

# Topografía Minera

## Tema 6. Aspectos geodésicos en alzado



**Julio Manuel de Luis Ruiz**  
**Raúl Pereda García**

Departamento de Ingeniería Geográfica y  
Técnicas de Explotación de Minas

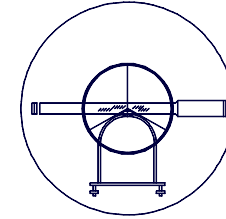
Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

---

## **6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO**

### **6.1.- INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO ALTIMÉTRICO:**

**6.1.1.- Definición de cota.**

**6.1.2.- Tipos de nivelación.**

### **6.2.- NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA:**

**6.2.1.- Corrección por esfericidad y refracción.**

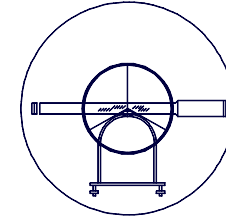
**6.2.2.- Método de las visuales aisladas.**

**6.2.3.- Método de las visuales recíprocas y simultáneas.**

### **6.3.- NIVELACIÓN GEOMÉTRICA:**

**6.3.1.- Métodos de nivelación geométrica.**

**6.3.2.- Nivelación geométrica de precisión.**



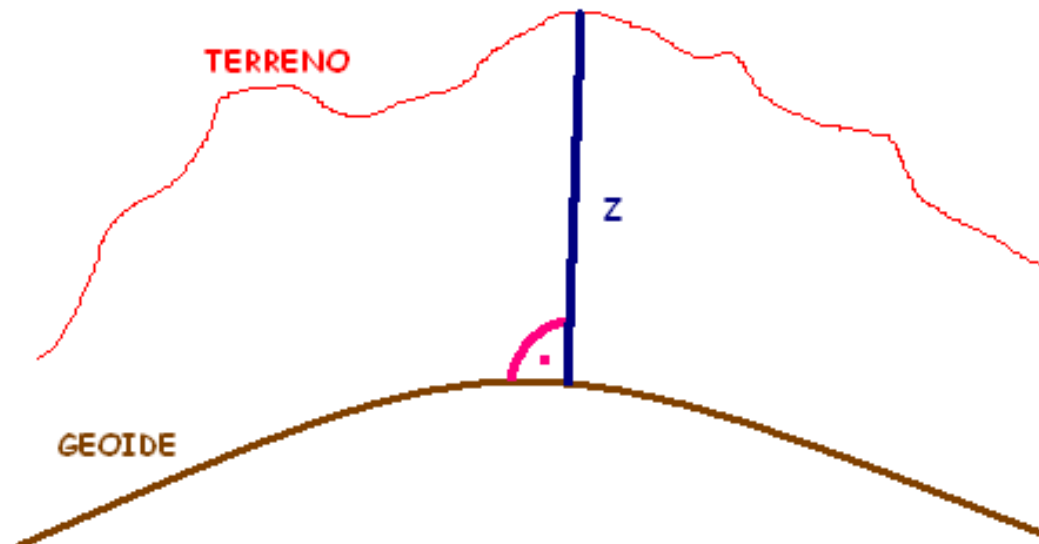
## 6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO

### 6.1.- INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO ALTIMÉTRICO

#### 6.1.1.- DEFINICIÓN DE COTA O ALTURA

##### COTA O ALTURA

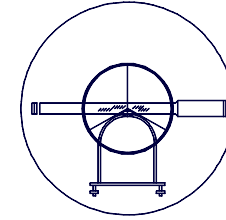
- Distancia a lo largo de la vertical astronómica, entre el geoide y el punto cuestión.





**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

## 6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO

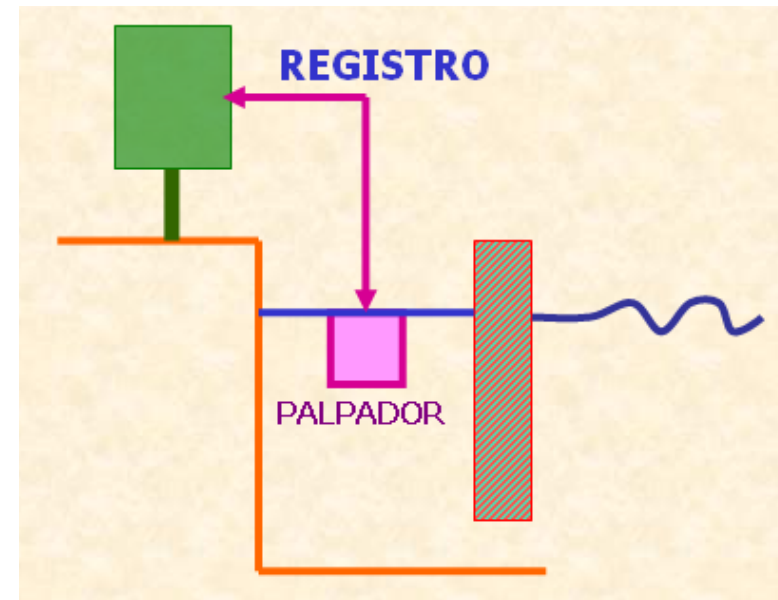
### 6.1.- INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO ALTIMÉTRICO

#### 6.1.1.- DEFINICIÓN DE COTA O ALTURA

##### DETERMINACIÓN DEL GEOIDE

###### - MAREÓGRAFO:

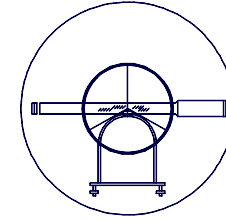
Instrumento que permite la toma continua del nivel instantáneo del mar a lo largo del tiempo, lo que permite establecer el nivel medio del mar, que a su vez se asume como el Geoide.





