

# Topografía Minera

## Tema 5. La proyección UTM



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

Departamento de Ingeniería Geográfica y  
Técnicas de Explotación de Minas

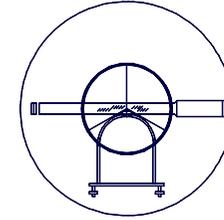
Este tema se publica bajo Licencia:

[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**

---

## **5.- LA PROYECCIÓN UTM**

### **5.1.- MARCO REFERENCIAL DE LA UTM:**

**5.1.1.- Incursión en el dominio geodésico.**

**5.1.2.- Caracterización de la proyección.**

**5.1.3.- Consideraciones finales.**

### **5.2.- ASPECTOS CARACTERÍSTICOS DE LA UTM:**

**5.2.1.- Coeficientes de deformación lineal.**

**5.2.2.- Aspectos prácticos complementarios.**

### **5.3.- APLICACIONES DE INTERÉS:**

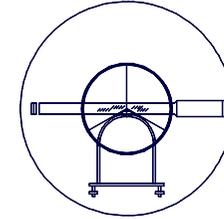
**5.3.1.- El replanteo de la UTM.**

**5.3.2.- Complemento práctico.**



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



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

## **5.- LA PROYECCIÓN UTM**

### **5.1.- MARCO REFERENCIAL DE LA UTM**

#### **5.1.1.- INCURSIÓN EN EL DOMINIO GEODÉSICO**

##### **ASPECTOS CARACTERÍSTICOS DE LA UTM**

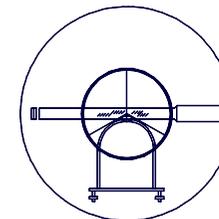
- **Observaciones angulares muy limitadas.**
- **Observaciones distanciométricas más ilimitadas:**
  - **Corrección atmosférica.**
  - **Reducción al elipsoide.**
- **Redes preexistentes.**

##### **ASPECTOS CARACTERÍSTICOS DE LA UTM**

- **Elipsoide de HAYFORD:**

$$a = 6.378.388 \Leftrightarrow \alpha = 1/297 \Leftrightarrow e^2 = 0,0067226701$$

- **Radio de la Esfera Local:**  $R = \sqrt{N \cdot \rho}$



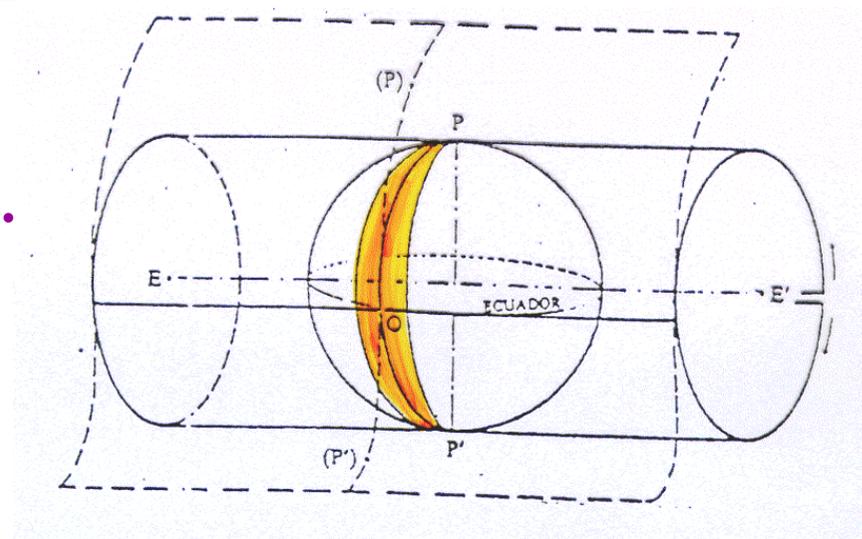
## 5.- LA PROYECCIÓN UTM

### 5.1.- MARCO REFERENCIAL DE LA UTM

#### 5.1.2.- CARACTERIZACIÓN DE LA PROYECCIÓN

##### INTRODUCCIÓN

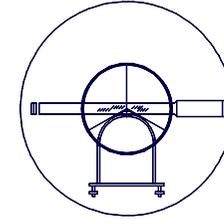
- **Desarrollo cilíndrico transverso.**
- **Cilindro transverso al elipsoide, tangente a los meridianos en primera aproximación.**
- **Husos de 6°, con inicio en el antimeridiano de Greenwich.**
- **Proyección conforme.**





**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



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

---

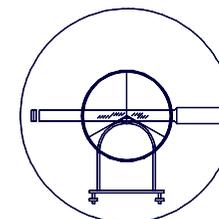
## **5.- LA PROYECCIÓN UTM**

### **5.1.- MARCO REFERENCIAL DE LA UTM**

#### **5.1.2.- CARACTERIZACIÓN DE LA PROYECCIÓN**

##### **INTRODUCCIÓN**

- **Es la proyección oficial por decreto 2.303/1970 de 16 de JULIO.**
- **Permite enganchar diferentes trabajos topográficos, habitualmente denominado Georeferenciación.**
- **En el terreno existe una Red de puntos. Densificada cada 8 km con puntos en proyección.**
- **El territorio nacional así representado tiene el siguiente aspecto geométrico.**

