

# Topografía Aplicada a la Ingeniería

## Unidad Didáctica 2. Trazados geométricos y su replanteo



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

Departamento de Ingeniería Geográfica y  
Técnicas de Expresión Gráfica

Este tema se publica bajo Licencia:

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

# ESTRUCTURA

## 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

2.1. ALINEACIÓN RECTA.

2.2. ALINEACIÓN CIRCULAR.

2.3. ALINEACIÓN CLOTOIDE.

## 3. GEOMETRÍA EN ALZADO

3.1. ALINEACIÓN RECTA.

3.2. ALINEACIÓN CIRCULAR.

2.3. ALINEACIÓN PARABÓLICA.

2.4. DIAGRAMA DE PERALTES Y CURVATURAS.

## 4. EL REPLANTEO

## 5. EL CONTEXTO TOPOGRÁFICO EN EL PROYECTO

## 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

### ESTRUCTURA DE LAS ACTUACIONES CONVENCIONALES EN INGENIERÍA.-



## 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

### TIPOS DE ACTUACIÓN.-

#### OBRAS LINEALES



- Carreteras.
- Canales.
- Líneas eléctricas.
- Ferrocarriles.
- Etc.

#### OBRAS NO LINEALES



- Recintos mineros.
- Recintos industriales.
- Intrusiones mineras.
- Etc.

# 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

## DEFINICIÓN DE ACTUACIONES.-

CUALQUIER PUNTO  
EQUIDISTANTE DEL EJE



- 10 m.
- 20 m.
- 40 m.
- 50 m.

**[X, Y, Z]**

PUNTOS SINGULARES  
DEL TRAZADO



- Tangencias.
- Centro de alineaciones.
- Quiebros.
- Etc.

# 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

## DENOMINACIÓN HABITUAL.-

**TRAZA**



- Alineación materializada sobre el terreno de una determinada geometría definida en planta.

**RASANTE**



- Alineación materializada sobre el terreno de una determinada geometría definida en alzado.

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

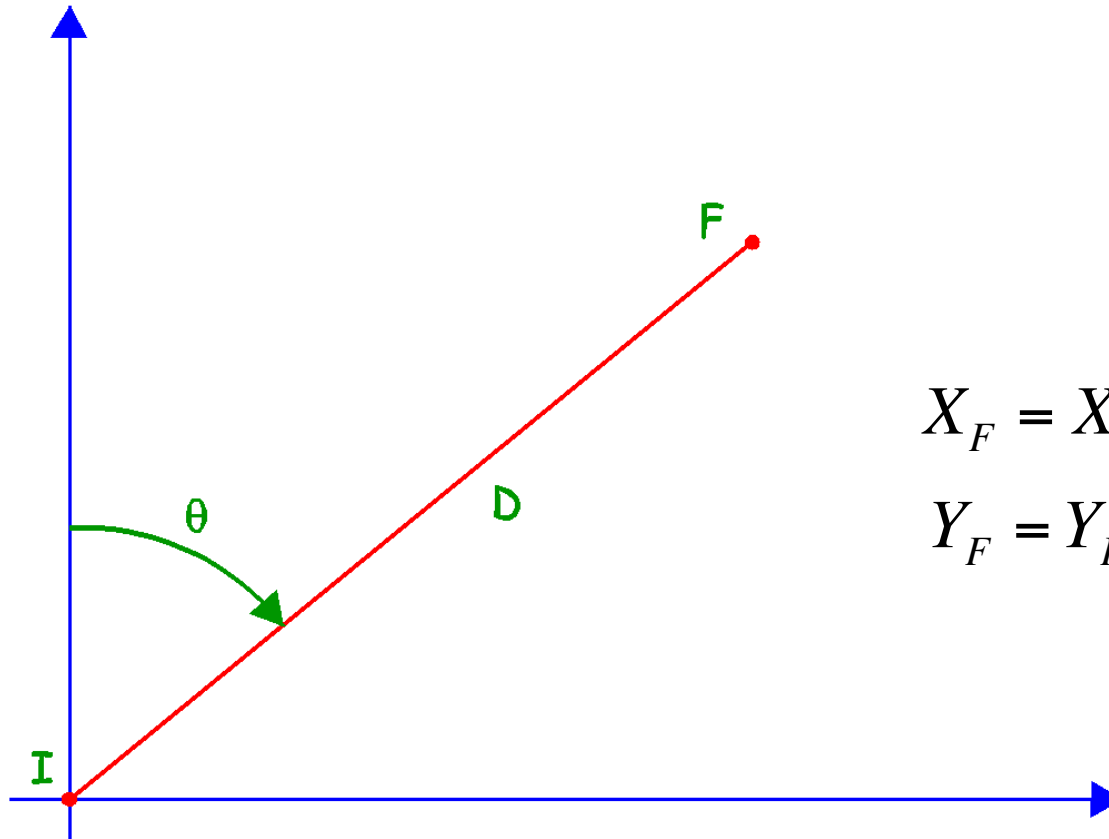
### 2.1. Alineación recta

La alineación recta se caracteriza por que todos sus puntos tienen el mismo Acimut. Existen dos procedimientos para definir una alineación recta:

- **Punto Inicial y Final de la Alineación.**
- **Punto Inicial, Longitud y Acimut de la Alineación.**

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.1. Alineación recta



$$X_F = X_I + D_I^F \cdot \text{Sen}\theta_I^F$$

$$Y_F = Y_I + D_I^F \cdot \text{Cos}\theta_I^F$$

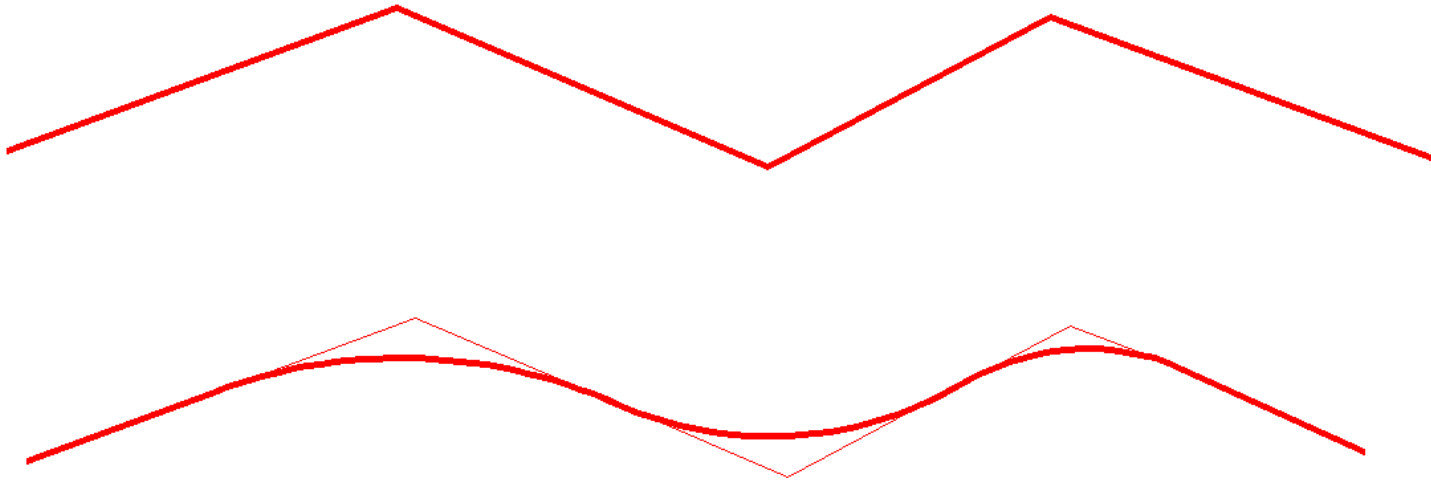


## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.2. Alineación circular

#### OBJETIVO.-

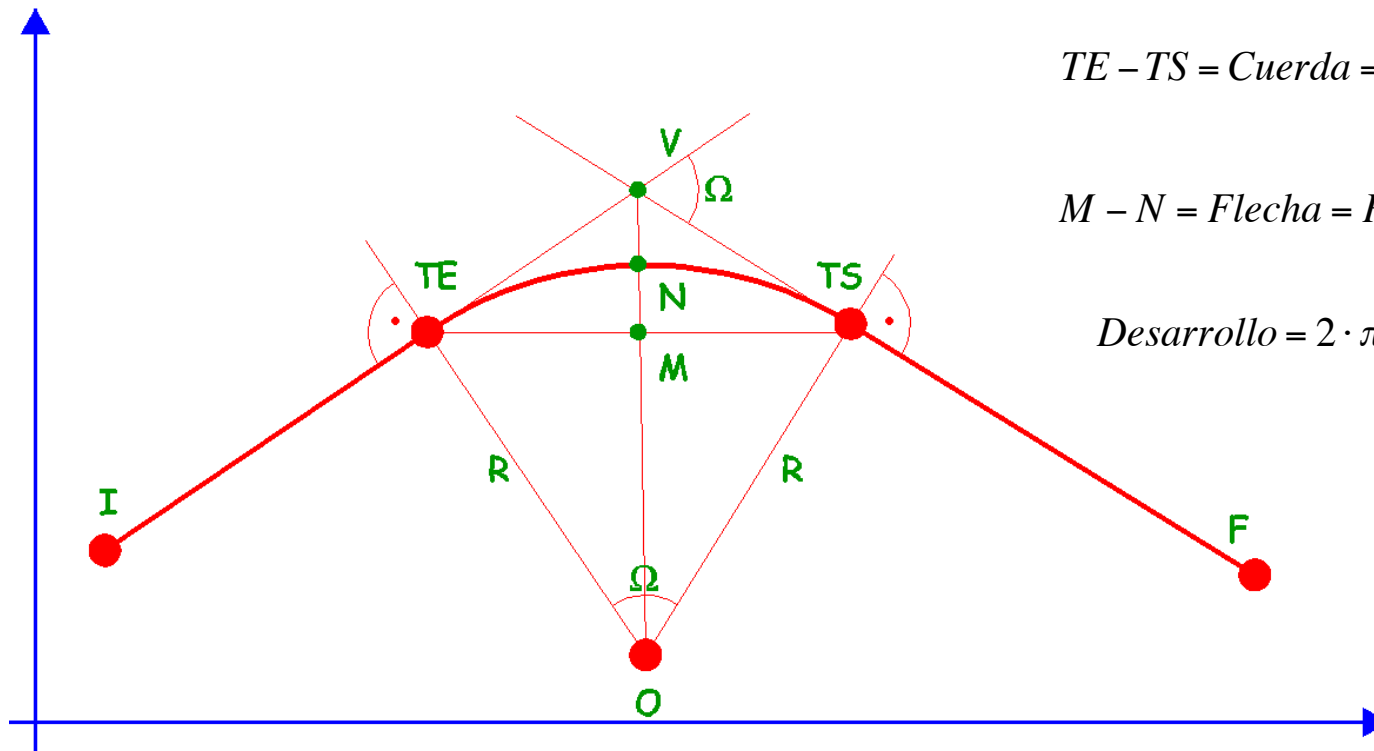
Sirve para dar continuidad a los trazados geométricos, eliminando los vértices que se producen entre las alineaciones rectas. Se caracteriza por que su radio y radio de curvatura es constante.



## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.2. Alineación circular

CONCEPTOS GENERALES.-



$$V - TE = \text{Tangente} = R \cdot \tan \frac{\Omega}{2}$$

$$TE - TS = \text{Cuerda} = 2 \cdot R \cdot \sin \frac{\Omega}{2}$$

$$M - N = \text{Flecha} = R \cdot \left[ 1 - \cos \frac{\Omega}{2} \right]$$

$$\text{Desarrollo} = 2 \cdot \pi \cdot R = 400^s$$

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.2. Alineación circular

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 1.-

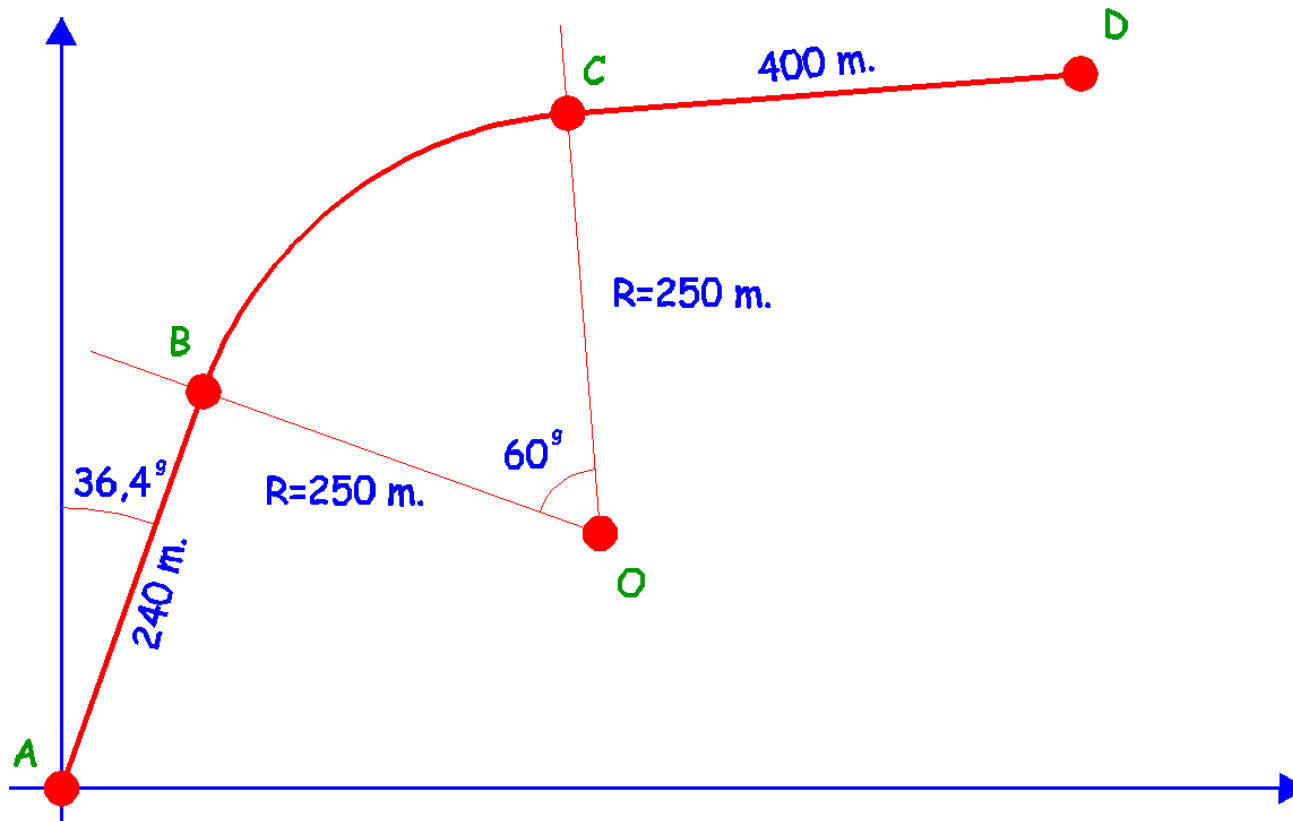
#### UNA ALINEACIÓN EN PLANTA, ESTA FORMADA POR LOS SIGUIENTES TRAMOS:

