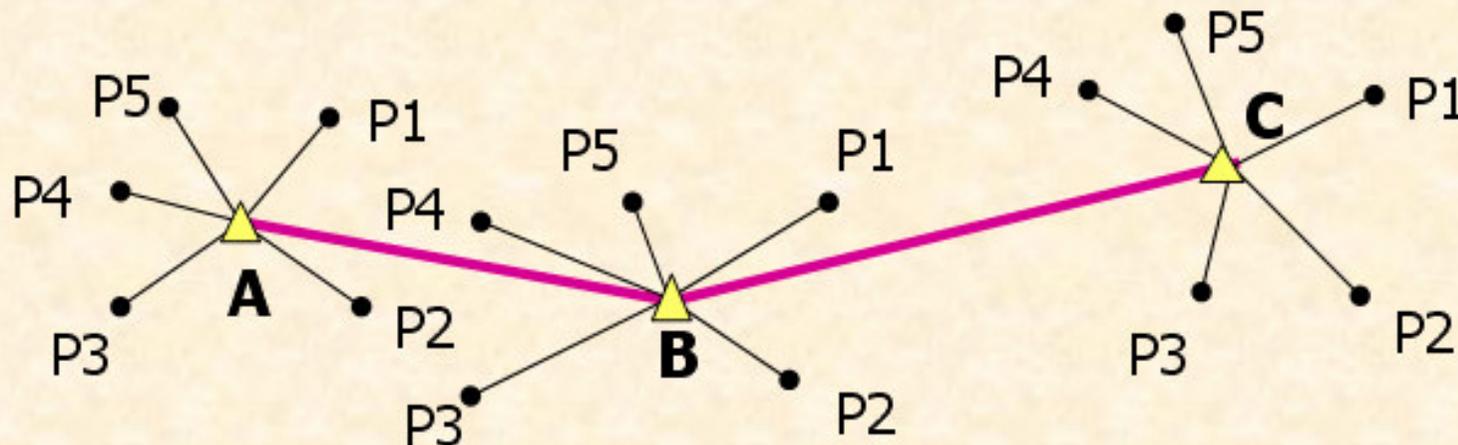
**A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS**

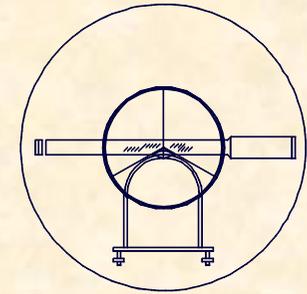
**1.- INTRODUCCIÓN GENERAL**

**1.1.- NECESIDAD DEL ESTABLECIMIENTO METODOLÓGICO**

**PLANTEAMIENTO GENERAL.-**

**POLIGONAL O ITINERARIO**





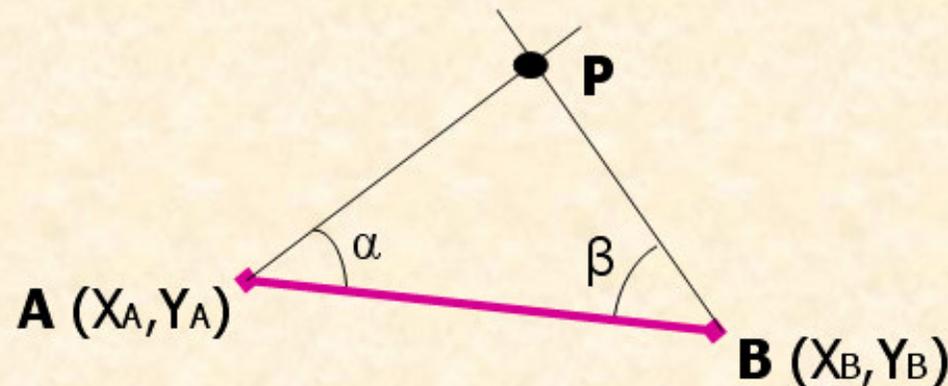
A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS

1.- INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1.- NECESIDAD DEL ESTABLECIMIENTO METODOLÓGICO

PLANTEAMIENTO GENERAL.-

INTERSECCIÓN DIRECTA

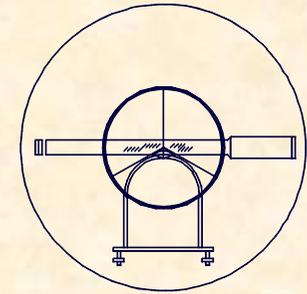




UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA

E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA



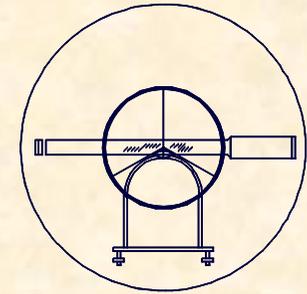
## A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS

### 1.- INTRODUCCIÓN GENERAL

#### 1.2.- TÉCNICAS ELEMENTALES DE CAMPO Y GABINETE

### OBSERVACIÓN DE LOS DATOS DE CAMPO.-

- 1°.- Estacionamiento del instrumento en el lugar elegido.
- 2°.- Realizar la corrección atmosférica.
- 3°.- Orientación de la estación total.
- 4°.- Captación de los datos de campo necesarios para definir la posición de cualquier punto.
  - Altura de instrumento
  - Nombre de la estación
  - Nombre del punto visado
  - Distancia geométrica
  - Angulo horizontal
  - Angulo vertical
  - Altura del prisma



**A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS**

**1.- INTRODUCCIÓN GENERAL**

**1.2.- TÉCNICAS ELEMENTALES DE CAMPO Y GABINETE**

**PRECAUCIÓN EN LA CAPTURA DE DATOS.-**

**CÁLCULO DE PROMEDIOS**

**DISTANCIA**

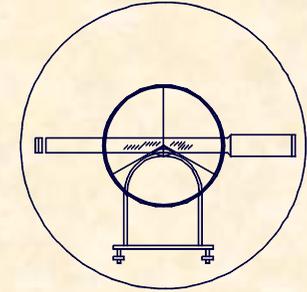
$$D = \frac{D_{CD} + D_{CI}}{2}$$

**ANG. HORIZONTAL**

$$H = \frac{CD + (CI \pm 200)}{2}$$

**ANG. VERTICAL**

$$V = CD + \left[ \frac{400 - CD - CI}{2} \right]$$



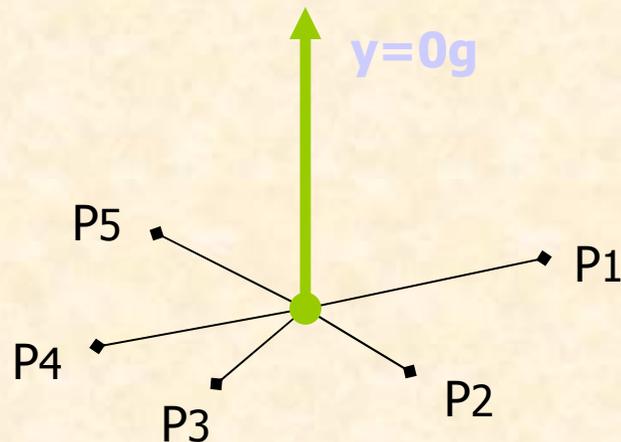
A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS

1.- INTRODUCCIÓN GENERAL

1.2.- TÉCNICAS ELEMENTALES DE CAMPO Y GABINETE

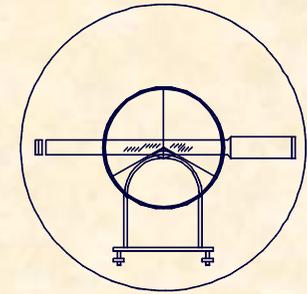
PRECAUCIÓN EN LA CAPTURA DE DATOS.-

OBSERVACIONES SIN DESORIENTACIÓN



El cero del aparato coincide con el eje (y) de la representación cartográfica

$$L_E^P = \theta_E^P$$



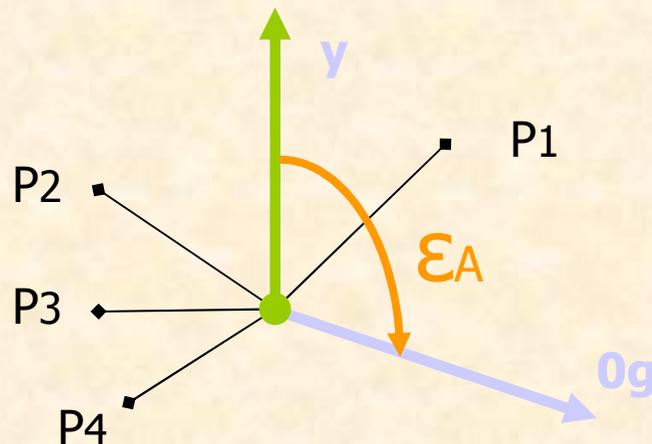
A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS

1.- INTRODUCCIÓN GENERAL

1.2.- TÉCNICAS ELEMENTALES DE CAMPO Y GABINETE

PRECAUCIÓN EN LA CAPTURA DE DATOS.-

OBSERVACIONES CON DESORIENTACIÓN



El cero del aparato no coincide con el eje (y) de nuestra representación cartográfica

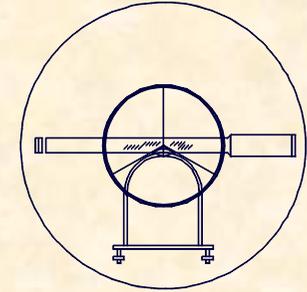
$$\theta_E^P = \varepsilon_E + L_E^P$$



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA

E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA

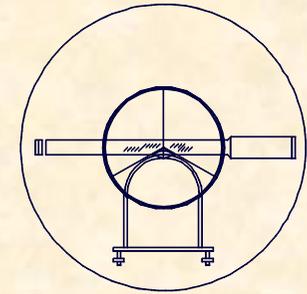


A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS

1.- INTRODUCCIÓN GENERAL

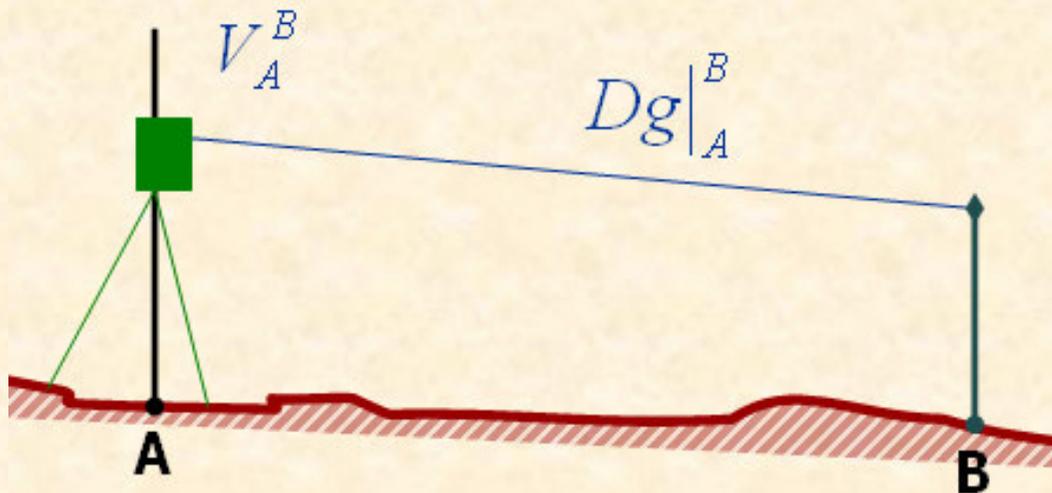
1.3.- PRINCIPALES METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS

- **MÉTODOS PLANIMÉTRICOS**
  - **RADIACIÓN**
  - **POLIGONAL O ITINERARIO**
  - **INTERSECCIÓN**
  
- **MÉTODOS ALTIMÉTRICOS**
  - **NIVELACIÓN GEOMÉTRICA**
  - **NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA**



A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
2.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DE LAS ETT  
2.1.- CONCEPTOS PREVIOS Y OBJETIVOS

CÁLCULO DE COORDENADAS



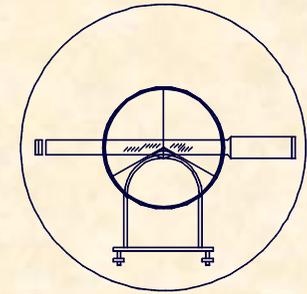
$$D_A^B = D_g|_A^B \cdot \text{Sen} V_A^B$$

$$\theta_A^B = \varepsilon_A + L_A^B$$

$$X_B = X_A + D_A^B \cdot \text{Sen} \theta_A^B$$

$$Y_B = Y_A + D_A^B \cdot \text{Cos} \theta_A^B$$

$$Z_B = Z_A + t_A^B + i_A - m_B + 0,42 \frac{D^2}{R}$$



**A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS**  
**2.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DE LAS ETT**  
**2.1.- CONCEPTOS PREVIOS Y OBJETIVOS**

**CÁLCULO DE TOLERANCIAS**

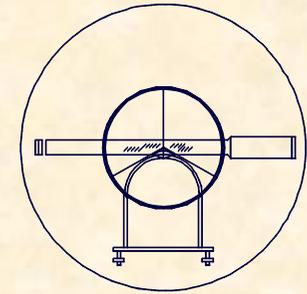
**ERRORES DISTANCIOMÉTRICOS.-**

$$A \text{ mm} + B \text{ ppm} \Rightarrow 10 \text{ mm} + 5 \text{ ppm}$$

**ERRORES ANGULARES.-**

$$\epsilon_T^H = \sqrt{\epsilon_v^2 + \epsilon_d^2 + \epsilon_p^2 + \epsilon_l^2}$$

$$\epsilon_T^C = \sqrt{\epsilon_v^2 + \epsilon_p^2 + \epsilon_l^2}$$



A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
2.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DE LAS ETT  
2.2.- DETERMINACIONES PLANIMÉTRICAS

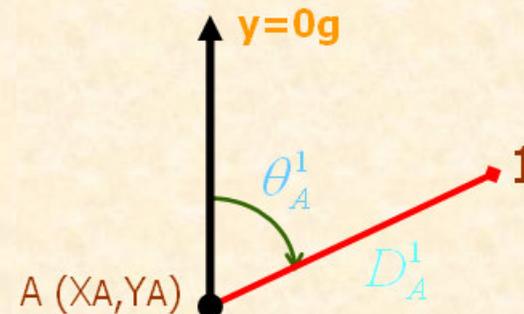
MÉTODO DE RADIACIÓN

CONCEPTO Y RESOLUCIÓN

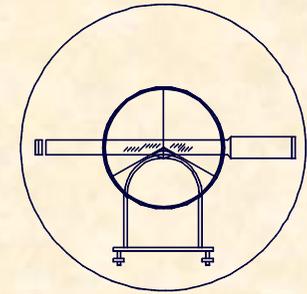
- La Radiación es un método topográfico planimétrico que permite determinar la posición de un punto respecto a otro de coordenadas conocidas

$$X_1 = X_A + D_A^1 \cdot \text{Sen} \theta_A^1$$

$$Y_1 = Y_A + D_A^1 \cdot \text{Cos} \theta_A^1$$

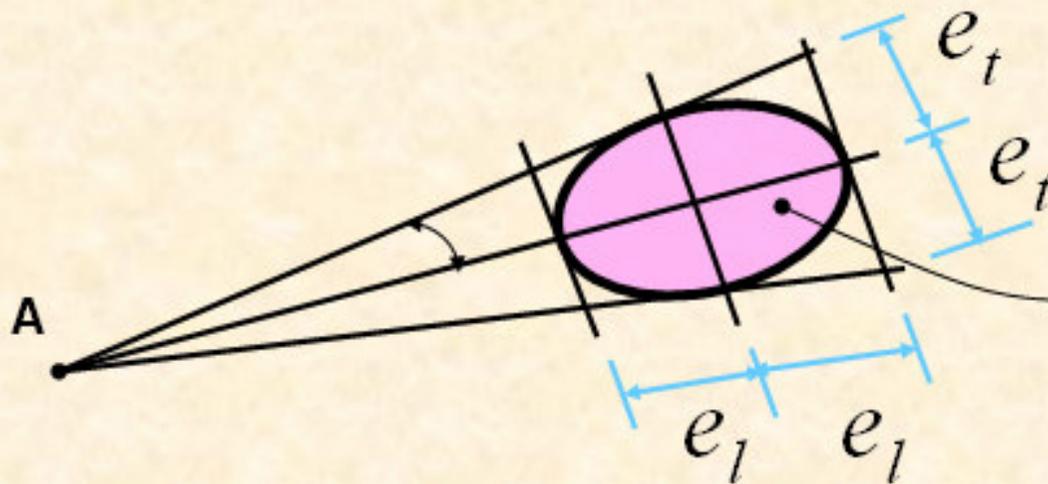


\*\* Es costumbre aprovechar los datos y realizar Nivelación Trigonométrica Simple



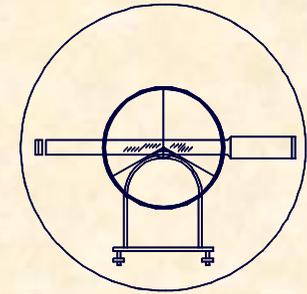
A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
2.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DE LAS ETT  
2.2.- DETERMINACIONES PLANIMÉTRICAS

**MÉTODO DE RADIACIÓN**  
**TOLERANCIA PLANIMÉTRICA**



**ELIPSE DE ERROR:**

Zona de mayor probabilidad de  
que se encuentre la medición



A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
2.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DE LAS ETT  
2.2.- DETERMINACIONES PLANIMÉTRICAS

MÉTODO DE RADIACIÓN

TOLERANCIA PLANIMÉTRICA

Error transversal.-

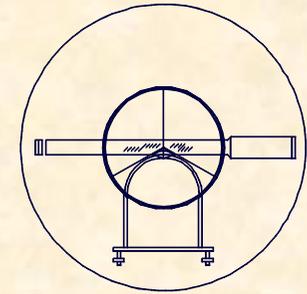
$$e_t = \frac{D \cdot \varepsilon_T^H}{636.620} \Rightarrow \varepsilon_T^H \begin{cases} Ee + Ep = 2cm. \\ No\_Bessel \end{cases}$$

Error Longitudinal.-

$$e_l = (Ee + Ep) + (A + Bppm)$$

$$e_l = (20mm) + (10 + 5mm) = 35mm.$$

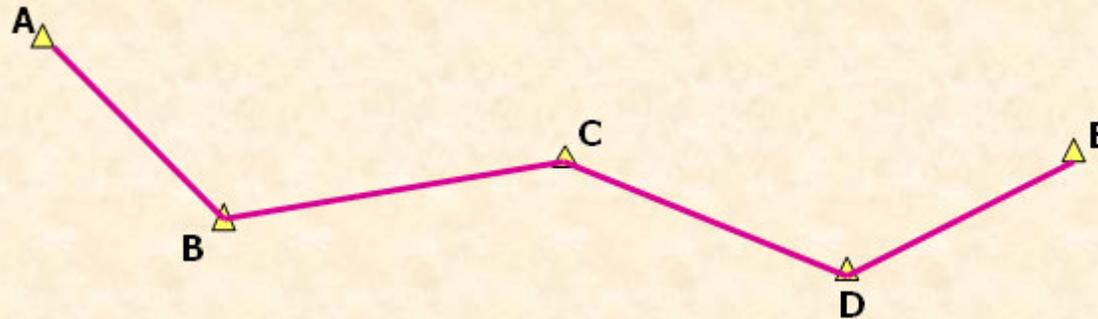
SE CONSIDERA LA  
TOLERANCIA EN  
LA RADIACIÓN, EL  
MAYOR DE LOS  
DOS ERRORES.



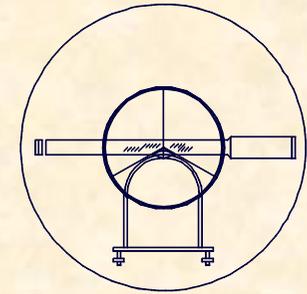
A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
2.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DE LAS ETT  
2.2.- DETERMINACIONES PLANIMÉTRICAS

**MÉTODO DE POLIGONAL O ITINERARIO.-**  
**CONCEPTO Y RESOLUCIÓN**

Un itinerario o poligonal no es más que una sucesión encadenada de radiaciones que tienen como uno de los objetivos más importantes establecer las estaciones necesarias para radiar puntos.



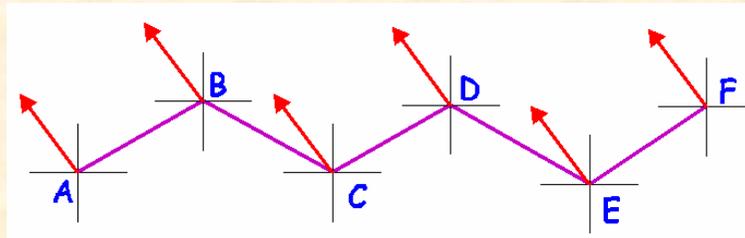
\*\* Es costumbre aprovechar los datos y realizar Nivelación Trigonométrica Compuesta



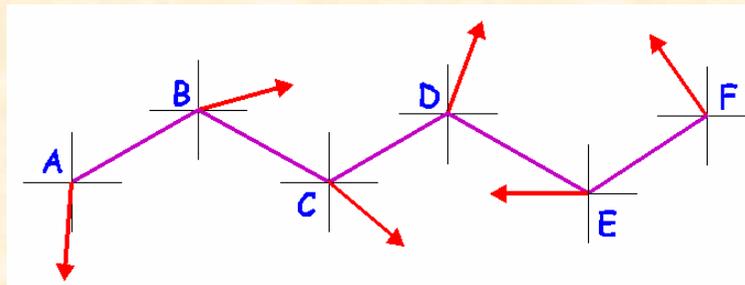
**A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS**  
**2.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DE LAS ETT**  
**2.2.- DETERMINACIONES PLANIMÉTRICAS**

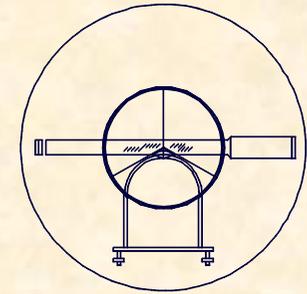
**MÉTODO DE POLIGONAL O ITINERARIO.-**  
**TIPOLOGÍA EN FUNCIÓN DE SU OBSERVACIÓN**

SI ORIENTADOS



NO ORIENTADOS

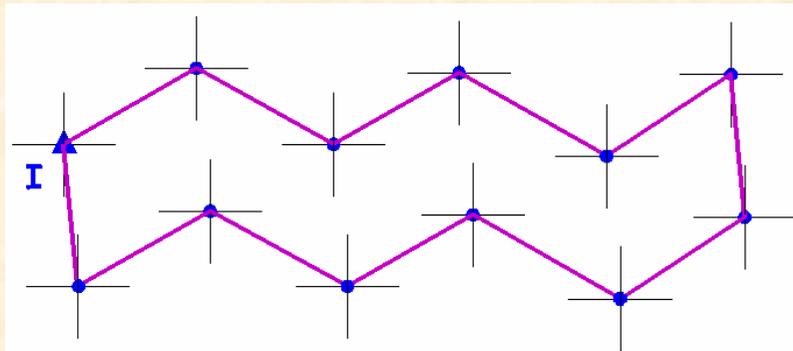




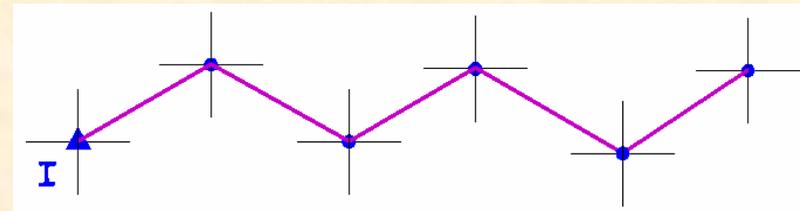
**A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS**  
**2.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DE LAS ETT**  
**2.2.- DETERMINACIONES PLANIMÉTRICAS**

**MÉTODO DE POLIGONAL O ITINERARIO.-**  
**TIPOLOGÍA EN FUNCIÓN DE SU NATURALEZA**

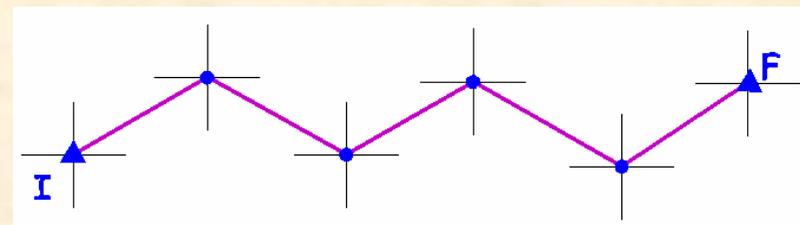
**COLGADOS**

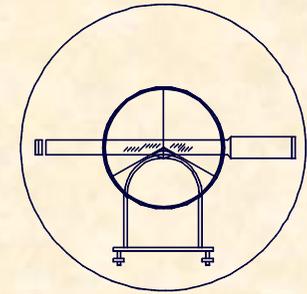


**ENCUADRADOS**



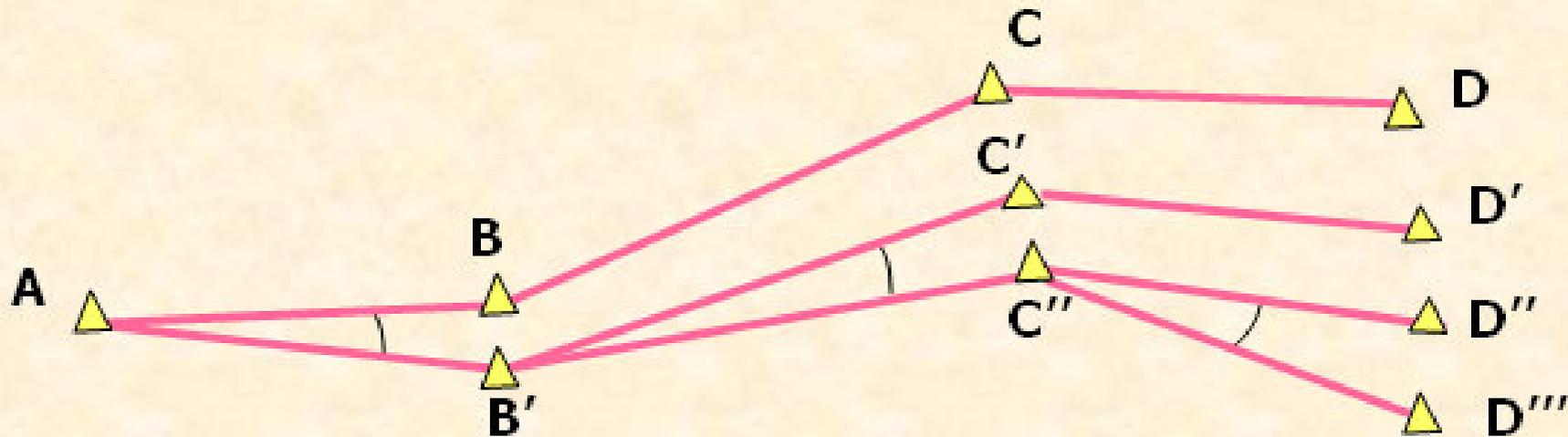
**CERRADOS**

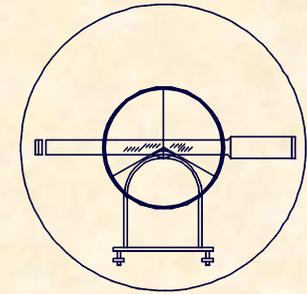




A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
2.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DE LAS ETT  
2.2.- DETERMINACIONES PLANIMÉTRICAS

MÉTODO DE POLIGONAL O ITINERARIO.-  
TOLERANCIAS





A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
2.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DE LAS ETT  
2.2.- DETERMINACIONES PLANIMÉTRICAS

MÉTODO DE POLIGONAL O ITINERARIO.-

TOLERANCIAS

Error transversal.-

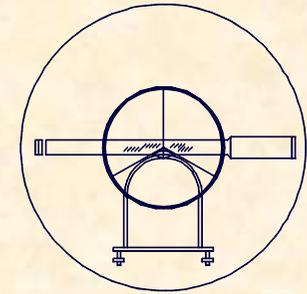
$$e_t = \frac{D \cdot \varepsilon_T^H \cdot \sqrt{2}}{636.620} \cdot \sqrt{\frac{n \cdot (n+1) \cdot (2n+1)}{6}}$$

$$\{\{Ee + Ep = 1cm. \Leftrightarrow Si \_ Bessel\}$$

SE CONSIDERA LA  
TOLERANCIA EN  
LA POLIGONAL, EL  
MAYOR DE LOS  
DOS ERRORES.

Error Longitudinal.-

$$e_l = \frac{(Ee + Ep) + (A + Bppm)}{\sqrt{2}} = \frac{(10) + (10+10)}{\sqrt{2}} \cong 20mm.$$

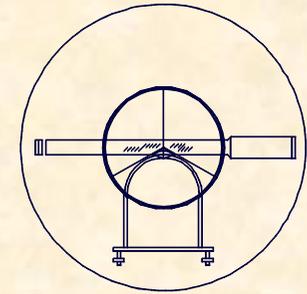


A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
2.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DE LAS ETT  
2.2.- DETERMINACIONES PLANIMÉTRICAS

**TOLERANCIA CONJUNTA.-**

$$E_P = \sqrt{e_R^2 + e_P^2}$$

- $E_P$ = Error Total Planimétrico
- $e_R$ = Error radiación
- $e_P$ = Error poligonal

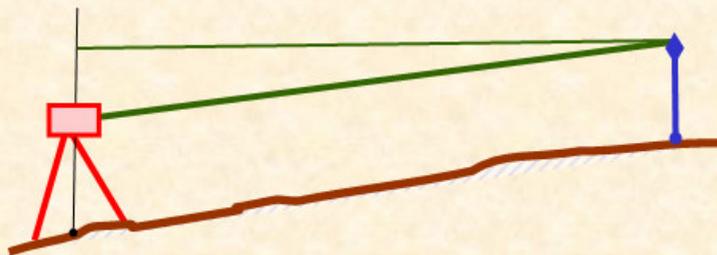


A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
2.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DE LAS ETT  
2.3.- DETERMINACIONES ALTIMÉTRICAS

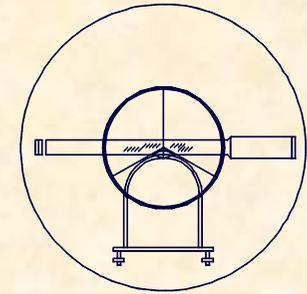
**NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA SIMPLE (Radiación)**

**CONCEPTO Y RESOLUCIÓN**

La Nivelación Trigonométrica Simple permite calcular las cotas de los puntos observados mediante relaciones trigonométricas sencillas, se hace a la vez que la Radiación.



$$Z_B = Z_A + \frac{D_A^B}{\operatorname{tg} V_A^B} + i_A - m_B + 0,42 \cdot \frac{D^2}{R}$$



A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
2.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DE LAS ETT  
2.3.- DETERMINACIONES ALTIMÉTRICAS

**NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA SIMPLE (Radiación)**

**TOLERANCIA ALTIMÉTRICA**

$$e_t^I = \Delta D \cdot \text{Cotg} V$$

$$e_t^{II} = D [\text{Cotg} (V \pm \varepsilon_T^C) - \text{Cotg} V]$$

$$e_i = 1 \text{ cm}$$

$$e_m = \text{función } [D] \begin{cases} 0 < D < 100 \Rightarrow e_m = 1 \text{ cm} \\ 100 < D < 200 \Rightarrow e_m = 2 \text{ cm} \\ 200 < D < 500 \Rightarrow e_m = 3 \text{ cm} \\ 500 < D < 1000 \Rightarrow e_m = 4 \text{ cm} \\ 1000 < D < 2000 \Rightarrow e_m = 5 \text{ cm} \end{cases}$$

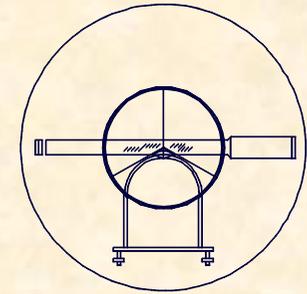
$$\Delta D = 0,035 \text{ m.}$$

V = Ángulo cenital que más se aleje de la visual horizontal.