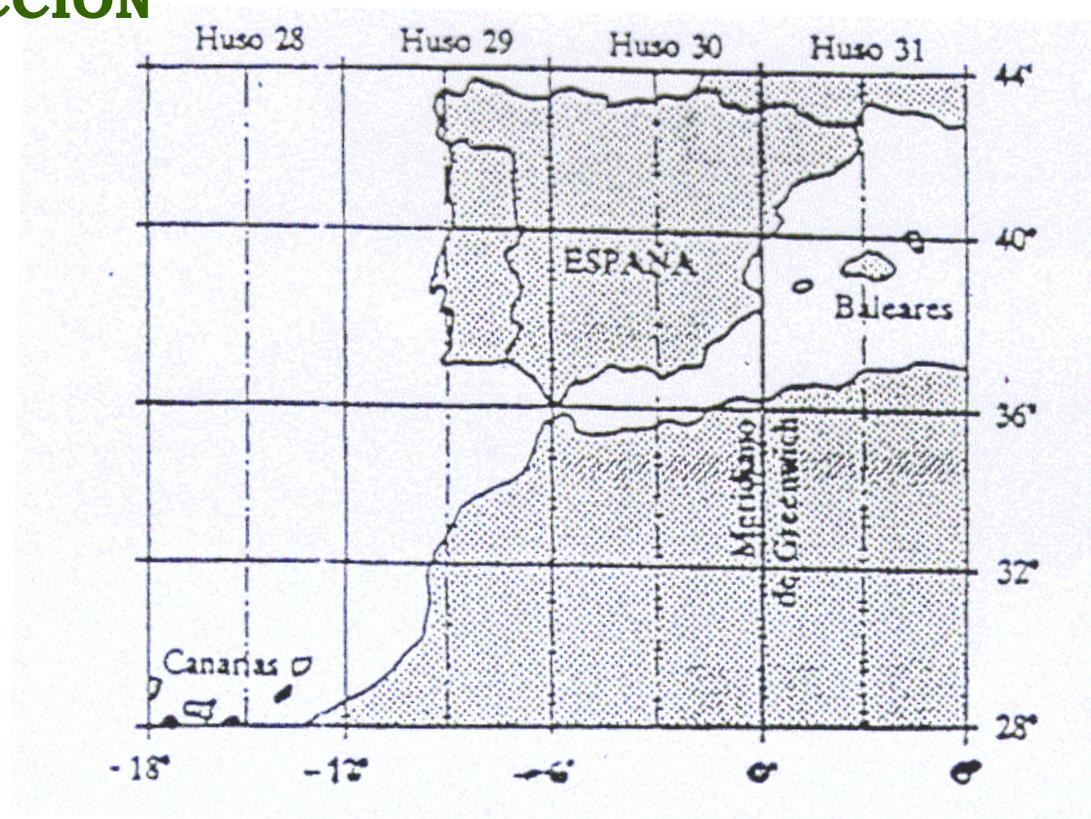


## 5.- LA PROYECCIÓN UTM

### 5.1.- MARCO REFERENCIAL DE LA UTM

### 5.1.2.- CARACTERIZACIÓN DE LA PROYECCIÓN

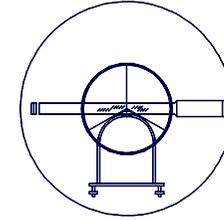
#### INTRODUCCIÓN





**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



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

---

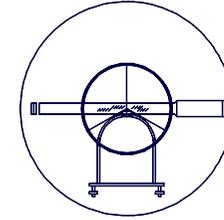
## **5.- LA PROYECCIÓN UTM**

### **5.1.- MARCO REFERENCIAL DE LA UTM**

#### **5.1.2.- CARACTERIZACIÓN DE LA PROYECCIÓN**

##### **DEFINICIÓN PORMENORIZADA**

- **La proyección es conforme.**
- **La transformada del meridiano central de huso es una isométrica automecoica ( $k = 1$ ).**
- **El plano de representación cartesiana es único.**
- **Las deformaciones por el tamaño del huso han de ser inferiores a unas tolerancias establecidas.**
- **Como sistema de referencia en el elipsoide se toma el meridiano central y el ecuador.**



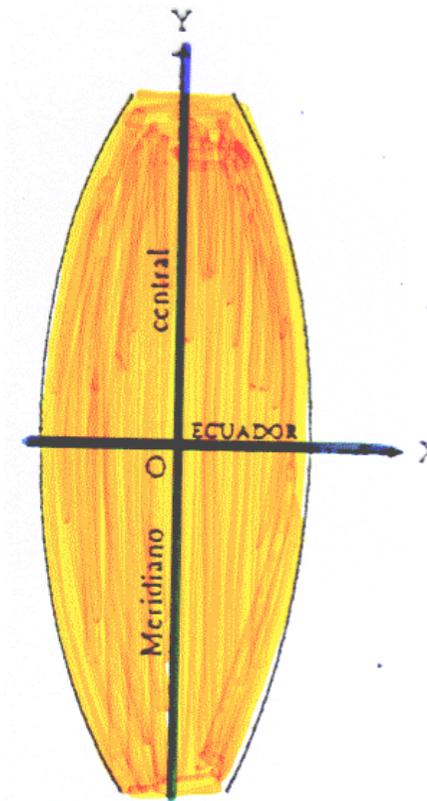
## 5.- LA PROYECCIÓN UTM

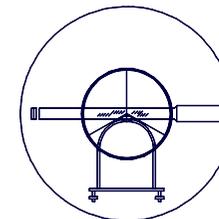
### 5.1.- MARCO REFERENCIAL DE LA UTM

#### 5.1.2.- CARACTERIZACIÓN DE LA PROYECCIÓN

##### DEFINICIÓN PORMENORIZADA

- Como sistema de referencia en el plano se toma la intersección del ecuador y la transformada del meridiano.





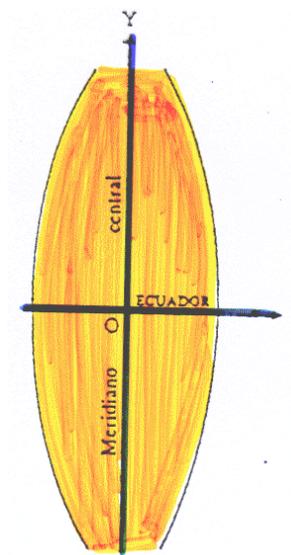
## 5.- LA PROYECCIÓN UTM

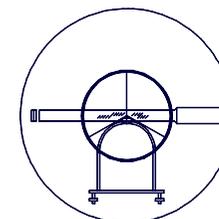
### 5.1.- MARCO REFERENCIAL DE LA UTM

#### 5.1.2.- CARACTERIZACIÓN DE LA PROYECCIÓN

##### DEFINICIÓN PORMENORIZADA

- **El sistema de coordenadas es el siguiente:**
  - **EJE DE ORDENADAS:**  
Transformada del meridiano.
  - **ORIGEN:**  
Intersección Ecuador – Transformada.
  - **EJE DE ABCISAS:**  
Perpendicular a la transformada que pasa por el origen.
- **Con este encuadre existen valores de X e Y positivos y negativos.**





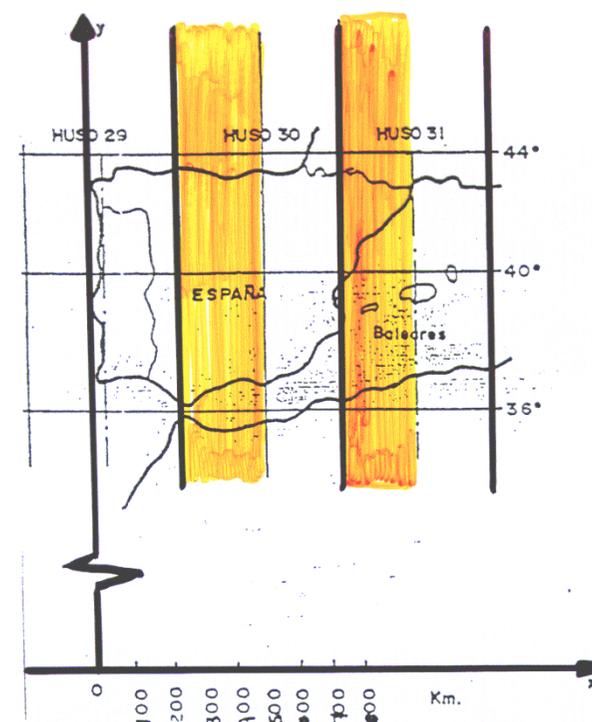
## 5.- LA PROYECCIÓN UTM

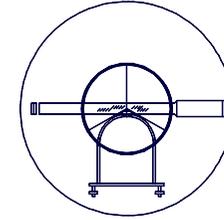
### 5.1.- MARCO REFERENCIAL DE LA UTM

#### 5.1.2.- CARACTERIZACIÓN DE LA PROYECCIÓN

##### DEFINICIÓN PORMENORIZADA

- Para el caso de la proyección en España y con el objeto de evitar coordenadas X negativas, se retranquea el eje de ordenadas 500 km hacia el Oeste, en cada huso.