- **TRAMO DE ALINEACIÓN RECTA AB:**
    - Inicio A [1.000/900].
    - Longitud 240 m.
    - Acimut de salida 36,4000<sup>g</sup>.
  - **TRAMO DE ALINEACIÓN CIRCULAR BC:**
    - Gira a la derecha.
    - Radio 250 m.
    - Ángulo central 60<sup>g</sup>.
  - **TRAMO DE ALINEACIÓN RECTA CD:**
    - Longitud 400 m.
- 
- **OBTENER:**
    - **Coordenadas de B - O - C y D.**
    - **Tangente, Cuerda y Flecha de la alineación circular.**

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.2. Alineación circular

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 1.-

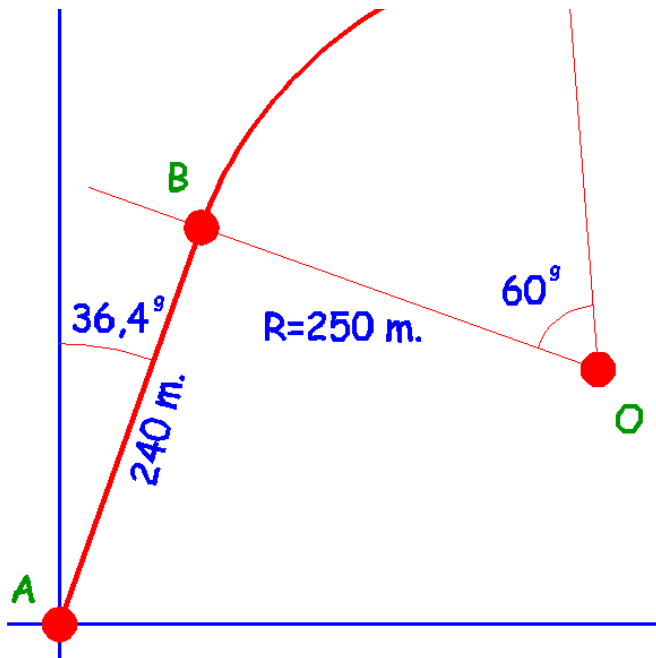


## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.2. Alineación circular

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 1.-

#### COORDENADAS DE "B".-



$$\begin{aligned} X_B &= X_A + D_A^B \cdot \text{Sen} \theta_A^B = \\ &= 1.000,00 + 240,00 \cdot \text{Sen} 36,4000 = \\ &= 1.129,87 \end{aligned}$$

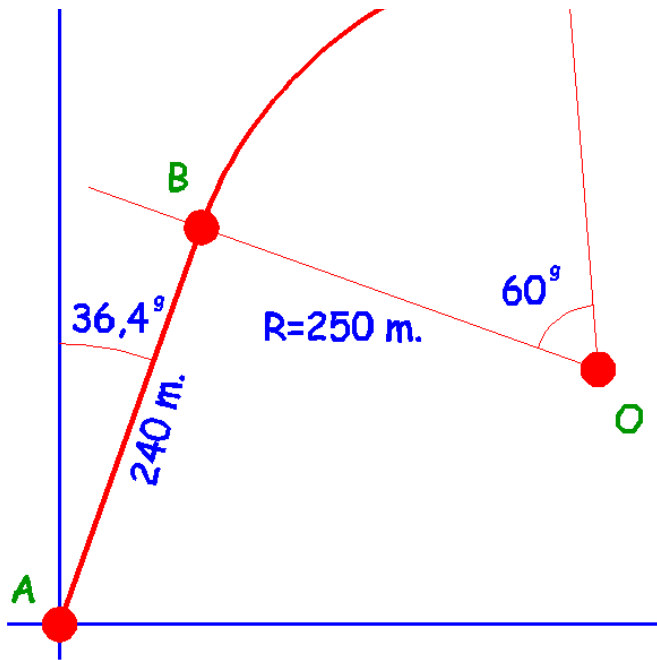
$$\begin{aligned} Y_B &= Y_A + D_A^B \cdot \text{Cos} \theta_A^B = \\ &= 900,00 + 240,00 \cdot \text{Cos} 36,4000 = \\ &= 1.101,83 \end{aligned}$$

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.2. Alineación circular

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 1.-

#### COORDENADAS DE "O".-



$$B = [1.129,87 / 1.101,83]$$

$$\theta_B^O = \theta_A^B + 100 = 136,4000^\circ$$

$$D_B^O = R = 250 \text{ m.}$$

$$X_O = X_B + D_B^O \cdot \text{Sen} \theta_B^O = 1.340,11 \text{ m.}$$

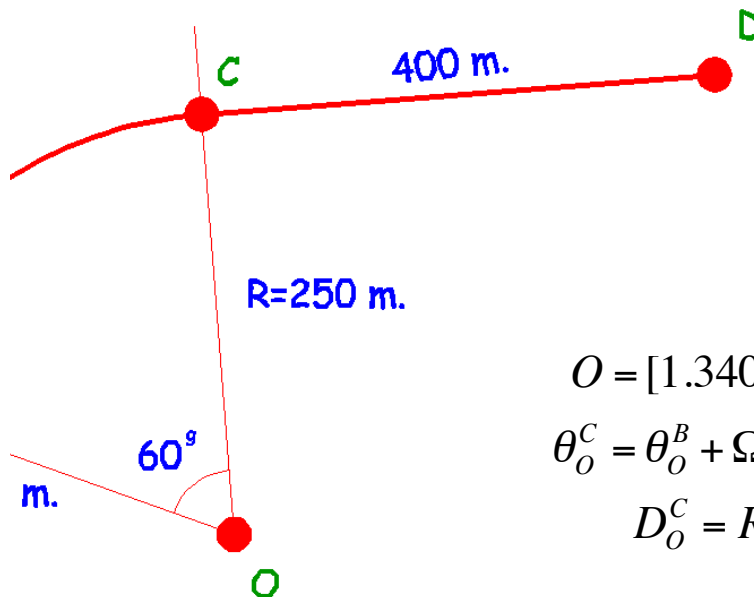
$$Y_O = Y_B + D_B^O \cdot \text{Cos} \theta_B^O = 966,55 \text{ m.}$$

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.2. Alineación circular

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 1.-

#### COORDENADAS DE "C".-



$$O = [1.340,11/966,55]$$

$$\theta_o^C = \theta_o^B + \Omega = 396,4000^s$$

$$D_o^C = R = 250 \text{ m.}$$

$$X_C = X_o + D_o^C \cdot \text{Sen}\theta_o^C = 1.325,98 \text{ m.}$$

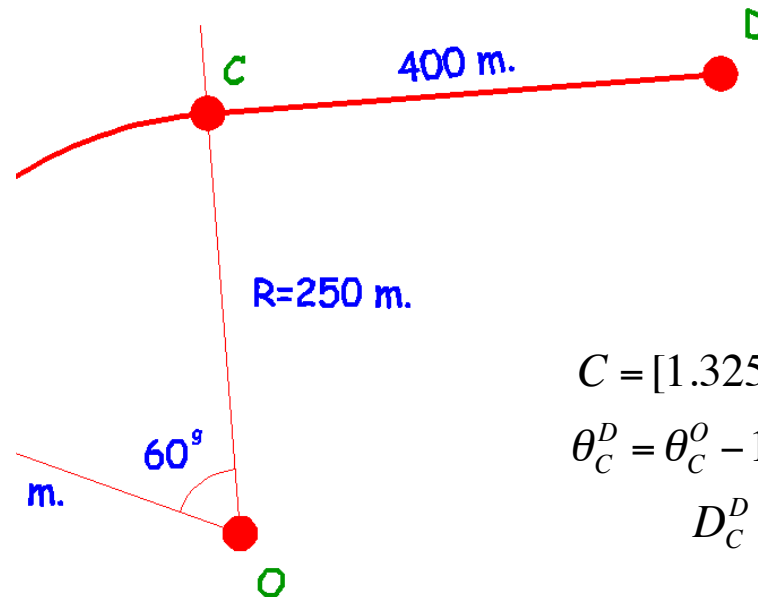
$$Y_C = Y_o + D_o^C \cdot \text{Cos}\theta_o^C = 1.216,15 \text{ m.}$$

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.2. Alineación circular

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 1.-

#### COORDENADAS DE "D".-



$$C = [1.325,98 / 1.216,15]$$

$$\theta_C^D = \theta_C^O - 100 = 96,4000^g$$

$$D_C^D = 400 \text{ m.}$$

$$X_D = X_C + D_C^D \cdot \text{Sen}\theta_C^D = 1.725,34 \text{ m.}$$

$$Y_D = Y_C + D_C^D \cdot \text{Cos}\theta_C^D = 1.238,76 \text{ m.}$$



## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.2. Alineación circular

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 1.-

#### TANGENTE, CUERDA Y FLECHA.-

$$V - TE = \textit{Tangente} = R \cdot \textit{Tan} \frac{\Omega}{2} = 250 \cdot \textit{Tan} \frac{60}{2} = 127,38 \text{ m.}$$

$$TE - TS = \textit{Cuerda} = 2 \cdot R \cdot \textit{Sen} \frac{\Omega}{2} = 2 \cdot 250 \cdot \textit{Sen} \frac{60}{2} = 226,99 \text{ m.}$$

$$M - N = \textit{Flecha} = R \cdot \left[ 1 - \textit{Cos} \frac{\Omega}{2} \right] = 250 \cdot \left[ 1 - \textit{Cos} \frac{60}{2} \right] = 27,24 \text{ m.}$$

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.2. Alineación circular

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 2.-

#### UN RECINTO MINERO SE DEFINE POR UNA SUCESIÓN DE ALINEACIONES TIPO:

- **ALINEACIÓN RECTA AI:**

- Inicio [1.000,00/1.000,00].
- Longitud 50 m.
- Acimut de salida 40,2718<sup>g</sup>.

- **ALINEACIÓN CIRCULAR IF:**

- Radio 200 m.
- Longitud 75 m.

- **ALINEACIÓN RECTA FB:**

- Longitud 75 m.

---

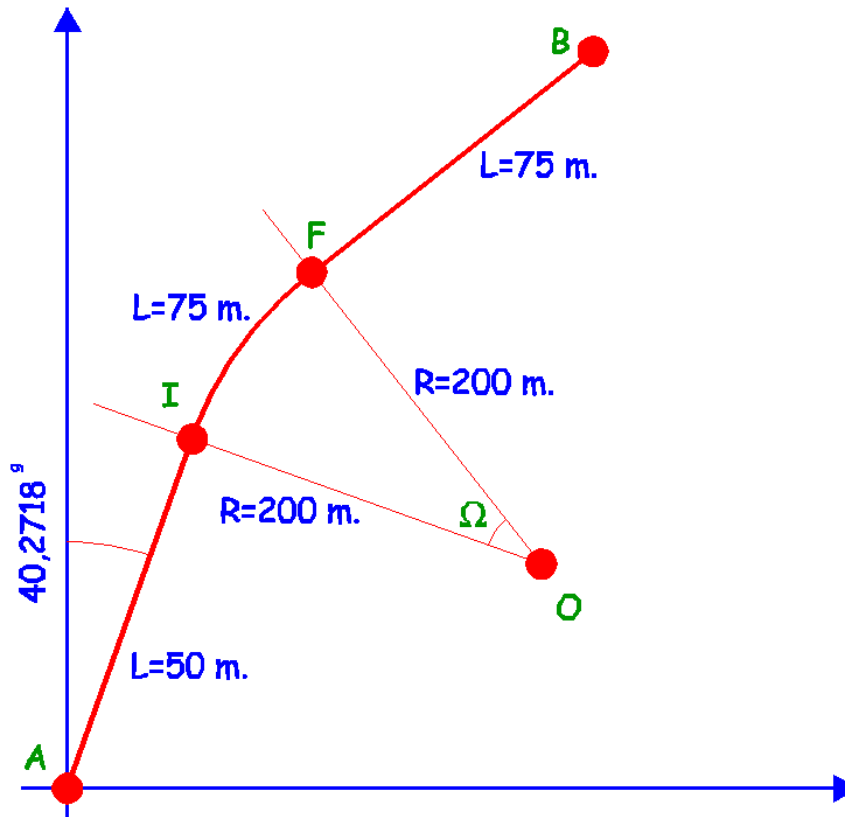
- **OBTENER:**

- **Coordenadas planimétricas de los Puntos Singulares y de todos los Puntos Kilométricos cada 20 m. de trazado. Valor de la Tangente, Cuerda y Flecha descritas por la alineación Circular.**

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.2. Alineación circular

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 2.-



$$\left. \begin{array}{l} 2 \cdot \pi \cdot R \quad \quad \quad 400^s \\ L \quad \quad \quad \quad \quad \Omega \end{array} \right\}$$

$$\Omega = \frac{400 \cdot 75}{2 \cdot \pi \cdot 200} = 23,8732^s$$

# 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

## 2.2. Alineación circular

### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 2.-

#### COORDENADAS DE "I".-

$$\left. \begin{array}{l} A = [1.000,00 / 1.000,00] \\ \theta_A^I = 40,2718^g \\ D_A^I = 50 \text{ m.} \end{array} \right\} \Rightarrow I = \begin{cases} 1.029,56 \\ 1.040,32 \end{cases}$$

#### COORDENADAS DE "O".-

$$\left. \begin{array}{l} I = [1.029,56 / 1.040,32] \\ \theta_I^O = 140,2718^g \\ D_I^O = 200 \text{ m.} \end{array} \right\} \Rightarrow O = \begin{cases} 1.190,86 \\ 922,07 \end{cases}$$

# 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

## 2.2. Alineación circular

### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 2.-

#### COORDENADAS DE "F".-

$$\left. \begin{array}{l} O = [1.190,86 / 922,07] \\ \theta_O^F = 364,1450^g \\ D_O^F = 200 \text{ m.} \end{array} \right\} \Rightarrow F = \begin{cases} 1.084,08 \\ 1.091,18 \end{cases}$$

#### COORDENADAS DE "B".-

$$\left. \begin{array}{l} F = [1.084,08 / 1.091,18] \\ \theta_F^B = 64,1450^g \\ D_F^B = 75 \text{ m.} \end{array} \right\} \Rightarrow B = \begin{cases} 1.147,49 \\ 1.131,22 \end{cases}$$

# 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

## 2.2. Alineación circular

### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 2.-

### COORDENADAS DE LOS PUNTOS KILOMÉTRICOS.-

PK	Dist (m.)	Acimut (g)	Coord_X	Coord_Y
0+020	20	40,2418	1.011,82	1.016,13
0+040	40	40,2418	1.023,65	1.032,26
0+060	200	343,4549	1.035,67	1.048,63
0+080	200	349,8211	1.049,04	1.063,09
0+100	200	356,1873	1.063,83	1.076,55

# 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

## 2.2. Alineación circular

### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 2.-

### COORDENADAS DE LOS PUNTOS KILOMÉTRICOS.-

PK	Dist (m.)	Acimut (g)	Coord_X	Coord_Y
0+120	200	362,5535	1.079,88	1.088,45
0+140	15	64,1450	1.096,76	1.099,19
0+160	35	64,1450	1.113,67	1.109,87
0+180	55	64,1450	1.130,58	1.120,54
0+200	75	64,1450	1.147,49	1.131,22

# 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

## 2.2. Alineación circular

### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 2.-

#### TANGENTE, CUERDA Y FLECHA.-

$$V - TE = \textit{Tangente} = R \cdot \textit{Tan} \frac{\Omega}{2} = 200 \cdot \textit{Tan} \frac{23,8732}{2} = 37,94 \textit{ m.}$$

$$TE - TS = \textit{Cuerda} = 2 \cdot R \cdot \textit{Sen} \frac{\Omega}{2} = 2 \cdot 200 \cdot \textit{Sen} \frac{23,8732}{2} = 74,56 \textit{ m.}$$

$$M - N = \textit{Flecha} = R \cdot \left[ 1 - \textit{Cos} \frac{\Omega}{2} \right] = 200 \cdot \left[ 1 - \textit{Cos} \frac{23,8732}{2} \right] = 3,50 \textit{ m.}$$



## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

La alineación **CLOTOIDE** permite introducir el concepto de Radio de Curvatura, Peraltes y Bombeo, especialmente en los trazados de vías de comunicación, en los que por dicho trazado discurren elementos en movimiento.