D = Distancia más larga.

Error cenital SIN besselel.

$$e_{TOTAL} = \sqrt{e_t^I + e_t^{II} + e_i + e_m}$$

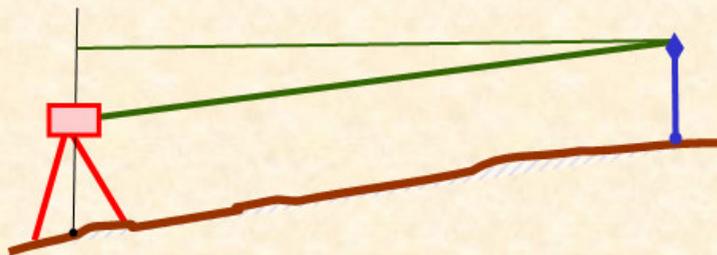


A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
2.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DE LAS ETT  
2.3.- DETERMINACIONES ALTIMÉTRICAS

**NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA COMPUESTA (Itinerario)**

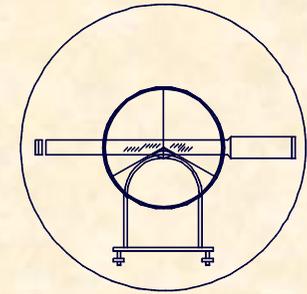
**CONCEPTO Y RESOLUCIÓN**

La Nivelación Trigonométrica Compuesta permite calcular las cotas de los puntos observados mediante relaciones trigonométricas sencillas, se hace a la vez que la Poligonal o Itinerario.



$$Z_B = Z_A + \frac{D_A^B}{\operatorname{tg} V_A^B} + i_A - m_B + 0,42 \cdot \frac{D^2}{R}$$

El procedimiento de cálculo no cambia, pero si la tolerancia.



A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
2.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DE LAS ETT  
2.3.- DETERMINACIONES ALTIMÉTRICAS

NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA COMPUESTA (Itinerario)

TOLERANCIA ALTIMÉTRICA

$$e_t^I = \Delta D \cdot \text{Cotg} V$$

$$e_t^{II} = D[\text{Cotg}(V \pm \varepsilon_T^C) - \text{Cotg} V]$$

$$e_i = 1\text{cm}$$

$$e_m = \text{función } [D]$$

$$\begin{cases} 0 < D < 100 \Rightarrow e_m = 1\text{cm} \\ 100 < D < 200 \Rightarrow e_m = 2\text{cm} \\ 200 < D < 500 \Rightarrow e_m = 3\text{cm} \\ 500 < D < 1000 \Rightarrow e_m = 4\text{cm} \\ 1000 < D < 2000 \Rightarrow e_m = 5\text{cm} \end{cases}$$

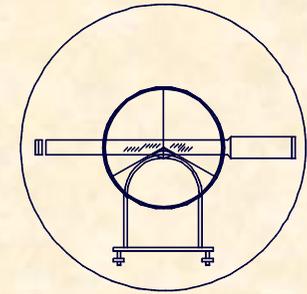
$$\Delta D = 0,020 \text{ m.}$$

V = Ángulo cenital que más se aleje de la visual horizontal.

D = Distancia más larga.

Error cenital CON besselel.

$$e_{\text{TRAMO}} = \sqrt{e_t^I + e_t^{II} + e_i + e_m} \quad \longrightarrow \quad e_{\text{TOTAL}} = \frac{e_{\text{TRAMO}} \cdot \sqrt{n}}{\sqrt{2}}$$



A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS

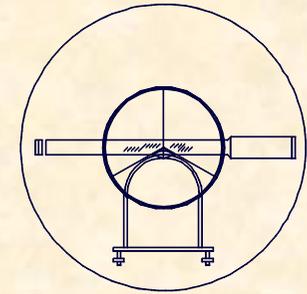
2.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DE LAS ETT

2.3.- DETERMINACIONES ALTIMÉTRICAS

**TOLERANCIA CONJUNTA EN NTS y NTC.-**

$$E_A = \sqrt{e_{NTS}^2 + e_{NTC}^2}$$

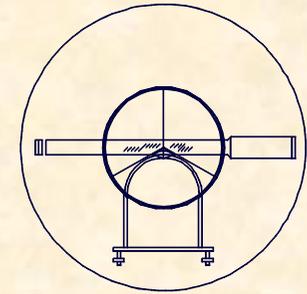
- $E_A$  = Error Total Altimétrico.
- $e_{NTS}$  = Error Nivelación Trigonométrica Simple.
- $e_{NTC}$  = Error Nivelación Trigonométrica Compuesta.



EJERCICIO PRÁCTICO Número 24.-

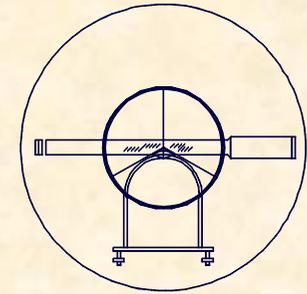
- Dada la siguiente libreta de campo, en la cual se encuentran los datos de una poligonal que para mayor comodidad, ya se han calculado los promedios, dado que la poligonal se ha observado en círculo directo e inverso.

CLAVES	ALTURA APARATO		PUNTOS		DISTANCIA		ANGULO H		ANGULO V		ALTURA PRISMA	
	m	cm	Estación	Visado	metros	mm	Grados	Segundos	Grados	Segundos	m	cm
	1	60	A	R E F			3	18	1	71		
				B	19	15	3	64	1	50	3	178
	1	58	B	A			2	14	2	91		
				C	20	25	7	91	8	4	8	761
	1	61	C	B			1	91	3	47		
				D	19	80	7	76	3	94	7	182
	1	58	D	C			4	3	2	14		
				1	9	30	6	14	2	60	7	141
									9	6	3	194



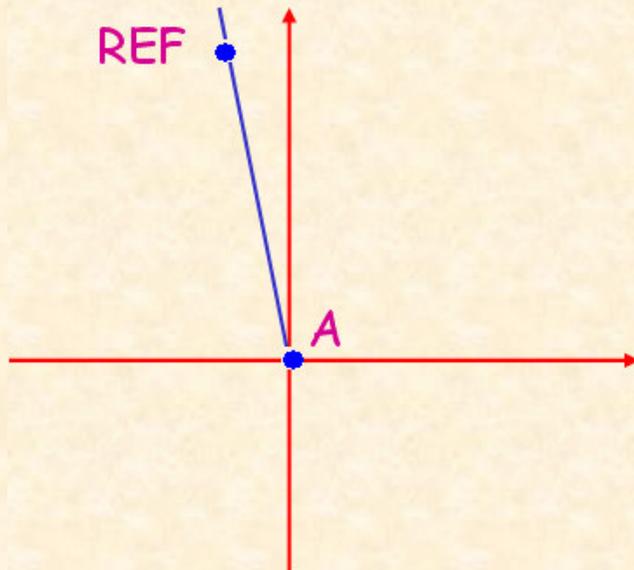
## EJERCICIO PRÁCTICO Número 24.-

- Obtener las coordenadas de la poligonal así como las del punto uno radiado desde la base D, sabiendo que:  
A [423.726,392/4.876.614,714/704,612]  
REF.[423.591,476/4.878.035,655/697,621]
- Obtener también los errores planimétrico y altimétrico del punto uno, sabiendo que los datos de campo se han obtenido con una estación total de las siguientes especificaciones técnicas:  
[ S = 50cc ; A = 32 ; a = 3cc ; 10mm + 5ppm ]



## EJERCICIO PRÁCTICO Número 24.-

### CÁLCULO DE ACIMUTES



$$\theta_A^{REF} = 300 + \text{Arctg} \frac{\Delta Y}{\Delta X} = 300 + \text{Arctg} \frac{1.420,941}{134,916} = 393,9734^{\circ}$$

$$\Sigma_A = \theta_A^{REF} - L_A^{REF} = 393,9734 - 318,1719 = 75,8015^{\circ}$$

$$\theta_A^B = \Sigma_A + L_A^B = 75,8015 + 150,3178 = 226,1193^{\circ}$$

$$\Sigma_B = \theta_B^A - L_B^A = 26,1193 - 214,2914 + 400 = 211,8279^{\circ}$$

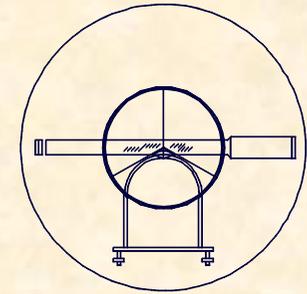
$$\theta_B^C = \Sigma_B + L_B^C = 211,8279 + 84,8761 = 296,7040^{\circ}$$

$$\Sigma_C = \theta_C^B - L_C^B = 96,7040 - 191,3476 + 400 = 305,3564^{\circ}$$

$$\theta_C^D = \Sigma_C + L_C^D = 305,3564 + 394,7182 = 300,0746^{\circ}$$

$$\Sigma_D = \theta_D^C - L_D^C = 100,0746 - 43,2146 = 56,8600^{\circ}$$

$$\theta_D^1 = \Sigma_D + L_D^1 = 56,8600 + 260,7141 = 317,5741^{\circ}$$



EJERCICIO PRÁCTICO Número 24.-

**CÁLCULO DE COORDENADAS**

**COORDENADAS DE B.-**

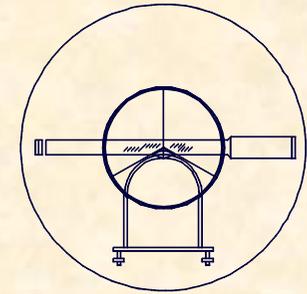
$$D_A^B = 1.915,000m. \quad B \left\{ \begin{array}{l} 422.962,562 \\ 4.874.858,642 \\ 667,810 \end{array} \right.$$

$$\theta_A^B = 226,1193^g$$

**COORDENADAS DE C.-**

$$D_B^C = 2.025,777m. \quad C \left\{ \begin{array}{l} 420.939,499 \\ 4.874.753,807 \\ 675,867 \end{array} \right.$$

$$\theta_B^C = 296,7040^g$$



EJERCICIO PRÁCTICO Número 24.-

**CÁLCULO DE COORDENADAS**

**COORDENADAS DE D.-**

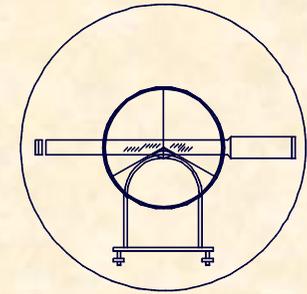
$$D_C^D = 1.978,407m. \quad D \left\{ \begin{array}{l} 418.961,093 \\ 4.874.756,125 \\ 579,582 \end{array} \right.$$

$$\theta_C^D = 300,0746^g$$

**COORDENADAS DE 1.-**

$$D_D^1 = 929,059m. \quad 1 \left\{ \begin{array}{l} 418.067,209 \\ 4.875.009,350 \\ 633,692 \end{array} \right.$$

$$\theta_D^1 = 317,5741^g$$



## EJERCICIO PRÁCTICO Número 24.-

### TOLERANCIA PLANIMÉTRICA

#### TOLERANCIA EN LA POLIGONAL.-

$$\varepsilon_v = \frac{S}{12} = \frac{50}{12} = 4,16^{cc}$$

$$\varepsilon_d = \frac{0,01}{1.915} \cdot 636620 = 3.32^{cc}$$

$$\varepsilon_p = \frac{30}{32} \cdot \left(1 + \frac{4 \cdot 32}{100}\right) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 1,51^{cc}$$

$$\varepsilon_l = \frac{2}{3} \cdot 3 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 1,41^{cc}$$

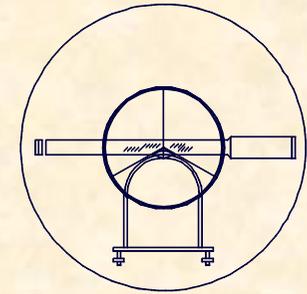
$$\varepsilon_T^H = \sqrt{4,16^2 + 3,32^2 + 1,51^2 + 1,41^2} = 5,70^{cc}$$

$$e_t = \frac{D \cdot \varepsilon_T^H \cdot \sqrt{2}}{636.620} \cdot \sqrt{\frac{n \cdot (n+1) \cdot (2n+1)}{6}}$$

$$e_t = \frac{2.025,777 \cdot 5,7 \cdot \sqrt{2}}{636.620} \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot 4 \cdot 7}{6}} = 0,096m.$$

$$e_l = 0,02 \sqrt{n} = 0,02 \cdot \sqrt{3} = 0,034m.$$

Tolerancia en la  
poligonal 9,6 cm.



## EJERCICIO PRÁCTICO Número 24.-

### TOLERANCIA PLANIMÉTRICA

#### TOLERANCIA EN LA RADIACIÓN.-

$$\varepsilon_v = \frac{S}{12} = \frac{50}{12} = 4,16^{cc}$$

$$\varepsilon_d = \frac{0,02}{929} \cdot 636620 = 13,7^{cc}$$

$$\varepsilon_p = \frac{30}{32} \cdot \left(1 + \frac{4 \cdot 32}{100}\right) = 2,13^{cc}$$

$$\varepsilon_l = \frac{2}{3} \cdot 3 = 2,0^{cc}$$

$$\varepsilon_T^H = \sqrt{4,16^2 + 13,7^2 + 2,13^2 + 2,0^2} = 14,6^{cc}$$

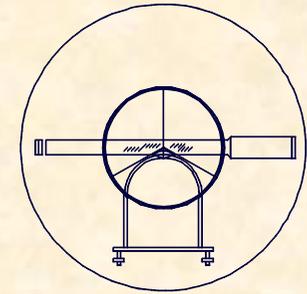
$$e_t = \frac{D \cdot \varepsilon_T^H}{636.620} = \frac{929,059 \cdot 14,6}{636.620} = 0,021m.$$

$$e_l = 0,035m.$$

Tolerancia en la radiación 3,5 cm.

#### TOLERANCIA PLANIMÉTRICA

$$e_{TOTAL} = \sqrt{9,6^2 + 3,5^2} \cong 10cm.$$



EJERCICIO PRÁCTICO Número 24.-

**TOLERANCIA ALTIMÉTRICA**  
**TOLERANCIA EN LA NTC.-**

$$e_t^I = \Delta D \cdot \text{Cotg} V = 0,02 \cdot \text{Cotg} 103,1141 = 0,0009m.$$

$$e_t^{II} = D \cdot [\text{Cotg}(V \pm \varepsilon_T^C) - \text{Cotg} V] =$$

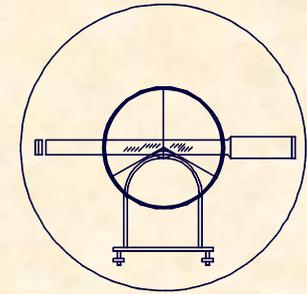
$$e_t^{II} = 2.025,777 \cdot [\text{Cotg}(103,1141 \pm 0,0019) - \text{Cotg} 103,1141] = 0,060m.$$

$$\varepsilon_v = \frac{50}{3} = 16,7^{cc}$$

$$\varepsilon_p = \frac{150}{32} \cdot \left(1 + \frac{4 \cdot 32}{100}\right) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 7,55^{cc}$$

$$\varepsilon_l = \frac{2}{3} \cdot 3 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 1,41^{cc}$$

$$\varepsilon_T^C = 19^{cc}$$



## EJERCICIO PRÁCTICO Número 24.-

### TOLERANCIA ALTIMÉTRICA TOLERANCIA EN LA NTC.-

$$e_i = 0,01m.$$

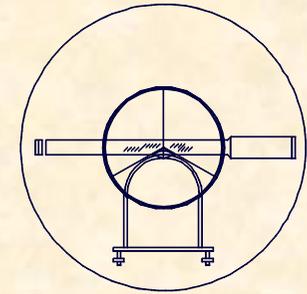
$$e_m \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 0 < D < 100 \Rightarrow e_m = 1cm \\ 100 < D < 200 \Rightarrow e_m = 2cm \\ 200 < D < 500 \Rightarrow e_m = 3cm \\ 500 < D < 1000 \Rightarrow e_m = 4cm \\ 1000 < D < 2000 \Rightarrow e_m = 5cm \end{array} \right. \Rightarrow e_m = 0,10m$$

TOLERANCIA EN UN TRAMO

$$e = \sqrt{6^2 + 1^2 + 10^2} = 11,7cm.$$

TOLERANCIA ALTIMÉTRICO EN NTC

$$e_T = \frac{e \cdot \sqrt{n}}{\sqrt{2}} = \frac{11,7 \cdot \sqrt{3}}{\sqrt{2}} \approx 14,3cm.$$



EJERCICIO PRÁCTICO Número 24.-

**TOLERANCIA ALTIMÉTRICA**  
**TOLERANCIA EN LA NTS.-**

$$e_t^I = \Delta D \cdot \text{Cotg} V = 0,035 \cdot \text{Cotg} 96,3194 = 0,002m.$$

$$e_t^{II} = D \cdot [\text{Cotg}(V \pm \varepsilon_T^C) - \text{Cotg} V] =$$

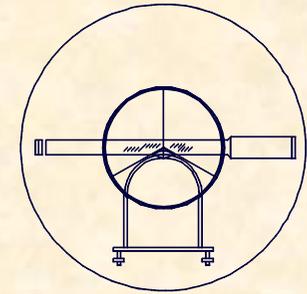
$$e_t^{II} = 929,059 \cdot [\text{Cotg}(96,3194 \pm 0,0020) - \text{Cotg} 96,3194] = 0,029m.$$

$$\varepsilon_v = \frac{50}{3} = 16,7^{cc}$$

$$\varepsilon_p = \frac{150}{32} \cdot \left( 1 + \frac{4 \cdot 32}{100} \right) = 10,7^{cc}$$

$$\varepsilon_l = \frac{2}{3} \cdot 3 = 2,0^{cc}$$

$$\varepsilon_T^C = 20,0^{cc}$$



EJERCICIO PRÁCTICO Número 24.-

**TOLERANCIA ALTIMÉTRICA**  
**TOLERANCIA EN LA NTS.-**

$$e_i = 0,01m.$$

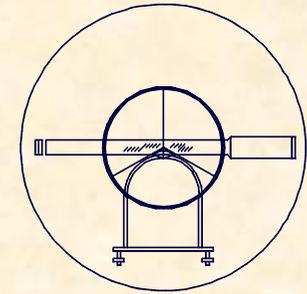
$$e_m \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 0 < D < 100 \Rightarrow e_m = 1cm \\ 100 < D < 200 \Rightarrow e_m = 2cm \\ 200 < D < 500 \Rightarrow e_m = 3cm \\ 500 < D < 1000 \Rightarrow e_m = 4cm \\ 1000 < D < 2000 \Rightarrow e_m = 5cm \end{array} \right. \Rightarrow e_m = 0,50m$$

TOLERANCIA EN LA NTS

$$e = \sqrt{0,2^2 + 2,9^2 + 1^2 + 5^2} = 5,8cm.$$

**TOLERANCIA ALTIMÉTRICA.-**

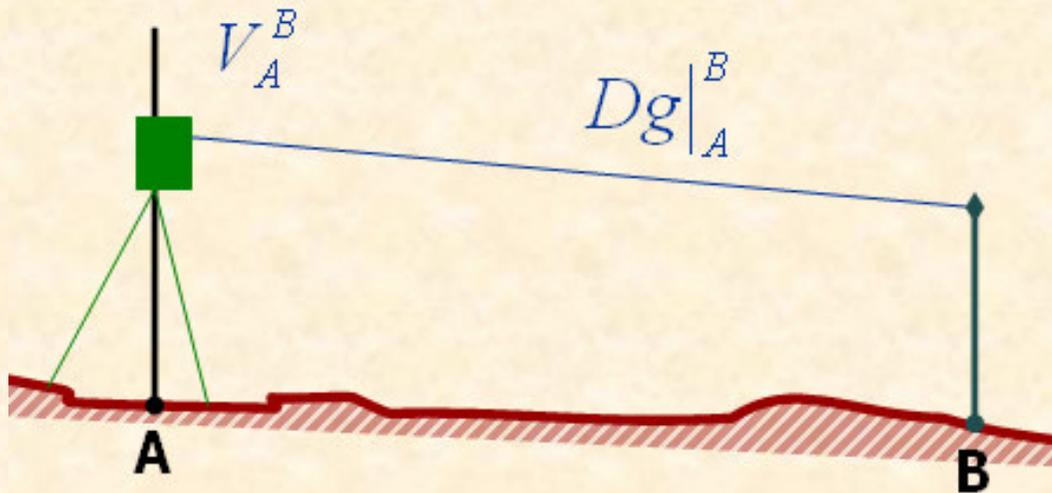
$$e = \sqrt{14,3^2 + 5,8^2} = 15,4cm.$$



A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
3.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TAQUÍMETRO

3.1.- CONCEPTOS PREVIOS Y OBJETIVOS

CÁLCULO DE COORDENADAS



$$N^{\circ} \text{ Generator} = (a - b) \cdot K$$

$$D_g \Big|_A^B = N^{\circ} \text{ Gen} \cdot \text{Sen} V_A^B$$

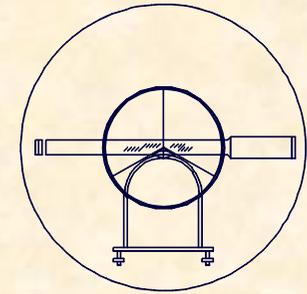
$$D_A^B = N^{\circ} \text{ Gen} \cdot \text{Sen}^2 V_A^B$$

$$\theta_A^B = \varepsilon_A + L_A^B$$

$$X_B = X_A + D_A^B \cdot \text{Sen} \theta_A^B$$

$$Y_B = Y_A + D_A^B \cdot \text{Cos} \theta_A^B$$

$$Z_B = Z_A + t_A^B + i_A - m_B + 0,42 \frac{D^2}{R}$$



**A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS**  
**3.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TAQUÍMETRO**  
**3.1.- CONCEPTOS PREVIOS Y OBJETIVOS**

**CÁLCULO DE TOLERANCIAS**

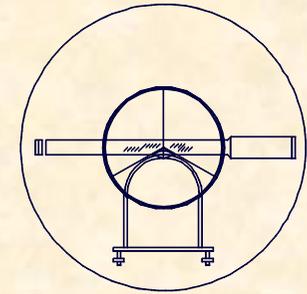
**ERRORES DISTANCIOMÉTRICOS.-**

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2}$$

**ERRORES ANGULARES.-**

$$\varepsilon_T^H = \sqrt{\varepsilon_v^2 + \varepsilon_d^2 + \varepsilon_p^2 + \varepsilon_l^2}$$

$$\varepsilon_T^C = \sqrt{\varepsilon_v^2 + \varepsilon_p^2 + \varepsilon_l^2}$$



A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
3.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TAQUÍMETRO  
3.2.- DETERMINACIONES PLANIMÉTRICAS

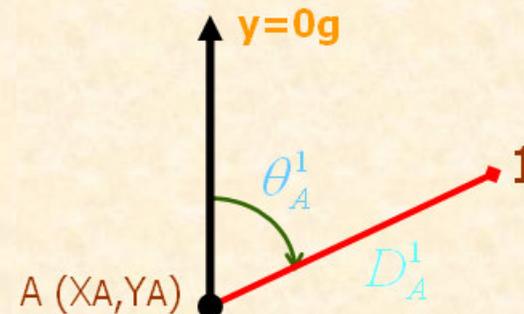
MÉTODO DE RADIACIÓN

CONCEPTO Y RESOLUCIÓN

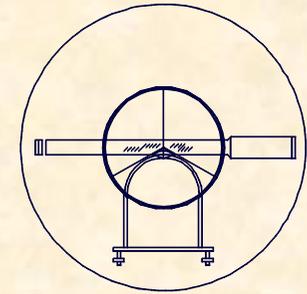
- La Radiación es un método topográfico planimétrico que permite determinar la posición de un punto respecto a otro de coordenadas conocidas

$$X_1 = X_A + D_A^1 \cdot \text{Sen} \theta_A^1$$

$$Y_1 = Y_A + D_A^1 \cdot \text{Cos} \theta_A^1$$



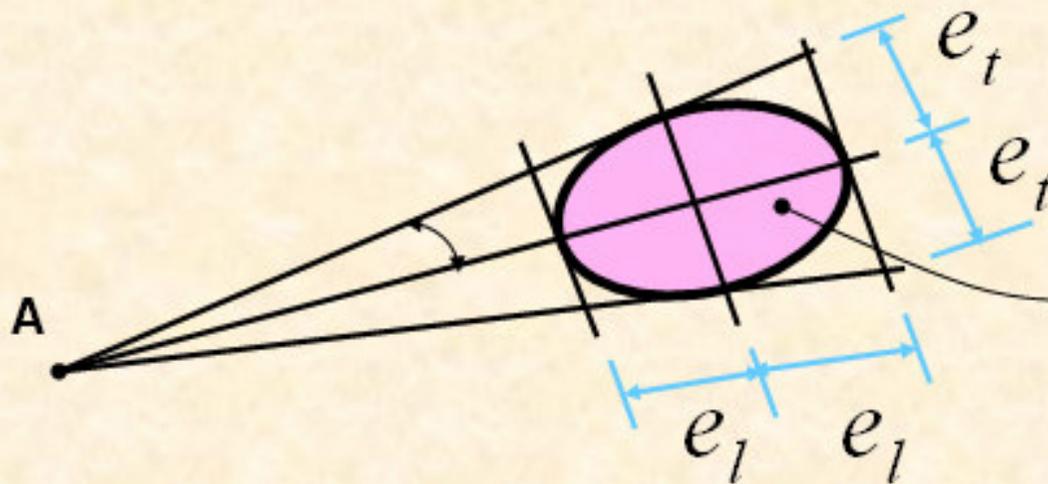
\*\* Es costumbre aprovechar los datos y realizar Nivelación Trigonométrica Simple



A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
3.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TAQUÍMETRO  
3.2.- DETERMINACIONES PLANIMÉTRICAS

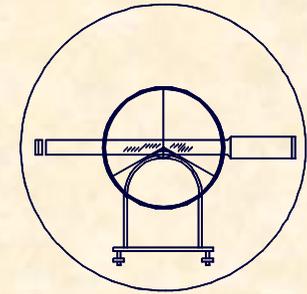
MÉTODO DE RADIACIÓN

TOLERANCIA PLANIMÉTRICA



**ELIPSE DE ERROR:**

Zona de mayor probabilidad de que se encuentre la medición



A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
3.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TAQUÍMETRO  
3.2.- DETERMINACIONES PLANIMÉTRICAS

MÉTODO DE RADIACIÓN

TOLERANCIA PLANIMÉTRICA

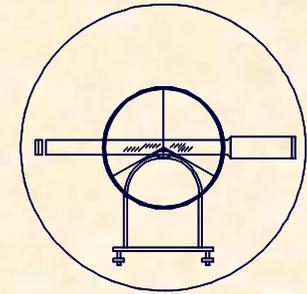
Error transversal.-

$$e_t = \frac{D \cdot \varepsilon_T^H}{636.620} \Rightarrow \varepsilon_T^H \begin{cases} Ee + Ep = 2,5cm. \\ No\_Bessel \end{cases}$$

Error Longitudinal.-

$$e_l = \frac{D \cdot \varepsilon}{100} = \frac{D \cdot \sqrt{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2}}{100}$$

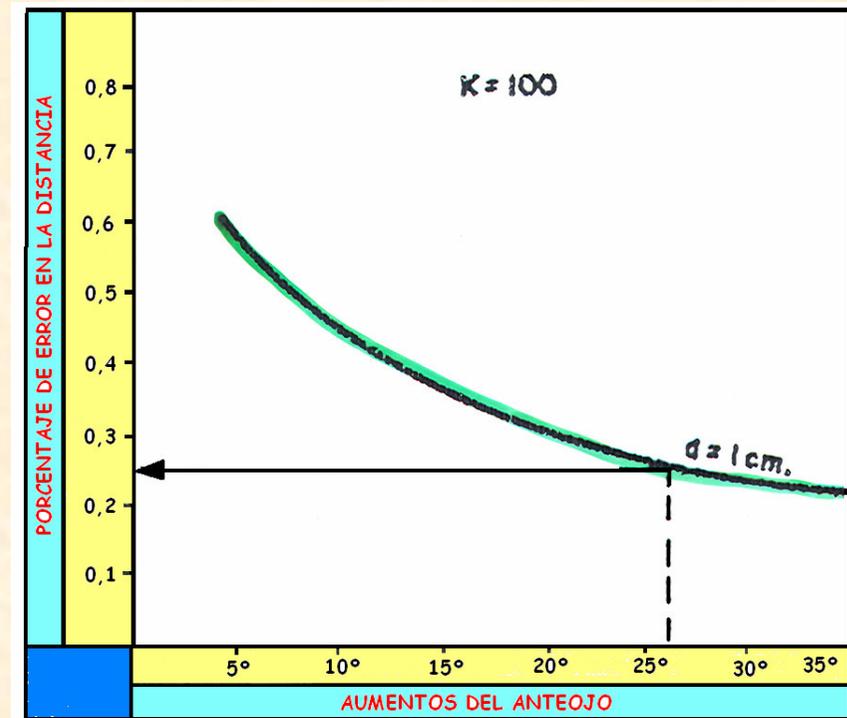
SE CONSIDERA LA TOLERANCIA EN LA RADIACIÓN, EL MAYOR DE LOS DOS ERRORES.