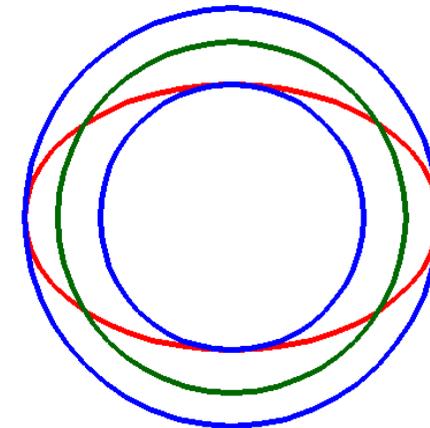
## 5.- LA PROYECCIÓN UTM

### 5.1.- MARCO REFERENCIAL DE LA UTM

#### 5.1.2.- CARACTERIZACIÓN DE LA PROYECCIÓN

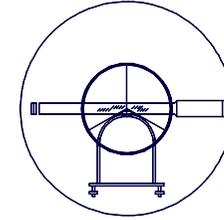
##### DEFINICIÓN PORMENORIZADA

- Para reducir las deformaciones, el cilindro se hace secante en vez de tangente, no alterándose los ángulos pero sí las distancias.
- Para pasar distancias del elipsoide al cilindro hay que aplicar un factor de escala o coeficiente de Anamorfosis lineal.



- ELIPSOIDE
- CILINDROS TANGENTES
- CILINDRO SECANTE

$$D_{UTM} = D_{ELIP} \cdot K$$



## 5.- LA PROYECCIÓN UTM

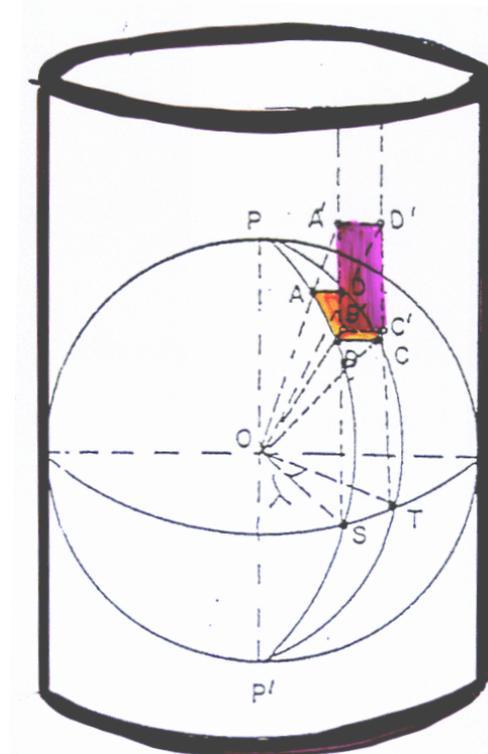
### 5.1.- MARCO REFERENCIAL DE LA UTM

#### 5.1.2.- CARACTERIZACIÓN DE LA PROYECCIÓN

##### DESARROLLO CILÍNDRICO CONFORME

- Se impone la conformidad haciendo que las alteraciones en los meridianos y paralelos sean iguales.
- Las deformaciones a lo largo de los meridianos y paralelos son:

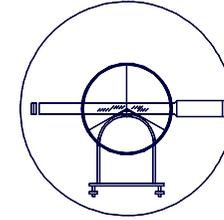
$$dm = \frac{dy}{R \cdot d\varphi} \quad ; \quad dp = \frac{1}{\cos\varphi}$$





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

## 5.- LA PROYECCIÓN UTM

### 5.1.- MARCO REFERENCIAL DE LA UTM

#### 5.1.2.- CARACTERIZACIÓN DE LA PROYECCIÓN

##### DESARROLLO CILÍNDRICO CONFORME

- Igualando las deformaciones se obtiene:  $\frac{dy}{R \cdot d\varphi} = \frac{1}{\cos\varphi}$

- Integrando la expresión anterior:  $y = R \cdot \ln \cdot \operatorname{tag}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)$

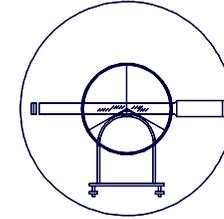
- Obteniéndose las ecuaciones de la proyección:

$$\begin{cases} x = R \cdot \lambda \\ y = R \cdot \ln \cdot \operatorname{tag}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right) \end{cases}$$



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



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

## 5.- LA PROYECCIÓN UTM

### 5.1.- MARCO REFERENCIAL DE LA UTM

#### 5.1.2.- CARACTERIZACIÓN DE LA PROYECCIÓN

##### DESARROLLO CILÍNDRICO CONFORME

- Realizando el correspondiente cambio de ejes, con el objeto de reproducir el giro del cilindro para ponerle transverso:

$$x' = +y \Leftrightarrow y' = -x$$

$$\varphi = T \Leftrightarrow \lambda = -\omega$$

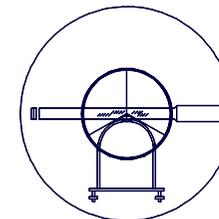
- Integrando y resolviendo el triángulo esférico se obtiene:

$$tg \frac{y'}{R} = tag \varphi \cdot Sec \lambda \quad \Leftrightarrow \quad x' = \frac{R}{2} Ln \frac{1 + Sen \lambda \cdot Cos \varphi}{1 - Sen \lambda \cdot Cos \varphi}$$



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



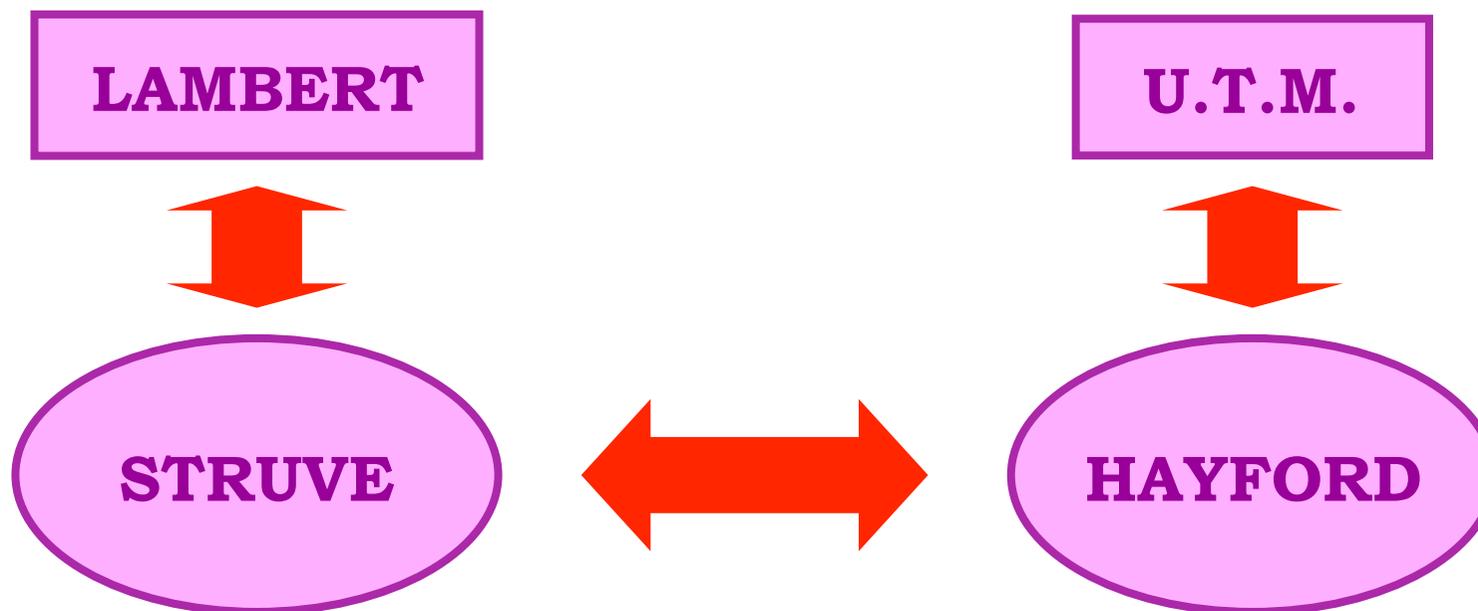
**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