**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

---

## **6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO**

### **6.1.- INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO ALTIMÉTRICO**

#### **6.1.2.- TIPOS DE NIVELACIÓN**

##### **NIVELACIÓN BAROMÉTRICA**

- Aquella que se apoya en relaciones físicas entre la presión y la altitud (Barómetros).

##### **NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA**

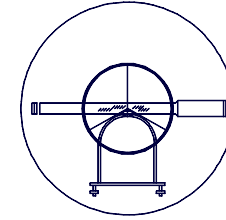
- Aquella que se apoya en relaciones trigonométricas sencillas para establecer el cálculo de cotas (Taquímetros y ET).

##### **NIVELACIÓN GEOMÉTRICA**

- Aquella que se apoya en el paralelismo entre líneas horizontales. (Nivel).

##### **NIVELACIÓN GPS**

- Aquella que se apoya en la observación a satélites artificiales para obtener la Cota. (GPS).



**6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO**

**6.2.- NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA**

**6.2.1.- CORRECCIÓN POR ESFERICIDAD Y REFRACCIÓN**

**CORRECCIÓN CONJUNTA**

$$C = C_e - C_r = 0,5 \frac{D^2}{R} - 0,08 \frac{D^2}{R} \quad \rightarrow \quad C = 0,42 \frac{D^2}{R}$$

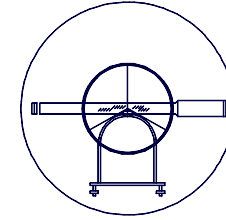
**VALORES SIGNIFICATIVOS**

<b>400 m</b>	<b>1 cm</b>
<b>1000 m</b>	<b>7 cm</b>
<b>2.000 m</b>	<b>26 cm</b>
<b>4.000 m</b>	<b>106 cm</b>
<b>8.000 m</b>	<b>422 cm</b>
<b>15.000 m</b>	<b>1.483 cm</b>



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

## 6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO

### 6.2.- NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

#### 6.2.1.- CORRECCIÓN POR ESFERICIDAD Y REFRACCIÓN

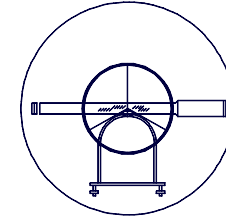
#### EXPRESIÓN DEFINITIVA

$$Z_P = Z_E + t_E^P + i_E - m_P + 0,42 \frac{D^2}{R}$$

$Z_P$  = Cota del punto observado       $Z_E$  = Cota de la estación

$t_E^P$  = Valor de la tangente       $i_E$  = Altura de instrumento

$m_P$  = Altura de mira o prisma       $R$  = Radio medio de la tierra



## 6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO

### 6.2.- NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

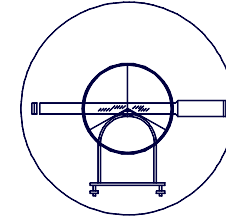
#### 6.2.1.- CORRECCIÓN POR ESFERICIDAD Y REFRACCIÓN

##### IMPORTANCIA DEL COEFICIENTE DE REFRACCIÓN

$$C = C_e - C_r = 0,5 \frac{D^2}{R} - 0,08 \frac{D^2}{R} = 0,42 \frac{D^2}{R}$$
$$C_r = -K \frac{D^2}{R} \Rightarrow \{K = 0,08\} \Rightarrow C_r = -0,08 \frac{D^2}{R}$$

**K = Coeficiente de Refracción, se toma habitualmente 0,08 pero no es constante, ya que depende del estado de la atmósfera, la cual no es constante en el tiempo. Se puede depender de ella con cualquier de los métodos desarrollados a continuación.**





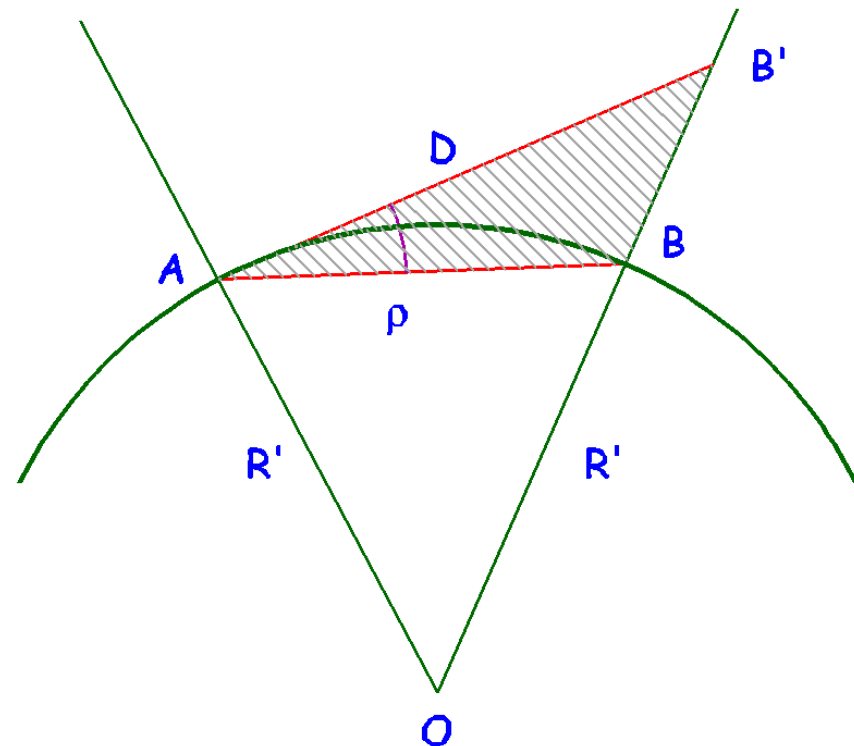
6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO  
6.2.- NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