FUERZA  
CENTRÍFUGA

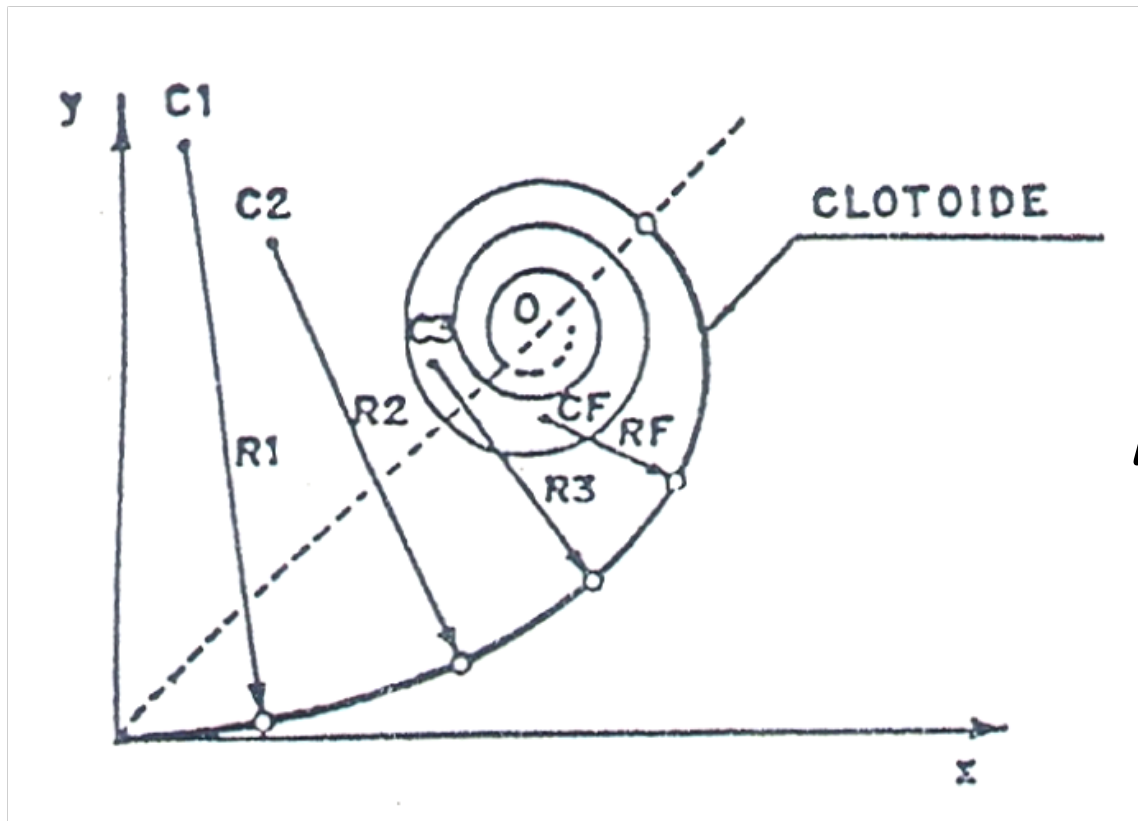


CURVATURA  
PERALTES  
BOMBEO

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA DE LA CLOTOIDE.-



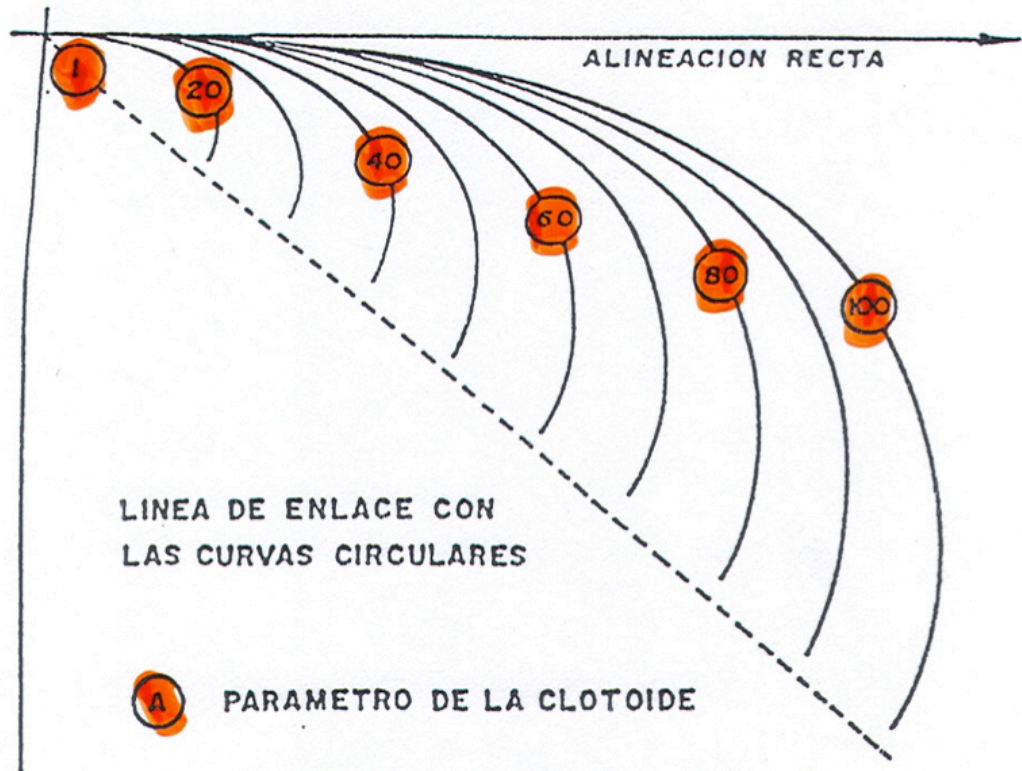
ECUACIÓN  
MATEMÁTICA

$$l_P \cdot \rho_P = L \cdot R = A^2 = Cte.$$

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA DE LA CLOTOIDE.-



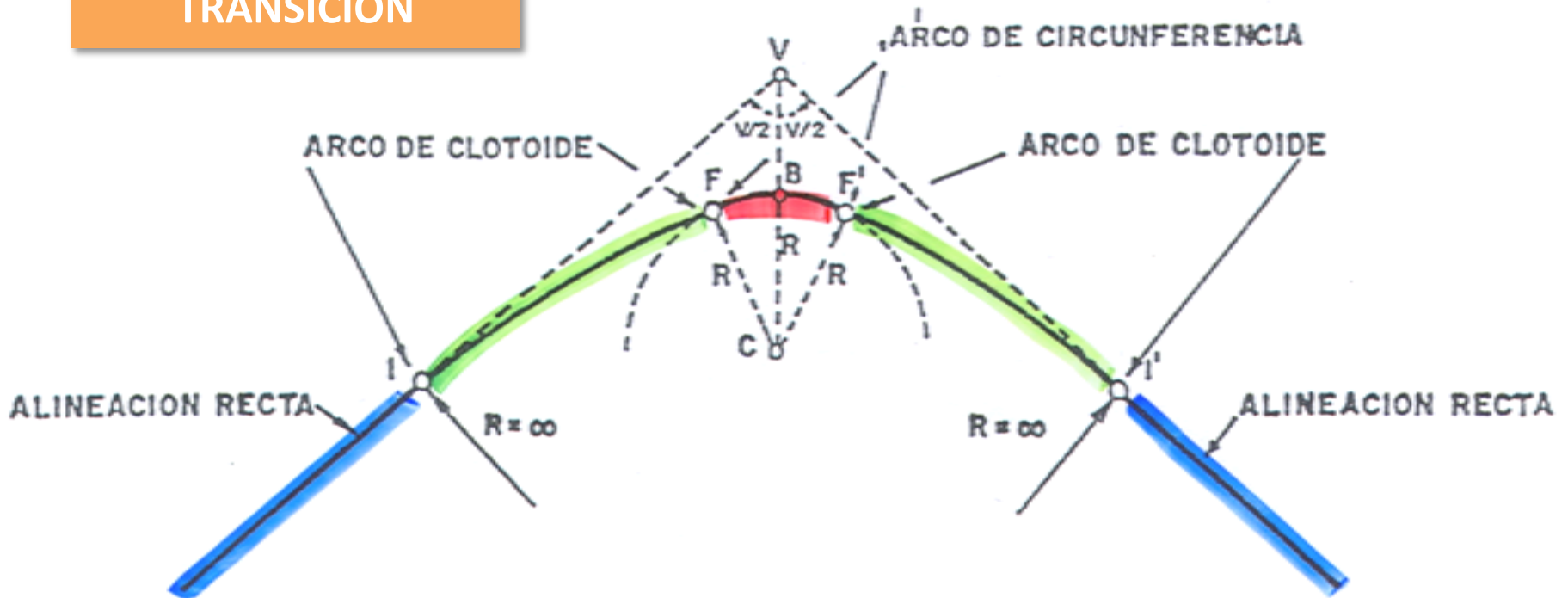
**EFFECTO GEOMÉTRICO  
DEL PARÁMETRO**

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

COMBINACIONES POSIBLES EN ENLACES CON CLOTOIDE.-

CURVA DE  
TRANSICIÓN

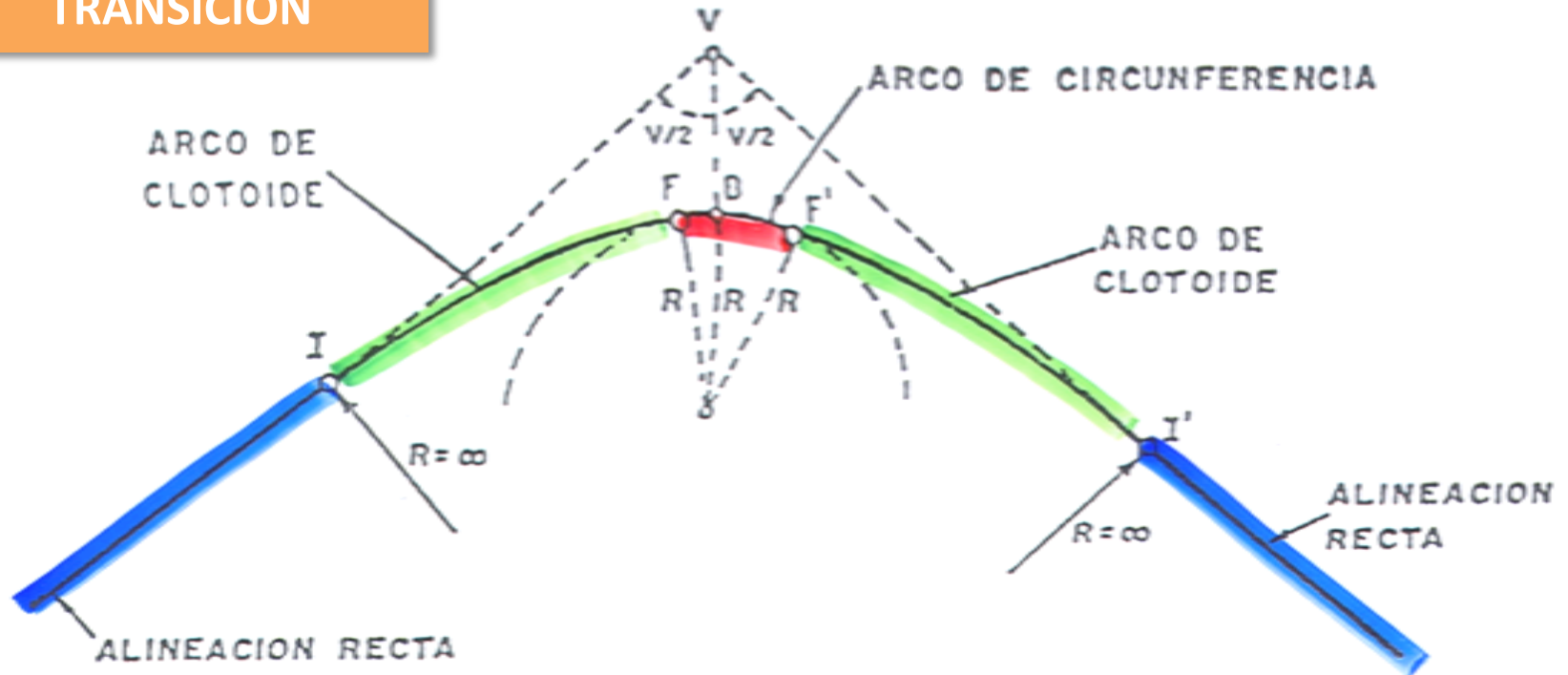


## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

COMBINACIONES POSIBLES EN ENLACES CON CLOTOIDE.-

CURVA DE  
TRANSICIÓN

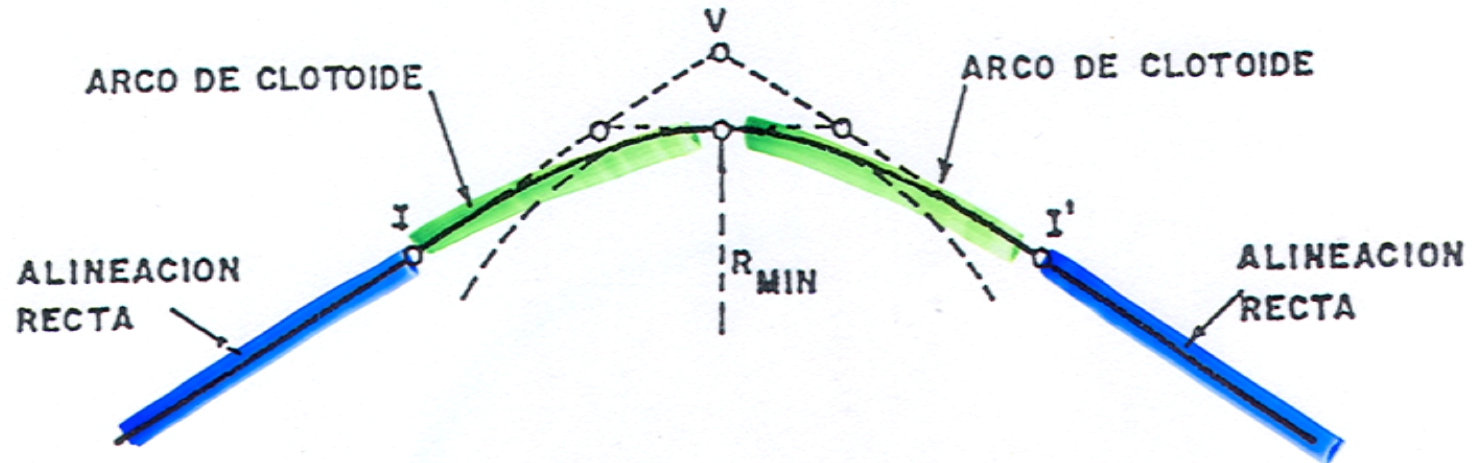


## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