## 5.- LA PROYECCIÓN UTM

### 5.1.- MARCO REFERENCIAL DE LA UTM

#### 5.1.3.- CONSIDERACIONES FINALES

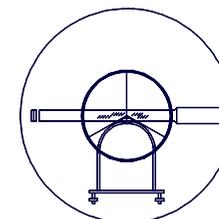
**LAMBERT <=> UTM**





**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



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

---

## **5.- LA PROYECCIÓN UTM**

### **5.1.- MARCO REFERENCIAL DE LA UTM**

#### **5.1.3.- CONSIDERACIONES FINALES**

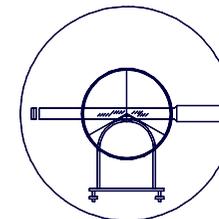
##### **GEODÉSICAS <=> UTM**

- **Para establecer el paso de las coordenadas UTM a geodésicas y viceversa, existen dos vías:**
  - **Fórmulas de coticchia-surace.**
  - **Programas informáticos, (Calculadora Geodésica, Topcal, etc.).**
- **Una vez establecidas las coordenadas geodésicas el paso a otros sistemas ya ha sido analizado.**



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

## 5.- LA PROYECCIÓN UTM

### 5.1.- MARCO REFERENCIAL DE LA UTM

#### 5.1.3.- CONSIDERACIONES FINALES

#### GEODÉSICAS $\Leftrightarrow$ UTM (FÓRMULAS DE COTICCHIA-SURACE)

- Datos de partida:

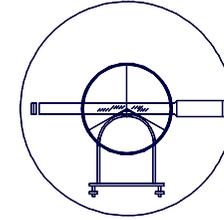
$$x', y, H; (e')^2 = E = 0,00676817$$

- Procedimiento:

$$x = x' - 500.000 \quad \Rightarrow \quad \varphi' = \frac{y}{6.363.651,245} \quad \Rightarrow \quad G = \frac{6.397.376,634}{(1 + E \cos^2 \varphi)^{1/2}}$$

$$A_1 = \text{Sen} 2\varphi' \quad \Rightarrow \quad A_2 = A_1 \cdot \text{Cos}^2 \varphi' \quad \Rightarrow \quad J = \frac{x}{G}$$

$$J_1 = \varphi' + \frac{A_1}{2} \quad \Rightarrow \quad J_2 = \frac{3J_1 + A_2}{4} \quad \Rightarrow \quad J_3 = \frac{5J_2 + A_2 \cdot \text{Cos}^2 \varphi'}{3}$$



## 5.- LA PROYECCIÓN UTM

### 5.1.- MARCO REFERENCIAL DE LA UTM

#### 5.1.3.- CONSIDERACIONES FINALES

#### GEODÉSICAS $\Leftrightarrow$ UTM (FÓRMULAS DE COTICCHIA-SURACE)

##### - Procedimiento:

$$K_1 = \frac{3 \cdot E}{4} \quad \Rightarrow \quad K_2 = \frac{5}{3} K_1^2 \quad \Rightarrow \quad K_3 = \frac{35}{27} K_1^3$$

$$B = 6.397.376,634(\varphi' - K_1 \cdot J_1 + K_2 \cdot J_2 - K_3 \cdot J_3) \quad \Rightarrow \quad I = \frac{y - B}{G}$$

$$S_1 = \frac{E \cdot J^2}{2} \cos^2 \varphi' \quad \Rightarrow \quad S_2 = J \cdot \left(1 - \frac{S_1}{3}\right) \quad \Rightarrow \quad N = I \cdot (1 - S_1) + \varphi'$$

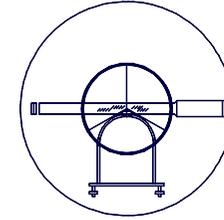
$$L = \text{Arctg} \left( \frac{e^{S_2} - e^{-S_2}}{2 \cdot \cos N} \right) \quad \Rightarrow \quad T = \text{Arctg}(\cos L \cdot \text{tg} N) \quad \Rightarrow \quad L' = L \frac{180}{\pi}$$

$$\varphi = \varphi' + (T - \varphi') \left[ 1 + E \cdot \cos^2 \varphi' - \frac{3}{2} E \cdot \text{Sen} \varphi' \cdot \cos \varphi' (T - \varphi') \right] \Leftrightarrow \lambda = L' + 6H - 183$$



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

## 5.- LA PROYECCIÓN UTM

### 5.1.- MARCO REFERENCIAL DE LA UTM

#### 5.1.3.- CONSIDERACIONES FINALES

#### GEODÉSICAS $\Leftrightarrow$ UTM (FÓRMULAS DE COTICCHIA-SURACE)

- Datos de partida:

$$\varphi, \lambda, H; Q = 0,00676817$$

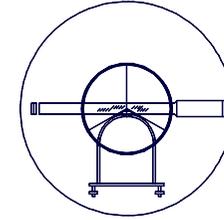
- Procedimiento:

$$P = 6H - 183 \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{\lambda \cdot 180}{\pi} \quad \Rightarrow \quad \lambda = \lambda' - P \quad \Rightarrow \quad \varphi = \frac{\varphi \cdot 180}{\pi}$$

$$A = \text{Sen}2\varphi \quad \Rightarrow \quad B = A \text{Cos}^2\varphi \quad \Rightarrow \quad C = \varphi + \frac{A}{2} \quad \Rightarrow \quad D = \frac{3C + B}{4}$$

$$E = \frac{50 + B \text{Cos}^2\varphi}{3} \quad \Rightarrow \quad F = \frac{3}{4}Q \quad \Rightarrow \quad G = \frac{5}{3}F^2 \quad \Rightarrow \quad H = \frac{35}{27}F^3$$

$$I = K(\varphi - FC + GD - HE) \quad \Rightarrow \quad J = \text{Arctg}\left(\frac{\text{tg}\varphi}{\text{Cos}\lambda}\right) - \varphi$$



## 5.- LA PROYECCIÓN UTM

### 5.1.- MARCO REFERENCIAL DE LA UTM

#### 5.1.3.- CONSIDERACIONES FINALES

#### GEODÉSICAS $\Leftrightarrow$ UTM (FÓRMULAS DE COTICCHIA-SURACE)

- Procedimiento:

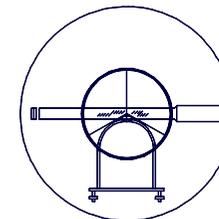
$$J = \text{Arctg}\left(\frac{\text{tg}\varphi}{\text{Cos}\lambda}\right) - \varphi \quad \Rightarrow \quad L = \text{Cos}\varphi \cdot \text{Sen}\lambda$$

$$L' = \frac{1}{2} \text{Ln}\left(\frac{1+L}{1-L}\right) \quad \Rightarrow \quad M = \frac{6.397.376,634}{(1+Q\text{Cos}^2\varphi)^{1/2}}$$

$$N = \frac{Q}{2} (L'^2 \cdot \text{Cos}^2\varphi)$$

$$X = L' \cdot M \left(1 + \frac{N}{3}\right) + 500.000$$

$$Y = J \cdot M \cdot (1 + N) + I$$



## 5.- LA PROYECCIÓN UTM

### 5.1.- MARCO REFERENCIAL DE LA UTM

#### 5.1.3.- CONSIDERACIONES FINALES

#### GEODÉSICAS $\Leftrightarrow$ UTM (CALCULADORA GEODÉSICA)

– <http://www.cnig.es/>

Calculadora Geodésica  
Introducción  
Ondulación  
GEOD-UTM  
UTM-GEOD  
ED50-ETRS89  
Inverso  
Parámetros  
ETRS89-ED50  
Cangeo  
ETRS89-ITRS2000  
Helcana

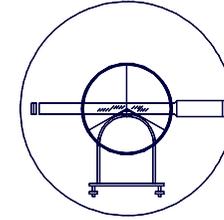


The screenshot shows the homepage of the Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). The navigation menu on the left includes 'Calculadora Geodésica', which is circled in red. The main content area features sections for 'NAVEGACIÓN GEO' and 'ACCESO A VISORES', along with 'Presentación de Productos' and 'Recursos cartográficos para la enseñanza'. The footer contains legal information and contact details for the CNIG.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



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

## 5.- LA PROYECCIÓN UTM

### 5.2.- ASPECTOS CARACTERÍSTICOS DE LA PROYECCIÓN

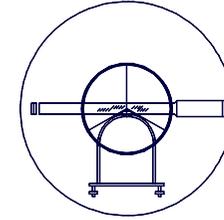
#### 5.2.1.- COEFICIENTE DE DEFORMACIÓN LINEAL

##### FUNDAMENTO

- El hecho de hacer secante el cilindro con respecto la elipse, todo ello con el objeto de minorar las deformaciones en distancia producidas por la diferencia entre las dos figuras, supone aplicar a todas las distancias que se encuentran ya reducidas al elipsoide a otro procedimiento denominado PROYECCIÓN, con el objeto de convertir la distancia sobre el elipsoide a la distancia en la proyección UTM.

$$D_{UTM} = D_{ELIPS.} \cdot K$$

*K = Factor de Escala*

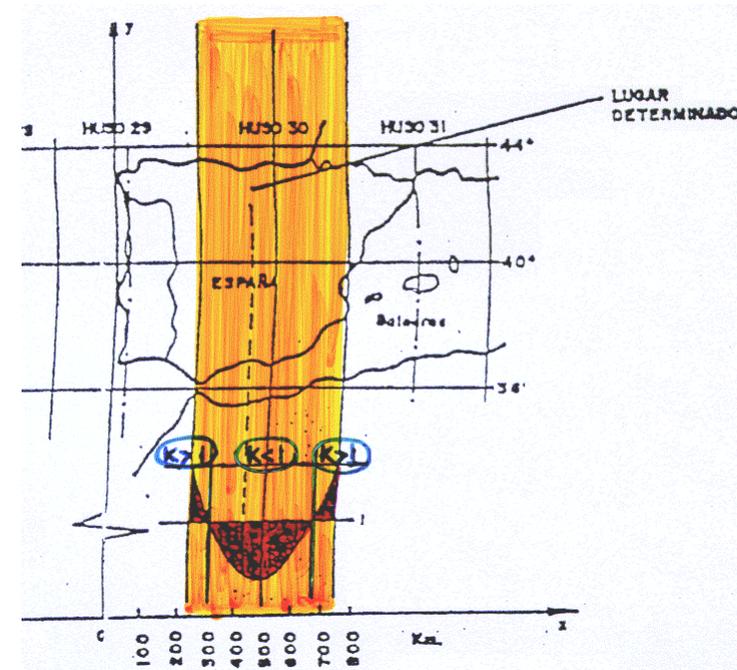
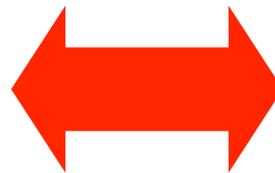
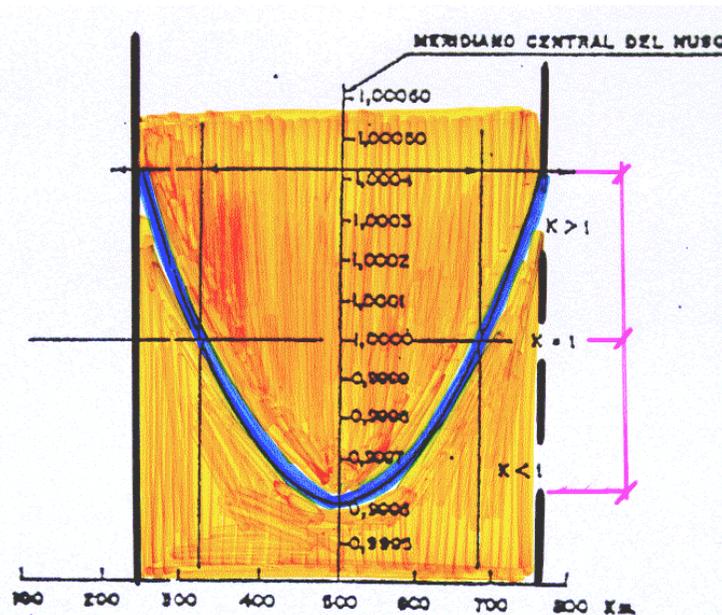


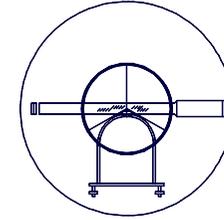
5.- LA PROYECCIÓN UTM

5.2.- ASPECTOS CARACTERÍSTICOS DE LA PROYECCIÓN

5.2.1.- COEFICIENTE DE DEFORMACIÓN LINEAL

FUNDAMENTO





## 5.- LA PROYECCIÓN UTM

### 5.2.- ASPECTOS CARACTERÍSTICOS DE LA PROYECCIÓN

#### 5.2.1.- COEFICIENTE DE DEFORMACIÓN LINEAL

##### CÁLCULO DEL COEFICIENTE

– Partiendo de coordenadas geodésicas:

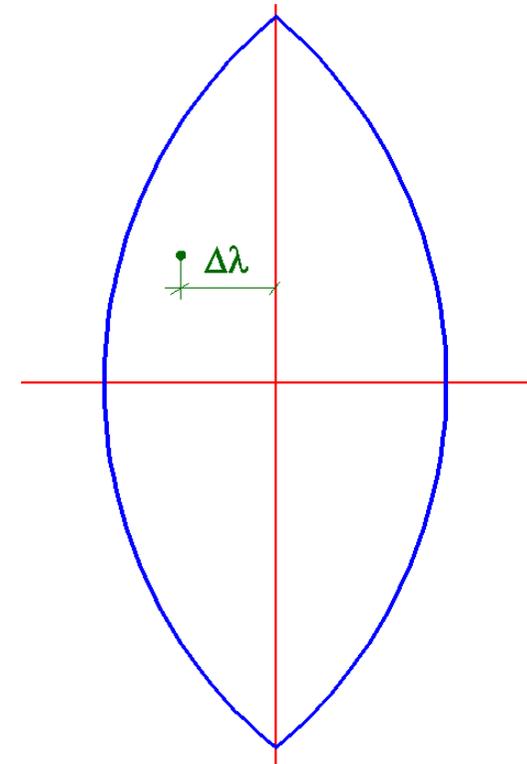
$$K = K_0 \cdot (1 + A \cdot p^2)$$

$$K_0 = 0,9996$$

$$A = \frac{1}{2} \cdot \text{Cos}^2 \varphi \cdot (1 + \eta^2) \cdot \frac{10^8}{206.265^2}$$

$$\eta = e' \cdot \text{Cos} \varphi$$

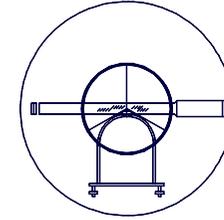
$$p = \Delta\lambda'' \cdot 10^{-4}$$





**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



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

## 5.- LA PROYECCIÓN UTM

### 5.2.- ASPECTOS CARACTERÍSTICOS DE LA PROYECCIÓN

#### 5.2.1.- COEFICIENTE DE DEFORMACIÓN LINEAL

##### CÁLCULO DEL COEFICIENTE

– Partiendo de coordenadas UTM:

**APROXIMADA:**

$$K = K_0(1 + 0,012325 \cdot q^2)$$

$$K_0 = 0,9996$$

$$q = (x - 500.000) \cdot 10^{-6}$$

**RIGUROSA:**

$$K = 1 + \frac{x^2}{2N^2} (1 + \eta^2)$$

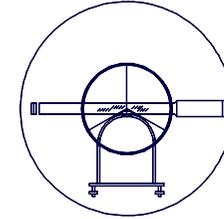
$$N = \frac{a}{(1 - e^2 \text{Sen}^2 \varphi)^{1/2}}$$

$$\eta = e' \text{Cos} \varphi$$



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



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

---

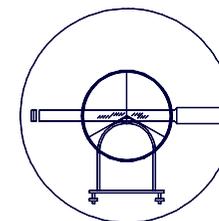
## **5.- LA PROYECCIÓN UTM**

### **5.2.- ASPECTOS CARACTERÍSTICOS DE LA PROYECCIÓN**

#### **5.2.1.- COEFICIENTE DE DEFORMACIÓN LINEAL**

##### **GLOBALIZACIÓN DE LOS EFECTOS CORRECTORES**

- **Globalización de los efectos correctores en el tratamiento integral de la distancia:**
  - **CORRECCIÓN METEOROLÓGICA ppm1.**
  - **CORRECCIÓN POR REDUCCIÓN ppm2.**
  - **CORRECCIÓN POR PROYECCIÓN ppm3.**
  - **CORRECCIÓN TOTAL = ppm1 + ppm2 + ppm3.**
- **Las estaciones topográficas actuales suelen tener la posibilidad de incluir corrección atmosférica y geométrica, sino es así, se puede incluir todo en la atmosférica.**

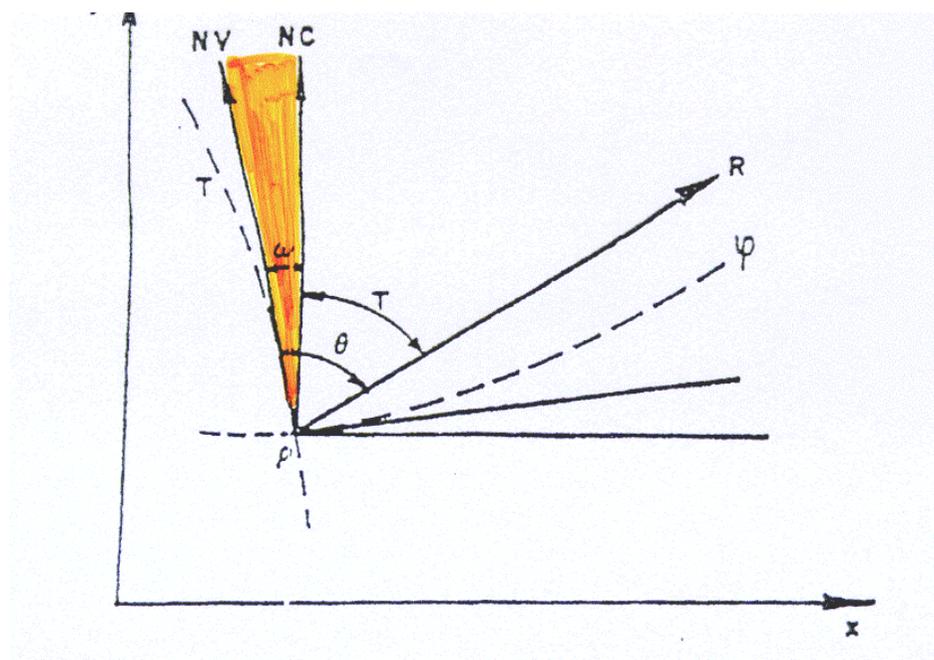


## 5.- LA PROYECCIÓN UTM

### 5.2.- ASPECTOS CARACTERÍSTICOS DE LA PROYECCIÓN

#### 5.2.2.- ASPECTOS PRÁCTICOS COMPLEMENTARIOS

#### CONVERGENCIA DE MERIDIANOS



$$T = \text{Orientación} = \text{Arctg} \frac{\Delta x}{\Delta y}$$

$$\theta = \text{Acimut}$$

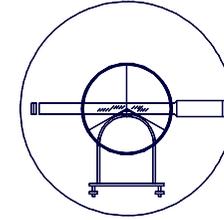
$$\varpi = \text{Convergencia}$$

$$\theta = T \pm \varpi$$



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

## 5.- LA PROYECCIÓN UTM

### 5.2.- ASPECTOS CARACTERÍSTICOS DE LA PROYECCIÓN

#### 5.2.2.- ASPECTOS PRÁCTICOS COMPLEMENTARIOS

#### CÁLCULO DE LA CONVERGENCIA DE MERIDIANOS

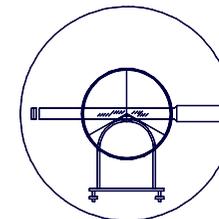
$$T = \text{Orientación} = \text{Arctg} \frac{\Delta x}{\Delta y}$$

$$\theta = T \pm \varpi$$

$$\eta' = e' \cdot \text{Cos} \varphi$$

$$\text{HAYFORD} \rightarrow (e')^2 = 0,0067681703$$

$$\varpi = \Delta\lambda'' \cdot \text{Sen} \varphi + (1 + 3\eta'^2 + 2\eta'^4) \cdot \frac{(\Delta\lambda'')^3}{3} \cdot \text{Sen} \varphi \cdot \text{Cos}^2 \varphi + (2 - \text{tag}^2 \varphi) \cdot \frac{(\Delta\lambda'')^5}{15} \cdot \text{Sen} \varphi \cdot \text{Cos}^4 \varphi$$