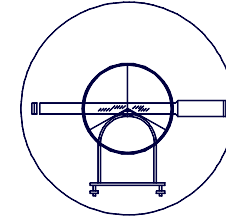
6.2.2.- MÉTODO DE LAS VISUALES AISLADAS  
FUNDAMENTO BÁSICO

Permite determinar el  
Coeficiente de Refracción K

$$\text{Arco} = \text{Angulo} \cdot \text{Radio} \Rightarrow Cr = \rho \cdot D$$

$$Cr = F \cdot \frac{D^2}{R} = \rho \cdot D \Rightarrow F = \frac{\rho \cdot R}{D}$$





6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO  
6.2.- NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

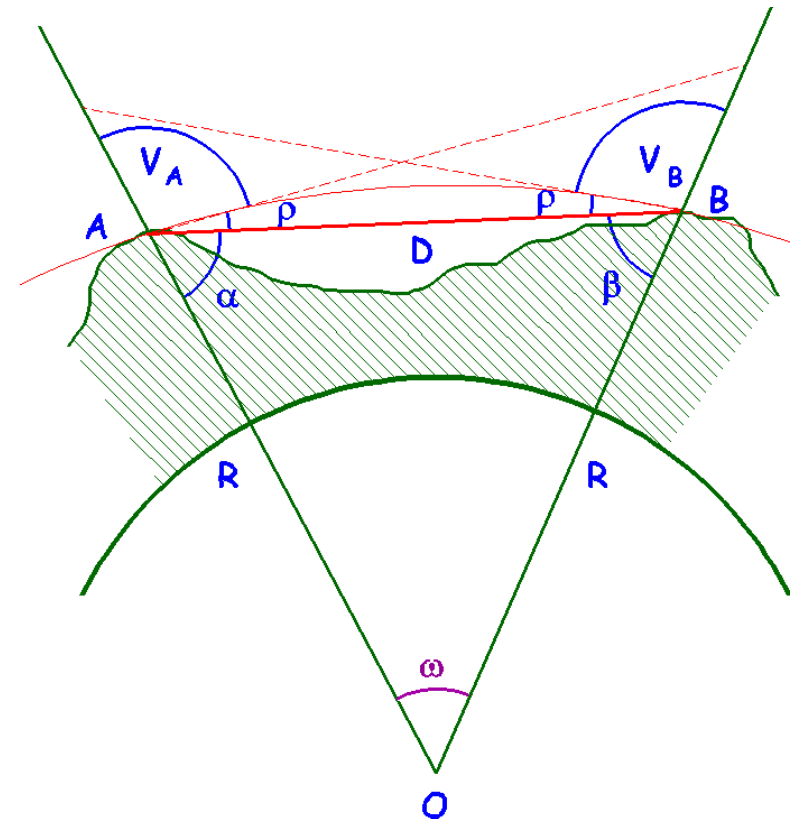
6.2.2.- MÉTODO DE LAS VISUALES AISLADAS  
OBTENCIÓN DEL COEFICIENTE

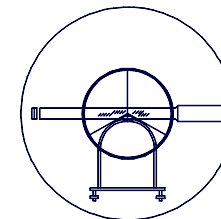
$$\left\{ \begin{array}{l} 200 = V_A^B + \rho + \alpha \\ 200 = V_B^A + \rho + \beta \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \alpha = 200 - V_A^B - \rho \\ \beta = 200 - V_B^A - \rho \end{array} \right\}$$

$$200 = \alpha + \beta + \varpi$$

$$200 = (200 - V_A^B - \rho) + (200 - V_B^A - \rho) + \varpi$$

$$2 \cdot \rho = 200 + \varpi - V_A^B - V_B^A$$





## 6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO

### 6.2.- NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

#### 6.2.2.- MÉTODO DE LAS VISUALES AISLADAS

##### OBTENCIÓN DEL COEFICIENTE

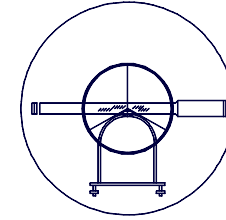
*dividiendo la ecuación anterior entre  $2 \cdot \varpi$  :*

$$\frac{2 \cdot \rho}{2 \cdot \varpi} = \frac{200 + \varpi - V_A^B - V_B^A}{2 \cdot \varpi} \Rightarrow \frac{\rho}{\varpi} = \frac{1}{2} + \frac{200 - V_A^B - V_B^A}{2 \cdot \varpi}$$

$$\text{Arco} = \text{Angulo} \cdot \text{Radio} \Rightarrow D = \varpi \cdot R$$