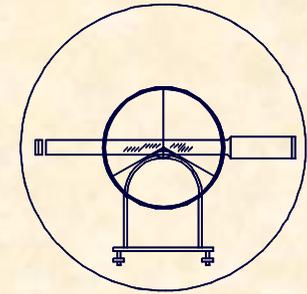


**A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS**  
**3.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TAQUÍMETRO**  
**3.2.- DETERMINACIONES PLANIMÉTRICAS**

**MÉTODO DE RADIACIÓN**  
**TOLERANCIA PLANIMÉTRICA**

Determinación  $\varepsilon_1$ .-

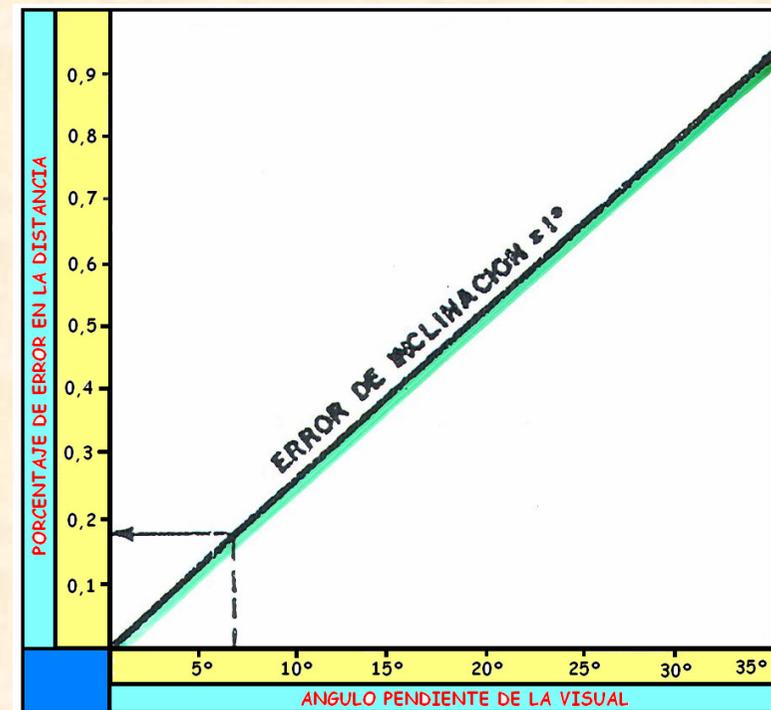


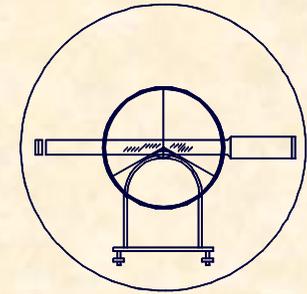


A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
3.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TAQUÍMETRO  
3.2.- DETERMINACIONES PLANIMÉTRICAS

MÉTODO DE RADIACIÓN  
TOLERANCIA PLANIMÉTRICA

Determinación  $\varepsilon_2$ .-

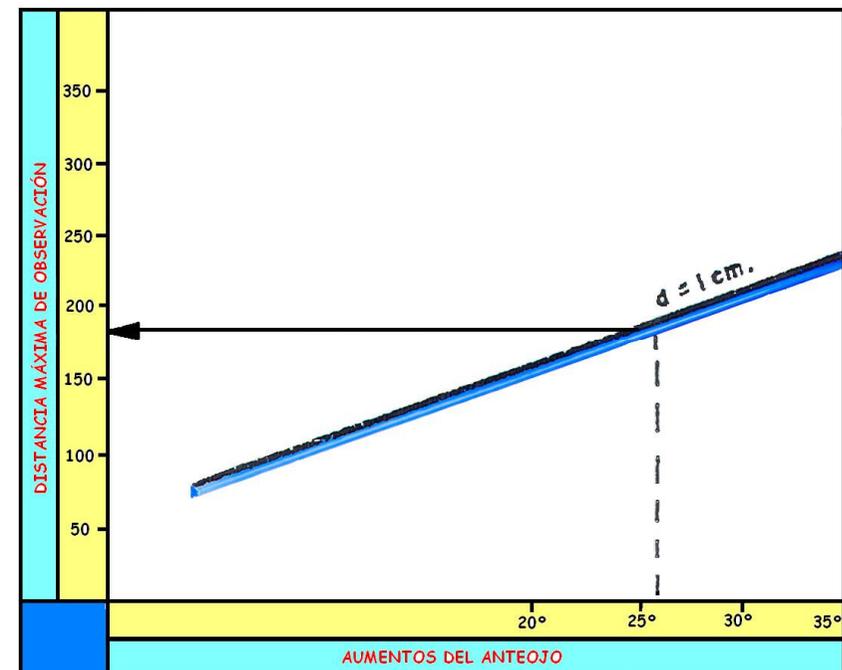


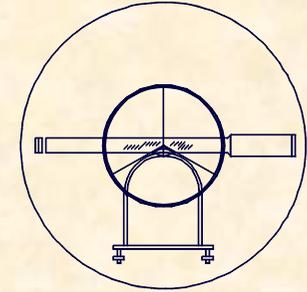


**A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS**  
**3.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TAQUÍMETRO**  
**3.2.- DETERMINACIONES PLANIMÉTRICAS**

**MÉTODO DE RADIACIÓN**

**Distancia  
Máxima de  
Observación.**

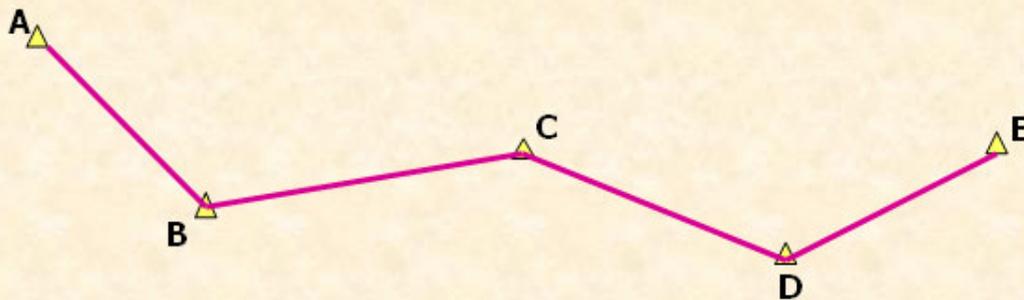




A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
3.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TAQUÍMETRO  
3.2.- DETERMINACIONES PLANIMÉTRICAS

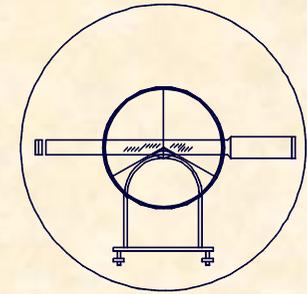
**MÉTODO DE POLIGONAL O ITINERARIO.-**  
**CONCEPTO Y RESOLUCIÓN**

Un itinerario o poligonal no es más que una sucesión encadenada de radiaciones que tienen como uno de los objetivos más importantes establecer las estaciones necesarias para radiar puntos.



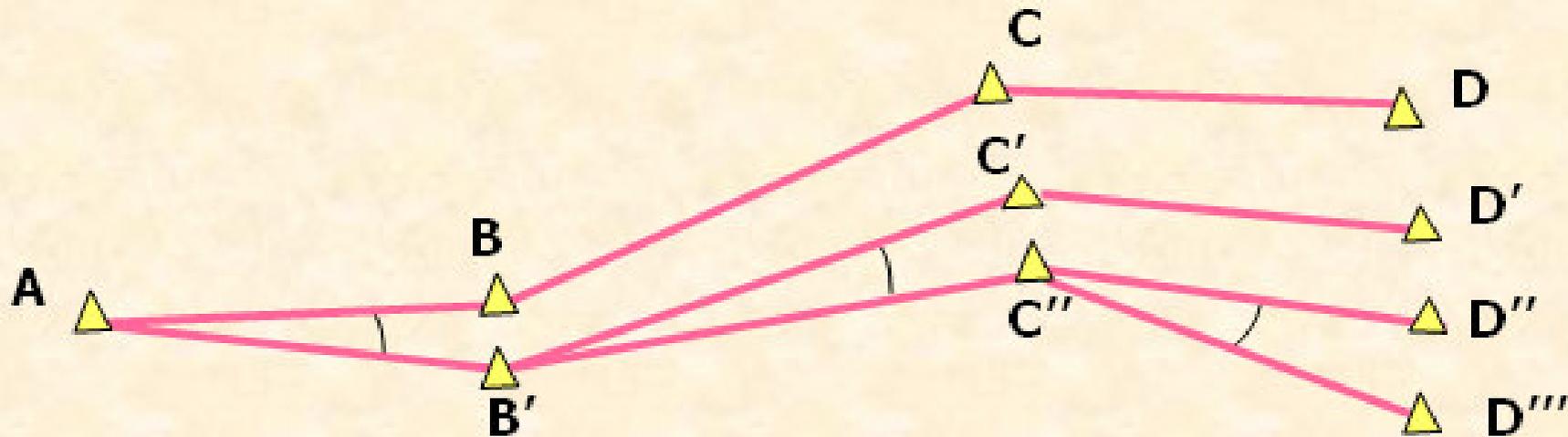
Su tipología en cuanto a naturaleza y observación coincide totalmente con las estudiadas anteriormente.

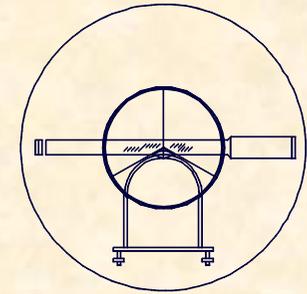
\*\* Es costumbre aprovechar los datos y realizar Nivelación Trigonométrica Compuesta



A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
3.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TAQUÍMETRO  
3.2.- DETERMINACIONES PLANIMÉTRICAS

MÉTODO DE POLIGONAL O ITINERARIO.-  
TOLERANCIAS





A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
3.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TAQUÍMETRO  
3.2.- DETERMINACIONES PLANIMÉTRICAS

MÉTODO DE POLIGONAL O ITINERARIO.-

TOLERANCIAS

Error transversal.-

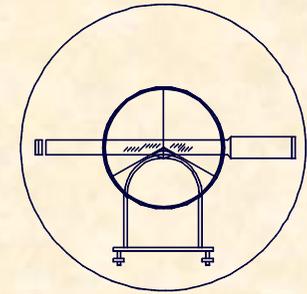
$$e_t = \frac{D \cdot \epsilon_T^H \cdot \sqrt{2}}{636.620} \cdot \sqrt{\frac{n \cdot (n+1) \cdot (2n+1)}{6}}$$

$$\{\{Ee + Ep = 1,5cm. \Leftrightarrow Si \_ Bessel\}$$

SE CONSIDERA LA  
TOLERANCIA EN  
LA POLIGONAL, EL  
MAYOR DE LOS  
DOS ERRORES.

Error Longitudinal.-

$$e_l = \frac{D \cdot \epsilon^*}{100} \cdot \sqrt{n} \Leftrightarrow \epsilon^* = \frac{\epsilon}{\sqrt{\text{Mediciones} / \text{Tramo}}}$$

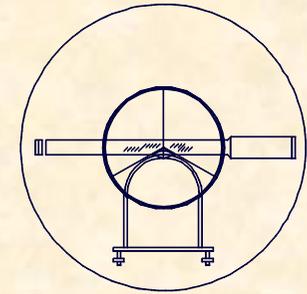


A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
3.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TAQUÍMETRO  
3.2.- DETERMINACIONES PLANIMÉTRICAS

**TOLERANCIA CONJUNTA.-**

$$E_P = \sqrt{e_R^2 + e_P^2}$$

- $E_P$ = Error Total Planimétrico.
- $e_R$ = Error Radiación.
- $e_P$ = Error Poligonal.

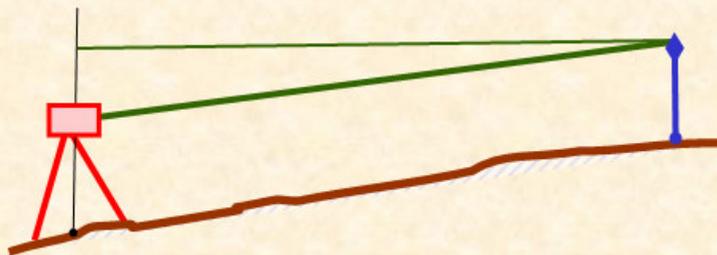


A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
3.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TAQUÍMETRO  
3.3.- DETERMINACIONES ALTIMÉTRICAS

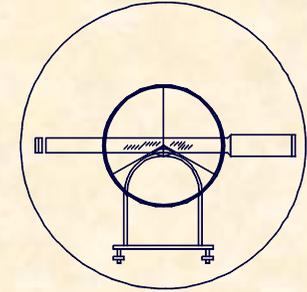
**NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA SIMPLE (Radiación)**

**CONCEPTO Y RESOLUCIÓN**

La Nivelación Trigonométrica Simple permite calcular las cotas de los puntos observados mediante relaciones trigonométricas sencillas, se hace a la vez que la Radiación.



$$Z_B = Z_A + \frac{D_A^B}{\operatorname{tg} V_A^B} + i_A - m_B + 0,42 \cdot \frac{D^2}{R}$$



A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
3.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TAQUÍMETRO  
3.3.- DETERMINACIONES ALTIMÉTRICAS

NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA SIMPLE (Radiación)

TOLERANCIA ALTIMÉTRICA

$$e_t^I = \Delta D \cdot \text{Cotg} V$$

$$e_t^{II} = D[\text{Cotg}(V \pm \varepsilon_T^C) - \text{Cotg} V]$$

$$e_i = 1\text{cm}$$

$$e_m = \text{función } [D] \begin{cases} 0 < D < 100 \Rightarrow e_m = 1\text{cm} \\ 100 < D < 200 \Rightarrow e_m = 2\text{cm} \\ 200 < D < 500 \Rightarrow e_m = 3\text{cm} \\ 500 < D < 1000 \Rightarrow e_m = 4\text{cm} \\ 1000 < D < 2000 \Rightarrow e_m = 5\text{cm} \end{cases}$$

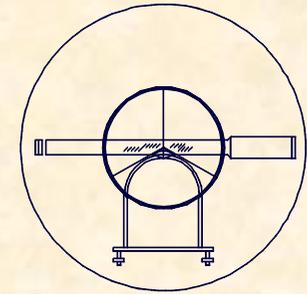
$$\Delta D = D \cdot \varepsilon / 100$$

V = Ángulo cenital que más se aleje de la visual horizontal.

D = Distancia más larga.

Error cenital SIN besel.

$$e_{TOTAL} = \sqrt{e_t^I + e_t^{II} + e_i + e_m}$$



A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
3.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TAQUÍMETRO  
3.3.- DETERMINACIONES ALTIMÉTRICAS

NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA COMPUESTA (Itinerario)

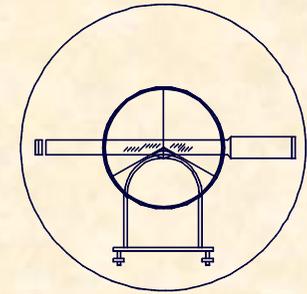
CONCEPTO Y RESOLUCIÓN

La Nivelación Trigonométrica Compuesta permite calcular las cotas de los puntos observados mediante relaciones trigonométricas sencillas, se hace a la vez que la Poligonal o Itinerario.



$$Z_B = Z_A + \frac{D_A^B}{\operatorname{tg} V_A^B} + i_A - m_B + 0,42 \cdot \frac{D^2}{R}$$

El procedimiento de cálculo no cambia, pero si la tolerancia.



A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
3.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TAQUÍMETRO

3.3.- DETERMINACIONES ALTIMÉTRICAS

NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA COMPUESTA (Itinerario)

TOLERANCIA ALTIMÉTRICA

$$e_t^I = \Delta D \cdot \text{Cotg} V$$

$$e_t^{II} = D[\text{Cotg}(V \pm \varepsilon_T^C) - \text{Cotg} V]$$

$$e_i = 1\text{cm}$$

$$e_m = \text{función } [D]$$

$$\begin{cases} 0 < D < 100 \Rightarrow e_m = 1\text{cm} \\ 100 < D < 200 \Rightarrow e_m = 2\text{cm} \\ 200 < D < 500 \Rightarrow e_m = 3\text{cm} \\ 500 < D < 1000 \Rightarrow e_m = 4\text{cm} \\ 1000 < D < 2000 \Rightarrow e_m = 5\text{cm} \end{cases}$$

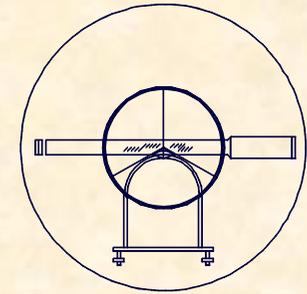
$$\Delta D = D \cdot \varepsilon^* / 100$$

V = Ángulo cenital que más se aleje de la visual horizontal.

D = Distancia más larga.

Error cenital CON besseL.

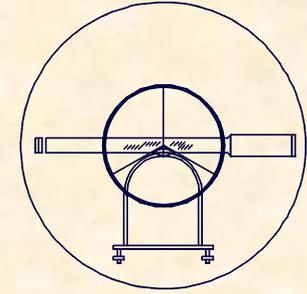
$$e_{\text{TRAMO}} = \sqrt{e_t^I + e_t^{II} + e_i + e_m} \quad \longrightarrow \quad e_{\text{TOTAL}} = \frac{e_{\text{TRAMO}} \cdot \sqrt{n}}{\sqrt{2}}$$



A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
3.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TAQUÍMETRO  
3.3.- DETERMINACIONES ALTIMÉTRICAS  
**TOLERANCIA CONJUNTA EN NTS y NTC.-**

$$E_A = \sqrt{e_{NTS}^2 + e_{NTC}^2}$$

- $E_A$  = Error Total Altimétrico.
- $e_{NTS}$  = Error Nivelación Trigonométrica Simple.
- $e_{NTC}$  = Error Nivelación Trigonométrica Compuesta.

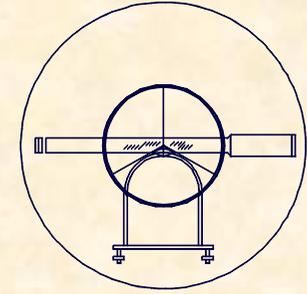


EJERCICIO PRÁCTICO Número 25.-

- Dada la siguiente libreta de campo ya depurada, que ha sido obtenida con un taquímetro de especificaciones técnicas [ $S=60^{\text{cc}}$ ;  $A=30$ ;  $a=20^{\text{cc}}$ ]. Obtener:
  - Coordenadas de todos los puntos.
  - Error Planimétrico y Altimétrico del punto más desfavorable.

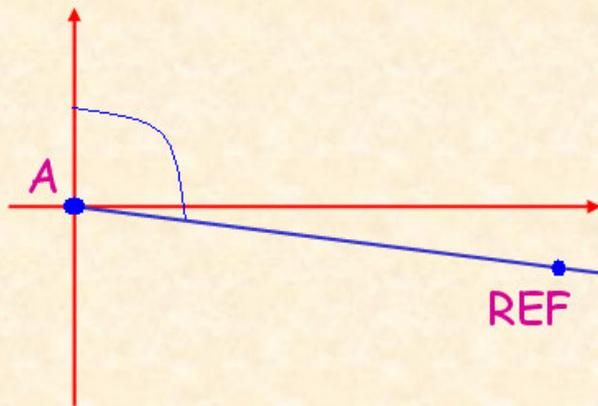
A 1.000,00  
 1.000,00  
 100,00  
 R 1.324,42  
 967,28  
 104,39

CLAVES	ALTURA APARATO		PUNTOS		DISTANCIA		ANGULO H		ANGULO V		ALTURA PRISMA	
	m	cm	Estación	Visado	metros	mm	Grados	Segundos	Grados	Segundos	m	cm
	1	4:9	A	R E F			0:0:0	0:0:0				
				1	2:4:0	2:6:0	3:8:0	2:4:6:0	1:0:0	9:1:8:0	1:7:2	
				2	3:2:0	5:1:0	1:0:1	2:1:4:0	9:9	3:6:2:0	1:8:3	
				3	1:5:0	4:2:0	2:2:4	3:6:2:0	1:0:4	0:0:2:0	2:1:0	
				4	2:7:6	8:8:0	4:9	1:4:2:0	1:0:1	2:2:6:0	2:1:5	
				B	3:7:5	4:8:0	1:2:0	4:4:8:0	9:8	3:6:4:0	1:9:6	
	1	5:2	B	A			3:2:6	4:4:1:0				
				1	2:1:5	3:6:0	1:9:1	4:4:2:0	1:0:0	9:1:8:0	2:2:4	
				2	2:7:6	4:9:0	2:1:5	4:7:6:0	9:9	4:3:2:0	2:2:3	



## EJERCICIO PRÁCTICO Número 25.-

### CÁLCULO DE ACIMUTES



$$\theta_A^{REF} = \Sigma_A = 100 + \text{Arctg} \frac{32,72}{324,42} = 106,399^{\circ}$$

$$\theta_A^1 = \Sigma_A + L_A^1 = 106,399 + 380,246 = 86,645^{\circ}$$

$$\theta_A^2 = \Sigma_A + L_A^2 = 106,399 + 101,214 = 207,613^{\circ}$$

$$\theta_A^3 = \Sigma_A + L_A^3 = 106,399 + 224,362 = 330,761^{\circ}$$

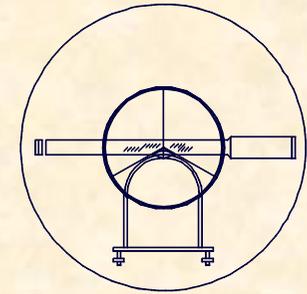
$$\theta_A^4 = \Sigma_A + L_A^4 = 106,399 + 49,142 = 155,541^{\circ}$$

$$\theta_A^B = \Sigma_A + L_A^B = 106,399 + 120,448 = 226,847^{\circ}$$

$$\Sigma_B = \theta_B^A - L_B^A = 26,847 - 326,441 + 400 = 100,406^{\circ}$$

$$\theta_B^1 = \Sigma_B + L_B^1 = 100,406 + 191,442 = 291,848^{\circ}$$

$$\theta_B^2 = \Sigma_B + L_B^2 = 100,406 + 215,476 = 315,882^{\circ}$$



EJERCICIO PRÁCTICO Número 25.-

**CALCULO DE COORDENADAS.-**

**COORDENADAS DE 1.-**

$$D_A^1 = 240,21m.$$

$$\theta_A^1 = 86,645^g$$

$$1 \left\{ \begin{array}{l} 1.234,94 \\ 1.050,02 \\ 96,31 \end{array} \right\}$$

**COORDENADAS DE 3.-**

$$D_A^3 = 149,83m.$$

$$\theta_A^3 = 330,761^g$$

$$3 \left\{ \begin{array}{l} 867,33 \\ 1.069,61 \\ 89,96 \end{array} \right\}$$

**COORDENADAS DE 2.-**

$$D_A^2 = 320,48m.$$

$$\theta_A^2 = 207,613^g$$

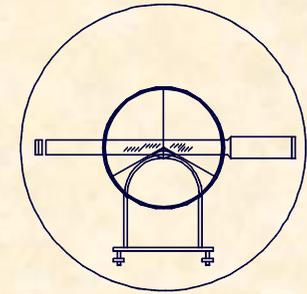
$$2 \left\{ \begin{array}{l} 961,77 \\ 681,81 \\ 102,88 \end{array} \right\}$$

**COORDENADAS DE 4.-**

$$D_A^4 = 276,78m.$$

$$\theta_A^4 = 155,541^g$$

$$4 \left\{ \begin{array}{l} 1.177,96 \\ 788,02 \\ 94,01 \end{array} \right\}$$



EJERCICIO PRÁCTICO Número 25.-

**CALCULO DE COORDENADAS.-**

**COORDENADAS DE B.-**

$$D_A^B = 375,23m.$$

$$\theta_A^B = 226,847^g$$

$$4 \left\{ \begin{array}{l} 846,41 \\ 657,64 \\ 109,18 \end{array} \right\}$$

**COORDENADAS DE 1.-**

$$D_B^1 = 215,31m.$$

$$\theta_B^1 = 291,848^g$$

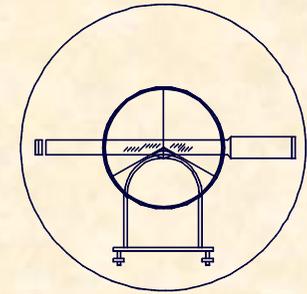
$$1 \left\{ \begin{array}{l} 632,86 \\ 630,14 \\ 105,36 \end{array} \right\}$$

**COORDENADAS DE 2.-**

$$D_B^2 = 276,47m.$$

$$\theta_B^2 = 315,882^g$$

$$2 \left\{ \begin{array}{l} 578,50 \\ 725,90 \\ 110,94 \end{array} \right\}$$



## EJERCICIO PRÁCTICO Número 25.-

### TOLERANCIA PLANIMÉTRICA

### TOLERANCIA EN LA POLIGONAL

$$\varepsilon_v = \frac{S}{12} = \frac{60}{12} = 5,00^{cc}$$

$$\varepsilon_d = \frac{0,015}{375,23} \cdot 636620 = 25,45^{cc}$$

$$\varepsilon_p = \frac{30}{30} \cdot \left(1 + \frac{4 \cdot 30}{100}\right) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 1,55^{cc}$$

$$\varepsilon_l = \frac{2}{3} \cdot 20 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 9,42^{cc}$$

$$\varepsilon_T^H = \sqrt{5,00^2 + 25,45^2 + 1,55^2 + 9,42^2} = 27,64^{cc}$$

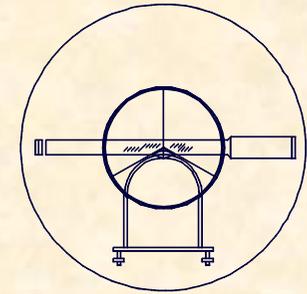
$$e_t = \frac{D \cdot \varepsilon_T^H \cdot \sqrt{2}}{636.620} \cdot \sqrt{\frac{n \cdot (n+1) \cdot (2n+1)}{6}}$$

$$e_t = \frac{375,23 \cdot 27,64 \cdot \sqrt{2}}{636.620} \cdot \sqrt{\frac{1 \cdot 2 \cdot 3}{6}} = 0,023m.$$

$$e_l = \frac{D \cdot \varepsilon^*}{100} \cdot \sqrt{n} = \frac{375,23 \cdot 0,143}{100} \sqrt{1} = 0,536m.$$

$$\varepsilon^* = \frac{\varepsilon}{2} = \frac{\sqrt{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2}}{2} = \frac{\sqrt{0,23^2 + 0,17^2}}{2} = 0,143$$

Tolerancia en la  
poligonal 53,6 cm.



## EJERCICIO PRÁCTICO Número 25.-

### TOLERANCIA PLANIMÉTRICA TOLERANCIA EN LA RADIACIÓN

$$\varepsilon_v = \frac{S}{12} = \frac{60}{12} = 5,00^{cc}$$

$$\varepsilon_d = \frac{0,025}{215,31} \cdot 636620 = 73,92^{cc}$$

$$\varepsilon_p = \frac{30}{30} \cdot \left(1 + \frac{4 \cdot 30}{100}\right) = 2,20^{cc}$$

$$\varepsilon_l = \frac{2}{3} \cdot 20 = 13,33^{cc}$$

$$\varepsilon_T^H = \sqrt{5,00^2 + 73,92^2 + 2,20^2 + 13,33^2} = 75,31^{cc}$$

$$e_t = \frac{D \cdot \varepsilon_T^H}{636.620} = \frac{276,47 \cdot 75,31}{636.620} = 0,033m.$$

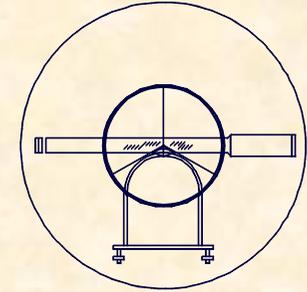
$$e_l = \frac{D \cdot \varepsilon}{100} = \frac{D \cdot \sqrt{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2}}{100} =$$

$$e_l = \frac{276,47 \cdot \sqrt{0,23^2 + 0,17^2}}{100} = 0,791m.$$

Tolerancia en la radiación 79,1 cm.

### TOLERANCIA PLANIMÉTRICA

$$e_{TOTAL} = \sqrt{53,6^2 + 79,1^2} \cong 95,6cm.$$



EJERCICIO PRÁCTICO Número 25.-

**TOLERANCIA ALTIMÉTRICA**

**TOLERANCIA EN LA NTC.-**

$$e_t^I = \Delta D \cdot \text{Cotg} V = \frac{375,23 \cdot 0,143}{100} \cdot \text{Cotg} 98,364 = 0,014m.$$

$$e_t^{II} = D \cdot [\text{Cotg}(V \pm \varepsilon_T^C) - \text{Cotg} V] =$$

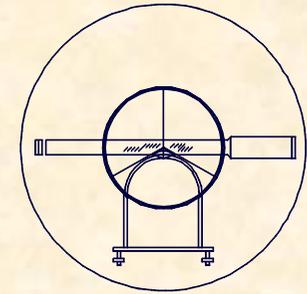
$$e_t^{II} = 375,23 \cdot [\text{Cotg}(98,364 \pm 0,0024) - \text{Cotg} 98,364] = 0,014m.$$

$$\varepsilon_v = \frac{60}{3} = 20,00^{cc}$$

$$\varepsilon_p = \frac{150}{30} \cdot \left(1 + \frac{4 \cdot 30}{100}\right) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 7,78^{cc}$$

$$\varepsilon_l = \frac{2}{3} \cdot 20 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 9,43^{cc}$$

$$\varepsilon_T^C = 23,44^{cc} \cong 24^{cc}$$



## EJERCICIO PRÁCTICO Número 25.-

### TOLERANCIA ALTIMÉTRICO

#### TOLERANCIA EN LA NTC.-

$$e_i = 0,01m.$$

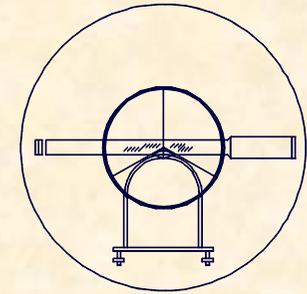
$$e_m \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 0 < D < 100 \Rightarrow e_m = 1cm \\ 100 < D < 200 \Rightarrow e_m = 2cm \\ 200 < D < 500 \Rightarrow e_m = 3cm \\ 500 < D < 1000 \Rightarrow e_m = 4cm \\ 1000 < D < 2000 \Rightarrow e_m = 5cm \end{array} \right. \Rightarrow e_m = 0,03m$$

TOLERANCIA EN UN TRAMO

$$e = \sqrt{1,4^2 + 1,4^2 + 1^2 + 3^2} = 3,73cm.$$

TOLERANCIA EN NTC

$$e_T = \frac{e \cdot \sqrt{n}}{\sqrt{2}} = \frac{3,73 \cdot \sqrt{1}}{\sqrt{2}} \approx 2,64cm.$$



EJERCICIO PRÁCTICO Número 25.-

**TOLERANCIA ALTIMÉTRICA**

**TOLERANCIA EN LA NTS.-**

$$e_t^I = \Delta D \cdot \text{Cotg} V = \frac{276,47 \cdot 0,286}{100} \cdot \text{Cotg} 100,918 = 0,011 \text{ m.}$$

$$e_t^{II} = D \cdot [\text{Cotg}(V \pm \varepsilon_T^C) - \text{Cotg} V] =$$

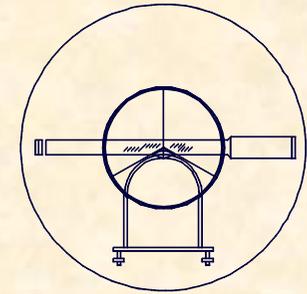
$$e_t^{II} = 276,47 \cdot [\text{Cotg}(100,918 \pm 0,0027) - \text{Cotg} 100,918] = 0,011 \text{ m.}$$

$$\varepsilon_v = \frac{60}{3} = 20,00^{cc}$$

$$\varepsilon_p = \frac{150}{30} \cdot \left(1 + \frac{4 \cdot 30}{100}\right) = 11,00^{cc}$$

$$\varepsilon_l = \frac{2}{3} \cdot 20 = 13,33^{cc}$$

$$\varepsilon_T^C = 26,43^{cc} \cong 27^{cc}$$



EJERCICIO PRÁCTICO Número 25.-

**TOLERANCIA ALTIMÉTRICA**  
**TOLERANCIA EN LA NTS.-**

$$e_i = 0,01m.$$

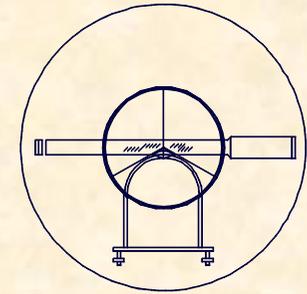
$$e_m \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 0 < D < 100 \Rightarrow e_m = 1cm \\ 100 < D < 200 \Rightarrow e_m = 2cm \\ 200 < D < 500 \Rightarrow e_m = 3cm \\ 500 < D < 1000 \Rightarrow e_m = 4cm \\ 1000 < D < 2000 \Rightarrow e_m = 5cm \end{array} \right. \Rightarrow e_m = 0,30m$$

TOLERANCIA EN LA NTS

$$e = \sqrt{1,1^2 + 1,1^2 + 1^2 + 3^2} = 3,52cm.$$

**TOLERANCIA ALTIMÉTRICA**

$$e = \sqrt{2,64^2 + 3,52^2} = 4,4cm.$$



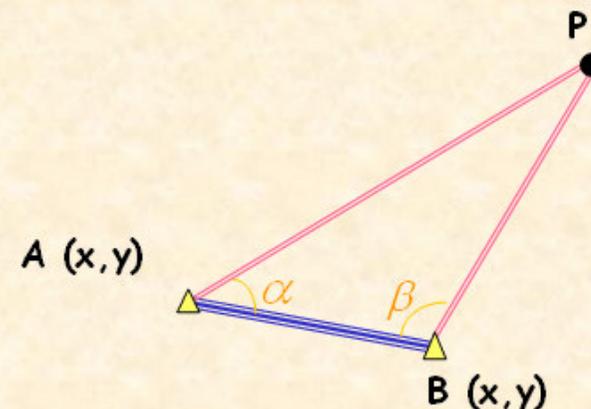
A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
4.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TEODOLITO

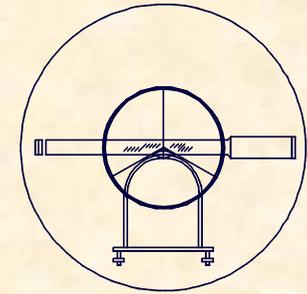
4.1.- INTERSECCIÓN DIRECTA

DEFINICIÓN y APLICACIONES

**Método Topográfico Planimétrico, que a través de mediciones exclusivamente angulares, determina las coordenadas  $x,y$  de un punto.**

- Lugares inaccesibles.
- No medida de distancias.
- Comprobación de otras metodologías
- Precisiones relativamente buenas.