## 5.- LA PROYECCIÓN UTM

### 5.2.- ASPECTOS CARACTERÍSTICOS DE LA PROYECCIÓN

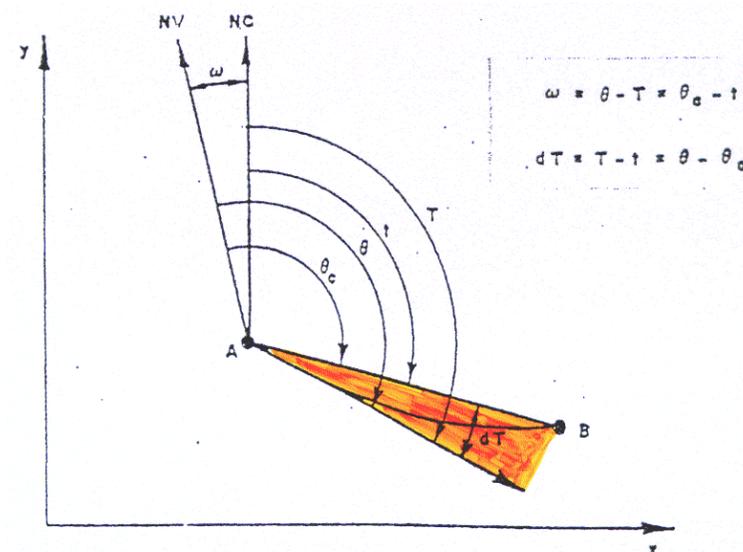
#### 5.2.2.- ASPECTOS PRÁCTICOS COMPLEMENTARIOS

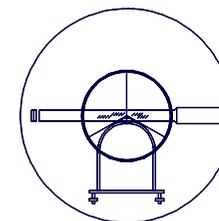
##### DETERMINACIÓN ANGULAR DE LA CUERDA

- El cálculo del acimut a través de los incrementos da el acimut de la cuerda mientras que se mide la transformada de la línea geodésica que no coincide con la cuerda su valor se obtiene.

$$dT = \frac{(2X_A + X_B) \cdot (Y_B - Y_A)}{6N^2 K_0} \cdot (1 + \eta'^2)$$

$$N = \frac{a}{(1 - e^2 \cdot \text{Sen}^2 \varphi)^{1/2}} \quad ; \quad \eta' = e' \cdot \text{Cos} \varphi \quad ; \quad K_0 = 0,9996 \quad ; \quad X = x - 500.000$$





## 5.- LA PROYECCIÓN UTM

### 5.2.- ASPECTOS CARACTERÍSTICOS DE LA PROYECCIÓN

#### 5.2.2.- ASPECTOS PRÁCTICOS COMPLEMENTARIOS

#### DETERMINACIÓN DE LA CORRECCIÓN CONJUNTA

##### - Cálculo de la orientación:

$$t_{ab} = \text{Arctg} \frac{\Delta x}{\Delta y}$$

$$X_A = x_A - 500.000 \quad ; \quad X_B = x_B - 500.000$$

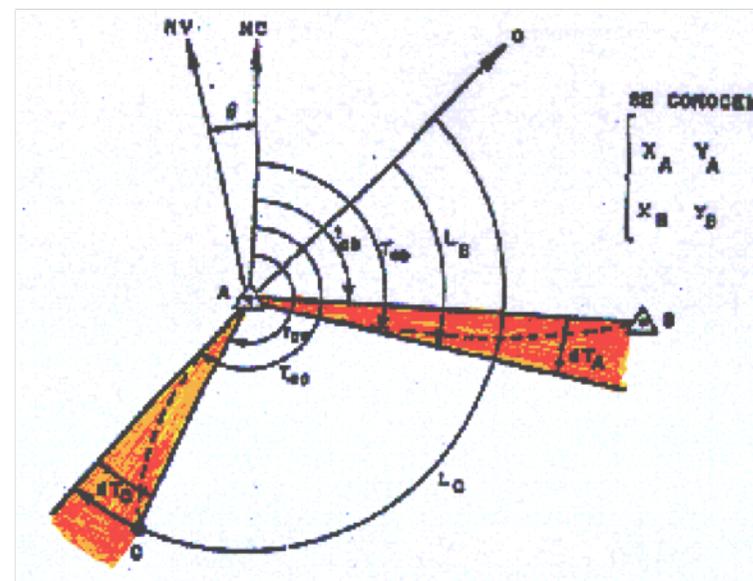
$$T_{ab} = t_{ab} + dT_A$$

$$T_{ac} = T_{ab} + L_A^C - L_A^B$$

##### - Cálculo de coordenadas:

$$X_C = X_A + D_{AUTM}^C \cdot \text{Sent}_{AC}$$

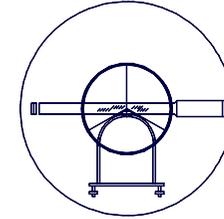
$$Y_C = Y_A + D_{AUTM}^C \cdot \text{Cost}_{AC}$$





**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



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

## **5.- LA PROYECCIÓN UTM**

### **5.3.- APLICACIONES DE MARCADO INTERÉS**

#### **5.3.1.- EL REPLANTEO EN LA PROYECCIÓN UTM**

##### **CONCEPTO DE REPLANTEO**

###### **- REPLANTEO:**

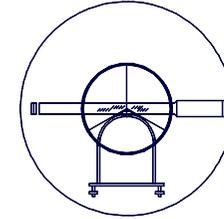
**Metodología topográfica que permite la correcta ubicación y su correspondiente señalización en campo, de puntos de coordenadas conocidas en un determinado Sistema Referencial.**





**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



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

## **5.- LA PROYECCIÓN UTM**

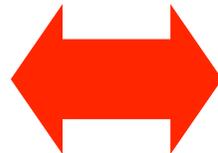
### **5.3.- APLICACIONES DE MARCADO INTERÉS**

#### **5.3.1.- EL REPLANTEO EN LA PROYECCIÓN UTM**

##### **TIPOS DE REPLANTEO**

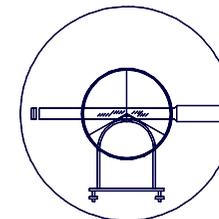
###### **REPLANTEO PLANIMÉTRICO:**

- Bisección.
- Polares.
- GPS.



###### **REPLANTEO ALTIMÉTRICO:**

- Nivelación Geométrica.
- Nivelación Trigonométrica.
- GPS.