$$\frac{\rho}{R} = \frac{1}{2} + \frac{200 - V_A^B - V_B^A}{2 \cdot \frac{D}{R}} \Rightarrow \frac{\rho \cdot R}{D} = \frac{1}{2} + \frac{R}{2 \cdot D} \cdot [200 - V_A^B - V_B^A]$$

$$F = \frac{1}{2} + \frac{R}{2 \cdot D} \cdot [200 - (V_A^B + V_B^A)]$$

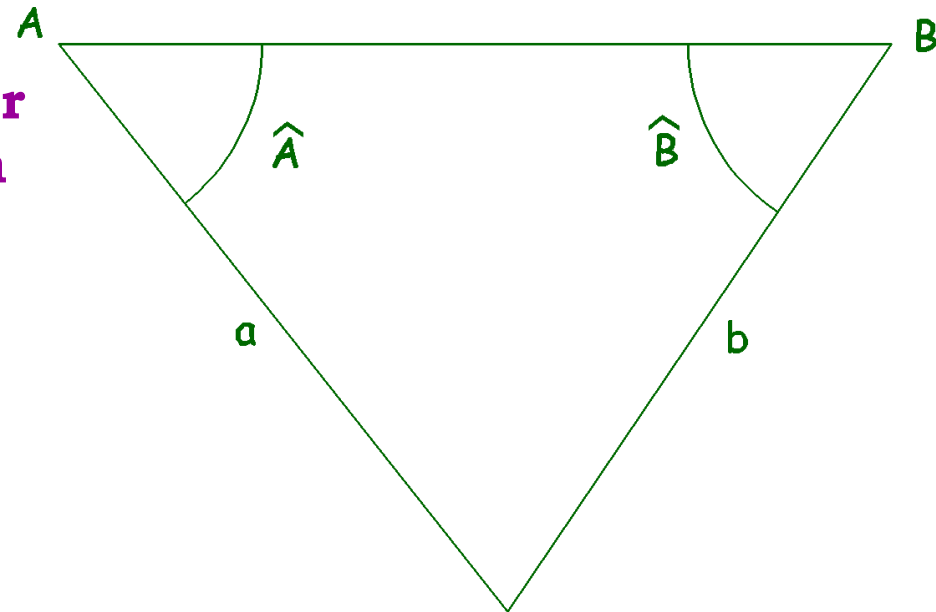


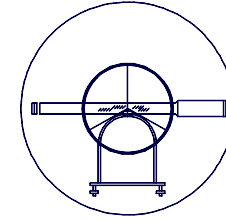
6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO  
6.2.- NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

6.2.3.- MÉT. DE LAS VISUALES RECÍPROCAS Y SIMULTÁNEAS  
FUNDAMENTO BÁSICO

Permite determinar el  
incremento de cota sin emplear  
el coeficiente de refracción

$$\frac{b}{\text{Sen}\hat{A}} = \frac{a}{\text{Sen}\hat{B}} \Leftrightarrow \frac{a+b}{a-b} = \frac{\text{tag}\frac{\hat{A}+\hat{B}}{2}}{\text{tag}\frac{\hat{A}-\hat{B}}{2}}$$



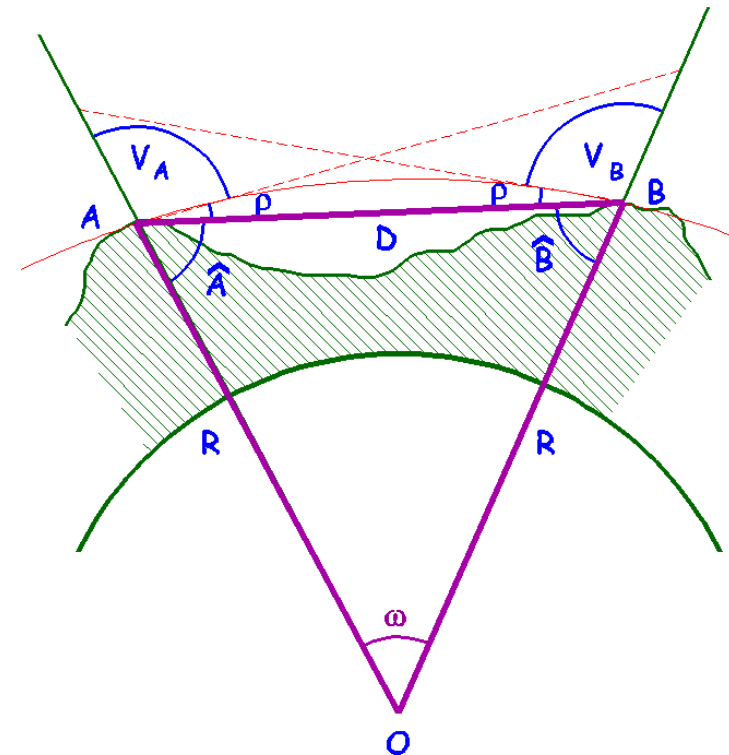


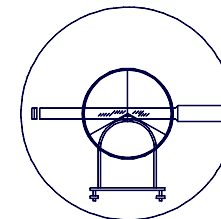
6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO  
6.2.- NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

6.2.3.- MÉT. DE LAS VISUALES RECÍPROCAS Y SIMULTÁNEAS  
OBTENCIÓN DEL INCREMENTO DE COTA

$$\begin{cases} a = h_A + R \\ b = h_B + R \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a + b = h_A + h_B + 2 \cdot R \\ a - b = h_A - h_B = \Delta H \end{cases}$$

$$\begin{cases} \hat{A} = 200 - V_A^B - \rho \\ \hat{B} = 200 - V_B^A - \rho \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \hat{A} + \hat{B} = 200 - \varpi \\ \hat{A} - \hat{B} = V_B^A - V_A^B \end{cases}$$