A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
4.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TEODOLITO

4.1.- INTERSECCIÓN DIRECTA

FUNDAMENTO Y RESOLUCIÓN

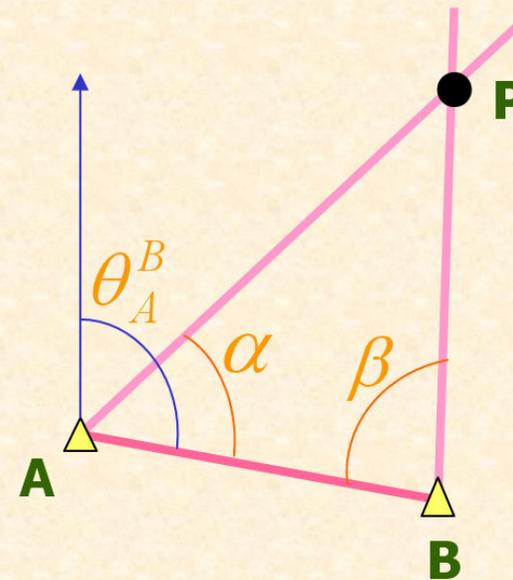
DATOS DE PARTIDA.-

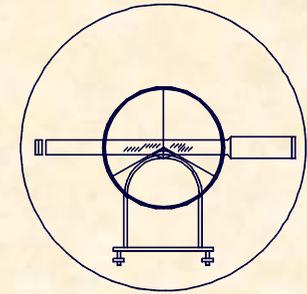
$$A(X_A, Y_A)$$

$$B(X_B, Y_B)$$

DATOS DE CAMPO.-

$$\alpha, \beta \rightarrow \text{CAMPO}$$





A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
4.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TEODOLITO

4.1.- INTERSECCIÓN DIRECTA

FUNDAMENTO Y RESOLUCIÓN

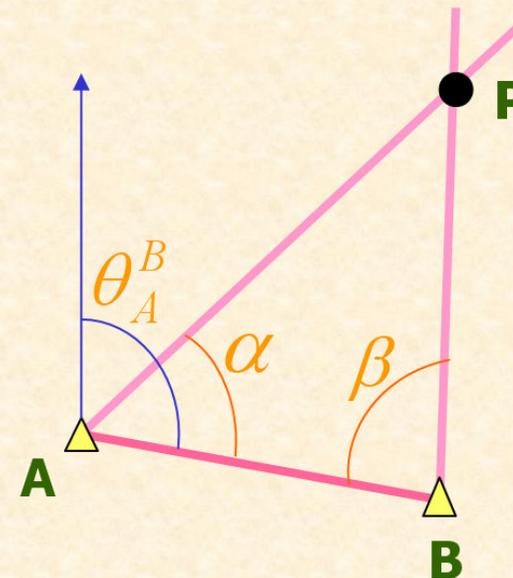
RESOLUCIÓN.-

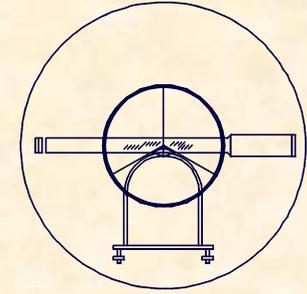
Cálculo de datos básicos.-

$$\theta_A^B = \text{Arctg} \frac{\Delta X}{\Delta Y}$$

$$D_A^B = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

$$\gamma = 200 - \alpha - \beta$$





A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
4.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TEODOLITO

4.1.- INTERSECCIÓN DIRECTA

FUNDAMENTO Y RESOLUCIÓN

RESOLUCIÓN.-

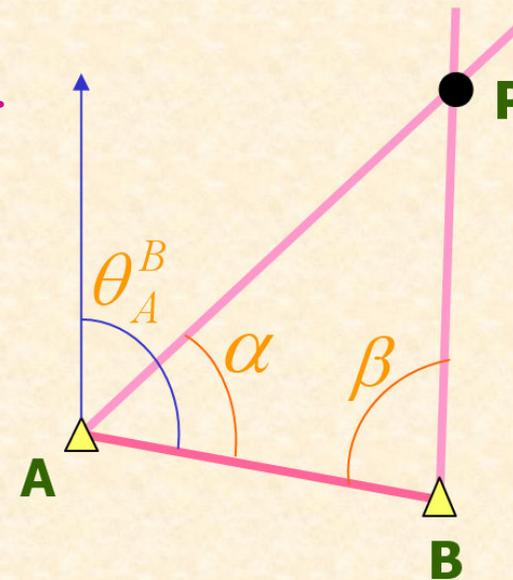
Determinación de Incógnitas.-

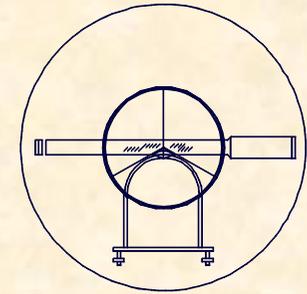
Cálculo desde A.-

$$D_A^P \text{ y } \theta_A^P$$

Cálculo desde B.-

$$D_B^P \text{ y } \theta_B^P$$





A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
4.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TEODOLITO

4.1.- INTERSECCIÓN DIRECTA

FUNDAMENTO Y RESOLUCIÓN

RESOLUCIÓN.-

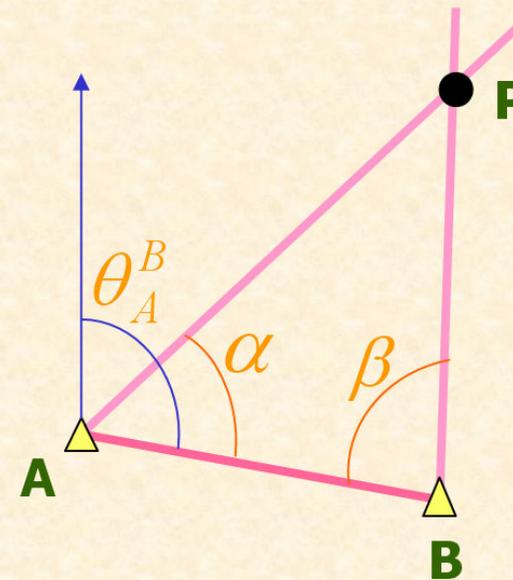
Determinación de Distancias.-

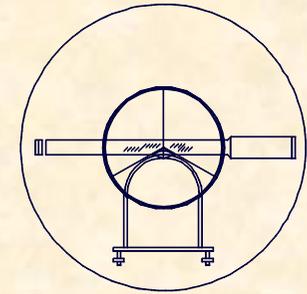
$$\frac{D_A^P}{\text{Sen}\beta} = \frac{D_B^P}{\text{Sen}\alpha} = \frac{D_A^B}{\text{Sen}\gamma}$$

Determinación de Acimutes.-

$$\theta_A^P = \theta_A^B \pm \alpha$$

$$\theta_B^P = \theta_B^A \pm \beta$$





A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
4.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TEODOLITO

4.1.- INTERSECCIÓN DIRECTA

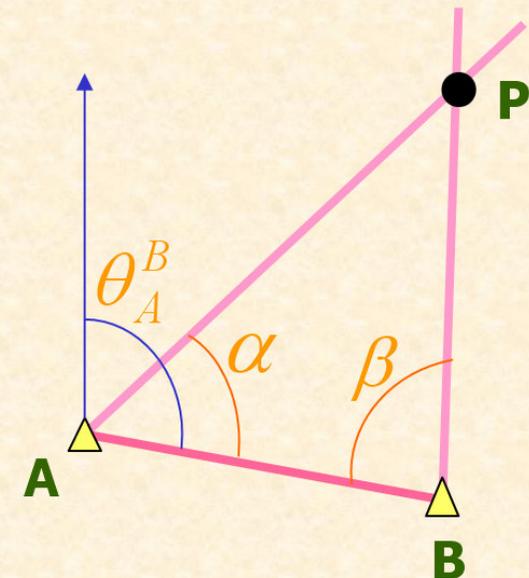
FUNDAMENTO Y RESOLUCIÓN

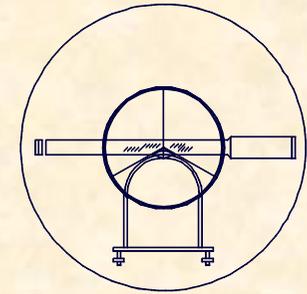
RESOLUCIÓN.-

Cálculo de Coordenadas.-

$$X_P = X_A + D_A^P \cdot \text{Sen} \theta_A^P = X_B + D_B^P \cdot \text{Sen} \theta_B^P$$

$$Y_P = Y_A + D_A^P \cdot \text{Cos} \theta_A^P = Y_B + D_B^P \cdot \text{Cos} \theta_B^P$$





A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
4.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TEODOLITO

4.1.- INTERSECCIÓN DIRECTA

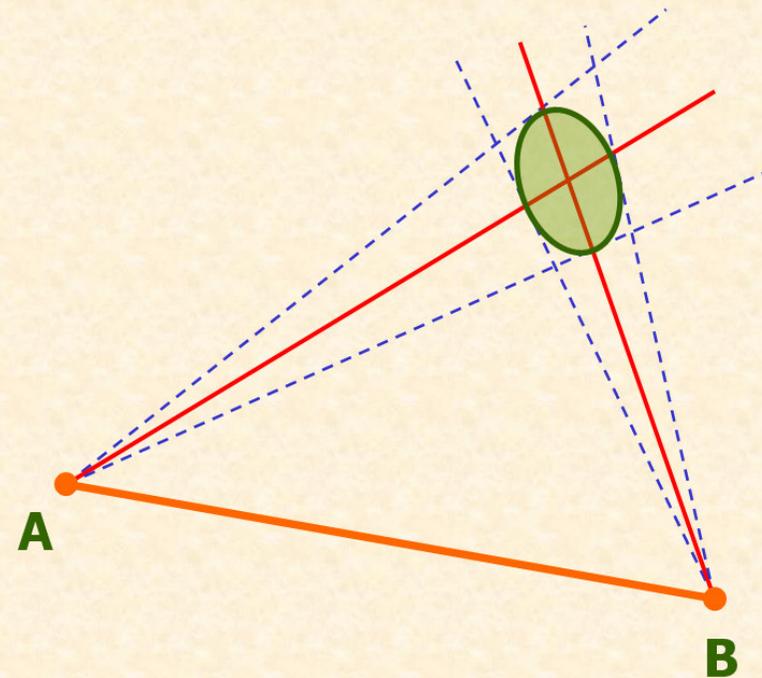
CÁLCULO DE LA TOLERANCIA

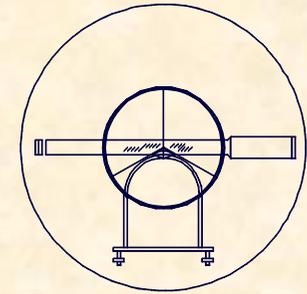
EXPRESIÓN DE CÁLCULO.-

$$e_a = \frac{D \cdot \varepsilon_T^H}{636.620 \cdot \text{Sen} \frac{\gamma}{2}}$$

Precauciones.-

- D = Distancia más larga.
- Lecturas en CD y CI.
- Ee+Ep = 1 cm.
- $\gamma$  = Ángulo Intersección





### EJERCICIO PRÁCTICO Número 26.-

Para determinar las coordenadas de un punto inaccesible, se estaciona en dos puntos de coordenadas conocidas e inter-visibles entre sí, una base topográfica.

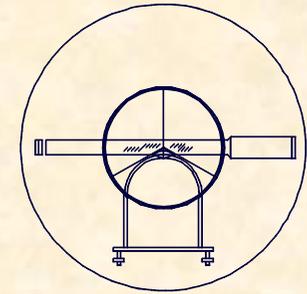
$$A [ 7.645,39 / 8.627,39 ] \quad B [ 6.192,45 / 7.437,28 ]$$

Desde dichos puntos se visó angularmente al punto cuestión, obteniéndose las siguientes lecturas:

$$L_{AB} = 196,1430^g \quad ; \quad L_{AP} = 254,1918^g \quad ; \quad L_{BA} = 396,1430^g \quad ; \quad L_{BP} = 335,2292^g$$

Obtener las coordenadas del punto P en el mismo sistema referencial así como la Tolerancia planimétrica esperada de la medición sabiendo, que el instrumento utilizado tenía las siguientes especificaciones técnicas:

$$[ S = 50^{cc}; A = 30; \alpha = 10^{cc} ]$$



## EJERCICIO PRÁCTICO Número 26.-

### COORDENADAS DEL PUNTO P.-

#### DATOS DE PARTIDA.-

$$\Delta x_A^B = X_A - X_B = 1.452,94$$

$$\Delta y_A^B = Y_A - Y_B = 1.190,11$$

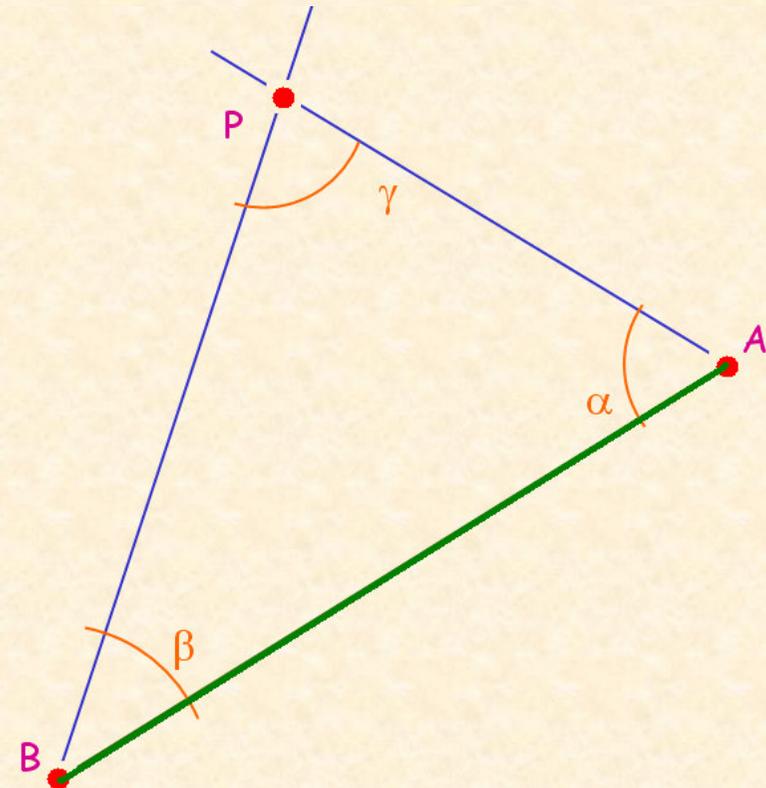
$$D_A^B = \sqrt{1.452,94^2 + 1.190,11^2} = 1.878,14m$$

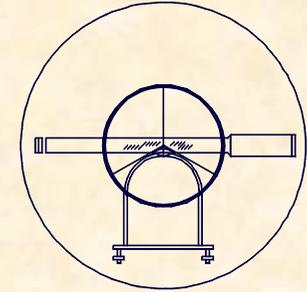
$$\theta_A^B = 200 + \text{Arctg} \frac{1.452,94}{1.190,11} = 256,3100^s$$

$$\alpha = L_A^P - L_A^B = 58,0488^s$$

$$\beta = L_B^A - L_B^P = 60,9138^s$$

$$\gamma = 200 - \alpha - \beta = 81,0374^s$$





EJERCICIO PRÁCTICO Número 26.-

**COORDENADAS DEL PUNTO P.-**

**CÁLCULO DISTANCIA DESDE A.-**

$$\frac{D_A^P}{\text{Sen}\beta} = \frac{D_A^B}{\text{Sen}\gamma} \Rightarrow D_A^P = \frac{D_A^B \cdot \text{Sen}\beta}{\text{Sen}\gamma}$$

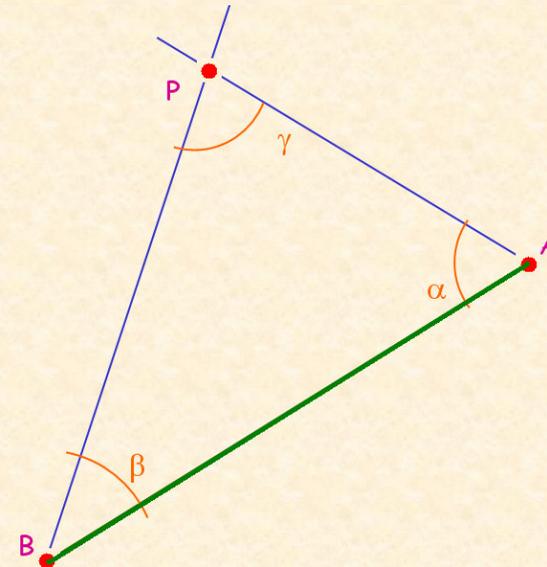
$$D_A^P = \frac{1.878,14 \cdot \text{Sen}60,9138}{\text{Sen}81,0374} = 1.605,85$$

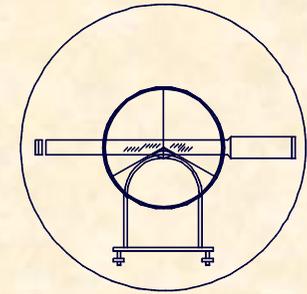
**CÁLCULO DEL ACIMUT DESDE A.-**

$$\theta_A^P = \theta_A^B + \alpha = 256,3100 + 58,0488 = 314,3588$$

**COORDENADAS DE P  
DESDE A.-**

$$\left\{ \begin{array}{l} D_A^B = 1.605,85m \\ \theta_A^B = 314,3588^g \end{array} \right\} \Rightarrow P \left\{ \begin{array}{l} 6.080,21 \\ 8.986,52 \end{array} \right\}$$





EJERCICIO PRÁCTICO Número 26.-

**COORDENADAS DEL PUNTO P.-**

**CÁLCULO DISTANCIA DESDE B.-**

$$\frac{D_B^P}{\text{Sen}\alpha} = \frac{D_B^A}{\text{Sen}\gamma} \Rightarrow D_B^P = \frac{D_B^A \cdot \text{Sen}\alpha}{\text{Sen}\gamma}$$

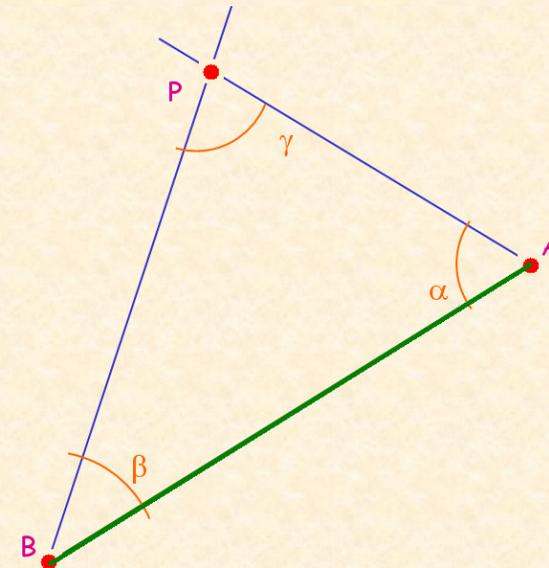
$$D_B^P = \frac{1.878,14 \cdot \text{Sen}58,0488}{\text{Sen}81,0374} = 1.553,30$$

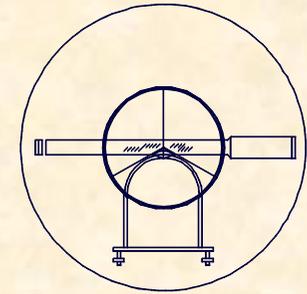
**CÁLCULO DEL ACIMUT DESDE B.-**

$$\theta_B^P = \theta_B^A - \beta = 56,3100 - 60,9138 + 400 = 395,3962$$

**COORDENADAS DE P  
DESDE B.-**

$$\left\{ \begin{array}{l} D_B^A = 1.553,30m \\ \theta_B^A = 395,3962^g \end{array} \right\} \Rightarrow P \left\{ \begin{array}{l} 6.080,21 \\ 8.986,52 \end{array} \right\}$$





EJERCICIO PRÁCTICO Número 26.-

**TOLERANCIA PLANIMÉTRICA EN P.-**

**ERROR TOTAL ACIMUTAL.-**

$$\varepsilon_v = \frac{S}{12} = \frac{50}{12} = 4,16^{cc}$$

$$\varepsilon_d = \frac{0,010}{1.553,30} \cdot 636620 = 4,10^{cc}$$

$$\varepsilon_p = \frac{30}{30} \cdot \left(1 + \frac{4 \cdot 30}{100}\right) \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 1,55^{cc}$$

$$\varepsilon_l = \frac{2}{3} \cdot 10 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 4,71^{cc}$$

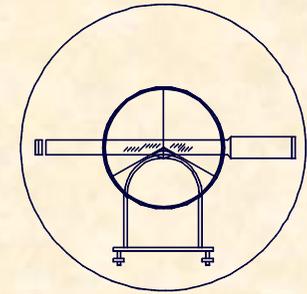
$$\varepsilon_T^H = \sqrt{4,16^2 + 4,10^2 + 1,55^2 + 4,71^2} = 7,70^{cc}$$

**ERROR EN LA INTERSECCIÓN.-**

$$Error = \frac{D \cdot \varepsilon_T^H}{636.620 \cdot \text{Sen} \frac{\gamma}{2}} \Rightarrow$$

$$Error = \frac{1.878,14 \cdot 7,7}{636.620 \cdot \text{Sen} \frac{81,0374}{2}} \Rightarrow$$

$$Error = 0,04m$$



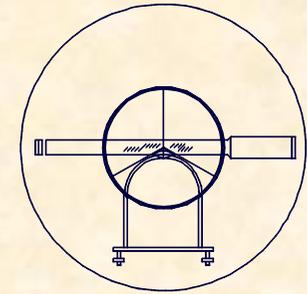
**EJERCICIO PRÁCTICO Número 27.-**

- Obtener las coordenadas del punto V, con los datos adjuntos de la libreta de campo, así como el error planimétrico y altimétrico en la determinación del mencionado punto, sabiendo:

A [ 10.000,00 / 10.000,00 / 100,00 ] B [ 9.614,82 / 10.920,38 / 95,44 ]

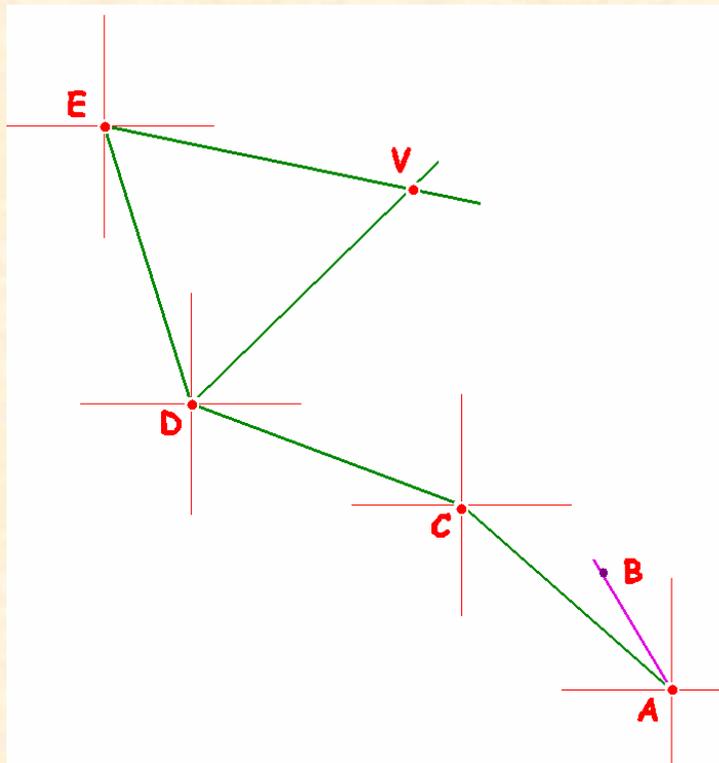
CLAVES	ALTURA APARATO		PUNTOS		DISTANCIA		ANGULO H		ANGULO V		ALTURA PRISMA																			
	m	cm	Estación	Visado	metros	mm	Grados	Segundos	Grados	Segundos	m	cm																		
	1	5	A	B			1	2	0	3	8	6	6																	
				C	1	3	2	4	4	2	0	1	1	5	2	6	4	2	9	9	8	6	4	2	1	3	0			
	1	4	C	A					3	1	5	2	6	4	2															
				D	1	4	4	4	6	2	0	8	9	6	5	7	4	1	0	0	2	6	4	6	1	3	0			
	1	5	D	C					2	8	9	6	5	7	4															
				E	1	2	8	7	3	5	0	1	3	0	7	8	3	5	9	8	4	3	2	4	1	3	0			
				V					1	9	1	4	6	4	4															
	1	5	E	D					3	3	0	7	8	3	5															
				V					2	6	0	8	9	2	4	1	0	1	0	5	2	6	0							

La libreta de campo se realizó con una ETT de las siguientes especificaciones técnicas: [S = 50<sup>cc</sup> ; A = 30 ; a = 10<sup>cc</sup> ; 10 mm + 5 ppm]



EJERCICIO PRÁCTICO Número 27.-

**CÁLCULO DE ACIMUTES**



$$\theta_A^B = 300 + \text{Arctg} \frac{\Delta Y}{\Delta X} = 374,7674^\circ$$

$$\varepsilon_A = \theta_A^B - L_A^B = 374,7674 - 120,3866 = 254,3808^\circ$$

$$\varepsilon_A = \varepsilon_B = \varepsilon_C = \varepsilon_D = \varepsilon_E = \varepsilon$$

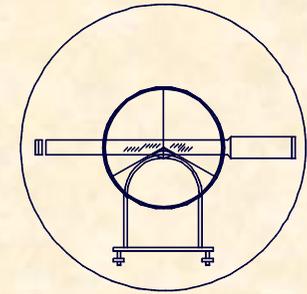
$$\theta_A^C = \varepsilon + L_A^C = 254,3808 + 115,2642 = 369,6449^\circ$$

$$\theta_C^D = \varepsilon + L_C^D = 254,3808 + 89,6574 = 344,0381^\circ$$

$$\theta_D^E = \varepsilon + L_D^E = 254,3808 + 130,7835 = 385,1642^\circ$$

$$\theta_D^V = \varepsilon + L_D^V = 254,3808 + 191,4644 = 45,8452^\circ$$

$$\theta_E^V = \varepsilon + L_E^V = 254,3808 + 260,8924 = 115,2732^\circ$$



## EJERCICIO PRÁCTICO Número 27.-

### CÁLCULO DE COORDENADAS

#### COORDENADAS DE C.-

$$D_A^C = 1.324,42m. \quad \left\{ \begin{array}{l} 9.392,15 \\ 11.176,69 \\ 103,17 \end{array} \right\} C$$

$$\theta_A^C = 369,6449^g$$

#### COORDENADAS DE D.-

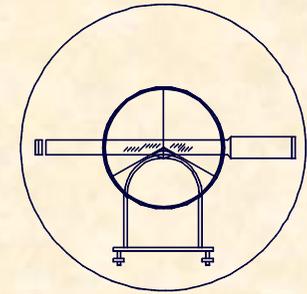
$$D_C^D = 1.444,61m. \quad \left\{ \begin{array}{l} 8.279,61 \\ 12.098,19 \\ 97,49 \end{array} \right\} D$$

$$\theta_C^D = 344,0381^g$$

#### COORDENADAS DE E.-

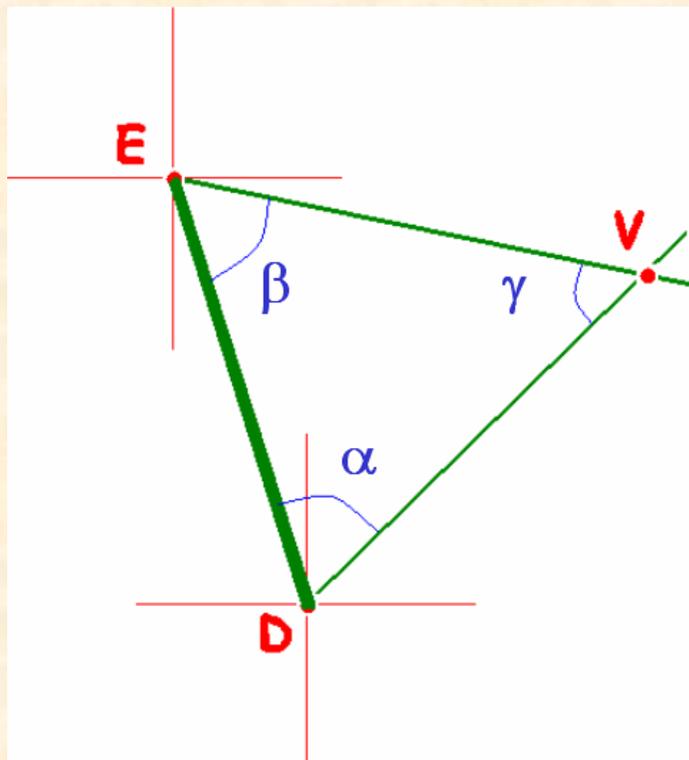
$$D_D^E = 1.286,96m. \quad \left\{ \begin{array}{l} 7.982,41 \\ 13.350,36 \\ 129,52 \end{array} \right\} E$$

$$\theta_D^E = 385,1642^g$$



EJERCICIO PRÁCTICO Número 27.-

**RESOLUCIÓN DE LA INTERSECCIÓN.-**



**CÁLCULO DE LOS ÁNGULOS.-**

$$\alpha = L_D^V - L_D^E = \theta_D^V - \theta_D^E = 60,6809^\circ$$

$$\beta = L_E^D - L_E^E = \theta_E^D - \theta_E^E = 69,8911^\circ$$

$$\gamma = 200 - \alpha - \beta = 69,4280^\circ$$

**CÁLCULO DE LA DISTANCIA DESDE D.-**

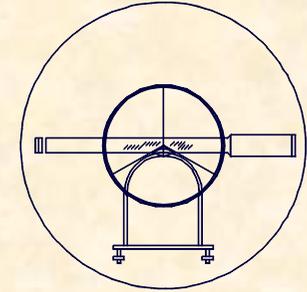
$$D_D^V = \frac{D_D^E \cdot \text{Sen}\beta}{\text{Sen}\gamma} = \frac{1.286,96 \cdot \text{Sen}69,8911}{\text{Sen}69,4280} = 1.291,80m.$$