COMBINACIONES POSIBLES EN ENLACES CON CLOTOIDE.-

CLOTOIDE  
DE VÉRTICE

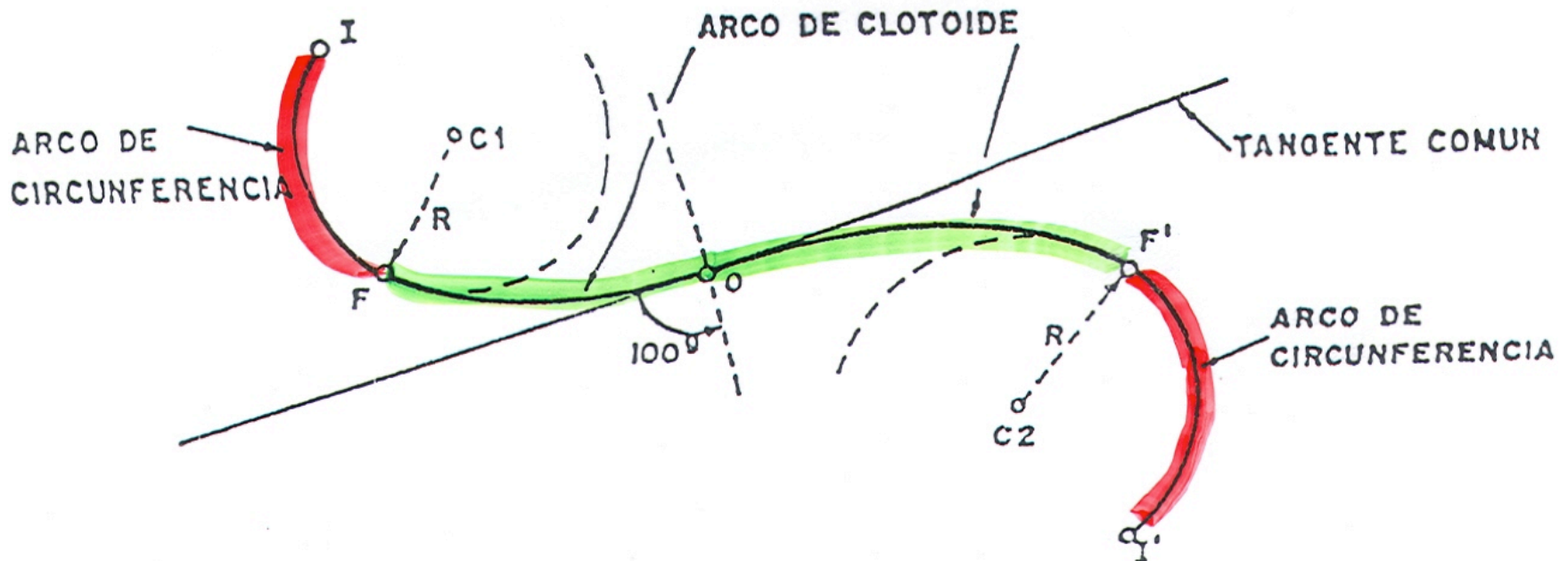


## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

COMBINACIONES POSIBLES EN ENLACES CON CLOTOIDE.-

#### CURVA DE INFLEXIÓN

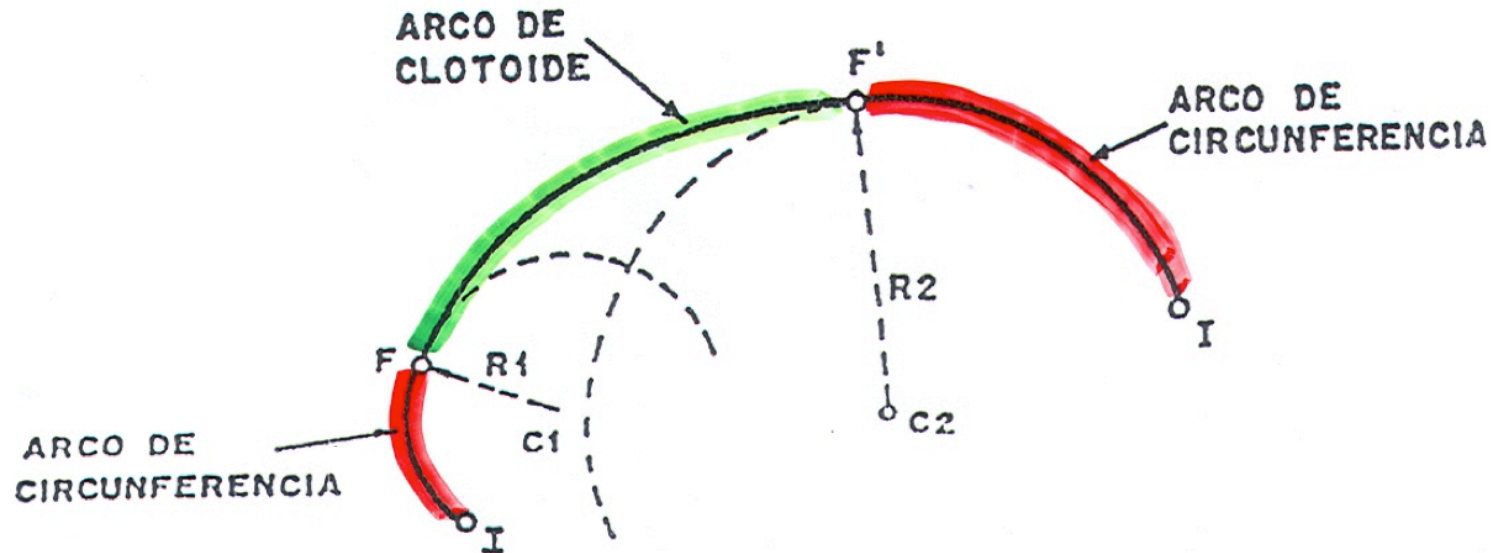


## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

COMBINACIONES POSIBLES EN ENLACES CON CLOTOIDE.-

COMO  
OVOIDE



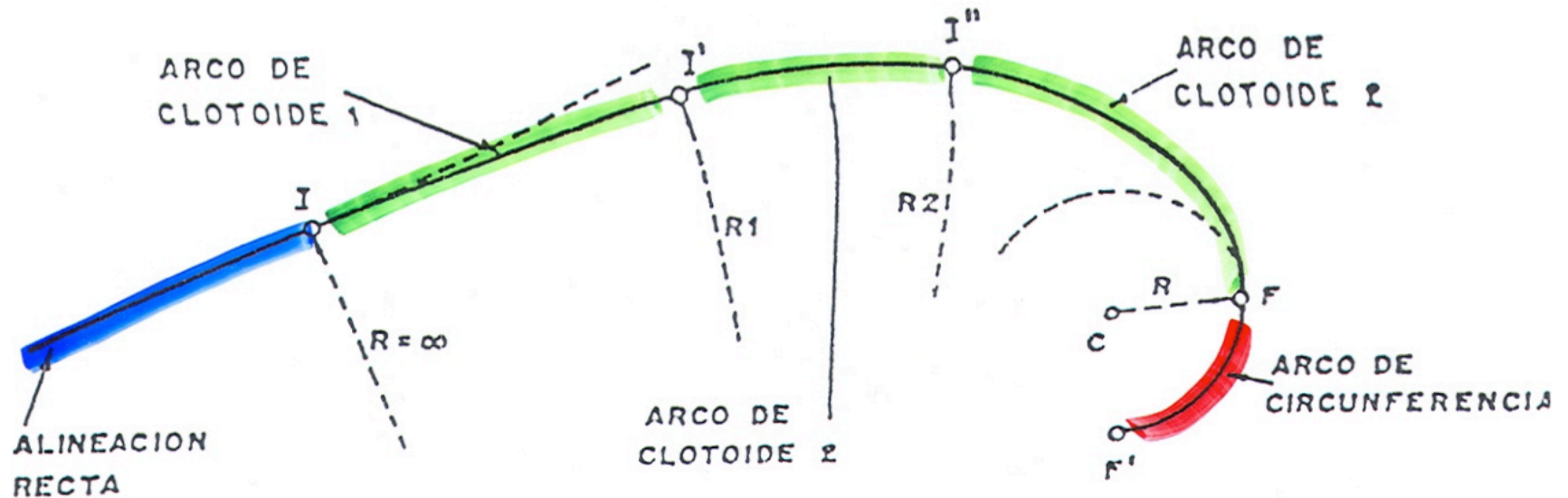


## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

COMBINACIONES POSIBLES EN ENLACES CON CLOTOIDE.-

SERIE DE  
CLOTOIDES

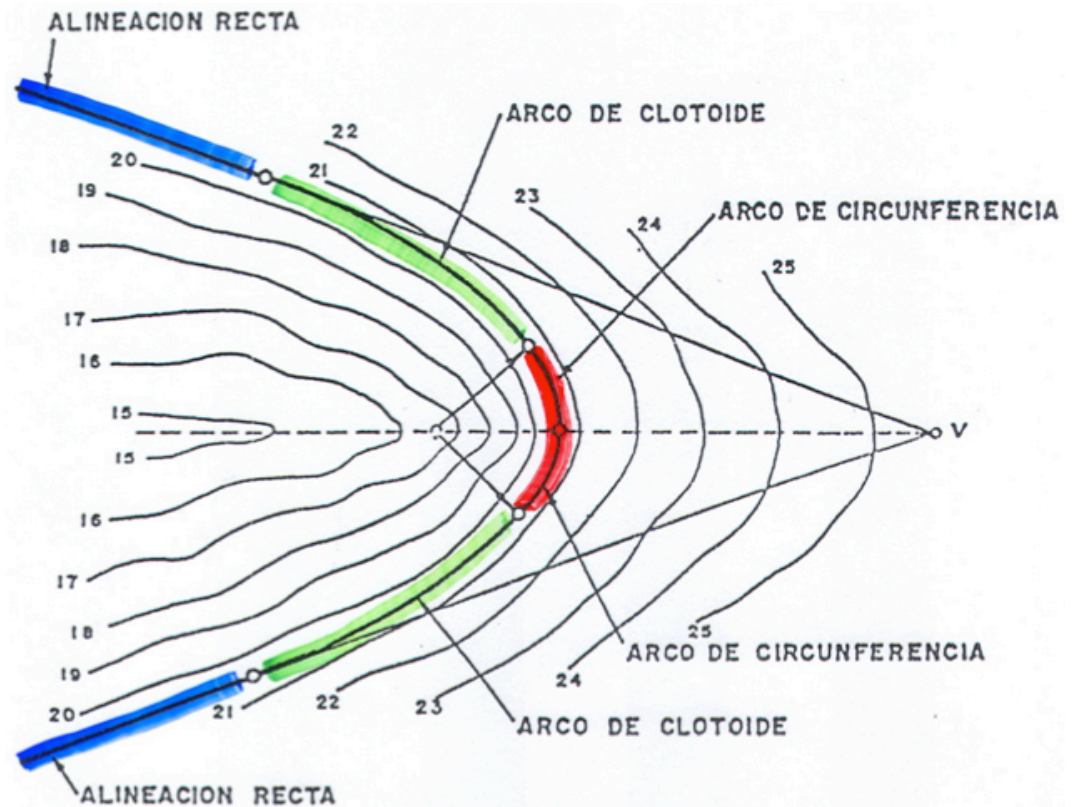


## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### COMBINACIONES POSIBLES EN ENLACES CON CLOTOIDE.-

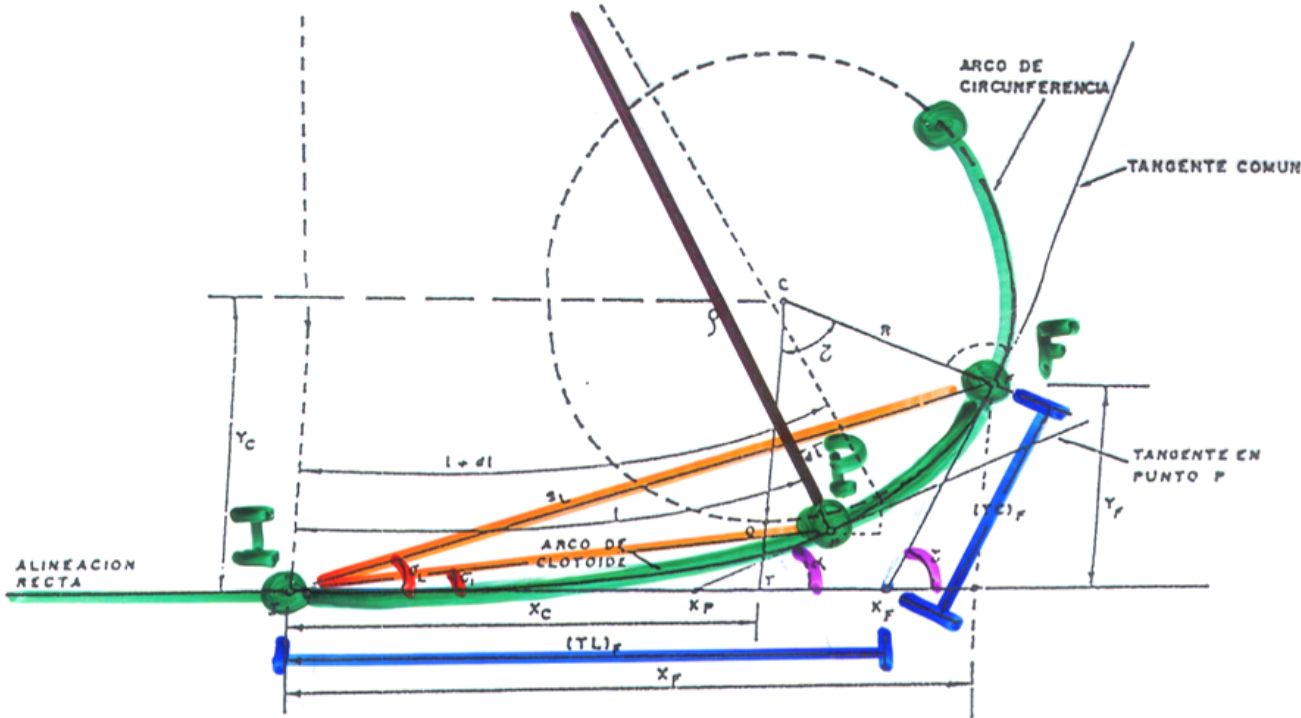
**IDONIEDAD DE LA  
CURVA EN SU  
ADAPTACIÓN  
AL TERRENO**



## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE LA CLOTOIDE.-

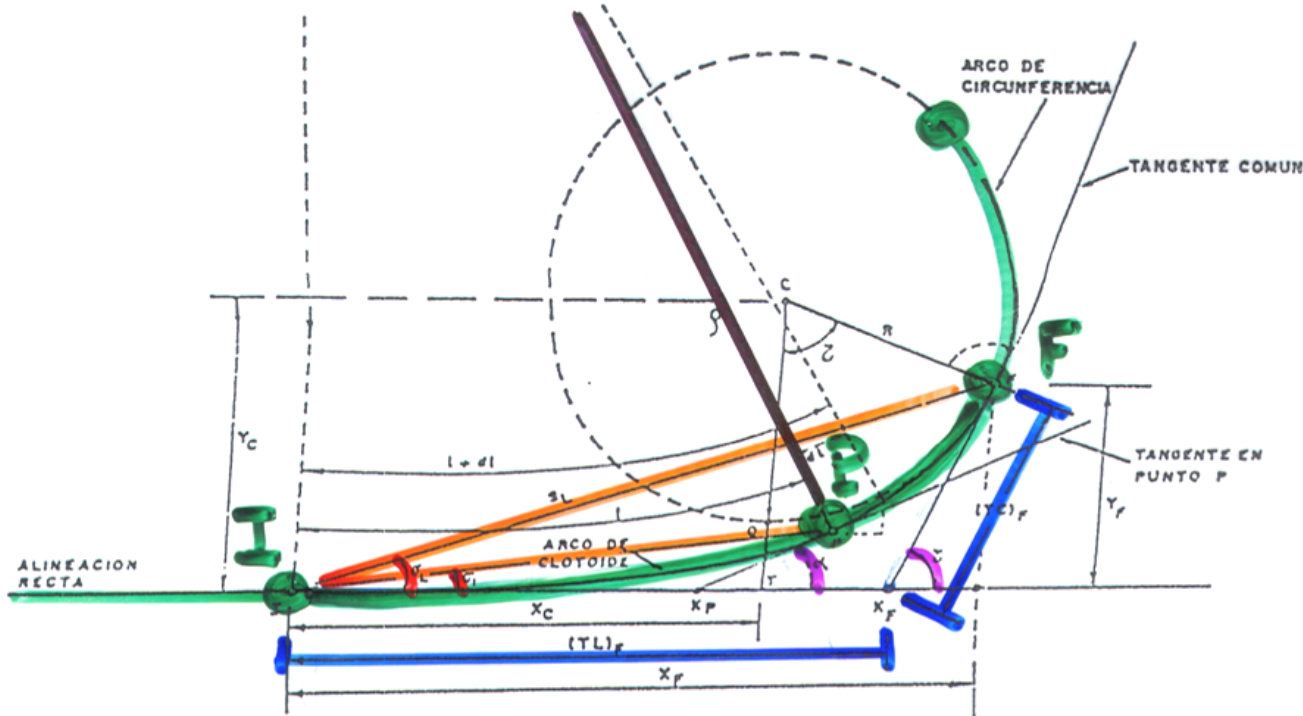


- Desarrollo.
- Radio.
- Parámetro.
- "I" Punto inicial.
- "F" Punto final.
- "P" Punto genérico.
- "C" Centro circunf.
- Coordenadas I, F, P, C.

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE LA CLOTOIDE.-



- Tangente corta.
- Tangente larga.
- Ángulo de tangente F y P.
- Cuerda de la clotoide F y P.
- Ángulo polar F y P.
- Retranqueo.

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### ELEMENTOS MATEMÁTICOS DE LA CLOTOIDE.-

- En un punto genérico de la clotoide se verifica:

$$l_P \cdot \rho_P = A^2$$

- En el punto final de la clotoide se verifica:

$$L \cdot R = A^2$$

- Por lo tanto:

$$\rho \cdot l = L \cdot R = A^2 \Rightarrow \rho = \frac{L \cdot R}{l}$$

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### ELEMENTOS MATEMÁTICOS DE LA CLOTOIDE.-

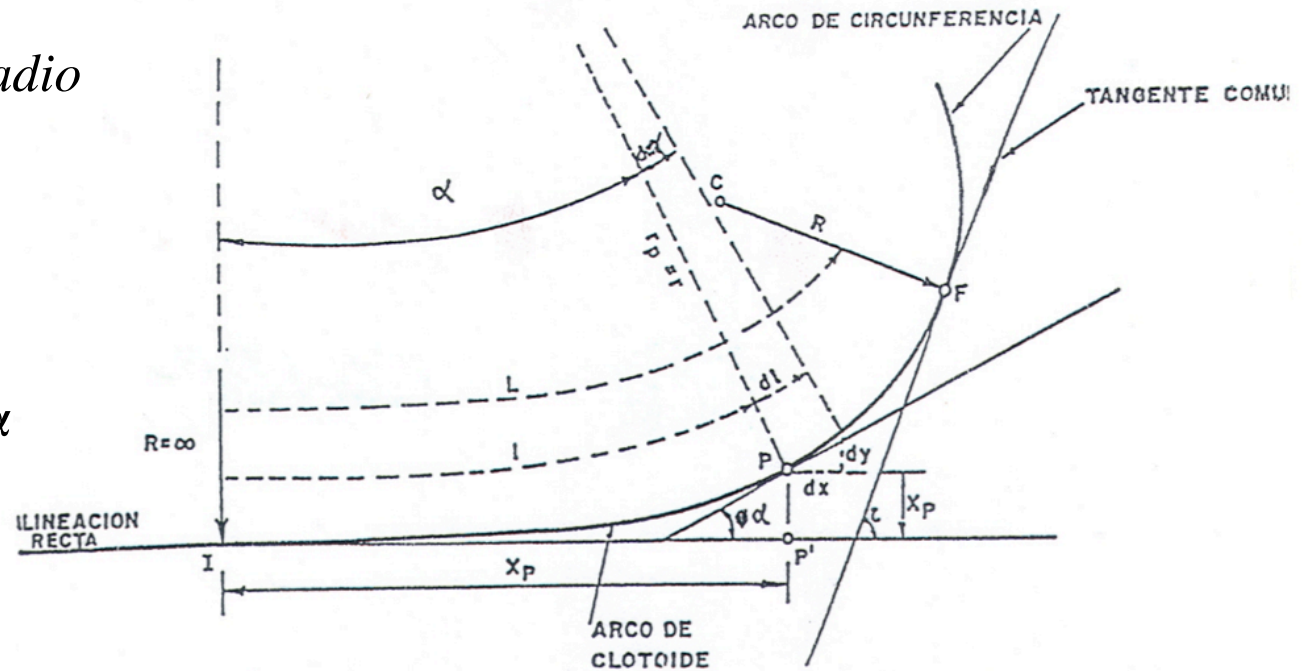
- En un elemento diferencial de clotoide:

$$\text{Arco} = \text{Ángulo} \cdot \text{Radio}$$

$$dl = \rho \cdot d\alpha$$

$$dl = \frac{R \cdot L}{l} \cdot d\alpha$$

$$l \cdot dl = R \cdot L \cdot d\alpha$$



# 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

## 2.3. Alineación clotoide

### ELEMENTOS MATEMÁTICOS DE LA CLOTOIDE.-

- Integrando:

$$l \cdot dl = R \cdot L \cdot d\alpha$$

$$\frac{l^2}{2} = R \cdot L \cdot \alpha \Rightarrow \alpha = \frac{l^2}{2 \cdot R \cdot L}$$

- Particularizando la expresión para el punto final:

$$\alpha = \frac{l^2}{2 \cdot R \cdot L} \Rightarrow \tau = \frac{L}{2 \cdot R}$$

- Para evaluar las coordenadas:

$$\left. \begin{array}{l} dx = dl \cdot \text{Cos}\alpha \\ dy = dl \cdot \text{Sen}\alpha \end{array} \right\} \Leftrightarrow \alpha = \frac{l^2}{2 \cdot R \cdot L}$$

# 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

## 2.3. Alineación clotoide

### ELEMENTOS MATEMÁTICOS DE LA CLOTOIDE.-

- Integrando:

$$x_F = \int_0^1 \text{Cos}\left(\frac{l^2}{2 \cdot R \cdot L}\right) \cdot dl$$

$$y_F = \int_0^1 \text{Sen}\left(\frac{l^2}{2 \cdot R \cdot L}\right) \cdot dl$$

- Desarrollando en serie el Seno y Coseno:

$$\text{Sen } a = a - \frac{a^3}{3!} + \frac{a^5}{5!} - \frac{a^7}{7!} + \frac{a^9}{9!}$$

$$\text{Cos } a = 1 - \frac{a^2}{2!} + \frac{a^4}{4!} - \frac{a^6}{6!} + \frac{a^8}{8!}$$



## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### ELEMENTOS MATEMÁTICOS DE LA CLOTOIDE.-

- Integrando el desarrollo en serie el Seno y Coseno resulta:

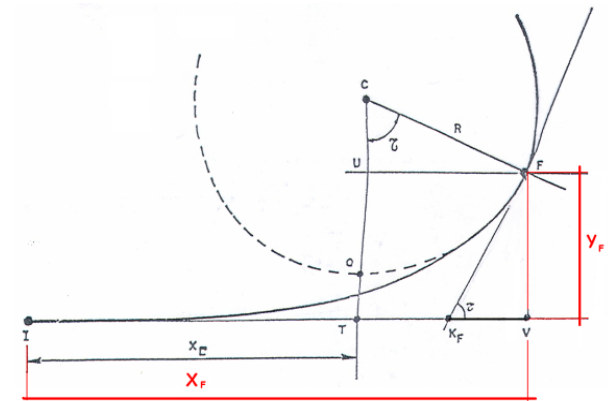
$$x_P = l - \frac{l^5}{10 \cdot (2 \cdot R \cdot L)^2} + \frac{l^9}{216 \cdot (2 \cdot R \cdot L)^4} - \frac{l^{13}}{9360 \cdot (2 \cdot R \cdot L)^6} + \dots$$

$$y_P = \frac{l^3}{3 \cdot (2 \cdot R \cdot L)} - \frac{l^7}{42 \cdot (2 \cdot R \cdot L)^3} + \frac{l^{11}}{1320 \cdot (2 \cdot R \cdot L)^5} - \frac{l^{15}}{75.600 \cdot (2 \cdot R \cdot L)^7} + \dots$$

- Simplificando la expresión anterior se obtiene:

$$x_F = L - \frac{L^3}{40 \cdot R^2} + \frac{L^5}{3.456 \cdot R^4} - \frac{L^7}{599.040 \cdot R^6} + \dots$$

$$y_F = \frac{L^2}{6 \cdot R} - \frac{L^4}{336 \cdot R^3} + \frac{L^6}{42.240 \cdot R^5} - \frac{L^8}{9.676.800 \cdot R^7} + \dots$$



## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

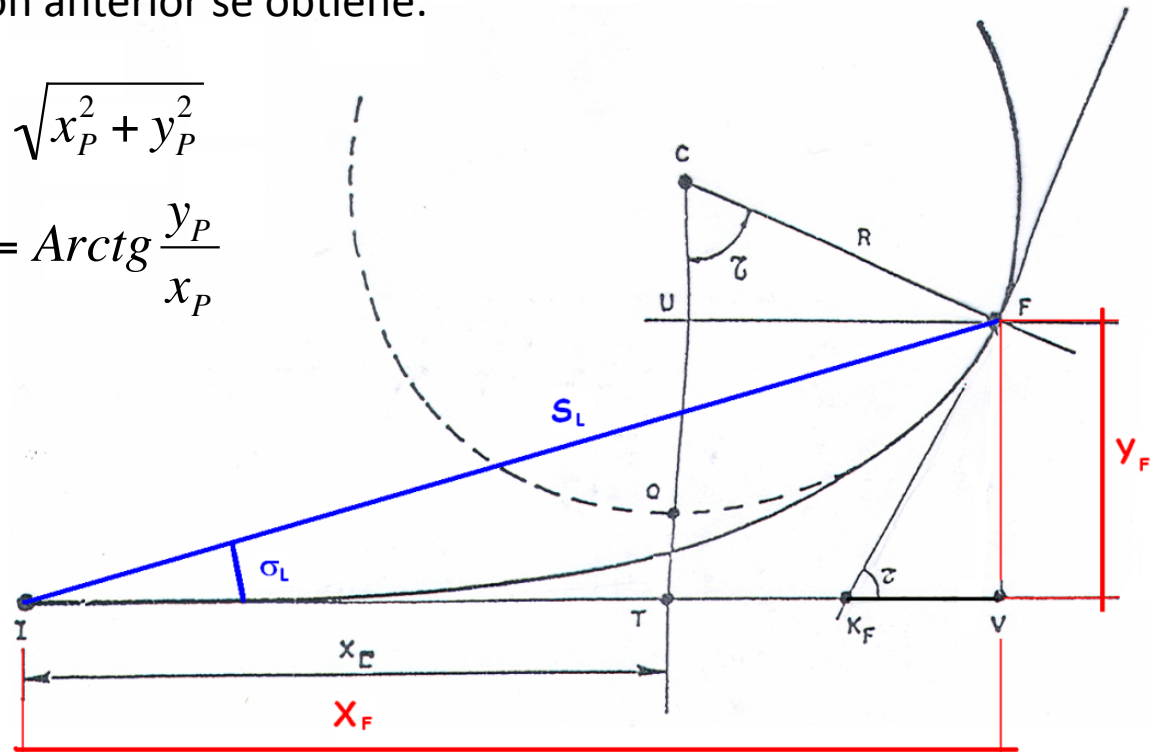
### 2.3. Alineación clotoide

#### ELEMENTOS MATEMÁTICOS DE LA CLOTOIDE.-

- Simplificando la expresión anterior se obtiene:

$$S_L = \sqrt{x_F^2 + y_F^2} \Leftrightarrow S_l = \sqrt{x_P^2 + y_P^2}$$

$$\sigma_L = \text{Arctg} \frac{y_F}{x_F} \Leftrightarrow \sigma_l = \text{Arctg} \frac{y_P}{x_P}$$



## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### ELEMENTOS MATEMÁTICOS DE LA CLOTOIDE.-

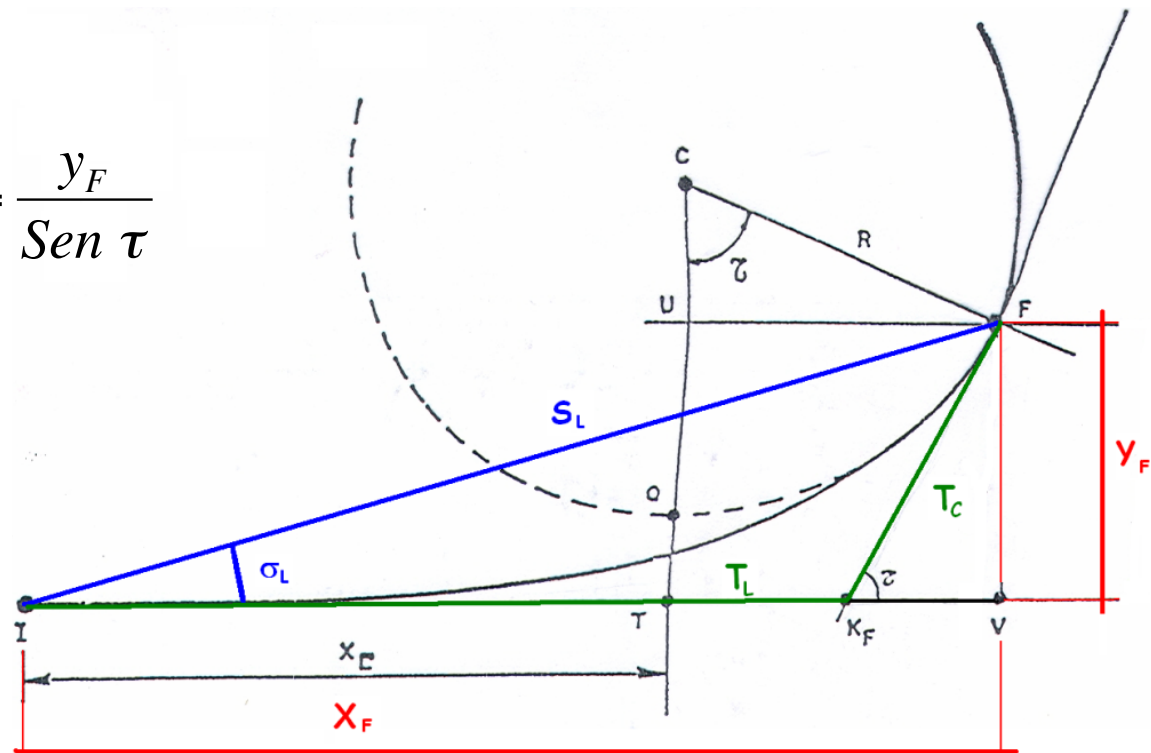
- Operando se obtiene:

– Tangente Corta:

$$\text{Sen } \tau = \frac{y_F}{TC} \Rightarrow TC = \frac{y_F}{\text{Sen } \tau}$$

– Tangente Larga:

$$TL = x_F - \frac{y_F}{\text{tag } \tau}$$



## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

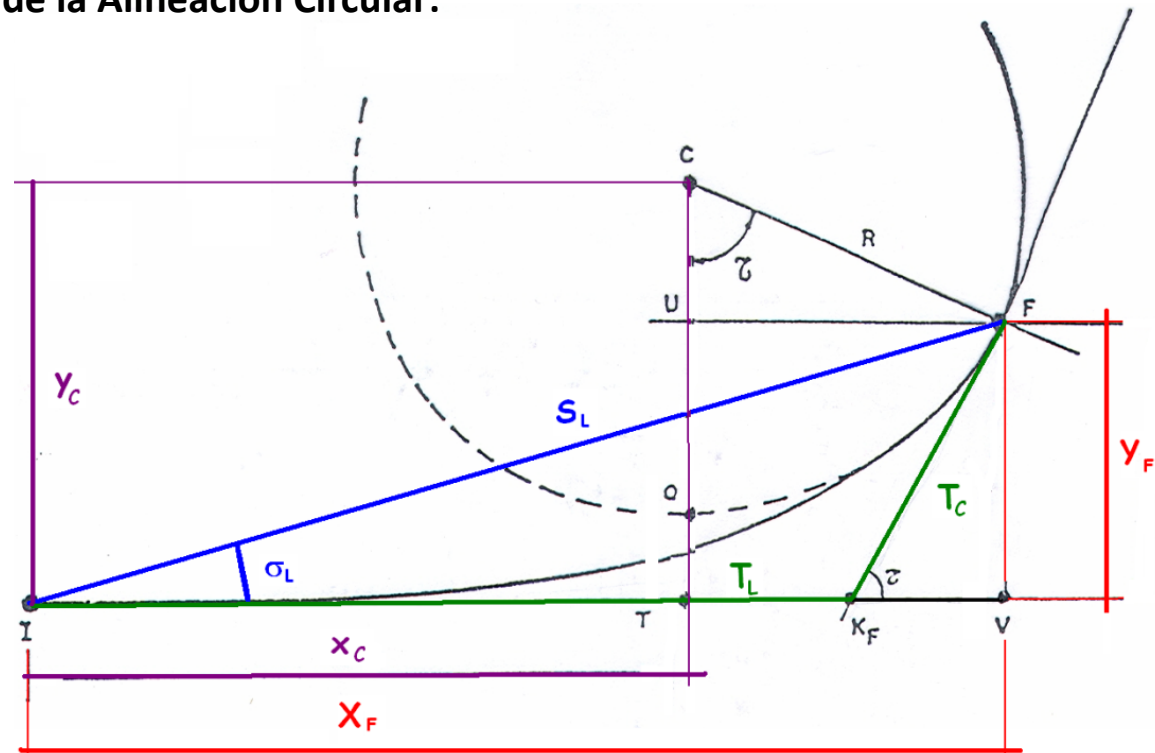
### 2.3. Alineación clotoide

#### ELEMENTOS MATEMÁTICOS DE LA CLOTOIDE.-

– Coordenadas del Centro de la Alineación Circular:

$$x_C = x_F - R \cdot \text{Sen } \tau$$

$$y_C = y_F + R \cdot \text{Cos } \tau$$



## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

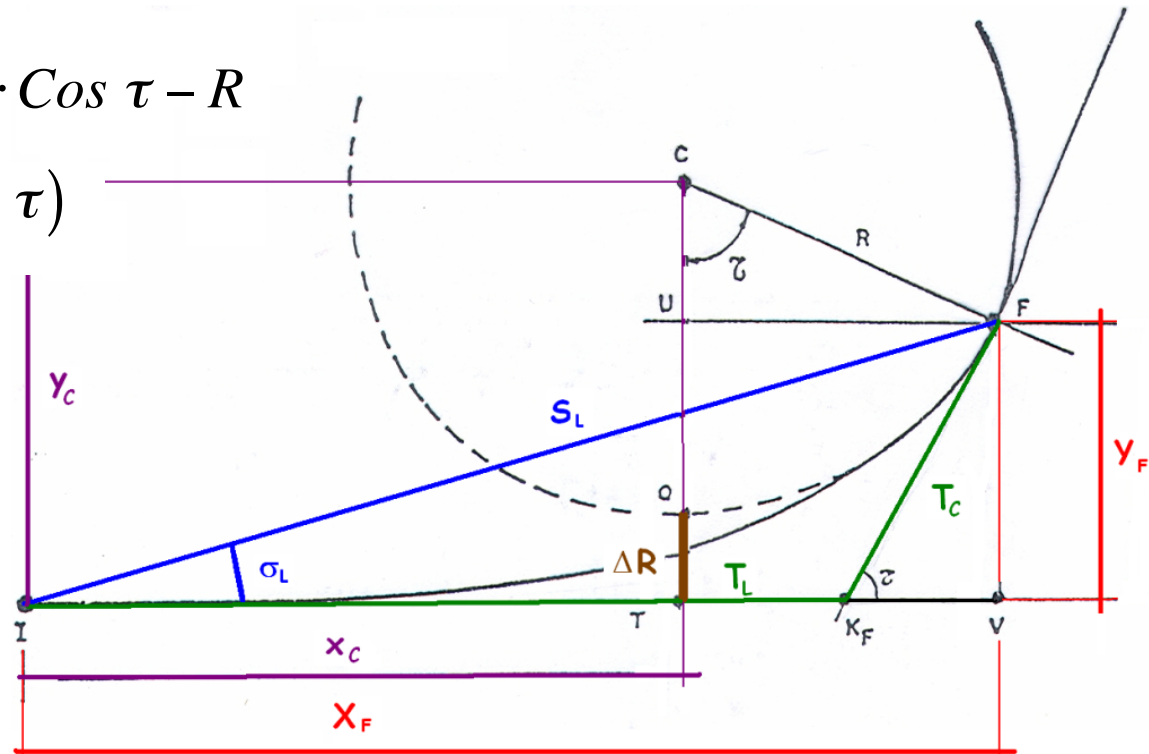
### 2.3. Alineación clotoide

#### ELEMENTOS MATEMÁTICOS DE LA CLOTOIDE.-

- Retranqueo:

$$\Delta R = y_C - R = y_F + R \cdot \cos \tau - R$$

$$\Delta R = y_F - R \cdot (1 - \cos \tau)$$



## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### SUPUESTO PRÁCTICO.-

- Obtener los datos representativos de la clotoide de parámetro  $A = 100$ , que enlaza una alineación recta con otra circular de radio  $R = 100$  m.

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### SUPUESTO PRÁCTICO.-

- Operando de forma elemental, se obtiene:

– Longitud:

$$A^2 = R \cdot L \Rightarrow L = \frac{A^2}{R} = \frac{100^2}{100} = 100 \text{ m.}$$

– Ángulo de variación de la clotoide:

$$\tau = \frac{L}{2 \cdot R} = \frac{100}{2 \cdot 100} = 0,5 \text{ Rad.}$$

$$\tau = \frac{L}{2 \cdot R} \cdot \frac{200}{\pi} = \frac{100}{2 \cdot 100} \cdot \frac{200}{\pi} = 31,8310^g$$

# 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

## 2.3. Alineación clotoide

### SUPUESTO PRÁCTICO.-

– Coordenadas locales del punto final de la clotoide:

$$x_F = L - \frac{L^3}{40 \cdot R^2} + \frac{L^5}{3.456 \cdot R^4} - \frac{L^7}{599.040 \cdot R^6} + \dots =$$

$$x_F = 100 - \frac{100^3}{40 \cdot 100^2} + \frac{100^5}{3.456 \cdot 100^4} - \frac{100^7}{599.040 \cdot 100^6} = 97,529 \text{ m.}$$

$$y_F = \frac{L^2}{6 \cdot R} - \frac{L^4}{336 \cdot R^3} + \frac{L^6}{42.240 \cdot R^5} - \frac{L^8}{9.676.800 \cdot R^7} + \dots =$$

$$y_F = \frac{100^2}{6 \cdot 100} - \frac{100^4}{336 \cdot 100^3} + \frac{100^6}{42.240 \cdot 100^5} - \frac{100^8}{9.676.800 \cdot 100^7} = 16,371 \text{ m.}$$



## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### SUPUESTO PRÁCTICO.-

– Cuerda y Ángulo Polar de la clotoide:

$$S_L = \sqrt{x_F^2 + y_F^2} = \sqrt{97,529^2 + 16,371^2} = 98,893 \text{ m.}$$

$$\sigma_L = \text{Arctg} \frac{y_F}{x_F} = \text{Arctg} \frac{16,371}{97,529} = 10,5875^\circ$$

– Tangente Corta:

$$TC = \frac{y_F}{\text{Sen } \tau} = \frac{16,371}{\text{Sen } 31,8310} = 34,147 \text{ m.}$$

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### SUPUESTO PRÁCTICO.-

– Tangente Larga:

$$TL = x_F - \frac{y_F}{\operatorname{tag} \tau} = 97,529 - \frac{16,371}{\operatorname{tag} 31,9310} = 67,562 \text{ m.}$$

– Coordenadas locales del Centro de la Alineación Circular:

$$x_C = x_F - R \cdot \operatorname{Sen} \tau = 97,529 - 100 \cdot \operatorname{Sen} 31,8310 = 49,586 \text{ m.}$$

$$y_C = y_F + R \cdot \operatorname{Cos} \tau = 16,371 + 100 \cdot \operatorname{Cos} 31,8310 = 104,129 \text{ m.}$$

– Retranqueo:

$$\Delta R = y_F - R \cdot (1 - \operatorname{Cos} \tau) = 16,371 - 100 \cdot (1 - \operatorname{Cos} 31,8310) = 4,129 \text{ m.}$$

# 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

## 2.3. Alineación clotoide

### SUPUESTO PRÁCTICO.-

- La posición de un punto genérico se define mediante el Punto Kilométrico y su correspondiente desarrollo dentro de la alineación:

**Ejemplo:  $l = 75 \text{ m.}$**

– Radio de Curvatura:

$$A^2 = R \cdot L = \rho \cdot l \Rightarrow \rho = \frac{A^2}{l} = \frac{100^2}{75} = 133,333 \text{ m.}$$

– Variación de la Tangente:

$$\alpha = \frac{l^2}{2 \cdot R \cdot L} = \frac{75^2}{2 \cdot 100 \cdot 100} \cdot \frac{200}{\pi} = 17,9049^\circ$$

# 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

## 2.3. Alineación clotoide

### SUPUESTO PRÁCTICO.-

– Coordenadas locales del punto genérico:

$$x_f = l - \frac{l^5}{10 \cdot (2 \cdot R \cdot L)^2} + \frac{l^9}{216 \cdot (2 \cdot R \cdot L)^4} - \frac{l^{13}}{9360 \cdot (2 \cdot R \cdot L)^6} + \dots =$$

$$x_f = 75 - \frac{75^5}{10 \cdot (2 \cdot 100 \cdot 100)^2} + \frac{75^9}{216 \cdot (2 \cdot 100 \cdot 100)^4} - \frac{75^{13}}{9360 \cdot (2 \cdot 100 \cdot 100)^6} = 74,409 \text{ m.}$$

$$y_f = \frac{l^3}{3 \cdot (2 \cdot R \cdot L)} - \frac{l^7}{42 \cdot (2 \cdot R \cdot L)^3} + \frac{l^{11}}{1320 \cdot (2 \cdot R \cdot L)^5} - \frac{l^{15}}{75.600 \cdot (2 \cdot R \cdot L)^7} + \dots =$$

$$y_f = \frac{75^3}{3 \cdot (2 \cdot 100 \cdot 100)} - \frac{75^7}{42 \cdot (2 \cdot 100 \cdot 100)^3} + \frac{75^{11}}{1320 \cdot (2 \cdot 100 \cdot 100)^5} - \frac{75^{15}}{75.600 \cdot (2 \cdot 100 \cdot 100)^7} = 6,99 \text{ m.}$$