## 6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO

### 6.2.- NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

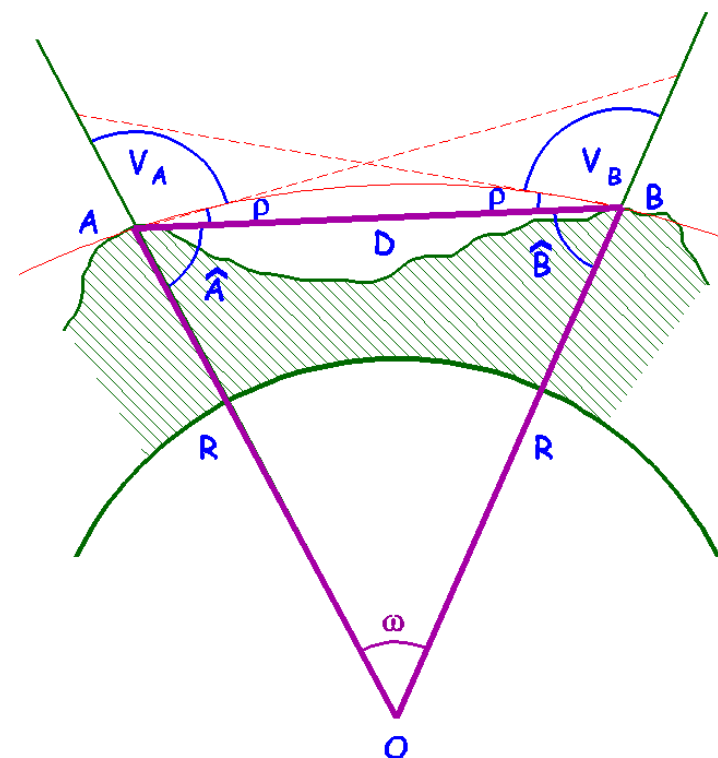
#### 6.2.3.- MÉT. DE LAS VISUALES RECÍPROCAS Y SIMULTÁNEAS OBTENCIÓN DEL INCREMENTO DE COTA

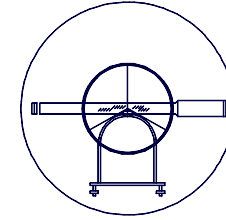
Aplicando la ecuación anterior :

$$\frac{a+b}{a-b} = \frac{\operatorname{tag} \frac{\hat{A} + \hat{B}}{2}}{\operatorname{tag} \frac{\hat{A} - \hat{B}}{2}} \Rightarrow \frac{h_A + h_B + 2 \cdot R}{\Delta H} = \frac{\operatorname{tag} \frac{200 - \varpi}{2}}{\operatorname{tag} \frac{V_B^A - V_A^B}{2}}$$

Operando :

$$\Delta H = (h_A + h_B + 2 \cdot R) \cdot \operatorname{tag} \frac{V_B^A - V_A^B}{2} \cdot \operatorname{Cotg} \frac{200 - \varpi}{2}$$





6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO  
6.2.- NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

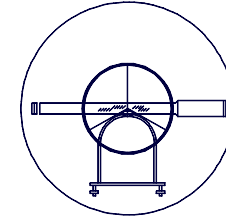
6.2.3.- MÉT. DE LAS VISUALES RECÍPROCAS Y SIMULTÁNEAS  
OBTENCIÓN DEL INCREMENTO DE COTA

$$\Delta H = (h_A + h_B + 2 \cdot R) \cdot \operatorname{tag} \frac{V_B^A - V_A^B}{2} \cdot \operatorname{Cotg} \frac{200 - \varpi}{2}$$

$$\operatorname{Cotg} \frac{200 - \varpi}{2} = \operatorname{tag} \frac{\varpi}{2} = \frac{D}{2 \cdot R}$$

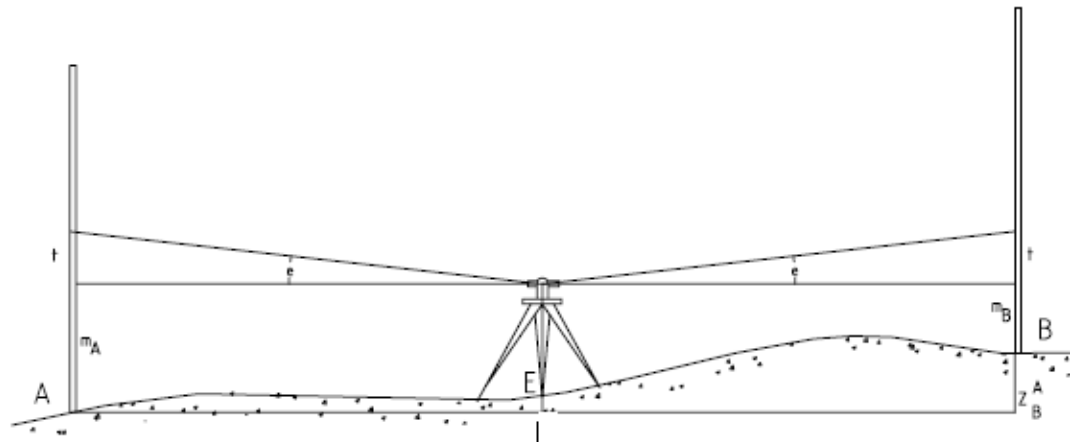
$$\Delta H = \frac{D}{2 \cdot R} \cdot (h_A + h_B + 2 \cdot R) \cdot \operatorname{tag} \frac{V_B^A - V_A^B}{2}$$

$$\Delta H = D \cdot \left( 1 + \frac{h_A + h_B}{2 \cdot R} \right) \cdot \operatorname{tag} \frac{V_B^A - V_A^B}{2} = D \cdot \left( 1 + \frac{H_M}{R} \right) \cdot \operatorname{tag} \frac{V_B^A - V_A^B}{2}$$