**COORDENADAS DE V DESDE D.-**

$$D_D^V = 1.291,80m.$$

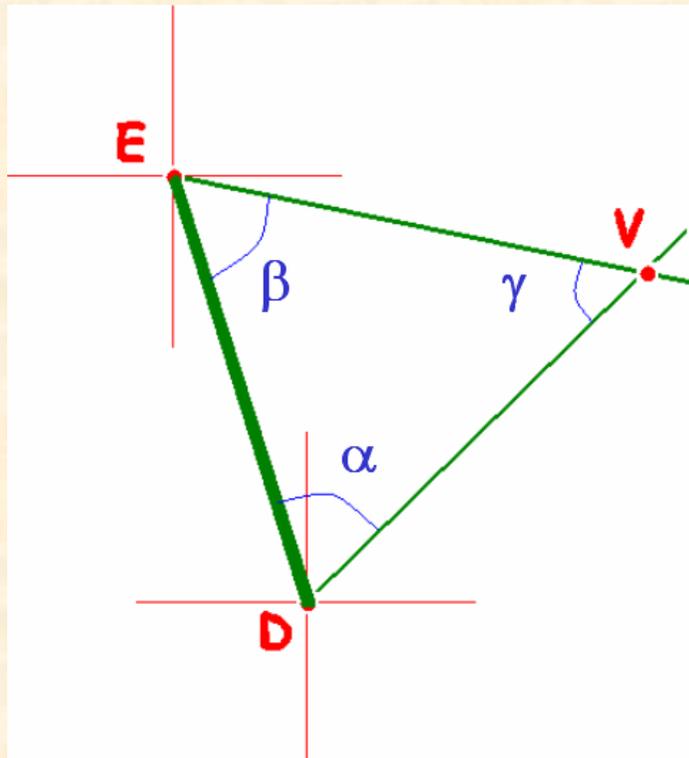
$$\theta_D^V = 45,8451^\circ$$

$$V \left\{ \begin{array}{l} 9.131,53 \\ 13.069,26 \end{array} \right\}$$



EJERCICIO PRÁCTICO Número 27.-

**RESOLUCIÓN DE LA INTERSECCIÓN.-**



**CÁLCULO DE LA DISTANCIA DESDE E.-**

$$D_E^V = \frac{D_D^E \cdot \text{Sen} \alpha}{\text{Sen} \gamma} = \frac{1.286,96 \cdot \text{Sen} 60,6809}{\text{Sen} 69,4280} = 1.183,01m.$$

**COORDENADAS DE V DESDE E.-**

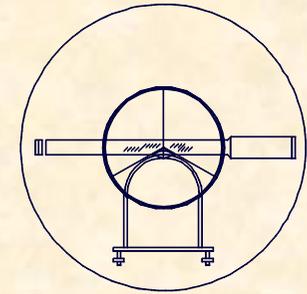
$$D_E^V = 1.183,01m.$$

$$\theta_D^V = 115,2731^\circ$$

$$V \left\{ \begin{array}{l} 9.131,53 \\ 13.069,26 \end{array} \right\}$$

**COORDENADA "Z" DE V DESDE E.-**

$$Z_V = Z_E + \frac{D_E^V}{\text{tag} V_E^V} + i_E + m_V + 0,42 \cdot \frac{D^2}{R} = 111,59m.$$



## EJERCICIO PRÁCTICO Número 27.-

### TOLERANCIA PLANIMÉTRICA

#### TOLERANCIA EN LA POLIGONAL.-

$$\varepsilon_v = \frac{S}{12} = \frac{30}{12} = 2,5^{cc}$$

$$\varepsilon_d = \frac{0,01}{1.286,96} \cdot 636620 = 4,9^{cc}$$

$$\varepsilon_p = \frac{30}{30} \cdot \left(1 + \frac{4 \cdot 30}{100}\right) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 1,5^{cc}$$

$$\varepsilon_l = \frac{2}{3} \cdot 1 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,5^{cc}$$

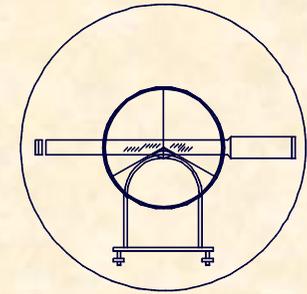
$$\varepsilon_T^H = \sqrt{2,5^2 + 4,9^2 + 1,5^2 + 0,5^2} = 5,70^{cc}$$

$$e_t = \frac{D \cdot \varepsilon_T^H \cdot \sqrt{2}}{636.620} \cdot \sqrt{\frac{n \cdot (n+1) \cdot (2n+1)}{6}}$$

$$e_t = \frac{1.444,61 \cdot 5,7 \cdot \sqrt{2}}{636.620} \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot 4 \cdot 7}{6}} = 0,068m.$$

$$e_l = 0,02 \sqrt{n} = 0,02 \cdot \sqrt{3} = 0,034m.$$

Tolerancia en la  
poligonal 6,8 cm.



## EJERCICIO PRÁCTICO Número 27.-

### TOLERANCIA PLANIMÉTRICA

#### TOLERANCIA EN LA INTERSECCIÓN.-

$$\varepsilon_v = \frac{S}{12} = \frac{30}{12} = 2,5^{cc}$$

$$\varepsilon_d = \frac{0,01}{1.183,01} \cdot 636620 = 5,4^{cc}$$

$$\varepsilon_p = \frac{30}{30} \cdot \left(1 + \frac{4 \cdot 30}{100}\right) \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 1,5^{cc}$$

$$\varepsilon_l = \frac{2}{3} \cdot 1 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,5^{cc}$$

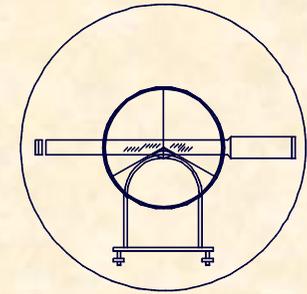
$$\varepsilon_T^H = \sqrt{2,5^2 + 5,4^2 + 1,5^2 + 0,5^2} = 6,15^{cc}$$

$$\text{Error} = \frac{D \cdot \varepsilon_T^H}{636.620 \cdot \text{Sen} \frac{\gamma}{2}} = \frac{1.291,80 \cdot 6,15}{636.620 \cdot \text{Sen} \frac{69,428}{2}} = 0,025m.$$

Tolerancia en la intersección 2,5 cm.

#### TOLERANCIA PLANIMÉTRICA

$$e_{TOTAL} = \sqrt{6,8^2 + 2,5^2} \cong 7,25cm.$$



EJERCICIO PRÁCTICO Número 27.-

**TOLERANCIA ALTIMÉTRICA**  
**TOLERANCIA EN LA NTC.-**

$$e_t^I = \Delta D \cdot \text{Cotg} V = 0,02 \cdot \text{Cotg} 98,4324 = 0,0005m.$$

$$e_t^{II} = D \cdot [\text{Cotg}(V \pm \varepsilon_T^C) - \text{Cotg} V] =$$

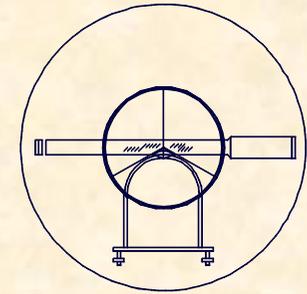
$$e_t^{II} = 1.444,61 \cdot [\text{Cotg}(98,4324 \pm 0,0013) - \text{Cotg} 98,4324] = 0,030m.$$

$$\varepsilon_v = \frac{30}{3} = 10,0^{cc}$$

$$\varepsilon_p = \frac{150}{30} \cdot \left(1 + \frac{4 \cdot 30}{100}\right) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 7,7^{cc}$$

$$\varepsilon_l = \frac{2}{3} \cdot 1 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,5^{cc}$$

$$\varepsilon_T^C = 13^{cc}$$



EJERCICIO PRÁCTICO Número 27.-

**TOLERANCIA ALTIMÉTRICA**  
**TOLERANCIA EN LA NTC.-**

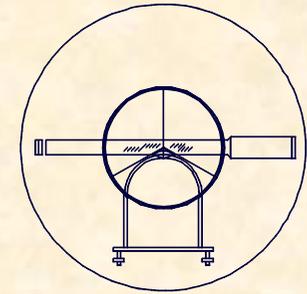
$$e_i = 0,01m.$$

$$e_m \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 0 < D < 100 \Rightarrow e_m = 1cm \\ 100 < D < 200 \Rightarrow e_m = 2cm \\ 200 < D < 500 \Rightarrow e_m = 3cm \\ 500 < D < 1000 \Rightarrow e_m = 4cm \\ 1000 < D < 2000 \Rightarrow e_m = 5cm \end{array} \right. \Rightarrow e_m = 0,08m$$

TOLERANCIA EN UN TRAMO  $e = \sqrt{3^2 + 1^2 + 8^2} = 8,6cm.$

TOLERANCIA ALTIMÉTRICO EN NTC

$$e_T = \frac{e \cdot \sqrt{n}}{\sqrt{2}} = \frac{8,6 \cdot \sqrt{4}}{\sqrt{2}} \approx 12cm.$$



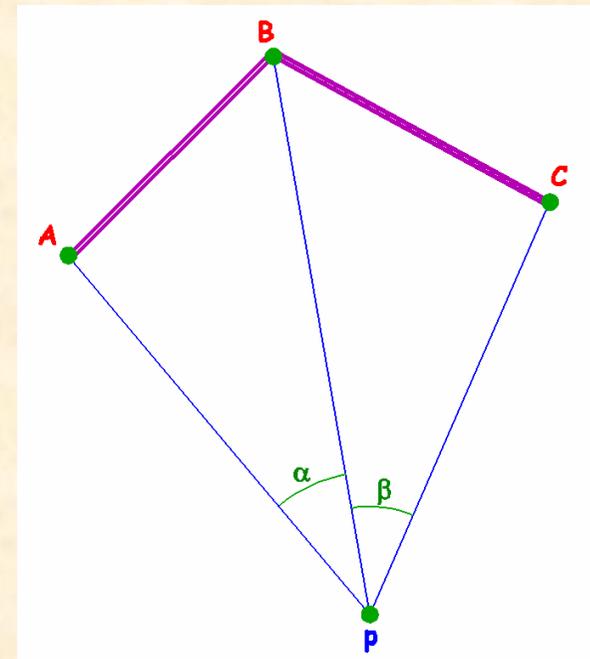
A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
4.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TEODOLITO

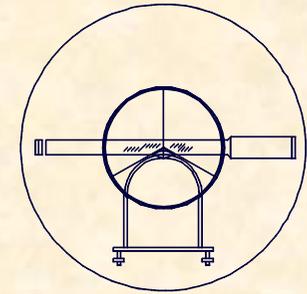
4.2.- INTERSECCIÓN INVERSA

DEFINICIÓN y APLICACIONES

Método Topográfico Planimétrico, que a través de mediciones exclusivamente angulares, determina las coordenadas  $x, y$  de un punto.

- Lugares inaccesibles de orientación.
- No medida de distancias.
- Comprobación de otras metodologías.
- Precisiones peores que las directas.





A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
4.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TEODOLITO  
4.2.- INTERSECCIÓN INVERSA

FUNDAMENTO Y RESOLUCIÓN

DATOS DE PARTIDA.-

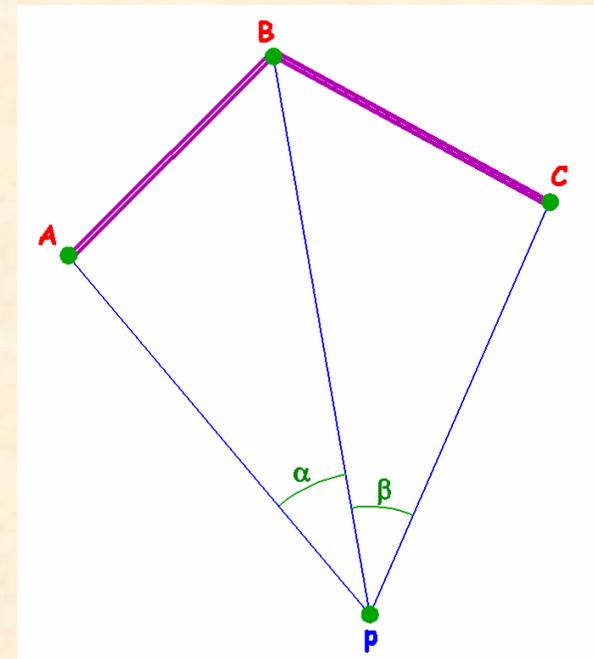
$$A(X_A, Y_A)$$

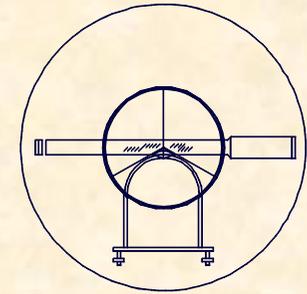
$$B(X_B, Y_B)$$

$$C(X_C, Y_C)$$

DATOS DE CAMPO.-

$$\alpha, \beta \rightarrow \text{CAMPO}$$





A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
4.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TEODOLITO

4.2.- INTERSECCIÓN INVERSA

FUNDAMENTO Y RESOLUCIÓN

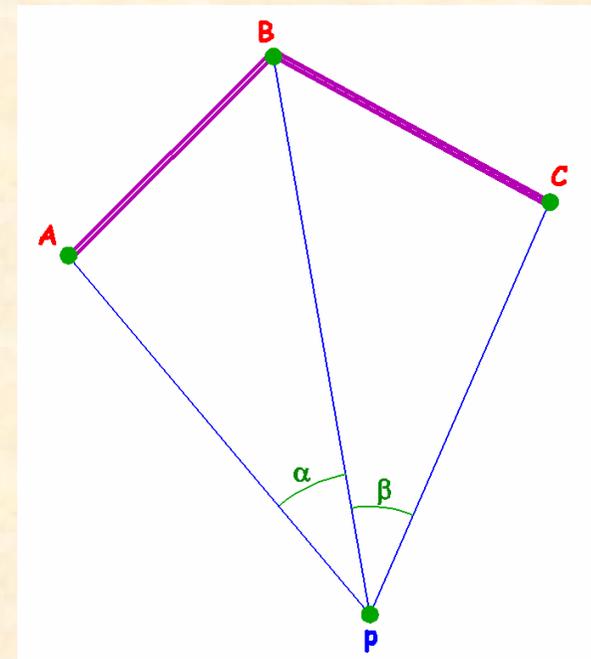
RESOLUCIÓN.-

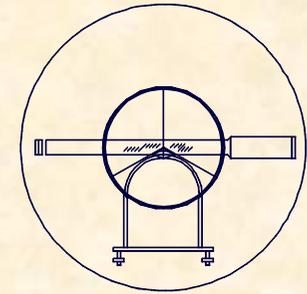
Cálculo de datos básicos.-

$$\theta_A^B = \text{Arctg} \frac{\Delta X}{\Delta Y} \Leftrightarrow \theta_B^C = \text{Arctg} \frac{\Delta X}{\Delta Y}$$

$$D_A^B = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \Leftrightarrow D_B^C = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

$$\hat{B} = \theta_B^A - \theta_B^C$$





A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
4.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TEODOLITO

4.2.- INTERSECCIÓN INVERSA

FUNDAMENTO Y RESOLUCIÓN

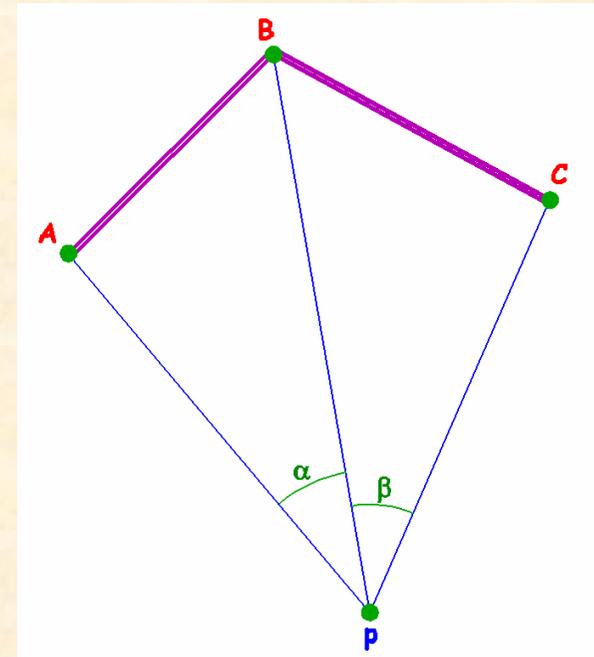
RESOLUCIÓN.-

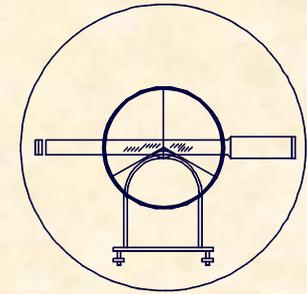
Determinación de Incógnitas.-

Cálculo desde A.-  $D_A^P$  y  $\theta_A^P$

Cálculo desde B.-  $D_B^P$  y  $\theta_B^P$

Cálculo desde C.-  $D_C^P$  y  $\theta_C^P$





A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
4.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TEODOLITO

4.2.- INTERSECCIÓN INVERSA

FUNDAMENTO Y RESOLUCIÓN

RESOLUCIÓN.-

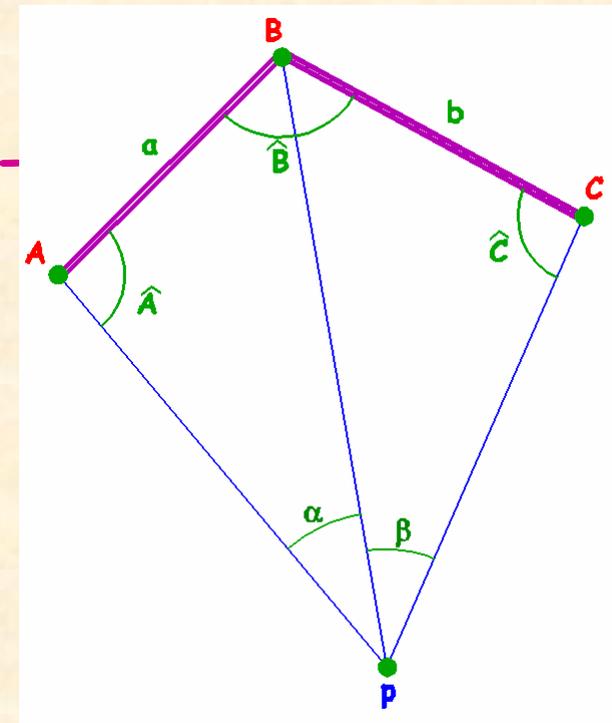
Determinación de Ángulos A y C.-

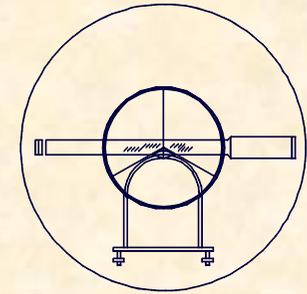
$$\frac{PB}{\text{Sen}\hat{A}} = \frac{a}{\text{Sen}\alpha} \Rightarrow PB = \frac{a \cdot \text{Sen}\hat{A}}{\text{Sen}\alpha}$$

$$\frac{PB}{\text{Sen}\hat{C}} = \frac{b}{\text{Sen}\beta} \Rightarrow PB = \frac{b \cdot \text{Sen}\hat{C}}{\text{Sen}\beta}$$

$$\frac{a \cdot \text{Sen}\hat{A}}{\text{Sen}\alpha} = \frac{b \cdot \text{Sen}\hat{C}}{\text{Sen}\beta} \Rightarrow \frac{\text{Sen}\hat{A}}{\text{Sen}\hat{C}} = \frac{b \cdot \text{Sen}\alpha}{a \cdot \text{Sen}\beta}$$

$$M = \frac{\text{Sen}\hat{A}}{\text{Sen}\hat{C}} = \frac{b \cdot \text{Sen}\alpha}{a \cdot \text{Sen}\beta}$$





A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
4.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TEODOLITO

4.2.- INTERSECCIÓN INVERSA

FUNDAMENTO Y RESOLUCIÓN

RESOLUCIÓN.-

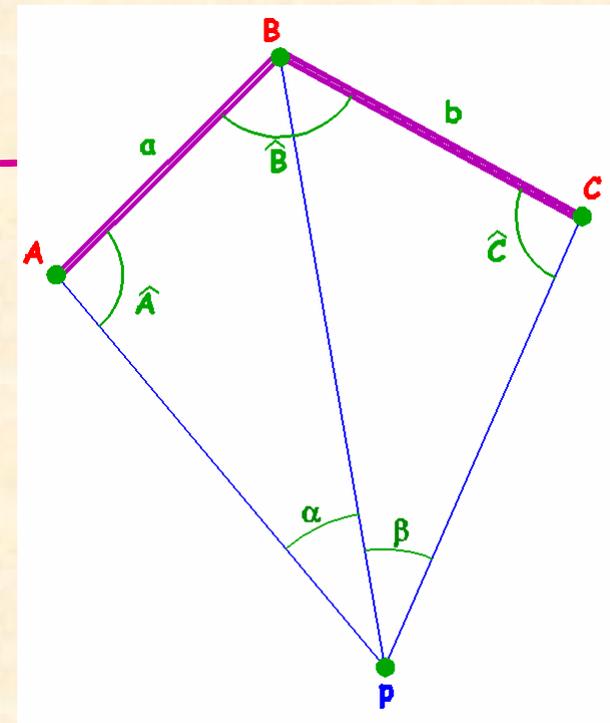
Determinación de Ángulos A y C.-

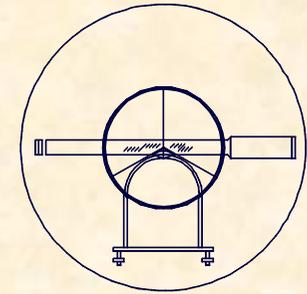
$$\alpha + \beta + \hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = 400^{\circ}$$

$$N = \hat{A} + \hat{C} = 400 - \alpha - \beta - \hat{B}$$

*Dos ecuaciones con dos incógnitas :*

$$M = \frac{\text{Sen}\hat{A}}{\text{Sen}\hat{C}} \Leftrightarrow N = \hat{A} + \hat{C}$$





A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
4.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TEODOLITO

4.2.- INTERSECCIÓN INVERSA

FUNDAMENTO Y RESOLUCIÓN

RESOLUCIÓN.- Determinación de Ángulos A y C.-

$$M = \frac{\text{Sen}\hat{A}}{\text{Sen}(N - \hat{A})} \Rightarrow \text{Sen}\hat{A} = M \cdot \text{Sen}(N - \hat{A})$$

$$\text{Sen}\hat{A} = M[\text{Sen}N \cdot \text{Cos}\hat{A} - \text{Cos}N \cdot \text{Sen}\hat{A}]$$

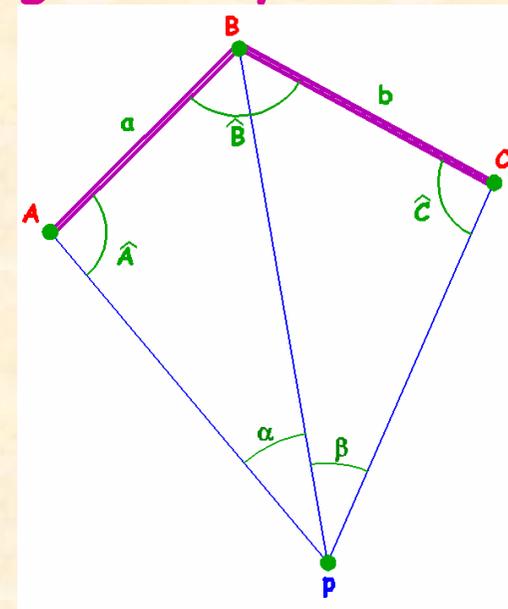
$$\text{Sen}\hat{A} = M \cdot \text{Sen}N \cdot \text{Cos}\hat{A} - M \cdot \text{Cos}N \cdot \text{Sen}\hat{A}$$

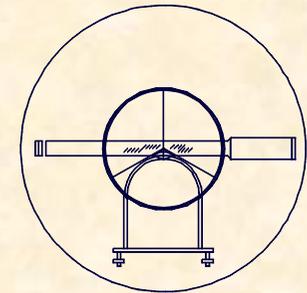
$$\text{Sen}\hat{A} + M \cdot \text{Cos}N \cdot \text{Sen}\hat{A} = M \cdot \text{Sen}N \cdot \text{Cos}\hat{A}$$

$$\text{Sen}\hat{A} \cdot (1 + M \cdot \text{Cos}N) = (M \cdot \text{Sen}N) \cdot \text{Cos}\hat{A}$$

$$I = (1 + M \cdot \text{Cos}N) \Leftrightarrow J = (M \cdot \text{Sen}N)$$

$$\text{tag}\hat{A} = \frac{J}{I} \Leftrightarrow \hat{C} = N - \hat{A}$$





A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
4.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TEODOLITO

4.2.- INTERSECCIÓN INVERSA

FUNDAMENTO Y RESOLUCIÓN

RESOLUCIÓN.-

Determinación de Acimutes.-

$$\theta_A^P = \theta_A^B \pm \hat{A} \Leftrightarrow \theta_B^P = \theta_B^C \pm \gamma_2 \Leftrightarrow \theta_C^P = \theta_C^B \pm \hat{C}$$

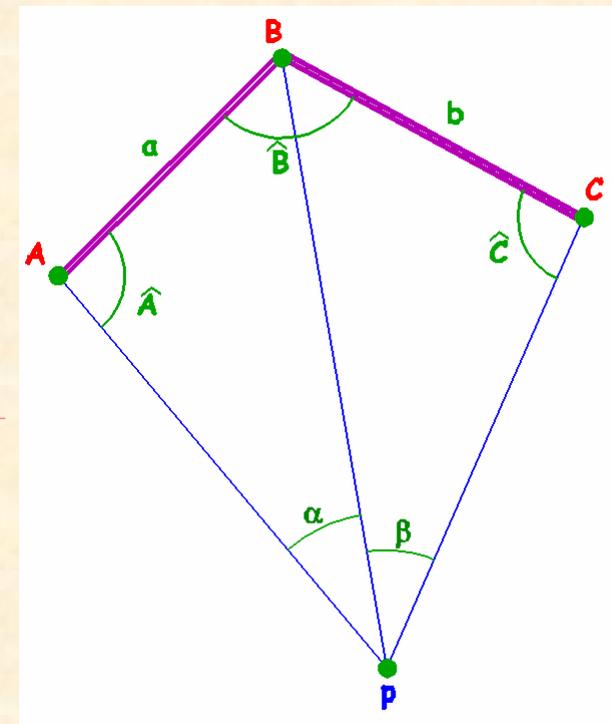
Determinación de Distancias.-

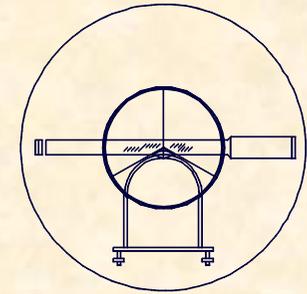
$$D_A^P = \frac{a \cdot \text{Sen} \gamma_1}{\text{Sen} \alpha} \Leftrightarrow D_B^P = \frac{a \cdot \text{Sen} \hat{A}}{\text{Sen} \alpha} \Leftrightarrow D_C^P = \frac{b \cdot \text{Sen} \gamma_2}{\text{Sen} \beta}$$

Determinación de Coordenadas.-

$$X_P = X_A + D_A^P \cdot \text{Sen} \theta_A^P$$

$$Y_P = Y_A + D_A^P \cdot \text{Sen} \theta_A^P$$





A.- METODOLOGÍAS TOPOGRÁFICAS CLÁSICAS  
4.- METODOLOGÍAS BASADAS EN EL EMPLEO DEL TEODOLITO

4.2.- INTERSECCIÓN INVERSA

ERROR EN LA INTERSECCIÓN INVERSA

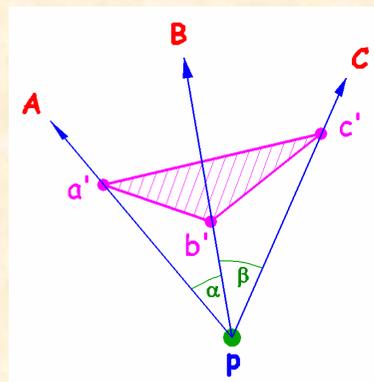
$$Error = \frac{\epsilon_T^H \cdot \sqrt{2}}{2 \cdot S} \cdot \sqrt{L_{MAYOR}^2 + L_{MEDIO}^2}$$

$$\epsilon_T^H \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} Ee + Ep = 1cm. \\ Si Bessel \end{array} \right.$$

Posición de a' b' c':

$$D_P^{a'} = \frac{1}{D_P^A} \Leftrightarrow D_P^{b'} = \frac{1}{D_P^B} \Leftrightarrow D_P^{c'} = \frac{1}{D_P^C}$$

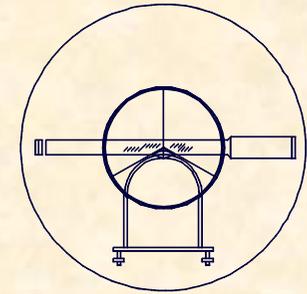
$$\theta_P^{a'} = \theta_P^A \Leftrightarrow \theta_P^{b'} = \theta_P^B \Leftrightarrow \theta_P^{c'} = \theta_P^C$$



$L_{MAYOR}$  y  $L_{MEDIO} \Rightarrow$  Lados triángulo

$S \Rightarrow$  Superficie triángulo

$$S = \frac{1}{2} \cdot \sum_1^N [(X_{N+1} - X_N) \cdot (Y_{N+1} + Y_N)]$$



### EJERCICIO PRÁCTICO Número 28.-

- Para dotar de coordenadas planimétricas a un punto P, la metodología desarrollada fue la siguiente, se estacionó un Teodolito en el punto de coordenadas desconocidas, se visó a tres de coordenadas conocidas:

A [ 10.059,36 / 10.891,07 ]

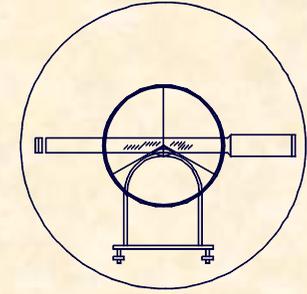
B [ 10.436,11 / 10.909,72 ]

C [ 10.987,31 / 10.649,22 ]

Obteniéndose las siguientes lecturas angulares:

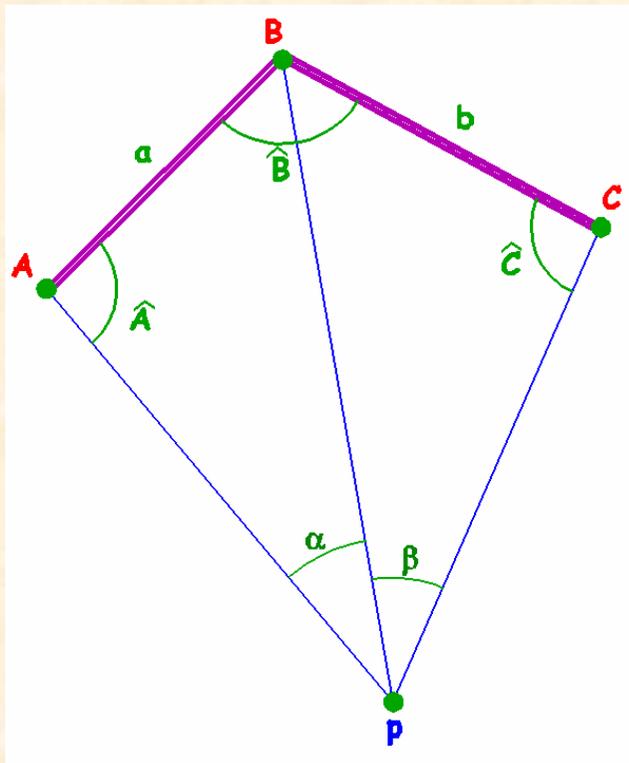
$$L_{PA} = 273,7199^{\circ} \quad ; \quad L_{PB} = 286,6496^{\circ} \quad ; \quad L_{PC} = 308,1828^{\circ}$$

**Determinar las coordenadas del punto P.**



## EJERCICIO PRÁCTICO Número 28.-

### CÁLCULO DE COORDENADAS.-



### DATOS ELEMENTALES.-

$$a = D_A^B = \sqrt{376,75^2 + 18,65^2} = 377,211m.$$

$$\theta_A^B = \text{Arctg} \frac{376,75}{18,65} = 96,8511^\circ$$

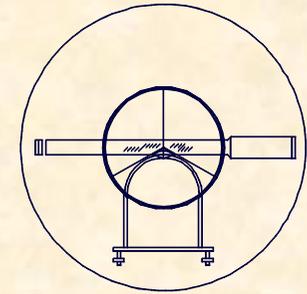
$$b = D_B^C = \sqrt{551,2^2 + 260,5^2} = 609,657m.$$

$$\theta_B^C = \text{Arctg} \frac{551,2}{260,5} = 128,1063^\circ$$

$$\hat{B} = \theta_B^A - \theta_B^C = 296,8511 - 128,1063 = 168,7448^\circ$$

$$\alpha = L_P^B - L_P^A = 286,6496 - 273,7199 = 12,9297^\circ$$

$$\beta = L_P^C - L_P^B = 308,1828 - 286,6496 = 21,5332^\circ$$



EJERCICIO PRÁCTICO Número 28.-

**CÁLCULO DE COORDENADAS.-**

**DATOS INTERSECCIÓN.-**

$$M = \frac{b \cdot \text{Sen} \alpha}{a \cdot \text{Sen} \beta} = \frac{609,657 \cdot \text{Sen} 12,9297}{377,211 \cdot \text{Sen} 21,5332} = 0,98243584$$

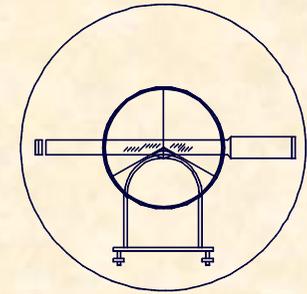
$$N = 400 - \alpha - \beta - \hat{B} = 400 - 12,9297 - 21,5332 - 168,7448 = 196,7923^{\circ}$$

$$I = 1 + M \cdot \text{Cos} N = 1 + 0,98243584 \cdot \text{Cos} 196,7923 = 0,01881099374$$

$$J = M \cdot \text{Sen} N = 0,98243584 \cdot \text{Sen} 196,7923 = 0,04948048555$$

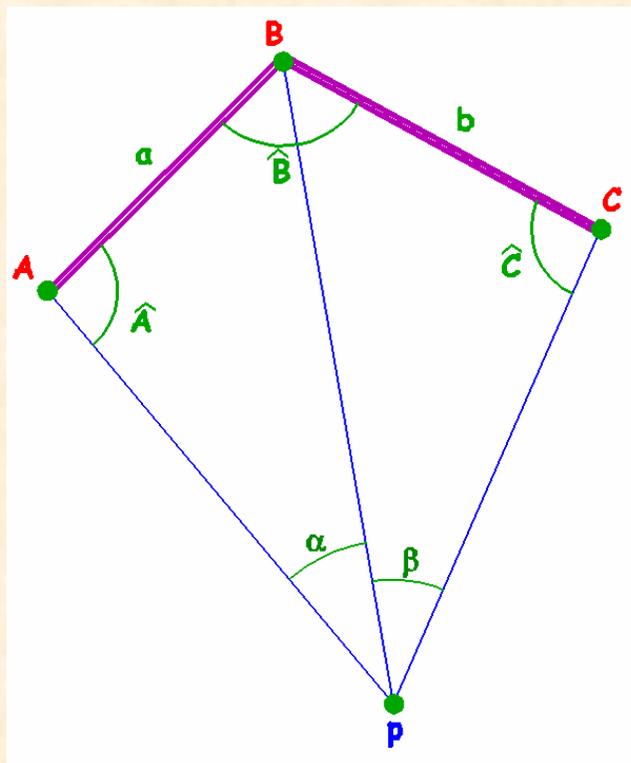
$$\hat{A} = \text{Arctg} \frac{J}{I} = \text{Arctg} \frac{0,04948049}{0,01881099} = 76,8719^{\circ}$$

$$\hat{C} = N - \hat{A} = 196,7923 - 76,8719 = 119,9204^{\circ}$$



EJERCICIO PRÁCTICO Número 28.-

**CÁLCULO DE COORDENADAS.-**

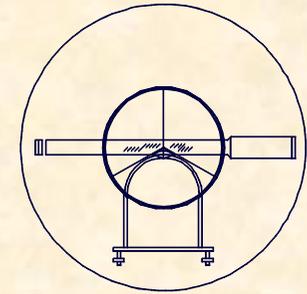


**COMPROBACIÓN DE RESULTADOS.-**

$$\gamma_1 = 200 - \alpha - \hat{A} = 200 - 12,9297 - 76,8719 = 110,1984^s$$

$$\gamma_2 = 200 - \beta - \hat{C} = 200 - 21,5332 - 119,9204 = 58,5464^s$$

$$\hat{B} = \gamma_1 + \gamma_2 = 110,1984 + 58,5464 = 168,7448^s$$



EJERCICIO PRÁCTICO Número 28.-

**CÁLCULO DE COORDENADAS.-**

**CÁLCULO DE ACIMUT Y DISTANCIA.-**

$$\frac{D_A^P}{\text{Sen}\gamma_1} = \frac{a}{\text{Sen}\alpha} \Rightarrow D_A^P = \frac{a \cdot \text{Sen}\gamma_1}{\text{Sen}\alpha}$$

$$D_A^P = \frac{377,211 \cdot \text{Sen}10,1984}{\text{Sen}12,9297} = 1846,16m.$$

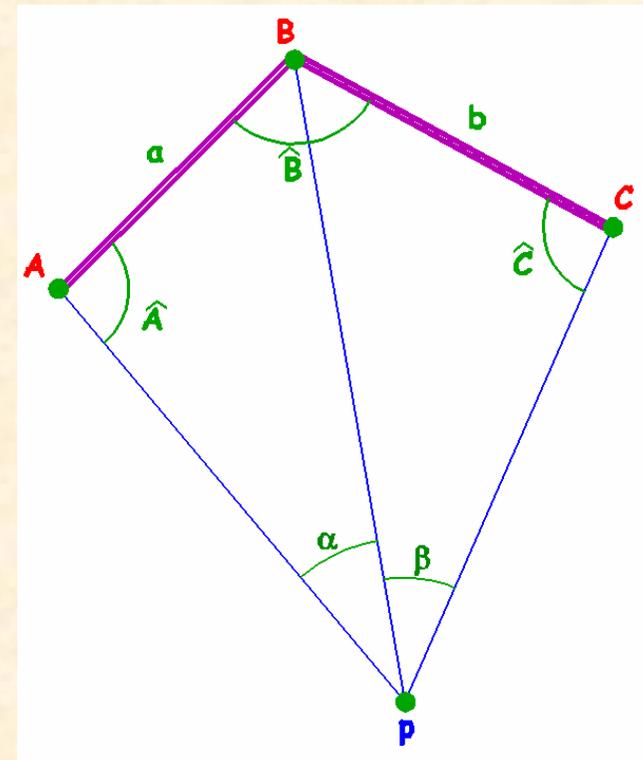
$$\theta_A^P = \theta_A^B + \hat{A} = 96,8511 + 76,8719 = 173,7230^g$$

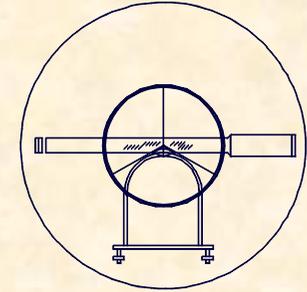
**COORDENADAS DEL PUNTO P.-**

$$D_A^P = 1846,16m.$$

$$\theta_A^P = 173,7230^g$$

$$P \left\{ \begin{array}{l} 10.800,000 \\ 9.200,000 \end{array} \right\}$$





## EJERCICIO PRÁCTICO Número 29.-

- Obtener las coordenadas del punto P, sabiendo que el procedimiento realizado para dicha obtención fue el siguiente; se estacionó un Teodolito en el punto P y se visaron a tres puntos de coordenadas conocidas, obteniendo los siguientes valores angulares:

$$L_{PA} = 175,7762^g \quad ; \quad L_{PB} = 213,2096^g \quad ; \quad L_{PC} = 275,7762^g$$

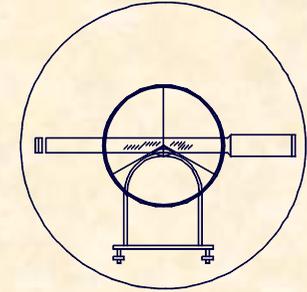
Sabiendo que las coordenadas de los puntos observados son:

A [ 10.000,00 / 10.000,00 ]

B [ 11.000,00 / 9.000,00 ]

C [ 10.000,00 / 7.000,00 ]

**Determinar las coordenadas del punto P.**



## EJERCICIO PRÁCTICO Número 29.-

### CÁLCULO DE COORDENADAS.-

#### DATOS ELEMENTALES.-

$$a = D_A^B = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = 1.414,21m.$$

$$\theta_A^B = \text{Arctg} \frac{\Delta X}{\Delta Y} = 150,0000^\circ$$

$$b = D_B^C = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = 2.236,07m.$$

$$\theta_B^C = \text{Arctg} \frac{\Delta X}{\Delta Y} = 229,5167^\circ$$

$$\hat{B} = \theta_B^A - \theta_B^C = 120,4833^\circ$$

$$\alpha = L_p^B - L_p^A = 37,4334^\circ$$

$$\beta = L_p^C - L_p^B = 62,5666^\circ$$

#### DATOS INTERSECCIÓN.-

$$M = \frac{b \cdot \text{Sen} \alpha}{a \cdot \text{Sen} \beta} = 1,054095862$$

$$N = 400 - \alpha - \beta - \hat{B} = 179,5167^\circ$$

$$I = 1 + M \cdot \text{Cos} N = -3,01562 \cdot 10^{-6}$$

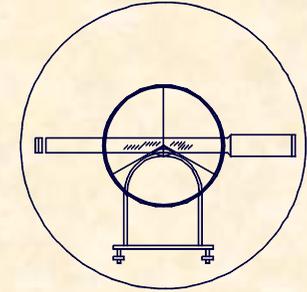
$$J = M \cdot \text{Sen} N = 0,3333347492$$

$$\hat{A} = \text{Arctg} \frac{J}{I} = 99,9994^\circ$$

$$\hat{C} = N - \hat{A} = 79,5173^\circ$$

$$\gamma_1 = 200 - \alpha - \hat{A} = 62,5672^\circ$$

$$\gamma_2 = 200 - \beta - \hat{C} = 57,9161^\circ$$



## EJERCICIO PRÁCTICO Número 29.-

### CÁLCULO DE COORDENADAS.-

#### CÁLCULO DE ACIMUT Y DISTANCIA.-

$$\frac{D_A^P}{\text{Sen}\gamma_1} = \frac{a}{\text{Sen}\alpha} \Rightarrow D_A^P = \frac{a \cdot \text{Sen}\gamma_1}{\text{Sen}\alpha} = 2.121,33m.$$

$$\theta_A^P = \theta_A^B + \hat{A} = 249,9994^g$$

#### COORDENADAS DEL PUNTO P.-

$$D_A^P = 2.121,33m.$$

$$\theta_A^P = 249,9994^g$$

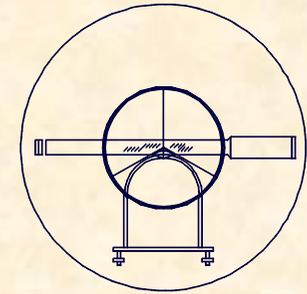
$$P \left\{ \begin{array}{l} 8.500,00 \\ 8.500,00 \end{array} \right\}$$



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA

E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA



## B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS

### 1.- DEFINICIÓN Y ASPECTOS GENERALES

#### 1.1.- DEFINICIÓN

## DEFINICIÓN.-

### **Etimológicamente:**

*"Métrica de lo escrito con la luz"*

### **Bonneval:**

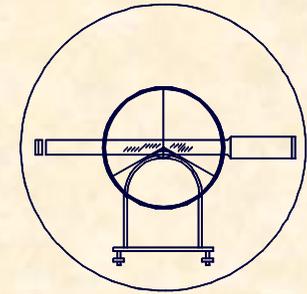
*"Técnica cuyo objetivo es estudiar y definir con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio de un objeto cualquiera, utilizando medidas hechas sobre una o varias fotografías"*



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA

E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA



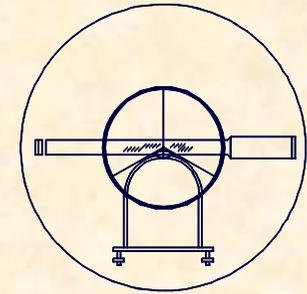
## B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS

### 1.- DEFINICIÓN Y ASPECTOS GENERALES

#### 1.2.- VENTAJAS DE LA FOTOGRAMETRÍA

### VENTAJAS.-

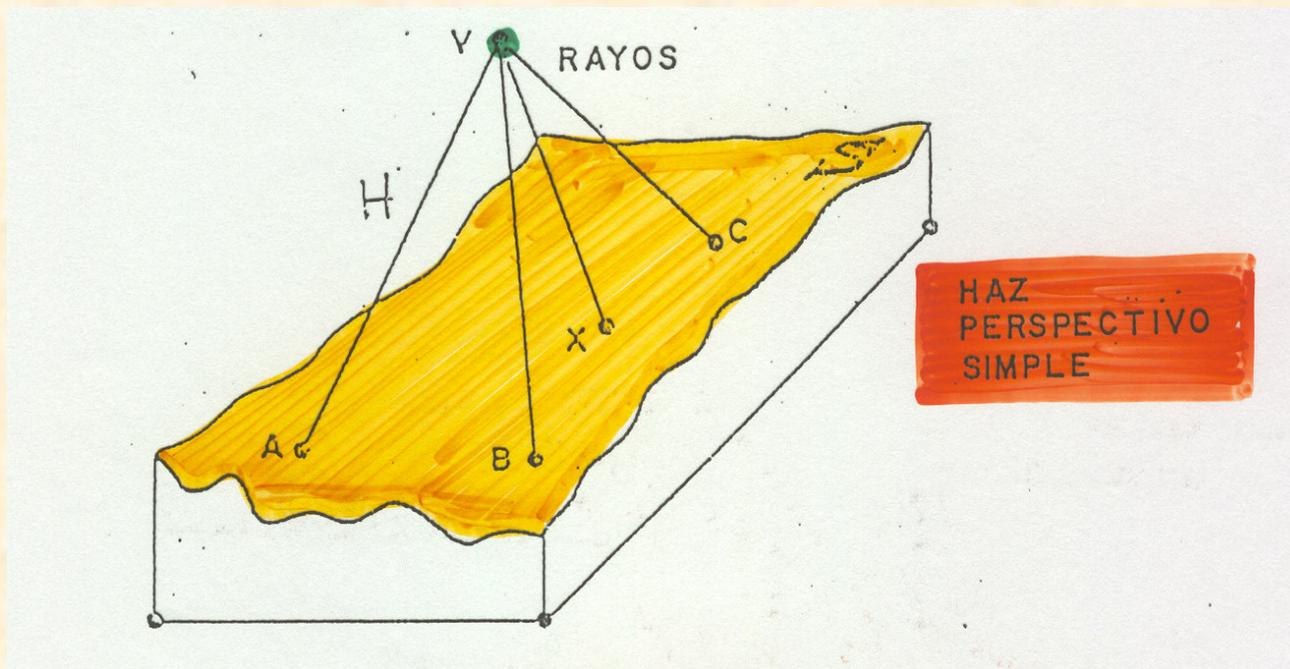
- *Se obtienen representaciones completas de los objetos, la información es objetiva y el registro instantáneo.*
- *Material relativamente económico, existiendo facilidad en la manipulación y conservación del mismo.*
- *Posibilidad de tratar objetos en movimiento y de pasar a imagen digital mediante escaneado.*
- *El proceso de toma de información y el posterior de medida, no perturban el objeto a estudiar.*
- *Gran rendimiento, cuando se trata de grandes extensiones de superficie.*

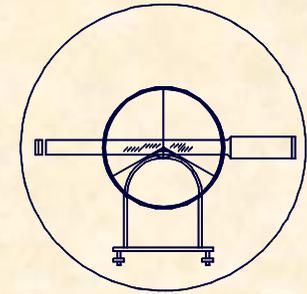


**B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS**  
**1.- DEFINICIÓN Y ASPECTOS GENERALES**

**1.3.- PRINCIPIOS FUNDAMENTALES**

**HAZ PERSPECTIVO.-**



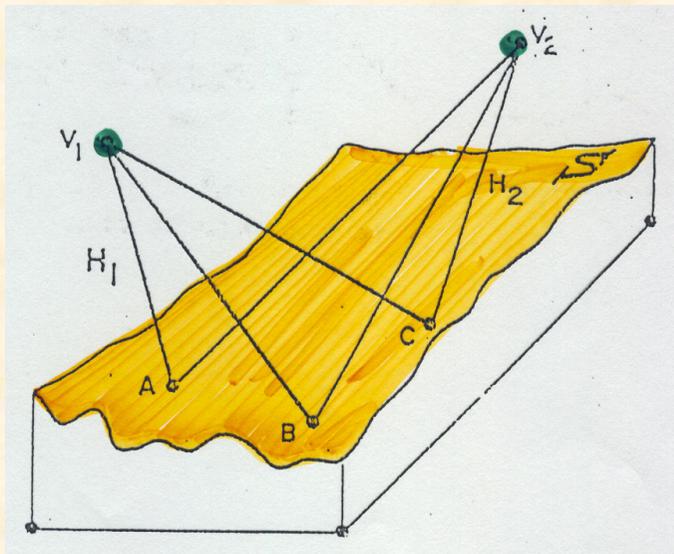


**B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS**  
**1.- DEFINICIÓN Y ASPECTOS GENERALES**

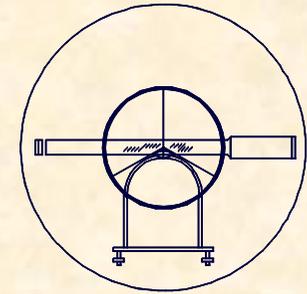
**1.3.- PRINCIPIOS FUNDAMENTALES**

**HAZ PERSPECTIVO.-**

Cada punto de la superficie terrestre queda definido por la intersección de dos rayos homólogos, para ello:



- 1.- Conocer la forma o posición relativa de los diferentes rayos que lo componen.*
- 2.- Tener información en el espacio de cada haz respecto al sistema de referencia adoptado.*
- 3.- Conseguir identificar con total rigor los rayos homólogos asociándolos sin ambigüedad.*



## B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS

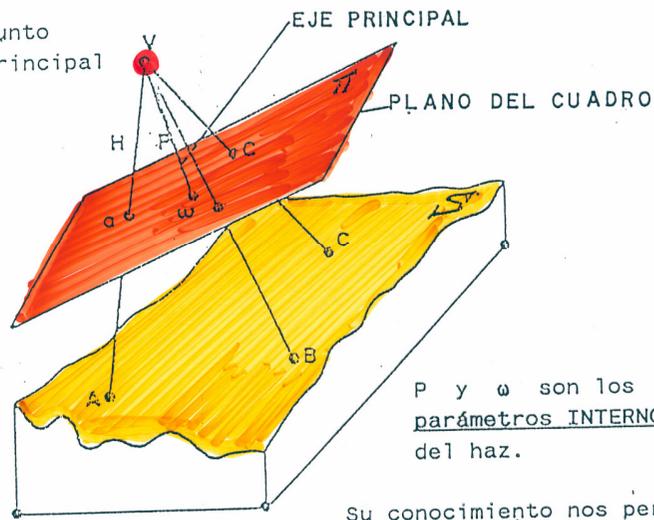
### 1.- DEFINICIÓN Y ASPECTOS GENERALES

#### 1.3.- PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

## DEFINICIÓN DE HAZ

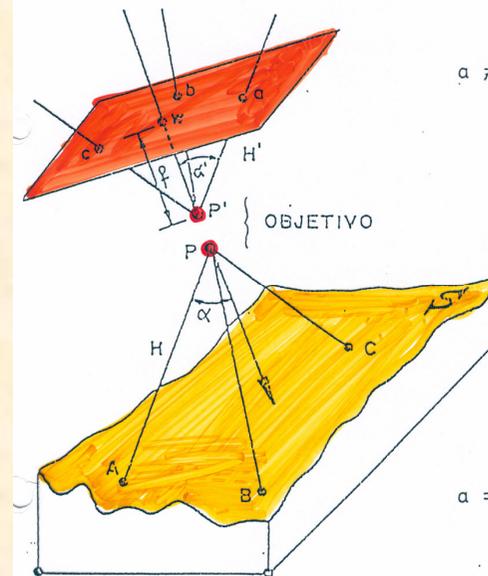
$P$  = distancia principal

$\omega$  = punto principal



$P$  y  $\omega$  son los parámetros INTERNOS del haz.

Su conocimiento nos permite reconstruir el haz.



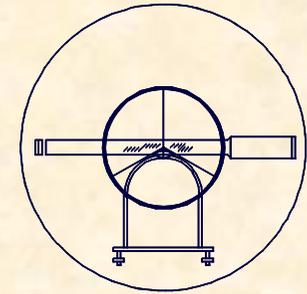
$a \neq a'$  por distorsión

PARAMETROS INTERNOS DE UNA FOTOGRAFIA

$f$  = distancia principal

$\omega$  = punto principal

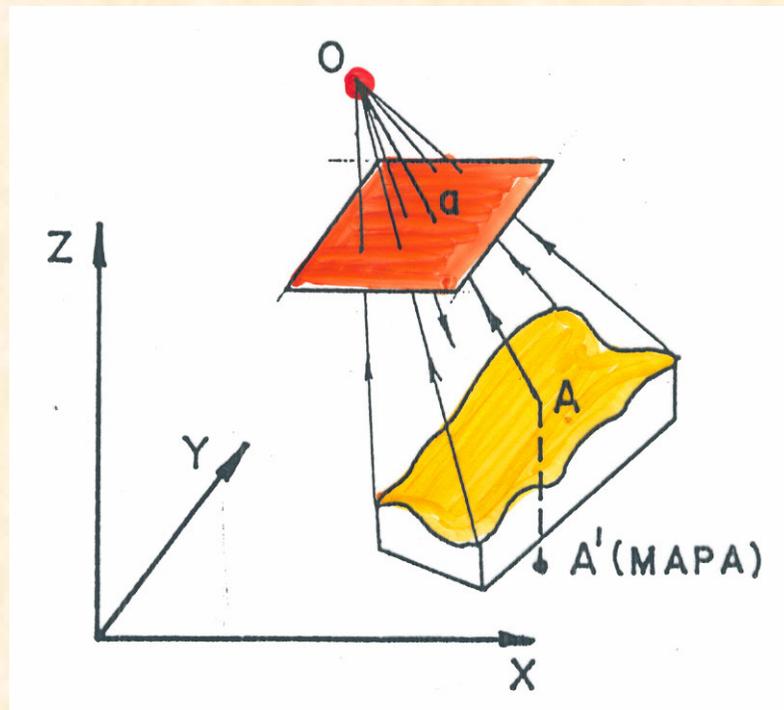
$a = f(a') =$  función de distorsión



**B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS**  
**1.- DEFINICIÓN Y ASPECTOS GENERALES**

**1.3.- PRINCIPIOS FUNDAMENTALES**

**POSICIÓN DEL HAZ**



Los datos necesarios son :

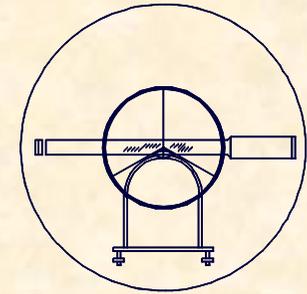
- 1.- *Coordenadas del Vértice del Haz.*
- 2.- *Los tres ángulos de giro del plano imagen con la vertical.*



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA

E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA



---

B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS  
1.- DEFINICIÓN Y ASPECTOS GENERALES  
1.3.- PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

## IDENTIFICACIÓN DE RAYOS HOMÓLOGOS

*Medida Directa: Empleando un teodolito e identificando claramente cada punto visado desde cada estación.*

*Perspectiva Dibujada: Empleado una solución gráfica de la posición de los rayos que permita su establecimiento.*

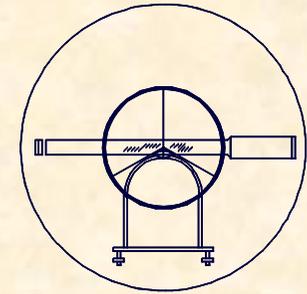
*Fotografía: Se resuelve con la observación estereoscópica de los rayos homólogos.*



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA

E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA



## B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS

### 1.- DEFINICIÓN Y ASPECTOS GENERALES

#### 1.4.- RESTITUCIÓN

## CONCEPTOS ELEMENTALES

*Se denomina RESTITUCIÓN a la búsqueda de la intersección de los rayos homólogos de los dos haces. De esta forma se determinan las coordenadas de los puntos del objeto en el sistema de referencia adoptado. Se emplea un instrumento llamado RESTITUIDOR.*

*Un Restituidor debe tener:*

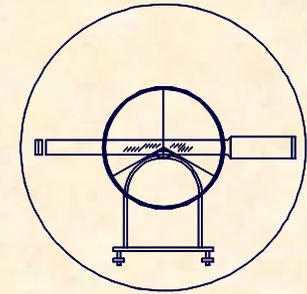
- *Sistema de reconstrucción de haces.*
- *Sistema de observación estereoscópica.*
- *Sistema que permita materializar la posición de los rayos.*
- *Sistema que permita establecer la intersección de los rayos.*



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA

E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA



B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS  
1.- DEFINICIÓN Y ASPECTOS GENERALES  
1.5.- APLICACIONES FOTOGRAMÉTRICAS

## VENTAJAS Y APLICACIONES TOPOGRÁFICAS

### *Ventajas:*

- *Trabajos de campo cada vez más caros.*
- *Mayor precisión y homogeneidad.*
- *Posibilidad de levantamientos difíciles o inaccesibles.*
- *Para superficies grandes menor coste económico.*

### *Aplicaciones*

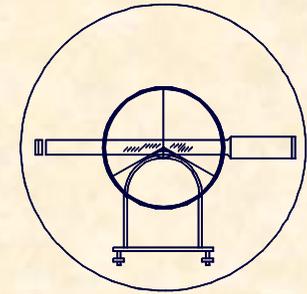
- *Fotogrametría Terrestre.*
- *Fotogrametría Aérea.*



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA

E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA



B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS  
1.- DEFINICIÓN Y ASPECTOS GENERALES  
1.5.- APLICACIONES FOTOGRAMÉTRICAS

**APLICACIONES NO TOPOGRÁFICAS**

*Objetos fijos:*

*Arquitectura y Arqueología.*

*Criminología.*

*Medicina.*

*Industria.*

*Objetos en movimiento:*

*Meteorología.*

*Deformaciones de presas.*

*Balística.*

*Dinámica de fluidos.*

*Geodesia.*

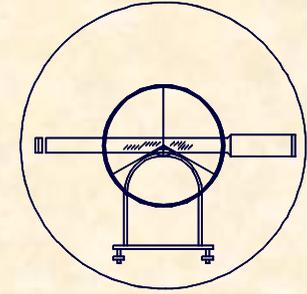
*Resistencia de materiales*

*Glaciares*

*Geofísica*



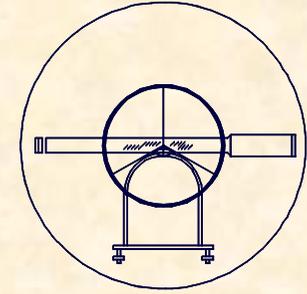
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA  
E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA



B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS  
2.- ELEMENTOS ÓPTICOS Y FOTOGRÁFICOS  
2.1.- INTRODUCCIÓN

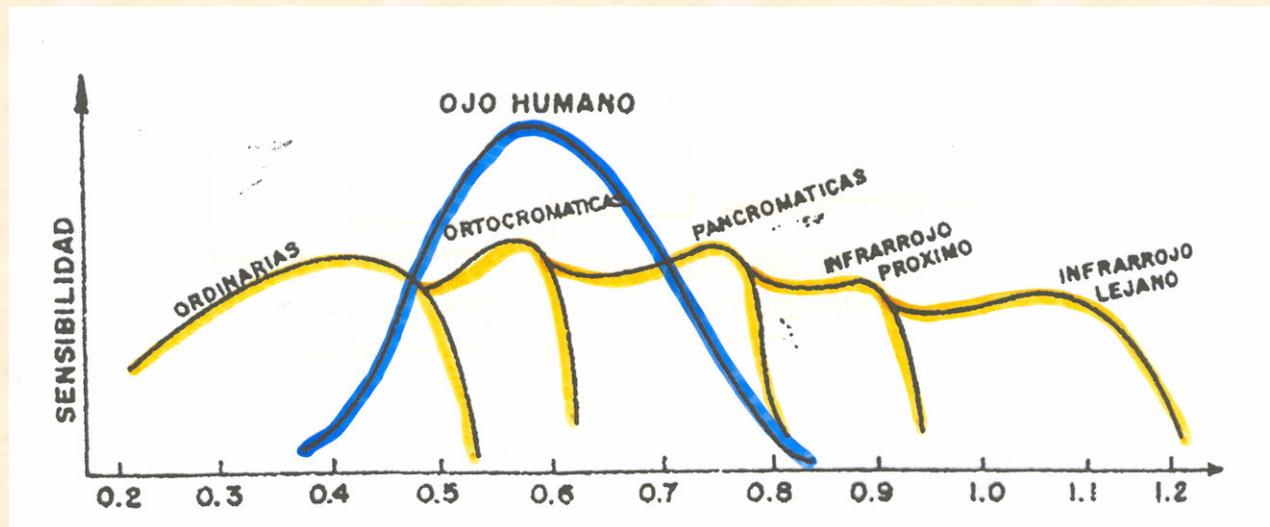
## EL PROCESO FOTOGRÁFICO

- 1.- *El objetivo se abre formando una imagen óptica sobre la imagen.*
- 2.- *La imagen afecta al Bromuro de Plata de la Emulsión.*
- 3.- *El revelado hace visible la imagen.*
- 4.- *El fijado fija las sales afectada.*
- 5.- *El lavado elimina las sales no afectadas, el secado elimina el agua.*