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### SUPUESTO PRÁCTICO.-

– Cuerda y Ángulo Polar del punto genérico:

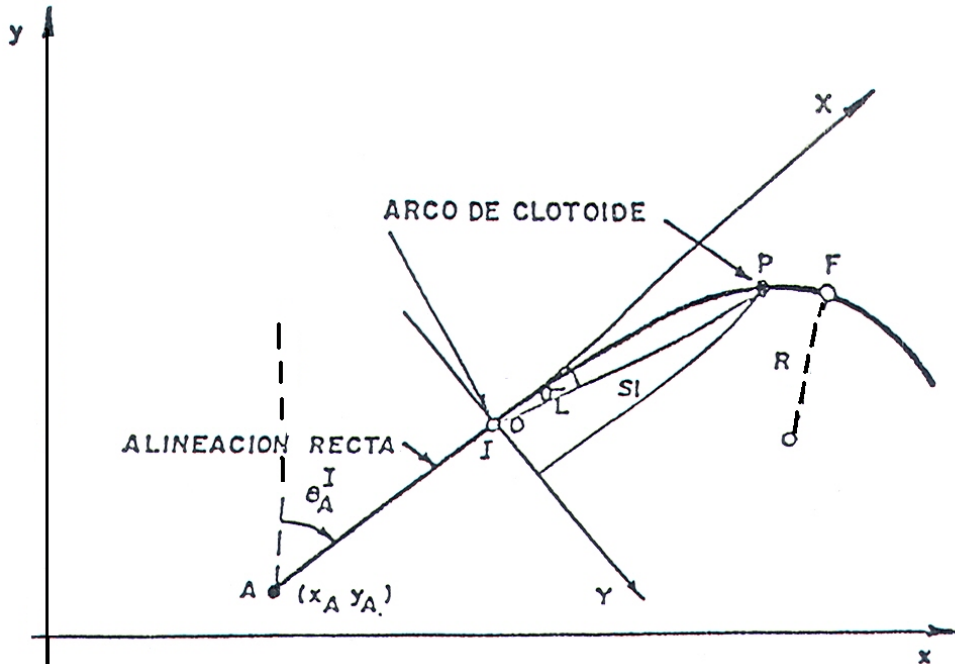
$$S_l = \sqrt{x_f^2 + y_f^2} = \sqrt{74,409^2 + 6,992^2} = 74,737 \text{ m.}$$

$$\sigma_l = \text{Arctg} \frac{y_f}{x_f} = \text{Arctg} \frac{6,992}{74,409} = 5,9646^\circ$$

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### REFERENCIACIÓN ABSOLUTA.-



$$X_I = X_A + D_A^I \cdot \text{Sen} \theta_A^I$$

$$Y_I = Y_A + D_A^I \cdot \text{Cos} \theta_A^I$$

$$S_L = \sqrt{x_F^2 + y_F^2}$$

$$\sigma_L = \text{Arctg} \frac{y_F}{x_F}$$

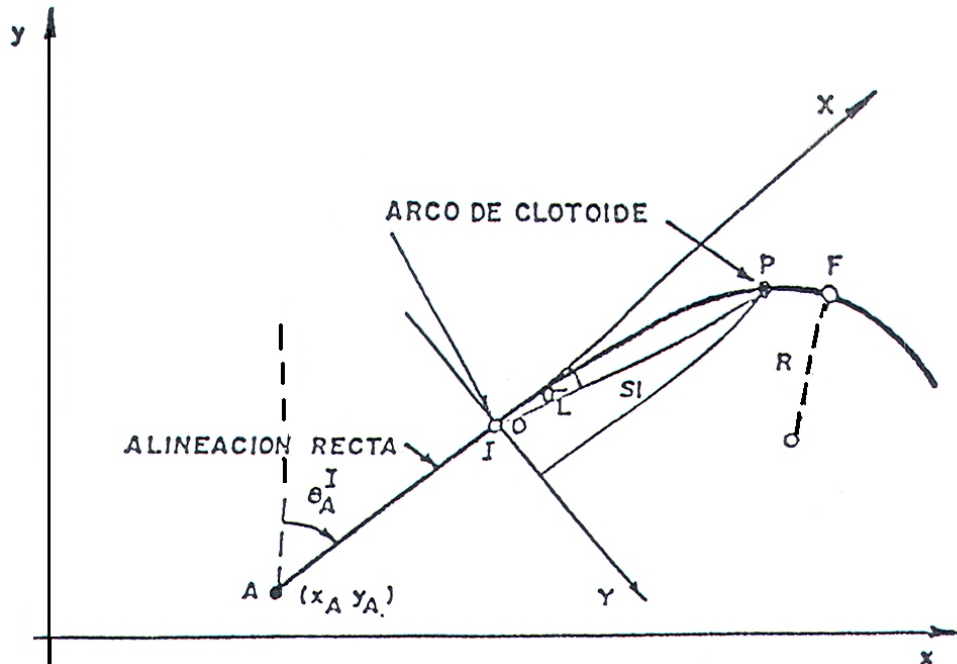
$$X_F = X_I + S_L \cdot \text{Sen}(\theta_A^I \pm \sigma_L)$$

$$Y_F = Y_I + S_L \cdot \text{Cos}(\theta_A^I \pm \sigma_L)$$

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### REFERENCIACIÓN ABSOLUTA.-



$$\tau = \frac{L}{2 \cdot R} \cdot \frac{200}{\pi}$$

$$X_O = X_F + R \cdot \text{Sen}(\theta_A^I \pm \tau \pm 100)$$

$$Y_O = Y_F + R \cdot \text{Cos}(\theta_A^I \pm \tau \pm 100)$$

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 3.-

Conocido un estado de alineaciones que define la traza de un canal destinado al transporte de mineral, en el interior de una explotación a cielo abierto y cuyos datos más significativos se describen a continuación:

- **ALINEACIÓN RECTA:**
  - Inicio A [10.000/10.000].
  - Longitud 125 m.
  - Acimut de salida 172,3690<sup>g</sup>.
- **ALINEACIÓN CIRCULAR:**
  - Radio 125 m.
  - Longitud 100 m.
- **ALINEACIÓN RECTA:**
  - Longitud 75 m.
- **ALINEACIÓN CLOTOIDE:**
  - Parámetro 80.
- **ALINEACIÓN CIRCULAR:**
  - Radio 110 m.
  - Ángulo Central 35,7620<sup>g</sup>.



## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

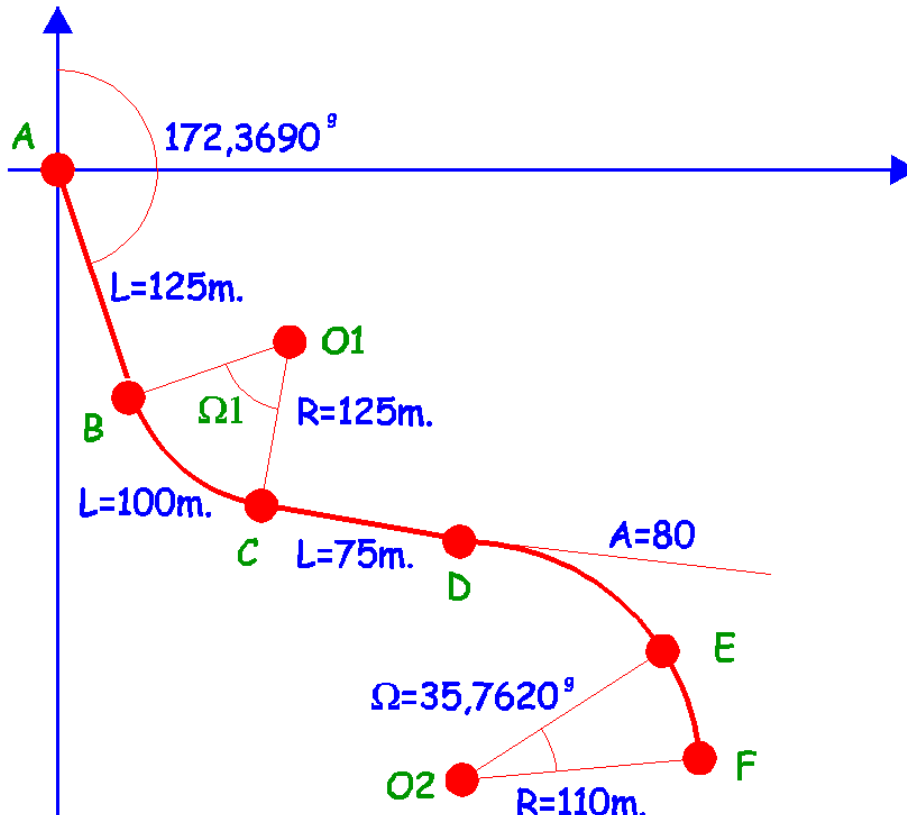
#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 3.-

- Sabiendo que la **primera curva** gira hacia la **Izquierda** y la **segunda** hacia la **Derecha** en el sentido de avance de los Puntos Kilométricos y considerando **A** como el inicio de estos...
- **OBTENER:**
  - **Coordenadas de B - C - D - E y F.**
  - **Ángulo Central de la primera Alineación Circular.**
  - **Tangente, Cuerda y Flecha de las dos Alineaciones Circulares.**
  - **Tangente Corta, Larga y Retranqueo de la Clotoide.**
  - **Longitud de la segunda Alineación Circular.**

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 3.-



$$\left. \begin{array}{l} 2 \cdot \pi \cdot R \quad \text{-----} \quad 400^g \\ L \quad \text{-----} \quad \Omega \end{array} \right\}$$

$$\Omega_1 = \frac{400 \cdot 100}{2 \cdot \pi \cdot 125} = 50,9296^g$$

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 3.-

#### COORDENADAS DE "B".-

$$\left. \begin{aligned} A &= [10.000,00 / 10.000,00] \\ \theta_A^B &= 172,3690^g \\ D_A^B &= 125 \text{ m.} \end{aligned} \right\} \Rightarrow B = \begin{cases} 10.052,56 \\ 9.886,59 \end{cases}$$

#### COORDENADAS DE "O1".-

$$\left. \begin{aligned} B &= [10.052,56 / 9.886,59] \\ \theta_B^O &= 72,3690^g \\ D_B^O &= R = 125 \text{ m.} \end{aligned} \right\} \Rightarrow O = \begin{cases} 10.165,97 \\ 9.939,15 \end{cases}$$

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 3.-

#### COORDENADAS DE "C".-

$$\left. \begin{array}{l} O = [10.165,97 / 9.939,15] \\ \theta_o^C = 221,4394^{\circ} \\ D_o^C = R = 125 \text{ m.} \end{array} \right\} \Rightarrow C = \begin{cases} 10.124,66 \\ 9.821,17 \end{cases}$$

#### TANGENTE, CUERDA Y FLECHA.-

$$Tangente = R \cdot \tan \frac{\Omega}{2} = 125 \cdot \tan \frac{50,9296}{2} = 52,85 \text{ m.}$$

$$Cuerda = 2 \cdot R \cdot \sin \frac{\Omega}{2} = 2 \cdot 125 \cdot \sin \frac{50,9296}{2} = 97,35 \text{ m.}$$

$$Flecha = R \cdot \left[ 1 - \cos \frac{\Omega}{2} \right] = 125 \cdot \left[ 1 - \cos \frac{50,9296}{2} \right] = 9,87 \text{ m.}$$

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 3.-

#### COORDENADAS DE "C".-

$$\left. \begin{array}{l} C = [10.124,66 / 9.821,17] \\ \theta_C^D = 121,4394^g \\ D_C^D = 75 \text{ m.} \end{array} \right\} \Rightarrow D = \begin{cases} 10.195,45 \\ 9.796,39 \end{cases}$$

#### CÁLCULOS DE LA CLOTOIDE.-

- Longitud:  $A^2 = R \cdot L \Rightarrow L = \frac{A^2}{R} = \frac{80^2}{110} = 58,18 \text{ m.}$

- Ángulo de variación de la clotoide:  $\tau = \frac{L}{2 \cdot R} \cdot \frac{200}{\pi} = \frac{58,18}{2 \cdot 110} \cdot \frac{200}{\pi} = 16,8362^g$

# 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

## 2.3. Alineación clotoide

### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 3.-

### CÁLCULOS DE LA CLOTOIDE.-

– Coordenadas locales del punto final de la clotoide:

$$x_F = L - \frac{L^3}{40 \cdot R^2} + \frac{L^5}{3.456 \cdot R^4} - \frac{L^7}{599.040 \cdot R^6} + \dots =$$

$$x_F = 58,18 - \frac{58,18^3}{40 \cdot 110^2} + \frac{58,18^5}{3.456 \cdot 110^4} - \frac{58,18^7}{599.040 \cdot 110^6} = 57,77 \text{ m.}$$

$$y_F = \frac{L^2}{6 \cdot R} - \frac{L^4}{336 \cdot R^3} + \frac{L^6}{42.240 \cdot R^5} - \frac{L^8}{9.676.800 \cdot R^7} + \dots =$$

$$y_F = \frac{58,18^2}{6 \cdot 110} - \frac{58,18^4}{336 \cdot 110^3} + \frac{58,18^6}{42.240 \cdot 110^5} - \frac{58,18^8}{9.676.800 \cdot 110^7} = 5,10 \text{ m.}$$

# 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

## 2.3. Alineación clotoide

### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 3.-

### CÁLCULOS DE LA CLOTOIDE.-

– Cuerda y Ángulo Polar de la Clotoide:

$$S_L = \sqrt{x_F^2 + y_F^2} = \sqrt{57,77^2 + 5,10^2} = 58,00 \text{ m.}$$

$$\sigma_L = \text{Arctg} \frac{y_F}{x_F} = \text{Arctg} \frac{5,10}{57,77} = 5,6056^\circ$$

### COORDENADAS DE "E".-

$$\left. \begin{array}{l} D = [10.195,45 / 9.796,39] \\ \theta_D^E = 127,0481^\circ \\ D_D^E = S_L = 58,00 \text{ m.} \end{array} \right\} \Rightarrow E = \begin{cases} 10.248,29 \\ 9.772,48 \end{cases}$$

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 3.-

#### COORDENADAS DE "O2".-

$$\left. \begin{aligned} E &= [10.248,29 / 9.772,48] \\ \theta_E^{O_2} &= 238,2756^g \\ D_E^{O_2} &= R = 110 \text{ m.} \end{aligned} \right\} \Rightarrow O_2 = \begin{cases} 10.186,07 \\ 9.681,77 \end{cases}$$