**6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO**  
**6.3.- NIVELACIÓN GEOMÉTRICA**

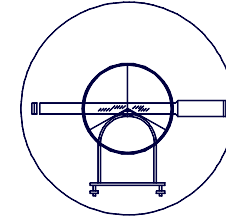
**6.3.1.- MÉTODOS DE NIVELACIÓN GEOMÉTRICA**  
**MÉTODO DEL PUNTO MEDIO**



$$\Delta Z_A^B = m_A - m_B$$

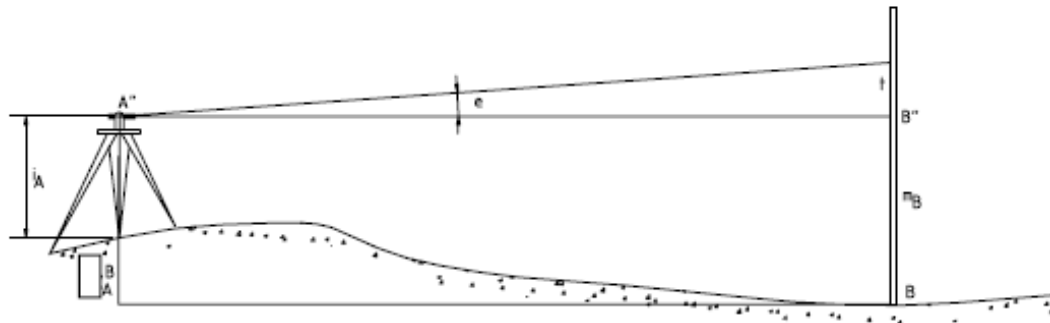
Es el método más usado convencionalmente, elimina la corrección por esfericidad y refracción, así como los errores cenitales.





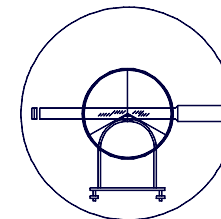
6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO  
6.3.- NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

6.3.1.- MÉTODOS DE NIVELACIÓN GEOMÉTRICA  
MÉTODO DEL PUNTO EXTREMO



$$\Delta Z_A^B = i_A - m_B$$

Es un método poco usado, debido a que incluye el error en la determinación de la altura del instrumento, además no elimina la corrección por esfericidad y refracción ni los errores cenitales.

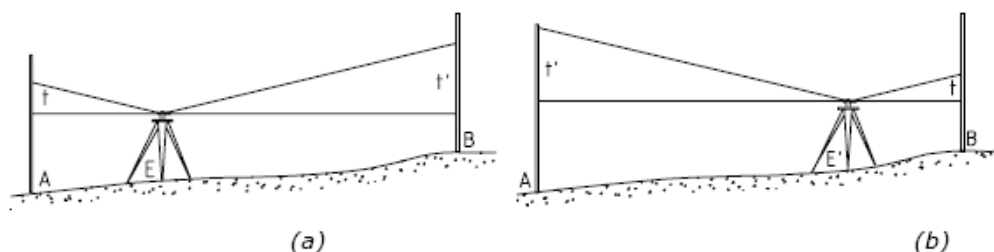


## 6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO

### 6.3.- NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

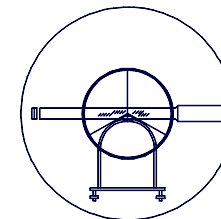
#### 6.3.1.- MÉTODOS DE NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

#### MÉTODO DE LAS ESTACIONES EQUIDISTANTES



$$\Delta Z_A^B = \frac{m_A - m_B}{2} + \frac{m_A' - m_B'}{2}$$

Es un método poco usado, debido a su laboriosidad en campo, aunque tiene la ventaja de eliminar la corrección por esfericidad y refracción y los errores cenitales.

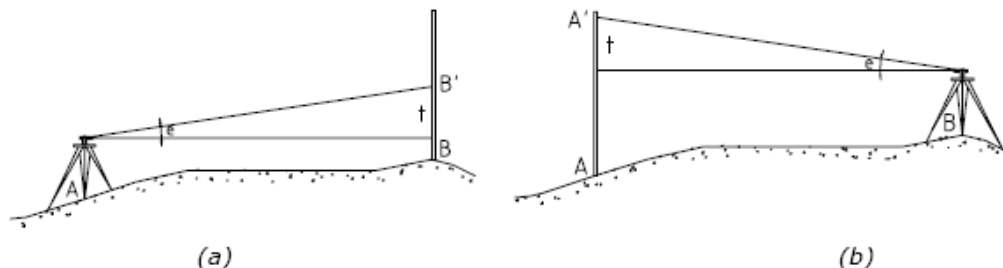


## 6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO

### 6.3.- NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

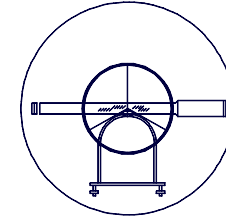
#### 6.3.1.- MÉTODOS DE NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