**B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS**  
**2.- ELEMENTOS ÓPTICOS Y FOTOGRÁFICOS**  
**2.2.- EMULSIONES**

**TIPOLOGÍA DE EMULSIONES**

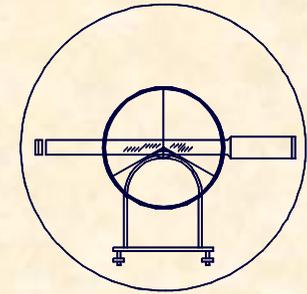




UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA

E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA



B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS  
2.- ELEMENTOS ÓPTICOS Y FOTOGRÁFICOS  
2.2.- EMULSIONES

## CARACTERÍSTICAS DE LAS EMULSIONES

### *Velocidad de una emulsión:*

*De ella depende el tiempo de exposición. Así, la velocidad se introduce en un exposímetro que al medir la iluminación proporciona el tiempo de exposición.*

*En fotogrametría se emplea emulsiones de gran velocidad pues las exposiciones son muy breves y la luz es muy escasa.*

### *Finura de la emulsión:*

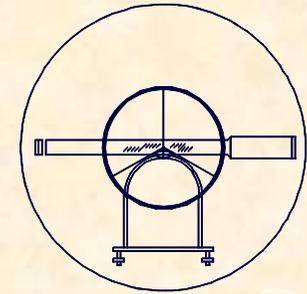
*La capacidad de representar o reproducir objetos muy pequeños está relacionada con la finura o grano de la emulsión, que depende, sobre todo de su estructura es decir el poder separador (línea/mm) de una emulsión.*



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA

E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA



B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS  
2.- ELEMENTOS ÓPTICOS Y FOTOGRÁFICOS  
2.2.- EMULSIONES

CARACTERÍSTICAS DE LAS EMULSIONES

*Finura de la emulsión:*

*Haciendo un pequeño esquema resulta:*

<i>EMULSIÓN</i>	<i>GRANOS</i>	<i>IMÁGENES</i>	<i>PODER SEPAR.</i>
<i>Rápidas</i>	<i>Grueso</i>	<i>Poco finas</i>	<i>Pequeño</i>
<i>Lentas</i>	<i>Fino</i>	<i>Muy finas</i>	<i>Grande</i>

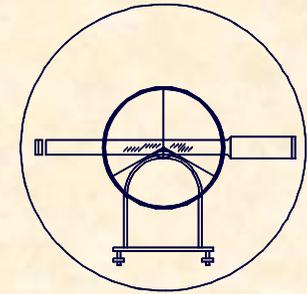
*La gran contradicción de la fotogrametría es tener que emplear emulsiones muy rápidas y con un gran poder separador.*



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA

E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA



## B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS 2.- ELEMENTOS ÓPTICOS Y FOTOGRÁFICOS

### 2.2.- EMULSIONES

## SOPORTES DE LAS EMULSIONES

### *Placas de vidrio.*

*El espesor habitual es de 3 mm. Se emplean en trabajos de precisión sobre todo en fotogrametría terrestre.*

*Sus principales ventajas:*

*Fácil de manejar e indeformables.*

*Tremendamente planas.*

*Conservación ilimitada.*

*Sus principales inconvenientes:*

*Ocupan mucho espacio y son muy frágiles..*

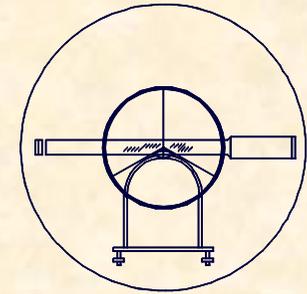
*Son difíciles de manejar en vuelo.*



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA

E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA



## B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS 2.- ELEMENTOS ÓPTICOS Y FOTOGRÁFICOS

### 2.2.- EMULSIONES

## SOPORTES DE LAS EMULSIONES

### *Película:*

*Están constituidas por materiales sintéticos (Acetatos, PVC, etc.) en los que se puede escoger espesor, transparencia, estabilidad..*

*Sus principales ventajas:*

*Son ligeras y se almacenan fácilmente.*

*Abultan poco y resisten muy bien los golpes.*

*Sus principales inconvenientes:*

*Dificultad para establecer la planeidad.*

*Manipulación más delicada que las placas.*

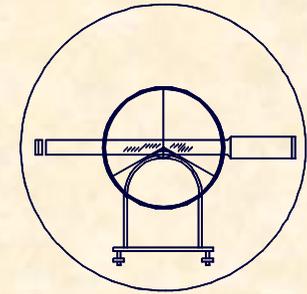
*El revelado ha de ser realizado en serie.*



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGAMETRÍA

E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA



## B.- METODOLOGÍAS FOTOGAMÉTRICAS

### 2.- ELEMENTOS ÓPTICOS Y FOTOGRÁFICOS

#### 2.3.- CALIDAD DE LA IMÁGEN

## PRINCIPALES FACTORES

### *El objeto fotografiado y el medio:*

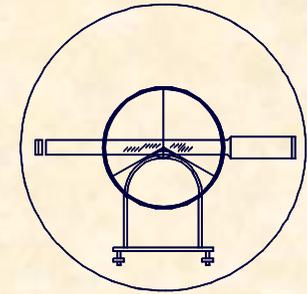
- *Reparto y contraste de la iluminación.*
- *Longitud de la onda de las radiaciones.*
- *Tipo y cantidad de atmósfera interpuesta.*

### *El objetivo:*

- *Distancia focal.*
- *Aberraciones residuales.*
- *Abertura*
- *Tiempo de exposición.*

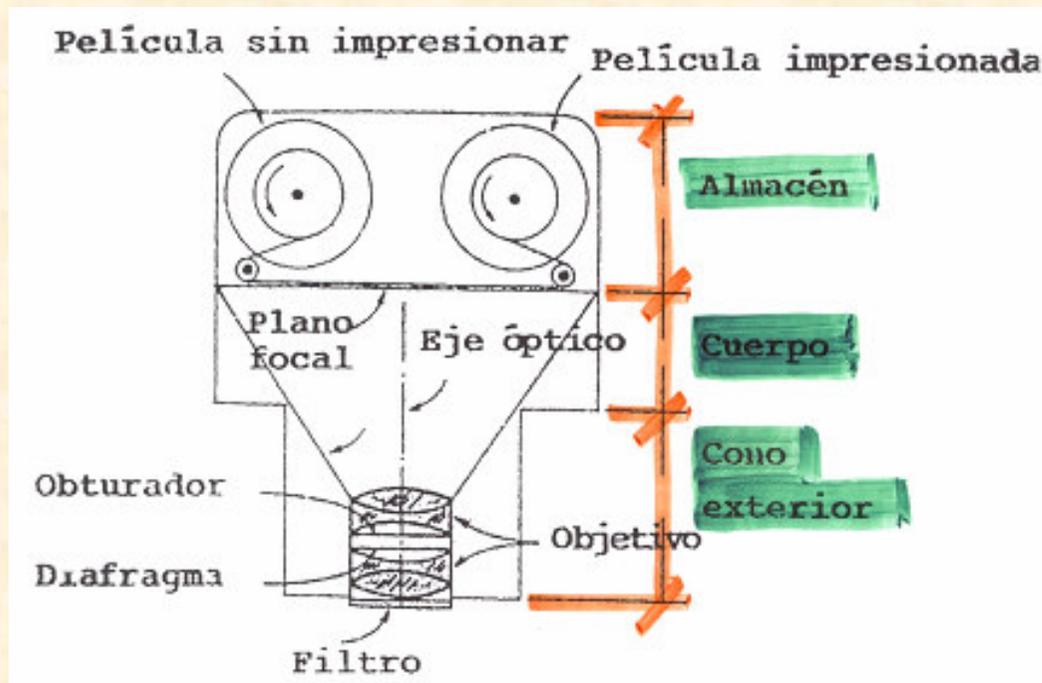
### *La emulsión y su tratamiento:*

- *Naturaleza y estructura.*
- *Espesor y tipo de soporte.*
- *Tiempo de revelado.*



**B.- METODOLOGÍAS FOTOGAMÉTRICAS**  
**2.- ELEMENTOS ÓPTICOS Y FOTOGRÁFICOS**  
**2.4.- CÁMARA MÉTRICA**

**ESTRUCTURA DE LA CÁMARA**

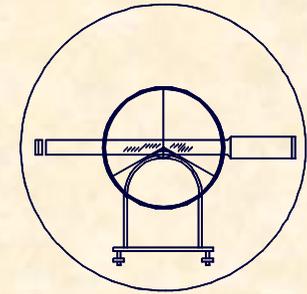




UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA

E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA



B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS  
2.- ELEMENTOS ÓPTICOS Y FOTOGRÁFICOS  
2.5.- CONTROLES GENERALIZADOS

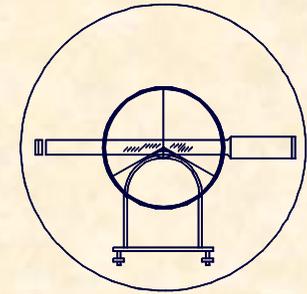
CUADRÍCULA

A efectos de estudiar y tener en cuenta las deformaciones sufridas por el material desde su exposición hasta su restitución, puede incorporarse a la fotografía una cuadrícula de precisión en el momento de la exposición.

CALIBRADO DE CÁMARAS

Al calibrarse una cámara métrica determina las características métricas de la propia cámara, los resultados de una calibración son:

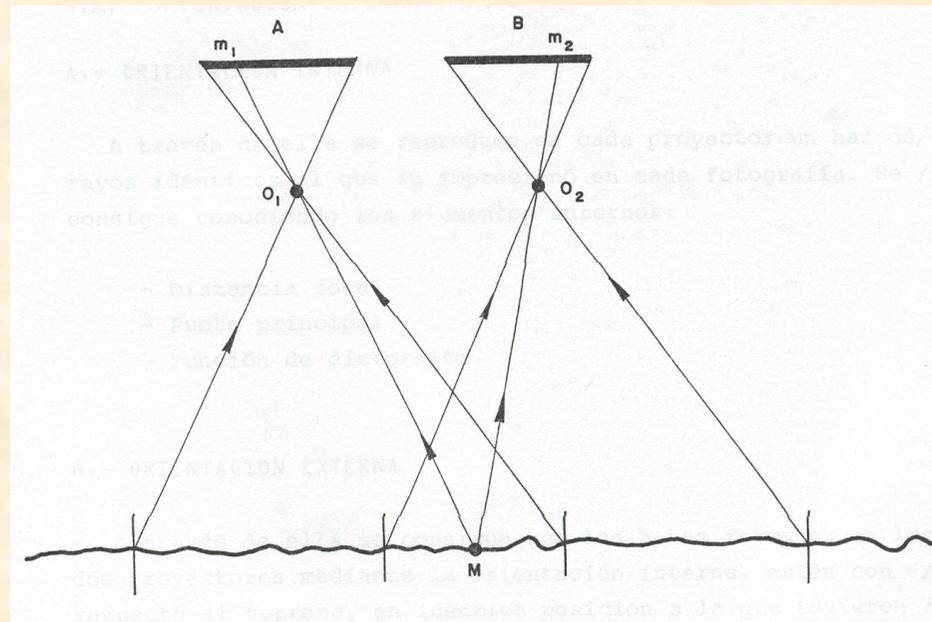
- *Distorsión Radial y Tangencial.*
- *Distancia focal.*
- *Planicidad del Plano focal.*
- *Punto Principal.*
- *Posición de las Marcas Fiduciales.*

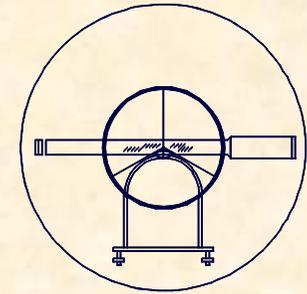


**B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS**  
**3.- EL MÉTODO GENERAL DE LA FOTOGRAMETRÍA**

**3.1.- INTRODUCCIÓN**

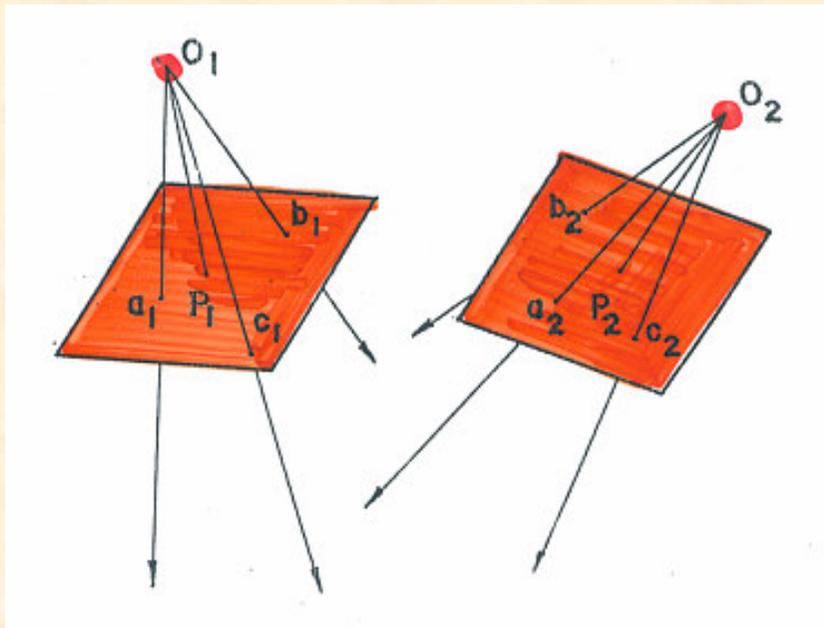
**CAPTURA DE LA INFORMACIÓN**





B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS  
3.- EL MÉTODO GENERAL DE LA FOTOGRAMETRÍA  
3.2.- ORIENTACIÓN INTERNA Y EXTERNA

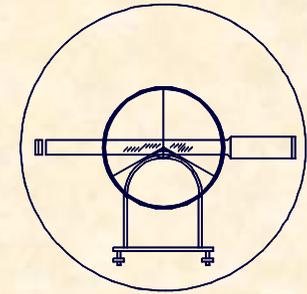
ORIENTACIÓN INTERNA



Con los elementos internos:

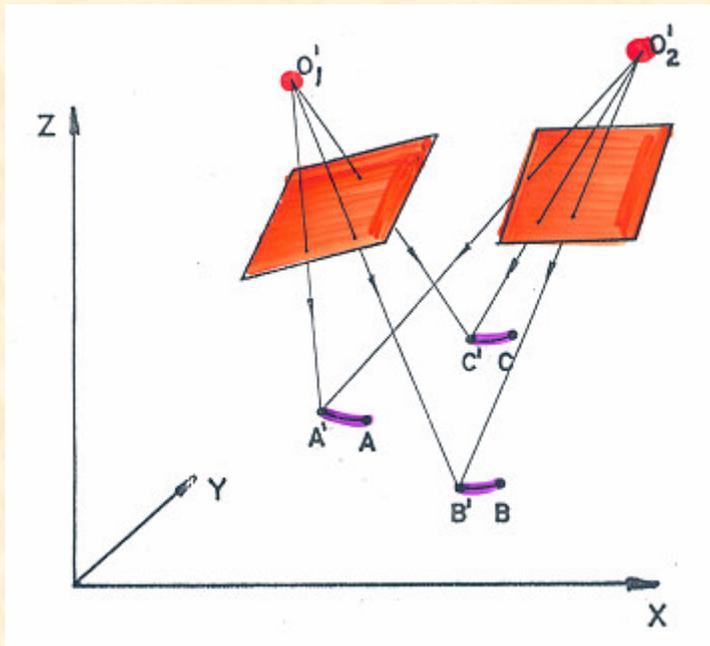
- Distancia Focal
- Punto Principal
- Función de distorsión

Invirtiendo el sentido de los rayos, se reproducen los haces individuales.



**B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS**  
**3.- EL MÉTODO GENERAL DE LA FOTOGRAMETRÍA**  
**3.2.- ORIENTACIÓN INTERNA Y EXTERNA**

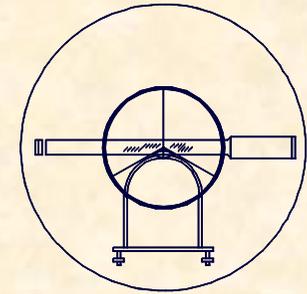
**ORIENTACIÓN EXTERNA**



**A.- ORIENTACIÓN RELATIVA**

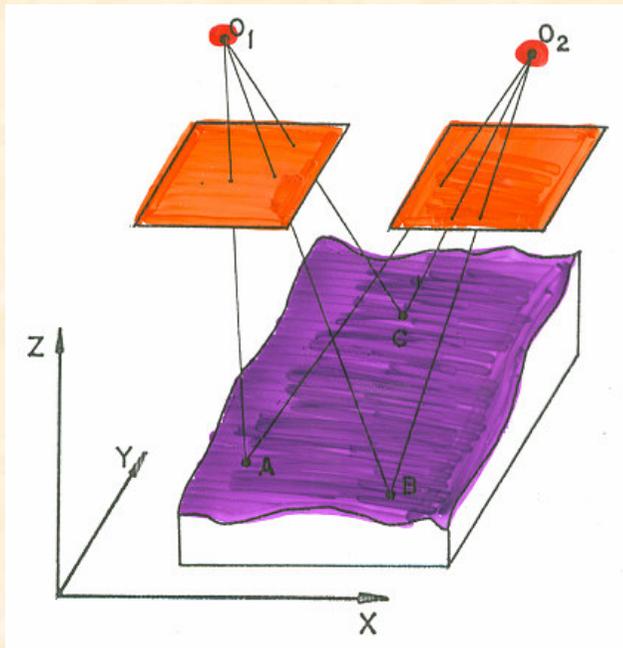
Situando ambos haces en posición relativa idéntica a la que fueron tomadas las parejas de rayos homólogos se cortarán.

El conjunto de intersecciones constituye un "Modelo del Objeto".



B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS  
3.- EL MÉTODO GENERAL DE LA FOTOGRAMETRÍA  
3.2.- ORIENTACIÓN INTERNA Y EXTERNA

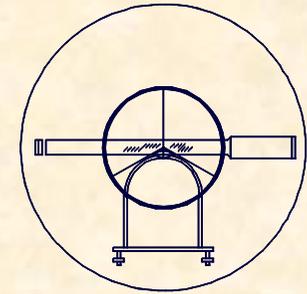
ORIENTACIÓN EXTERNA



B.- ORIENTACIÓN ABSOLUTA

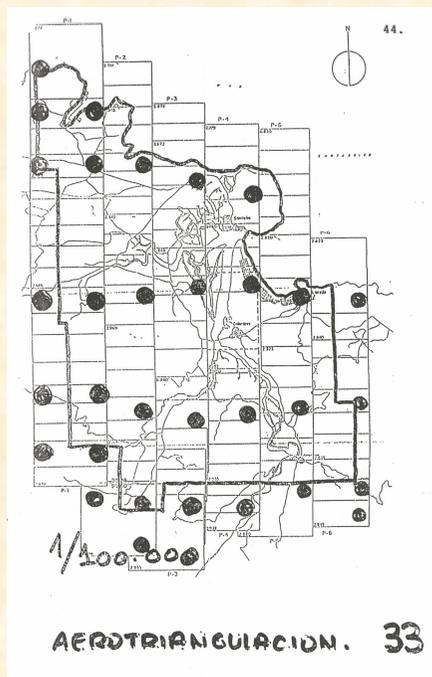
Mediante rotaciones, desplazamientos y cambios de escala del conjunto se hacen coincidir las intersecciones de los rayos homólogos de los puntos de apoyo con sus posiciones conocidas.

El modelo estará ajustado a una escala conocida y nivelado.

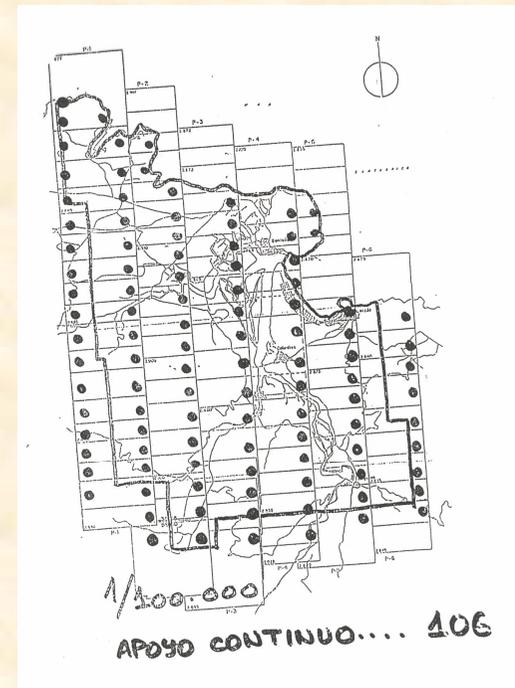


**B.- METODOLOGÍAS FOTOGAMÉTRICAS**  
**3.- EL MÉTODO GENERAL DE LA FOTOGAMETRÍA**  
**3.2.- ORIENTACIÓN INTERNA Y EXTERNA**

**ORIENTACIÓN EXTERNA**



**EJEMPLOS**

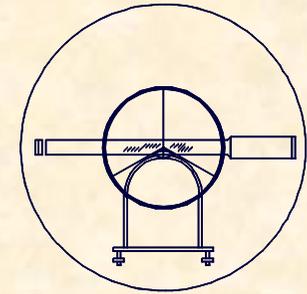




UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA

E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA



B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS

4.- LA RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA

4.1.- INTRODUCCIÓN GENERAL

## VENTAJAS DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO

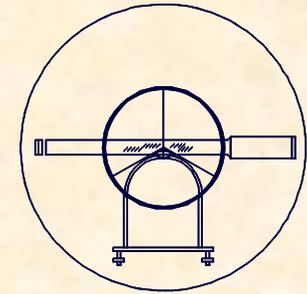
- *La información se almacena en un soporte estable.*
- *El almacenamiento es fácil y poco voluminoso.*
- *La puesta al día de la información es rápida y sencilla.*
- *Posibilidad de cambio de sistema de referencia y de escala.*
- *Posibilidad de integrar la información cartográfica con bases de datos y poder generar los SIG.*
- *Eliminar las partes más tediosas de la producción cartográfica como son el dibujado de cajetines, rotulación, etc.*



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA

E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA



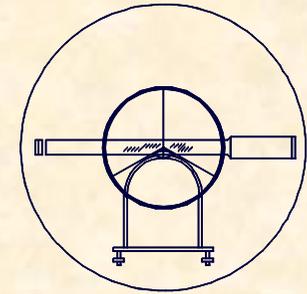
B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS

4.- LA RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA

4.2.- CONTRIBUCIÓN DE LA FOTOG. A LA CAPTURA DE INFORMACIÓN

## CARACTERIZACIÓN

- *Conocer la forma o posición relativa de los deferentes haces perspectivas que integran la información fotográfica.*
- *Tener la información de la posición en el espacio, de cada haz, respecto al sistema referencial previamente adoptado.*
- *Conseguir la total identificación de los rayos homólogos asociándolos sin ambigüedad.*



## **B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS**

### **4.- LA RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA**

#### **4.2.- CONTRIBUCIÓN DE LA FOTOG. A LA CAPTURA DE INFORMACIÓN**

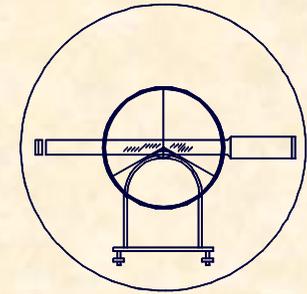
## **RESTITUCIÓN**

### **DEFINICIÓN. -**

*Se denomina restitución a la búsqueda de la intersección de los rayos homólogos de los dos haces. De esta forma se determinan las coordenadas de los puntos del objeto en el sistema de referencia adoptado.*

### **NECESIDADES DE LA RESTITUCIÓN. -**

- Un sistema de reconstrucción de haces mediante sus elementos internos y otro para situar en el espacio cada haz con los elementos externos.*
- Un sistema de visión estereoscópica de ambas fotografías*



## B.- METODOLOGÍAS FOTOGAMÉTRICAS

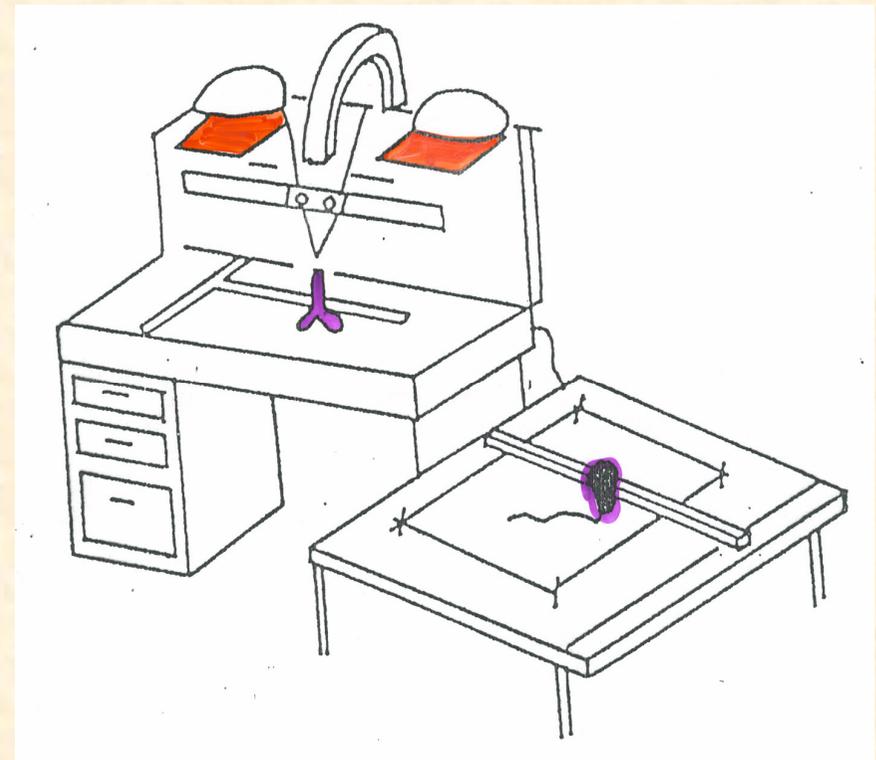
### 4.- LA RESTITUCIÓN FOTOGAMÉTRICA

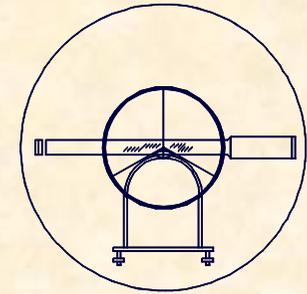
#### 4.2.- CONTRIBUCIÓN DE LA FOTOG. A LA CAPTURA DE INFORMACIÓN

### RESTITUCIÓN ANALÓGICA

*- Tiene engranajes mecánicos para la transmisión del movimiento del índice a la mesa de dibujo.*

*- Posee codificadores para la conversión del movimiento del índice en un impulso eléctrico que un determinado periférico (Impresora, Plotter, etc.) sea capaz de representar*



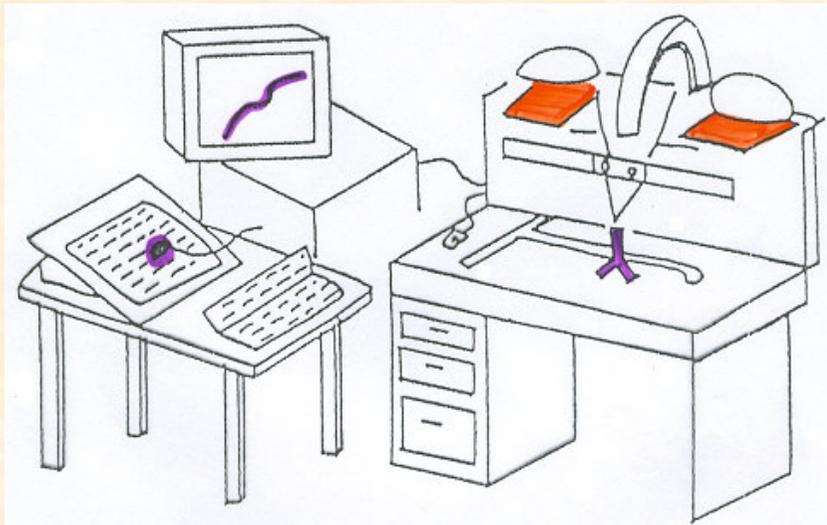


## B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS

### 4.- LA RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA

#### 4.2.- CONTRIBUCIÓN DE LA FOTOG. A LA CAPTURA DE INFORMACIÓN

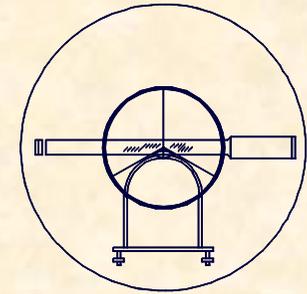
## RESTITUCIÓN NUMÉRICA



*-Una vez que se tienen impulsos eléctricos estos se pueden enviar a un ordenador para que los trate en función del HARDWARE y SOFTWARE disponible.*

*NUMÉRICA CIEGA:  
(Sin monitor)*

*NUMÉRICA INTERACTIVA:  
(Con monitor)*

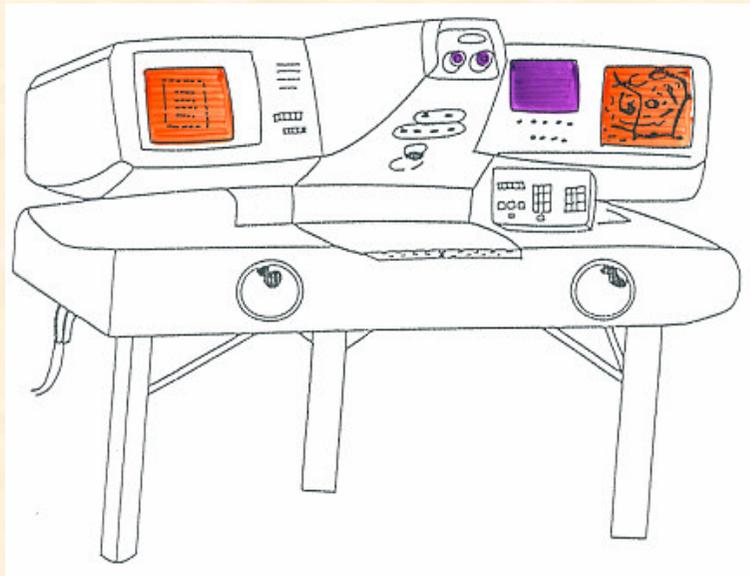


## B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS

### 4.- LA RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA

#### 4.2.- CONTRIBUCIÓN DE LA FOTOG. A LA CAPTURA DE INFORMACIÓN

## RESTITUCIÓN ANALÍTICA



*-Este método lo que hace es formar el terreno en base a las coordenadas medidas sobre los fotogramas de los puntos que se pretenden representar y después aplicar los algoritmos matemáticos necesarios para obtener las coordenadas terreno.*

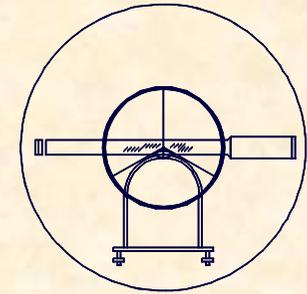
*-Tiene dispositivos de medida sobre los fotogramas llamados comparadores o estereocomparadores.*