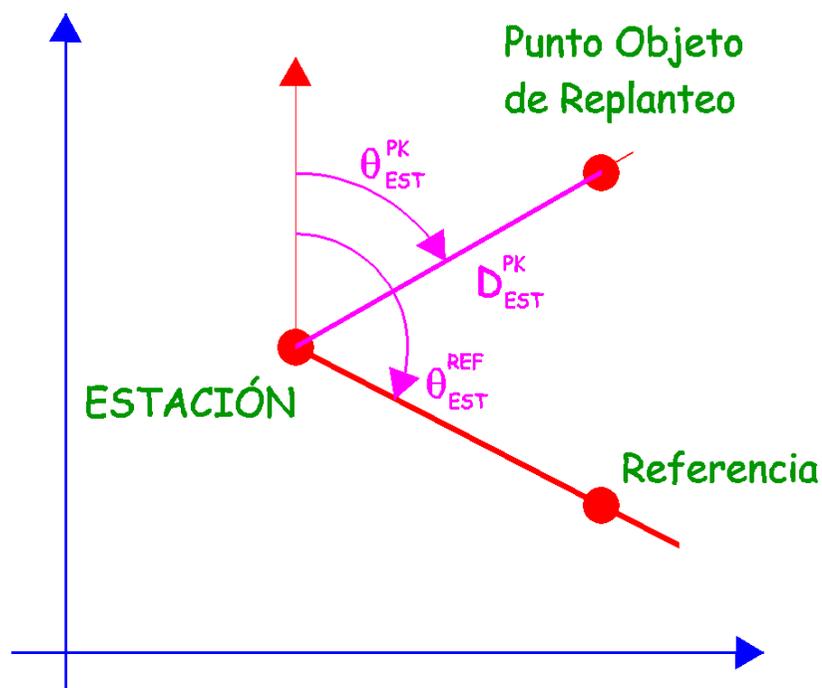


## 5.- LA PROYECCIÓN UTM

### 5.3.- APLICACIONES DE MARCADO INTERÉS

#### 5.3.1.- EL REPLANTEO EN LA PROYECCIÓN UTM

##### MÉTODO DE POLARES CLÁSICO

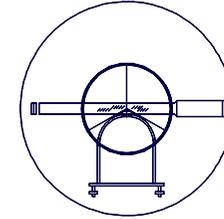


$$EST[X_E, Y_E] \Leftrightarrow REF[X_R, Y_R] \Leftrightarrow PK[X_P, Y_P]$$

$$\theta_{EST}^{REF} = \text{Arctag} \frac{\Delta X_{EST}^{REF}}{\Delta Y_{EST}^{REF}}$$

$$D_{EST}^{PK} = \sqrt{\Delta X_{EST}^{PK^2} + \Delta Y_{EST}^{PK^2}}$$

$$\theta_{EST}^{PK} = \text{Arctag} \frac{\Delta X_{EST}^{PK}}{\Delta Y_{EST}^{PK}}$$

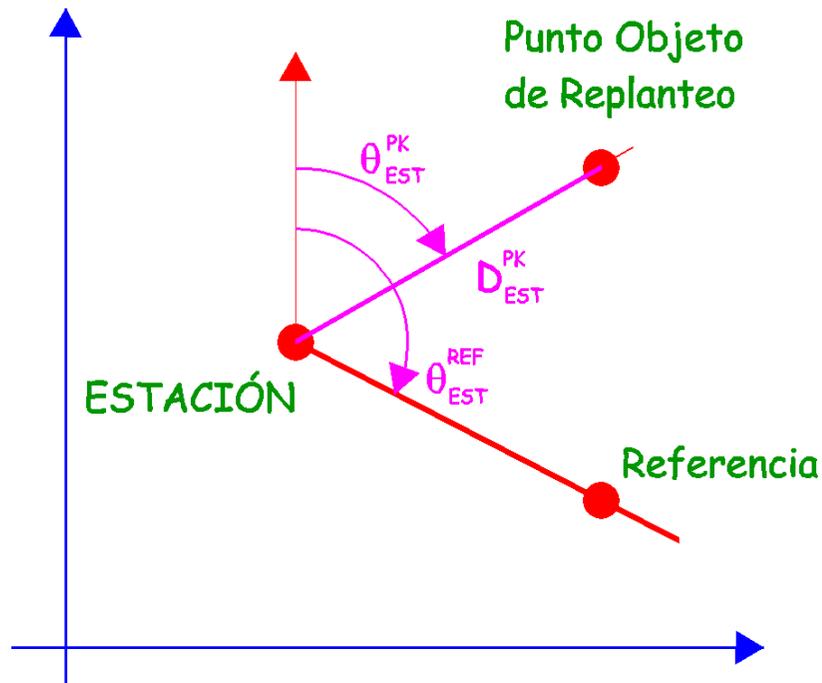


## 5.- LA PROYECCIÓN UTM

### 5.3.- APLICACIONES DE MARCADO INTERÉS

#### 5.3.1.- EL REPLANTEO EN LA PROYECCIÓN UTM

##### MÉTODO DE POLARES UTM

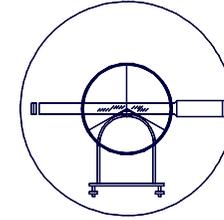


$$EST[X_E, Y_E] \Leftrightarrow REF[X_R, Y_R] \Leftrightarrow PK[X_P, Y_P]$$

$$\theta_{EST}^{REF} = \text{Arctag} \frac{\Delta X_{EST}^{REF}}{\Delta Y_{EST}^{REF}}$$

$$\theta_{EST}^{PK} = \text{Arctag} \frac{\Delta X_{EST}^{PK}}{\Delta Y_{EST}^{PK}}$$

$$D_{EST(UTM)}^{PK} = \sqrt{\Delta X_{EST}^{PK^2} + \Delta Y_{EST}^{PK^2}}$$



## 5.- LA PROYECCIÓN UTM

### 5.3.- APLICACIONES DE MARCADO INTERÉS

#### 5.3.1.- EL REPLANTEO EN LA PROYECCIÓN UTM

##### MÉTODO DE POLARES UTM

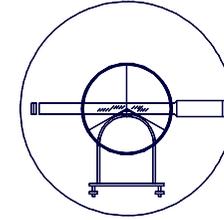
- El proceso cuando se tienen coordenadas UTM requiere:

$$D_{EST(UTM)}^{PK} = \sqrt{\Delta X_{EST}^{PK^2} + \Delta Y_{EST}^{PK^2}} \Rightarrow D_{ELIP} = \frac{D_{UTM}}{K}$$

- Considerando la distancia en la cuerda aproximadamente igual que la distancia sobre el elipsoide, se puede considerar:

$$D_{ELIPS.} \approx D_{CUERDA}$$

$$D_{CUERDA} = D_{RED.} \cdot C_R \Rightarrow D_{RED.} = \frac{D_{CUERDA}}{C_R} \approx \frac{D_{ELIPS.}}{C_R}$$



## 5.- LA PROYECCIÓN UTM

### 5.3.- APLICACIONES DE MARCADO INTERÉS

#### 5.3.1.- EL REPLANTEO EN LA PROYECCIÓN UTM

##### MÉTODO DE POLARES UTM

- Fusionando los dos procesos se obtiene:

$$D_{RED.} = \frac{D_{CUERDA}}{C_R} \approx \frac{D_{ELIPS.}}{C_R} = \frac{D_{UTM}}{C_R} = \frac{D_{UTM}}{C_R \cdot K}$$

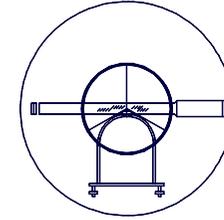
$$D_{RED.} = \frac{D_{UTM}}{C_R \cdot K} \Rightarrow \left\{ \frac{1}{C_R \cdot K} = F \right\} \Rightarrow D_{RED.} = F \cdot D_{UTM}$$

**F = FACTOR DE REPLANTEO.**



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



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

---

## **5.- LA PROYECCIÓN UTM**

### **5.3.- APLICACIONES DE MARCADO INTERÉS**

#### **5.3.2.- COMPLEMENTO PRÁCTICO**

**Cualquier metodología topográfica de las desarrolladas en asignaturas anteriores puede plantearse y resolverse en proyección UTM aplicando los conceptos aquí descritos y de sencilla ejecución.**