#### MÉTODO DE LAS ESTACIONES RECÍPROCAS



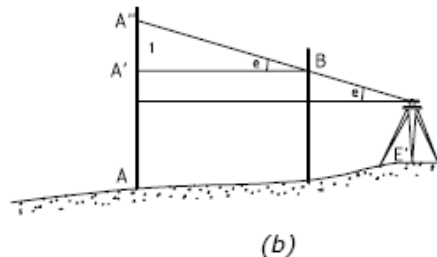
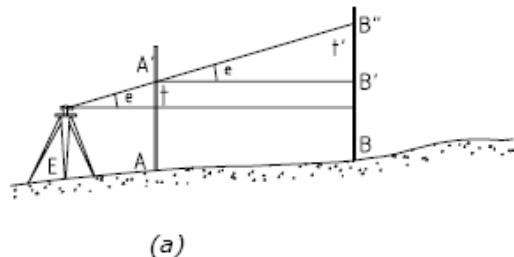
$$\Delta Z_A^B = \frac{i_A - i_B}{2} + \frac{m_A - m_B}{2}$$

Es un método poco usado, debido a que incluye el error en la determinación de la altura del instrumento y es muy laborioso, tiene la ventaja de eliminar la corrección por esfericidad y refracción y los errores cenitales.



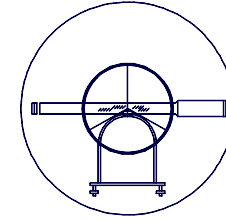
6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO  
6.3.- NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

6.3.1.- MÉTODOS DE NIVELACIÓN GEOMÉTRICA  
MÉTODO DE LAS ESTACIONES EXTERIORES



$$\Delta Z_A^B = \frac{m_A - m_B}{2} + \frac{m_{A'} - m_{B'}}{2}$$

Es un método poco usado, debido a ser un método muy laborioso en campo, tiene la ventaja de eliminar la corrección por esfericidad y refracción y los errores cenitales.



6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO  
6.3.- NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

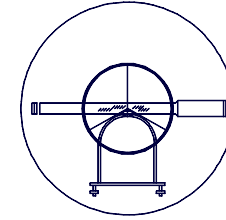
6.3.1.- MÉTODOS DE NIVELACIÓN GEOMÉTRICA  
ERROR EN LA NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

$$E_{abs} = \sqrt{\left(\frac{L \cdot \varepsilon_T^C}{636.620}\right)^2 + \left(\frac{m \cdot \beta \cdot \text{tag} \beta}{636.620}\right)^2} \cdot \sqrt{\frac{D}{L}}$$
$$E_{kil.} = \sqrt{\left(\frac{L \cdot \varepsilon_T^C}{636.620}\right)^2 + \left(\frac{m \cdot \beta \cdot \text{tag} \beta}{636.620}\right)^2} \cdot \sqrt{\frac{1.000}{L}}$$



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

---

## **6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO**

### **6.3.- NIVELACIÓN GEOMÉTRICA**

#### **6.3.2.- NIVELACIÓN GEOMÉTRICA DE PRECISIÓN**

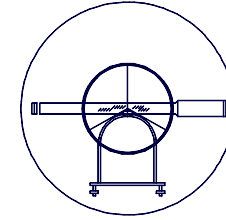
##### **FUNDAMENTO**

- **Se denomina nivelación geométrica de precisión aquella que logra un error kilométrico igual o menor a 1,5 milímetros. Las precauciones a llevar para conseguir estas precisiones son:**
  - **Método del punto medio.**
  - **Niveladas cortas (20-25 m.).**
  - **Nivel electrónico de precisión.**
  - **Miras de Invar.**
  - **Accesorios complementarios.**



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

---

## **6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO**

### **6.3.- NIVELACIÓN GEOMÉTRICA**

#### **6.3.2.- NIVELACIÓN GEOMÉTRICA DE PRECISIÓN**

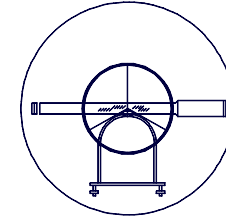
##### **FUNDAMENTO**

- Por analogía entre el geoide y el nivel medio de los mares en calma, cada país busca un nivel medio del mar donde lo puede conseguir de forma más precisa. España lo hace en el mediterráneo por ser un mar prácticamente muerto (poca carrera de marea), a partir de ese punto (NMMA), distribuye la cota por todo el territorio nacional, mediante nivelación geométrica de precisión.
- Debido a la gran longitud de los anillos se trabaja con correcciones que permiten corregir el efecto de la desviación de la vertical entre los puntos nivelados, surgiendo así la COTA ORTOMÉTRICA.



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

## 6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO

### 6.3.- NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

#### 6.3.2.- NIVELACIÓN GEOMÉTRICA DE PRECISIÓN

##### COTA ORTOMÉTRICA

- Se define como **ALTURA ORTOMÉTRICA** de un punto P, a la distancia lineal a lo largo de la vertical física (Curva) entre el punto y el geode. Se define también como la diferencia de potenciales gravitatorios reales entre el geode y el punto P y el valor de una gravedad real media.