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA

E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA



B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS

4.- LA RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA

4.3.- LA RESTITUCIÓN DIGITAL EL TRIUNFO DE LA IMAGEN

## RESTITUCIÓN DIGITAL

### COMPONENTES DEL EQUIPO:

*SCANNER* : Produce ficheros digitales a partir de las imágenes fotográficas, debe tener como mínimo:

- Resolución 15 micras y COLOR

*ESTACION DE TRABAJO* : Debe permitir las siguientes operaciones:

- Visión estereoscópica

- Movimiento en Z

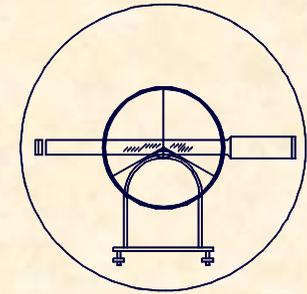
- Software fotogramétrico adecuado



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA

E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA



B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS

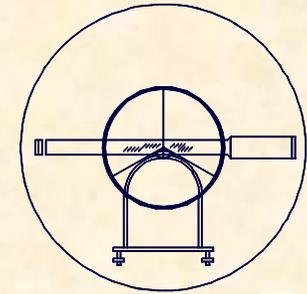
4.- LA RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA

4.3.- LA RESTITUCIÓN DIGITAL EL TRIUNFO DE LA IMAGEN

## RESTITUCIÓN DIGITAL

**OCUPACIÓN DE MEMORIA:**

LADO DEL PIXEL		OCUPACION INFORMATICA MEGABYTES
Milímetros	Micras	
0,4	400	0,33
0,2	200	1,3
0,04	40	33
0,025	25	84



## B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS

### 4.- LA RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA

#### 4.3.- LA RESTITUCIÓN DIGITAL EL TRIUNFO DE LA IMAGEN

## RESTITUCIÓN DIGITAL

### PRECISIÓN DE SISTEMA:

$$PRECISIÓN = \frac{R \cdot E_F}{2}$$

R = Resolución del escaneado

E<sub>F</sub> = Denominador de la escala de la fotografía

Aplicando esta relación a una foto aérea a escala 1/ 3.000, resulta:

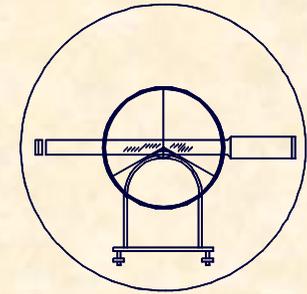
TAMAÑO PIXEL RESOLUCION (Micrones)	PRECISION POSADO (Centímetros)	CATEGORIA DEL RESTITUIDOR
100	15	2ª
40	6	2ª
20	3	1ª
7	1,05	1ª



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA

E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA



B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS

4.- LA RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA

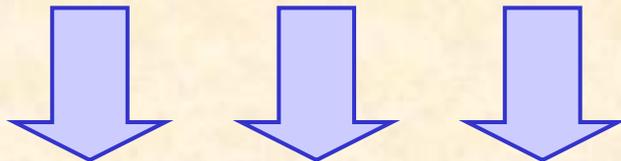
4.3.- LA RESTITUCIÓN DIGITAL EL TRIUNFO DE LA IMAGEN

## LA ORTOIMAGEN DIGITAL

### PROPIEDADES:

*Documento fotográfico que permite aprovechar las propiedades informativas de las fotografías aéreas y realizar las medidas que en un plano convencional.*

PERSPECTIVA CÓNICA



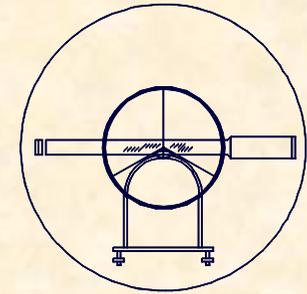
PROYECCIÓN ORTOGONAL

### REQUERIMIENTOS:

Vuelo Fotogramétrico (Digital)

Datos Orientación Relativa y Absoluta

Modelo Digital del Terreno



**B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS**

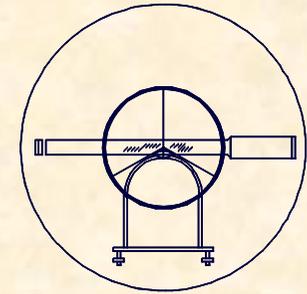
**4.- LA RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA**

**4.3.- LA RESTITUCIÓN DIGITAL EL TRIUNFO DE LA IMAGEN**

**LA ORTOIMAGEN DIGITAL**

**EJEMPLO:**



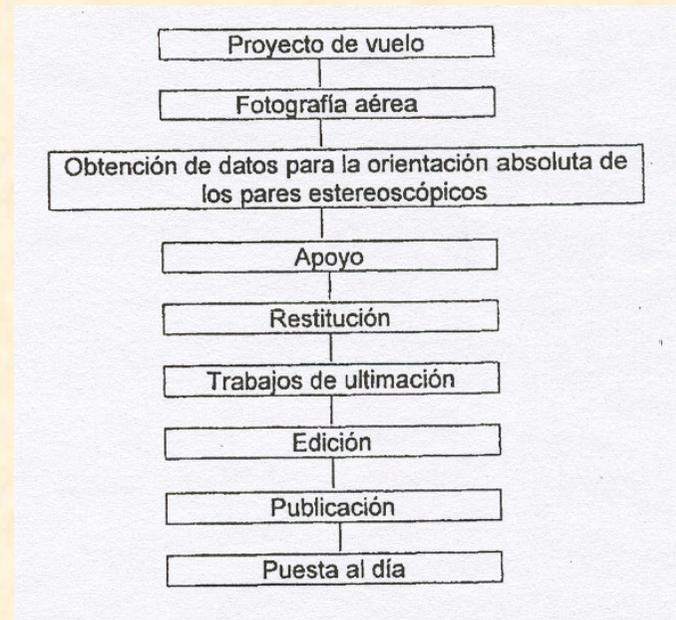


**B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS**

**5.- ACTIVIDADES FOTOGRAMÉTRICAS**

**5.1.- ESQUEMA GENERAL**

**SECUENCIA DE ACTIVIDADES**

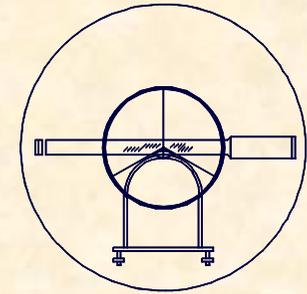




**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

**INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA**

**E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA**



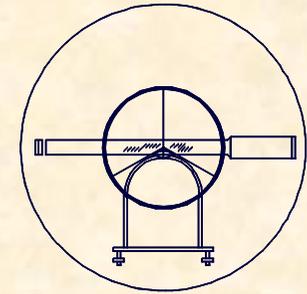
**B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS**

**5.- ACTIVIDADES FOTOGRAMÉTRICAS**

**5.2.- EL PROYECTO DE VUELO**

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 30.-**

A.- Diseñar el Proyecto de Vuelo a llevar a cabo para obtener Cartografía a escala 1/5.000 de una zona del territorio que se caracteriza por ser la que ocupa una hoja del Mapa Topográfico Nacional a escala 1/50.000 Sabiendo para ello que se dispone una cámara de distancia focal 150 mm. que se plantea trabajar con los recubrimientos habituales con tamaño de fotografías de 23x23 cm y que la velocidad del avión es 200 km/h.



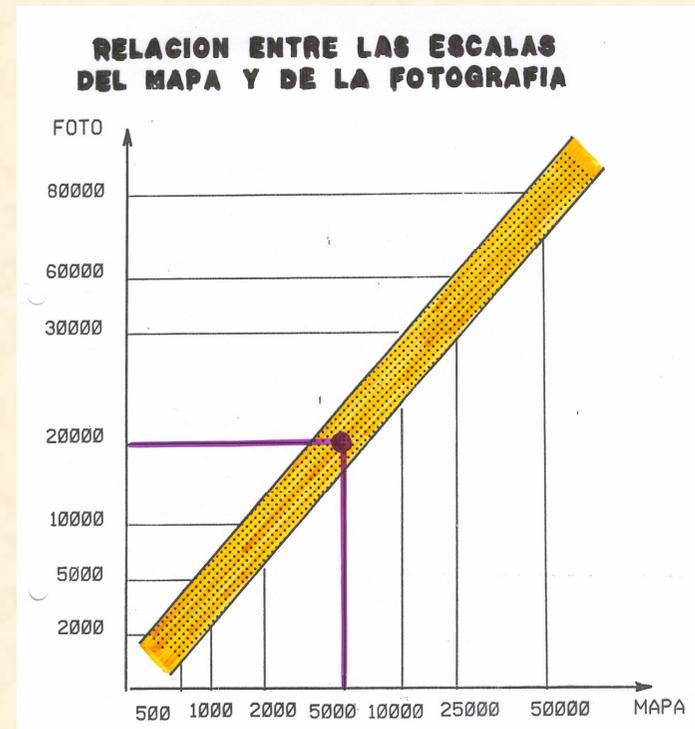
**B.- METODOLOGÍAS FOTOGAMÉTRICAS**

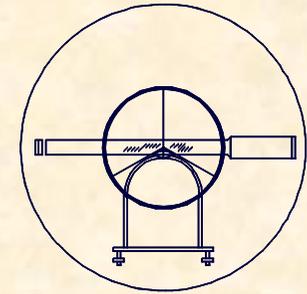
**5.- ACTIVIDADES FOTOGAMÉTRICAS**

**5.2.- EL PROYECTO DE VUELO**

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 30.-**

1/50.000  
27x18,5 km





**B.- METODOLOGÍAS FOTOGAMÉTRICAS**

**5.- ACTIVIDADES FOTOGAMÉTRICAS**

**5.2.- EL PROYECTO DE VUELO**

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 30.-**

1. ESCALA MEDIA QUE DEBE TENER LA FOTO

SE VE EN EL GRAFICO  $E = \frac{1}{20.000}$   $M_b = 20.000$

2. SUPERFICIE DE LA ZONA

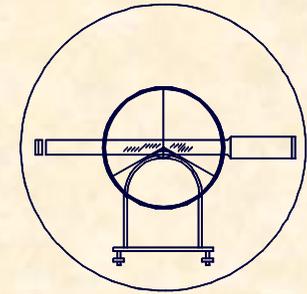
$\simeq 50.000 \text{ Ha} \simeq \text{RECTANGULO}$   $27 \text{ Km} \cdot 18,5 \text{ Km}$

3. ALTURA DEL VUELO

$\frac{1}{M_b} = \frac{f}{h} \Rightarrow h = f \cdot M_b = 0,150 \cdot 20.000 = 3000 \text{ m}$

4. SUPERFICIE REAL DE LA FOTO

$S = 0,23 \cdot 0,23 = 0,05 \text{ m}^2$



**B.- METODOLOGÍAS FOTOGAMÉTRICAS**

**5.- ACTIVIDADES FOTOGAMÉTRICAS**

**5.2.- EL PROYECTO DE VUELO**

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 30.-**

5. SUPERFICIE DE TERRENO QUE COGE UNA FOTO

$$S = 0,05 \cdot M_b^2 = 2000 \text{ Ha}$$

6. BASE

$$B = \frac{100 - p}{100} \cdot M_b \cdot l = \frac{40}{100} \cdot 4.600 = 1840 \text{ m}$$

7. SEPARACION ENTRE PASADAS

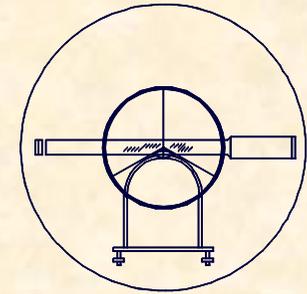
$$A = \frac{100 - q}{100} \cdot M_b \cdot l = \frac{80}{100} \cdot 4.600 = 3.680 \text{ m}$$



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA

E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA



B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS

5.- ACTIVIDADES FOTOGRAMÉTRICAS

5.2.- EL PROYECTO DE VUELO

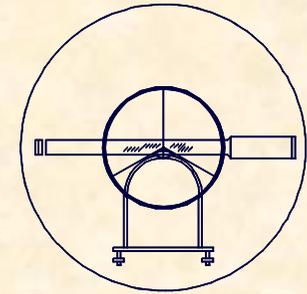
EJERCICIO PRÁCTICO Número 30.-

8. SUPERFICIE NETA DEL FOTOGRAMA

$$S = A \cdot B = 1840 \cdot 3680 = 677,12 \text{ Ha}$$

9. NUMERO APROXIMADO DE FOTOGRAMAS

$$n = \frac{50.000 \text{ Ha}}{677,12 \text{ Ha}} = 74$$



**B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS**  
**5.- ACTIVIDADES FOTOGRAMÉTRICAS**  
**5.2.- EL PROYECTO DE VUELO**

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 30.-**

10. NUMERO DE FOTOGRAMAS POR PASADA

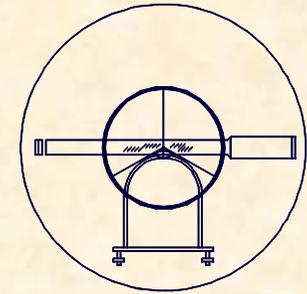
$$N_f = 1 + \frac{27.000}{1840} = 16$$

11. NUMERO DE PASADAS

$$N_p = 1 + \frac{18.500}{3680} = 6$$

SIN TANTA SEGURIDAD SE PUEDE REDUCIR A 5

$$\text{ASI } n = 16 \cdot 5 = 80$$



**B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS**

**5.- ACTIVIDADES FOTOGRAMÉTRICAS**

**5.2.- EL PROYECTO DE VUELO**

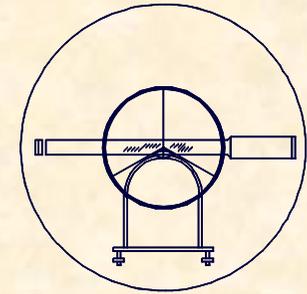
**EJERCICIO PRÁCTICO Número 30.-**

CONSIDERANDO LA ZONA DE SEGURIDAD SERAN:

$$16 \cdot 6 = 96 + 4 \text{ DE PRUEBA} = 100$$

LUEGO SERAN  $\frac{100}{4} \approx$  **25 m DE PELICULA**

**NITIDEZ:** Desplazamiento de un punto de la imagen para considerar que en la fotografía no se tiene la sensación de movimiento, se considera 0,05 mm.



B.- METODOLOGÍAS FOTOGAMÉTRICAS

5.- ACTIVIDADES FOTOGAMÉTRICAS

5.2.- EL PROYECTO DE VUELO

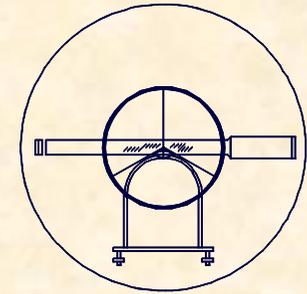
EJERCICIO PRÁCTICO Número 30.-

12. TIEMPO DE EXPOSICION

SI QUEREMOS QUE EL DESPLAZAMIENTO EN LA  
IMAGEN SEA INFERIOR A 0,05 m/m

$$\Delta d = v \cdot t \Rightarrow t_{MAX} = \frac{\Delta d}{v} = \frac{0,05 \cdot M_b}{v}$$

$$t_{MAX} = \frac{0,05 \cdot 20.000}{\frac{200 \cdot 10^6}{3600}} = 0,018 = \boxed{\frac{1}{56} \text{ SEGUNDOS}}$$



**B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS**

**5.- ACTIVIDADES FOTOGRAMÉTRICAS**

**5.2.- EL PROYECTO DE VUELO**

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 30.-**

13. INTERVALO ENTRE DISPAROS

$$\Delta t = \frac{B}{V} = \frac{1840}{\frac{200 \cdot 1000}{3600}} = 33,12 \text{ SEGUNDOS}$$

14. DURACION DEL VUELO

POR PASADA 16 FOTOS  $\rightarrow$  15 INTERVALOS  $\Rightarrow$   
COMO SON 6 PASADAS

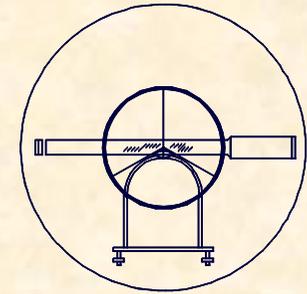
$$t = 15 \cdot 6 \cdot 33,12 = 2980 \text{ Seg} \simeq 50 \text{ MINUTOS}$$



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA

E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA



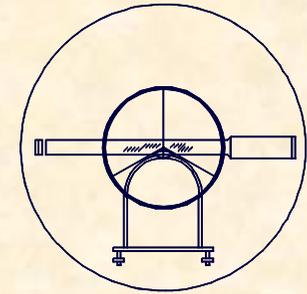
B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS  
5.- ACTIVIDADES FOTOGRAMÉTRICAS  
5.3.- APROXIMACIÓN AL CÁLCULO DE COSTES

**COSTE DEL VUELO**

SUPERF.(Has.)	ESCALA DEL VUELO	COSTE POR Ha. (Pts.)
10.000 – 3.000	1/15.000	50 – 100
1.000 – 500	1/5.000	400 – 500
500 – 300	1/3.000	700 – 1.250

**COSTE DEL APOYO**

Punto:	3.000 – 5.000 Pts./ud.
Aerotriangulación:	3.000 y 5.000 Pts./modelo



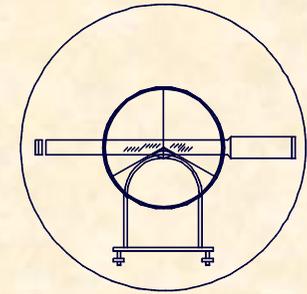
## B.- METODOLOGÍAS FOTOGRAMÉTRICAS

### 5.- ACTIVIDADES FOTOGRAMÉTRICAS

#### 5.3.- APROXIMACIÓN AL CÁLCULO DE COSTES

## COSTE DE LA RESTITUCIÓN

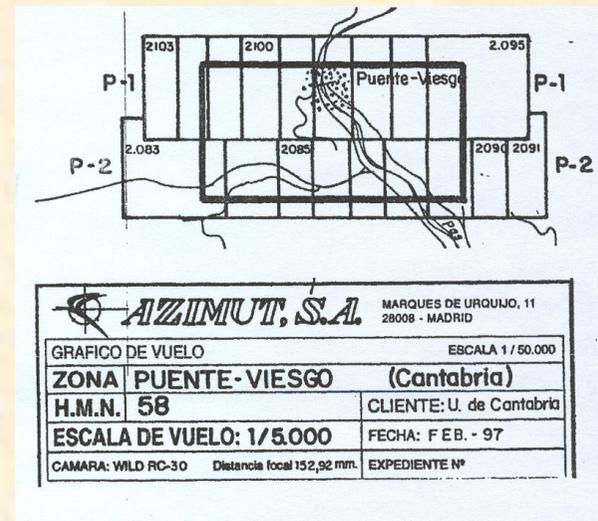
ESCALA DE TRABAJO	AMBITO	ESCALA DE VUELO	PRECIO UNITARIO POR Ha.
1/500	Urbano	1/3.000	15.000
	Semiurbano	1/3.500	10.000
1/1.000	Urbano	1/5.000	7.500
	Semiurbano	1/5.000	5.000
1/ 2.000	Urbano	1/5.000	3.000
	Semiurbano	1/7.000	2.500
	Rústico	1/8.000	2.000
1/5.000	Mixto-Semiurbano	1/15.000	350
	Mixto-Rústico	1/20.000	250



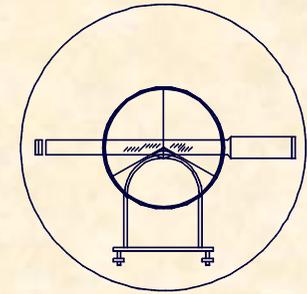
## EJERCICIO PRÁCTICO Número 31.-

La parte recubierta estereoscópicamente de una zona del Ayuntamiento de Puenteviego se caracteriza por ser:

- 15 % Urbano
- 35 % Semiurbano
- 50 % Rústico



Sabiendo que se pretende obtener cartografía a escala 1/1000, obtener el coste aproximado del vuelo, apoyo y la Restitución.



EJERCICIO PRÁCTICO Número 31.-

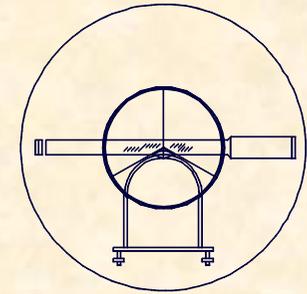
**ESCALA DEL GRÁFICO**

**VERDADERA MAGNITUD DEL FOTOGRAMA.-**

$$\left. \begin{array}{l} 0,23 \text{ ----- } 5.000 \\ 1 \text{ ----- } L \end{array} \right\} L = 1.150 \text{ m.}$$

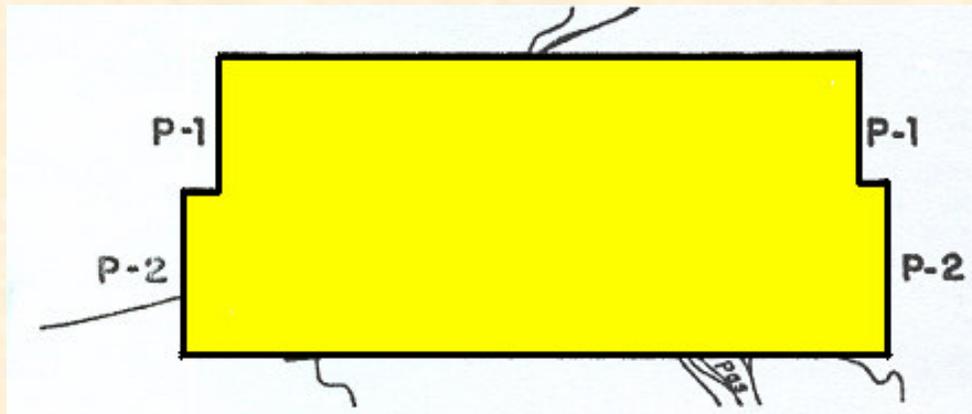
**VERDADERA MAGNITUD DEL FOTOGRAMA.-**

$$\left. \begin{array}{l} 0,018 \text{ ----- } 1.150 \\ 1 \text{ ----- } E_{\text{mapa}} \end{array} \right\} E_{\text{mapa}} = 1/ 63.889$$



EJERCICIO PRÁCTICO Número 31.-

VUELO FOTOGRAMÉTRICO

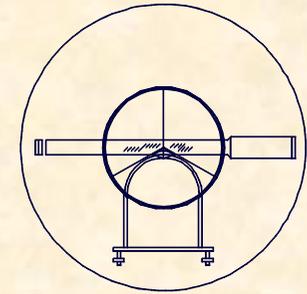


**SUPERFICIE VOLADA.-**

$$S_{REAL} = S_{PAPEL} \cdot E^2$$
$$S_{REAL} = \frac{22 \cdot 63.889^2}{10^8} \cong 900 \text{ Ha.}$$

**COSTE APROXIMADO.-**

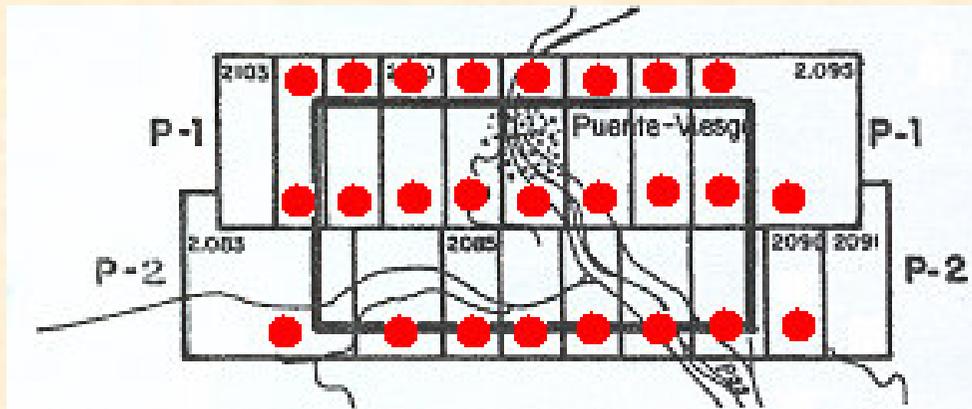
$$C_{VUELO} = 400.000 + (500 \cdot 900) = 850.000 \text{ Ptas}$$



EJERCICIO PRÁCTICO Número 31.-

**APOYO FOTOGRAMÉTRICO**

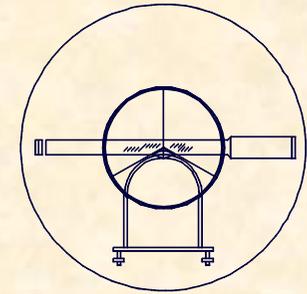
**APOYO CONTINUO.-**



25 PUNTOS DE APOYO

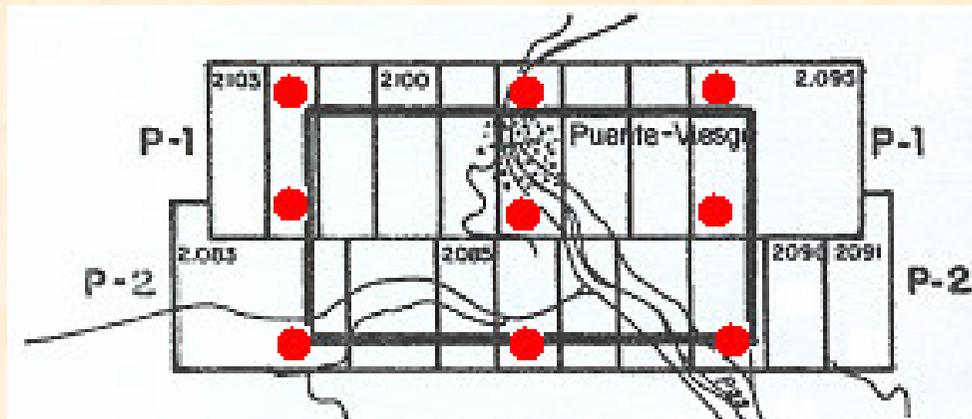
**COSTE APROXIMADO.-**

$$C_{APOYO} = 5.000 \cdot 25 = 125.000 \text{ Ptas}$$



EJERCICIO PRÁCTICO Número 31.-

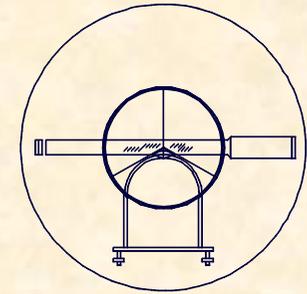
**APOYO FOTOGRAMÉTRICO**  
**APOYO AEROTRIANGULADO.-**



9 PUNTOS DE APOYO  
4 MODELOS AEROTRIANG.

**COSTE APROXIMADO.-**

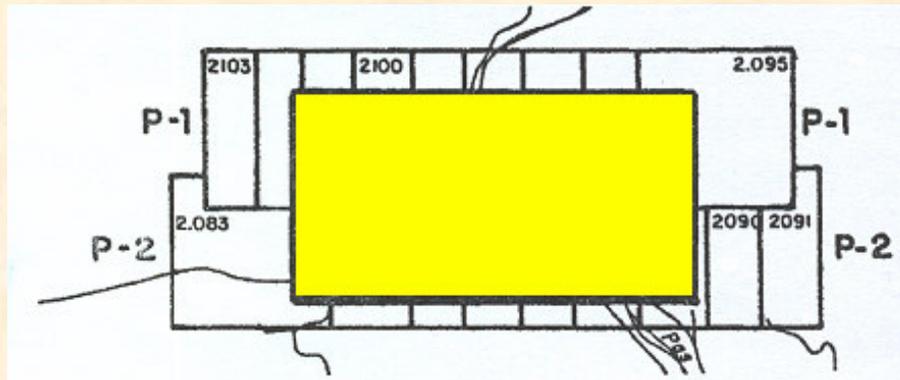
$$C_{APOYO} = 5.000 \cdot (9 + 4) = 65.000 \text{ Ptas}$$



## EJERCICIO PRÁCTICO Número 31.-

### RESTITUCIÓN

#### SUPERFICIE RESTITUIDA.-



$$S_{REAL} = S_{PAPEL} \cdot E^2$$

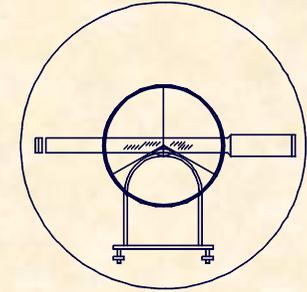
$$S_{REAL} = \frac{11 \cdot 63.889^2}{10^8} \cong 450 \text{ Ha.}$$

#### COSTE APROXIMADO.-

$$C_{RESTITUCIÓN} = [450 \cdot 0,15 \cdot 7.500] + [450 \cdot 0,35 \cdot 5.000] + [450 \cdot 0,50 \cdot 2.500] = 1.856.250 \text{ Ptas}$$



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA  
E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA



EJERCICIO PRÁCTICO Número 31.-

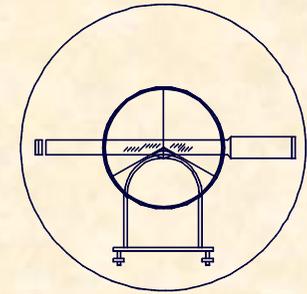
**RESUMEN DE COSTE**

Vuelo Fotogramétrico .....850.000 Ptas.-

Apoyo Fotogramétrico ..... 65.000 Ptas.-

Restitución Fotogramétrica .....1.856.250 Ptas.-

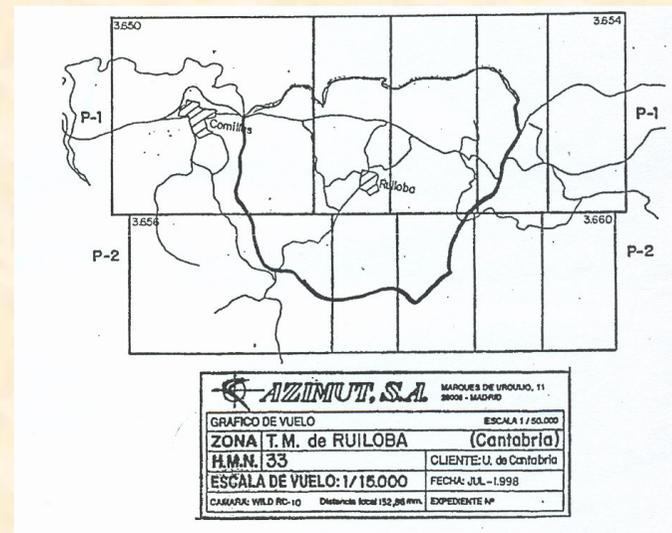
**COSTE TOTAL            2.771.250 Ptas.-**



## EJERCICIO PRÁCTICO Número 32.-

La parte recubierta estereoscópicamente de una zona del Ayuntamiento de Ruiloba se caracteriza por ser:

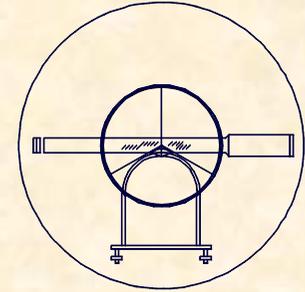
70 % Semiurbano  
30 % Rústico



Sabiendo que se quiere obtener cartografía a escala 1/5000 obtener el coste aproximado del proyecto.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODESIA Y FOTOGRAMETRÍA  
**E. U. INGENIERÍA TÉCNICA MINERA**



**FIN**