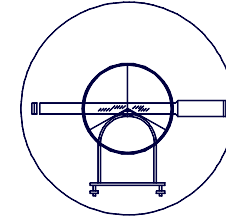
$$Z_{ORT.} = \frac{W_O - W_P}{\gamma_m}$$
$$\gamma_m = \frac{1}{Z} \cdot \int_0^Z \gamma \cdot dZ$$





**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

## **6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO**

### **6.3.- NIVELACIÓN GEOMÉTRICA**

#### **6.3.2.- NIVELACIÓN GEOMÉTRICA DE PRECISIÓN**

##### **COTA ORTOMÉTRICA**

- **La superficie equipotencial se caracteriza por:**

$$g_A \cdot h_A = g_B \cdot h_B = cte.$$

- **Cada punto de la superficie terrestre tiene un valor de la gravedad ya que esta depende de las fuerzas de Atracción y Centrífugas de la Tierra:**

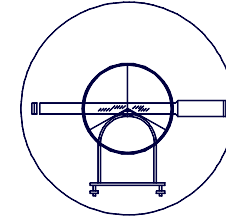
**Ecuador ⇔ Fuerza Centrífuga = Máxima ⇔ Gravedad = Mínima.**

**Polo ⇔ Fuerza Centrífuga = Mínima ⇔ Gravedad = Máxima.**



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

## **6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO**

### **6.3.- NIVELACIÓN GEOMÉTRICA**

#### **6.3.2.- NIVELACIÓN GEOMÉTRICA DE PRECISIÓN**

##### **DETERMINACIÓN DE LA CORRECCIÓN ORTOMÉTRICA**

- **La ecuación de Laplace que relaciona la gravedad con la latitud es:**

$$g_{\varphi} = g_0 \cdot (1 + \beta \cdot \text{Sen}^2 \varphi)$$

**$g_{\varsigma}$  = Aceleración de la gravedad en un punto de latitud  $\varsigma$ .**

**$g_0$  = Aceleración de la gravedad en el ecuador.**

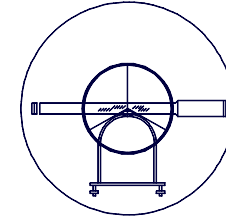
**$\beta$  = Constante = 0,005288.**

**$\varsigma$  = Latitud del lugar.**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

## 6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO

### 6.3.- NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

#### 6.3.2.- NIVELACIÓN GEOMÉTRICA DE PRECISIÓN

#### DETERMINACIÓN DE LA CORRECCIÓN ORTOMÉTRICA

- Como se tiene que verificar:

$$g_A \cdot h_A = g_B \cdot h_B = cte.$$

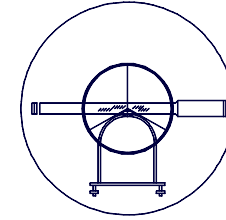
- Diferenciando:

$$g \cdot dh + h \cdot dg = 0 \Rightarrow dh = -\frac{h}{g} dg$$

- Diferenciando la Ecuación de Laplace:

$$dg_\varphi = g_0 \cdot \beta \cdot 2 \cdot \text{Sen}\varphi \cdot \text{Cos}\varphi \cdot d\varphi$$

$$dg_\varphi = g_0 \cdot \beta \cdot \text{Sen}2\varphi \cdot d\varphi$$



6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO  
6.3.- NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

6.3.2.- NIVELACIÓN GEOMÉTRICA DE PRECISIÓN  
DETERMINACIÓN DE LA CORRECCIÓN ORTOMÉTRICA

- Sustituyendo:

$$dh = -\frac{h}{g} dg \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} dg = g_0 \cdot \beta \cdot \text{Sen}2\varphi \cdot d\varphi \\ g = g_0 \cdot (1 + \beta \cdot \text{Sen}^2\varphi) \end{array} \right\}$$

$$dh = -\frac{h \cdot g_0 \cdot \beta \cdot \text{Sen}2\varphi \cdot d\varphi}{g_0 \cdot (1 + \beta \cdot \text{Sen}^2\varphi)}$$

$$dh = h \cdot (1 + \beta \cdot \text{Sen}^2\varphi)^{-1} \cdot \beta \cdot \text{Sen}2\varphi \cdot d\varphi$$

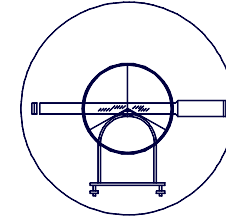
$$(1 + \beta \cdot \text{Sen}^2\varphi)^{-1} \approx 1$$

$$dh = h \cdot \beta \cdot \text{Sen}2\varphi \cdot d\varphi$$



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

## **6.- ASPECTOS GEODÉSICOS EN ALZADO**

### **6.3.- NIVELACIÓN GEOMÉTRICA**

#### **6.3.2.- NIVELACIÓN GEOMÉTRICA DE PRECISIÓN**

##### **DETERMINACIÓN DE LA CORRECCIÓN ORTOMÉTRICA**

– **Corrección:**

$$dh = \pm h \cdot \beta \cdot \text{Sen}2\varphi \cdot d\varphi$$

**dh = Valor de la corrección ortométrica.**

**h = Altura media**

**$\zeta$  = Latitud media.**

**d $\zeta$  = Diferencia de latitudes.**

– **Cuando la nivelación crece en latitud el signo es negativo y cuando la nivelación decrece en latitud el signo de la corrección es positivo.**