#### COORDENADAS DE "F".-

$$\left. \begin{aligned} O_2 &= [10.186,07 / 9.681,77] \\ \theta_{O_2}^F &= 74,0376^g \\ D_{O_2}^F &= R = 110 \text{ m.} \end{aligned} \right\} \Rightarrow F = \begin{cases} 10.287,05 \\ 9.725,40 \end{cases}$$



## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 3.-

#### LONGITUD DE LA SEGUNDA ALINEACIÓN CIRCULAR.-

$$\left. \begin{array}{l} 2 \cdot \pi \cdot R \text{ ----- } 400^g \\ L \text{ ----- } \Omega \end{array} \right\} \Rightarrow L = \frac{2 \cdot \pi \cdot 110 \cdot 35,7620}{400} = 61,79 \text{ m.}$$

#### TANGENTE, CUERDA Y FLECHA.-

$$Tangente = R \cdot \tan \frac{\Omega}{2} = 110 \cdot \tan \frac{35,7620}{2} = 31,73 \text{ m.}$$

$$Cuerda = 2 \cdot R \cdot \sin \frac{\Omega}{2} = 2 \cdot 110 \cdot \sin \frac{35,7620}{2} = 60,98 \text{ m.}$$

$$Flecha = R \cdot \left[ 1 - \cos \frac{\Omega}{2} \right] = 110 \cdot \left[ 1 - \cos \frac{35,7620}{2} \right] = 4,31 \text{ m.}$$

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 3.-

#### TANGENTE CORTA, LARGA Y RETRANQUEO.-

– Tangente Corta:

$$TC = \frac{y_F}{\text{Sen } \tau} = \frac{5,10}{\text{Sen } 16,8362} = 19,50 \text{ m.}$$

– Tangente Larga:

$$TL = x_F - \frac{y_F}{\text{tag } \tau} = 57,77 - \frac{5,10}{\text{tag } 16,8362} = 38,94 \text{ m.}$$

– Retranqueo:

$$\Delta R = y_F - R \cdot (1 - \text{Cos } \tau) = 5,10 - 110 \cdot (1 - \text{Cos } 16,8362) = 1,27 \text{ m.}$$

# 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

## 2.3. Alineación clotoide

### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 4.-

Obtener las coordenadas planimétricas de los puntos singulares que pertenecen a la definición geométrica de la traza de un acceso a una explotación minera que se caracteriza por tener los siguientes datos básicos de cálculo:

- **ALINEACIÓN RECTA:**

- Inicio A [10.000/10.000].
- Longitud 316,48 m.
- Acimut de salida 320,4215<sup>g</sup>.

- **ALINEACIÓN CLOTOIDE:**

- Parámetro 120.

- **ALINEACIÓN CIRCULAR:**

- Radio 240 m.
- Ángulo Central 35,7620<sup>g</sup>.

- **ALINEACIÓN CLOTOIDE:**

- Parámetro 120.

- **ALINEACIÓN CIRCULAR:**

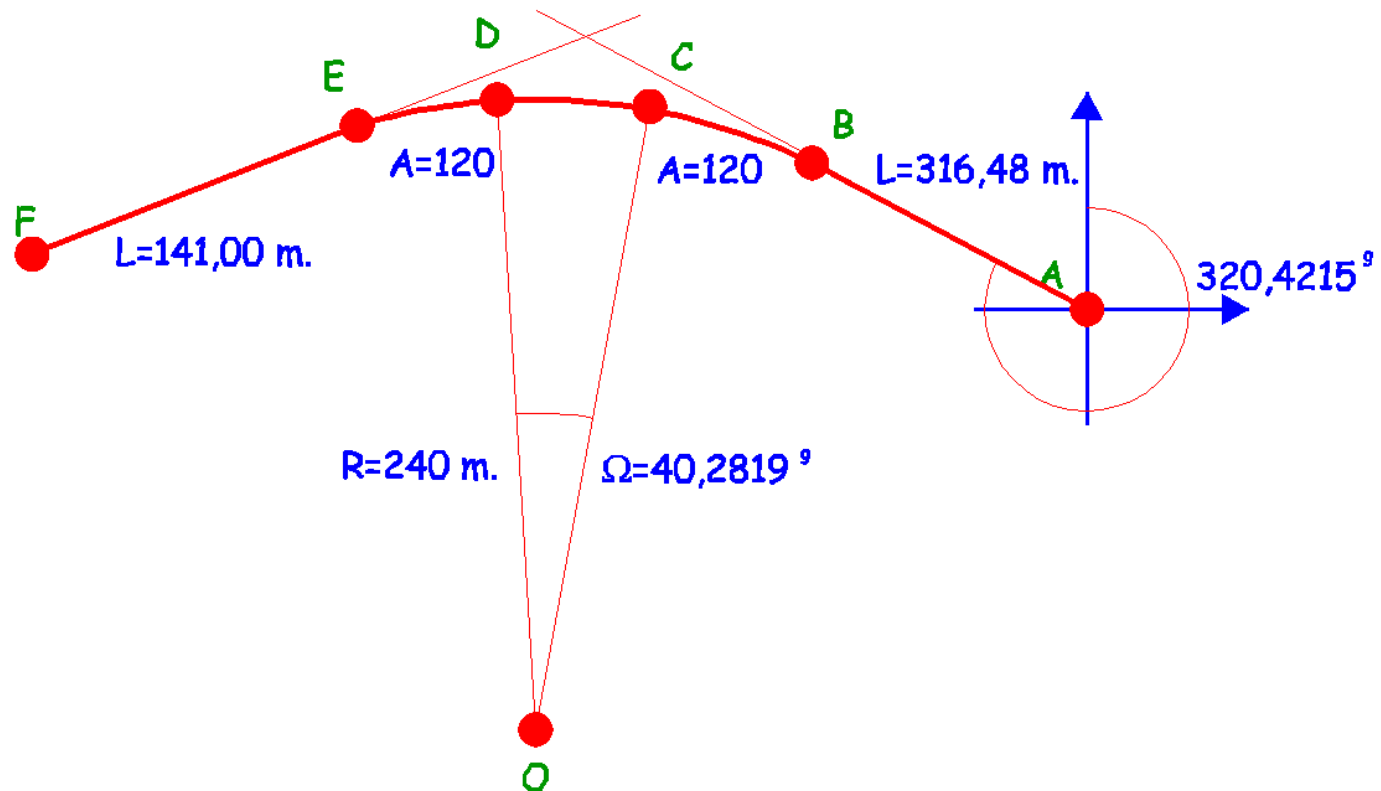
- Radio 110 m.
- Ángulo Central 35,7620<sup>g</sup>.

**NOTA:** la curva descrita gira hacia la Izquierda en el sentido de avance de los puntos kilométricos, considerando A como el inicio.

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 4.-



## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 4.-

#### COORDENADAS DE "B".-

$$\left. \begin{array}{l} A = [10.000,00 / 10.000,00] \\ \theta_A^B = 320,4215^g \\ D_A^B = 316,48 \text{ m.} \end{array} \right\} \Rightarrow B = \left\{ \begin{array}{l} 9.699,66 \\ 10.099,79 \end{array} \right.$$

#### CÁLCULOS CLOTOIDE.-

$$A^2 = R \cdot L \Rightarrow L = \frac{A^2}{R} = \frac{120^2}{240} = 60,00 \text{ m.}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} A = 120 \\ R = 240 \\ L = 60 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} X_F = 59,91 \\ Y_F = 2,50 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} S_L = 59,96 \text{ m.} \\ \sigma_L = 2,6522^g \end{array} \right.$$

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 4.-

#### COORDENADAS DE "C".-

$$\left. \begin{aligned} B &= [9.699,66 / 10.099,79] \\ \theta_B^C &= 317,7693^g \\ D_B^C &= 59,96 m. \end{aligned} \right\} \Rightarrow C = \begin{cases} 9.642,02 \\ 10.116,31 \end{cases}$$

#### CÁLCULOS DE LA CLOTOIDE.-

– Ángulo de variación de la clotoide:

$$\tau = \frac{L}{2 \cdot R} \cdot \frac{200}{\pi} = \frac{60,00}{2 \cdot 240} \cdot \frac{200}{\pi} = 7,9577^g$$

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 4.-

#### COORDENADAS DE "O".-

$$\left. \begin{array}{l} C = [9.642,02 / 10.116,31] \\ \theta_C^O = 212,4638^g \\ D_C^O = R = 240 \text{ m.} \end{array} \right\} \Rightarrow O = \begin{cases} 9.595,33 \\ 9.880,89 \end{cases}$$

#### COORDENADAS DE "D".-

$$\left. \begin{array}{l} O = [9.595,33 / 9.880,89] \\ \theta_O^D = 372,1819^g \\ D_O^D = R = 240 \text{ m.} \end{array} \right\} \Rightarrow D = \begin{cases} 9.493,76 \\ 10.098,34 \end{cases}$$

## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 4.-

#### COORDENADAS DE "E".-

$$\left. \begin{aligned} D &= [9.493,76 / 10.098,34] \\ \theta_D^E &= 266,8764^g \\ D_D^E &= S_L = 59,96 m. \end{aligned} \right\} \Rightarrow E = \begin{cases} 9.441,73 \\ 10.068,53 \end{cases}$$

#### COORDENADAS DE "F".-

$$\left. \begin{aligned} E &= [9.441,73 / 10.068,53] \\ \theta_E^F &= 269,5286^g \\ D_E^F &= 141 m. \end{aligned} \right\} \Rightarrow F = \begin{cases} 9.316,57 \\ 10.003,59 \end{cases}$$



## 2. GEOMETRÍA EN PLANTA

### 2.3. Alineación clotoide

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 4.-

#### TANGENTE CORTA, LARGA Y RETRANQUEO.-

– Tangente Corta:

$$TC = \frac{y_F}{\text{Sen } \tau} = \frac{2,50}{\text{Sen } 7,9577} = 20,05 \text{ m.}$$

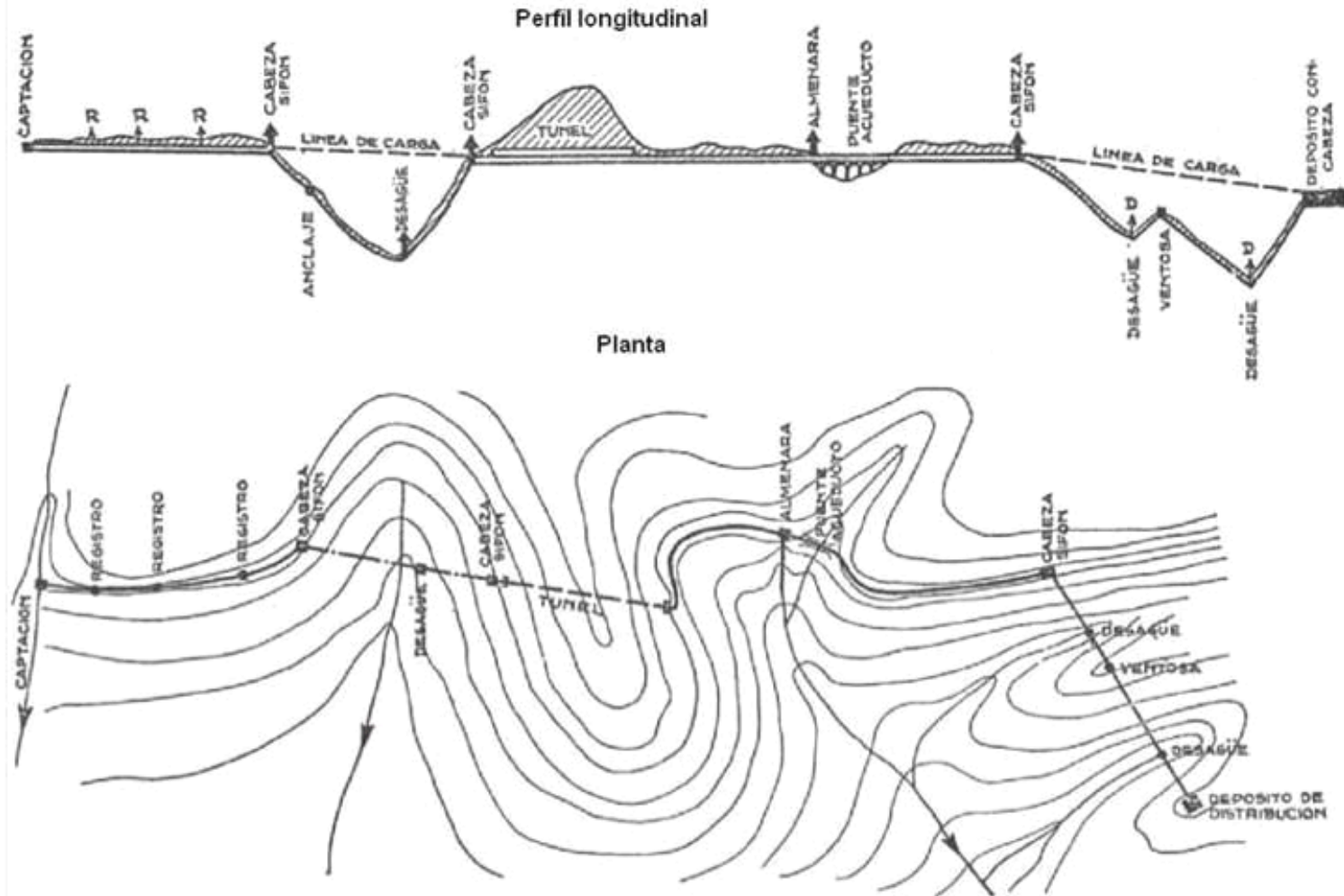
– Tangente Larga:

$$TL = x_F - \frac{y_F}{\text{tag } \tau} = 59,91 - \frac{2,5}{\text{tag } 7,9577} = 40,01 \text{ m.}$$

– Retranqueo:

$$\Delta R = y_F - R \cdot (1 - \text{Cos } \tau) = 2,5 - 240 \cdot (1 - \text{Cos } 7,9577) = 0,63 \text{ m.}$$

## 3. GEOMETRÍA EN ALZADO



## 3. GEOMETRÍA EN ALZADO

**RASANTE.** Línea que describe un elemento en el espacio bidimensional definido por las Cotas y los Puntos Kilométricos.

En la geometría en alzado se emplean las siguientes alineaciones:

- **Alineaciones Rectas.**
- **Alineaciones Circulares.**
- **Alineaciones Parabólicas.**



## 3. GEOMETRÍA EN ALZADO

### 3.1. Alineación recta

La alineación recta, altimétricamente se caracteriza por que todos sus puntos tienen la misma pendiente. Existen dos procedimientos para definir una alineación recta:

- **Punto Inicial y Final de la Alineación [Pk/Z].**
- **Punto Inicial, Longitud y Pendiente de la Alineación.**

## 3. GEOMETRÍA EN ALZADO

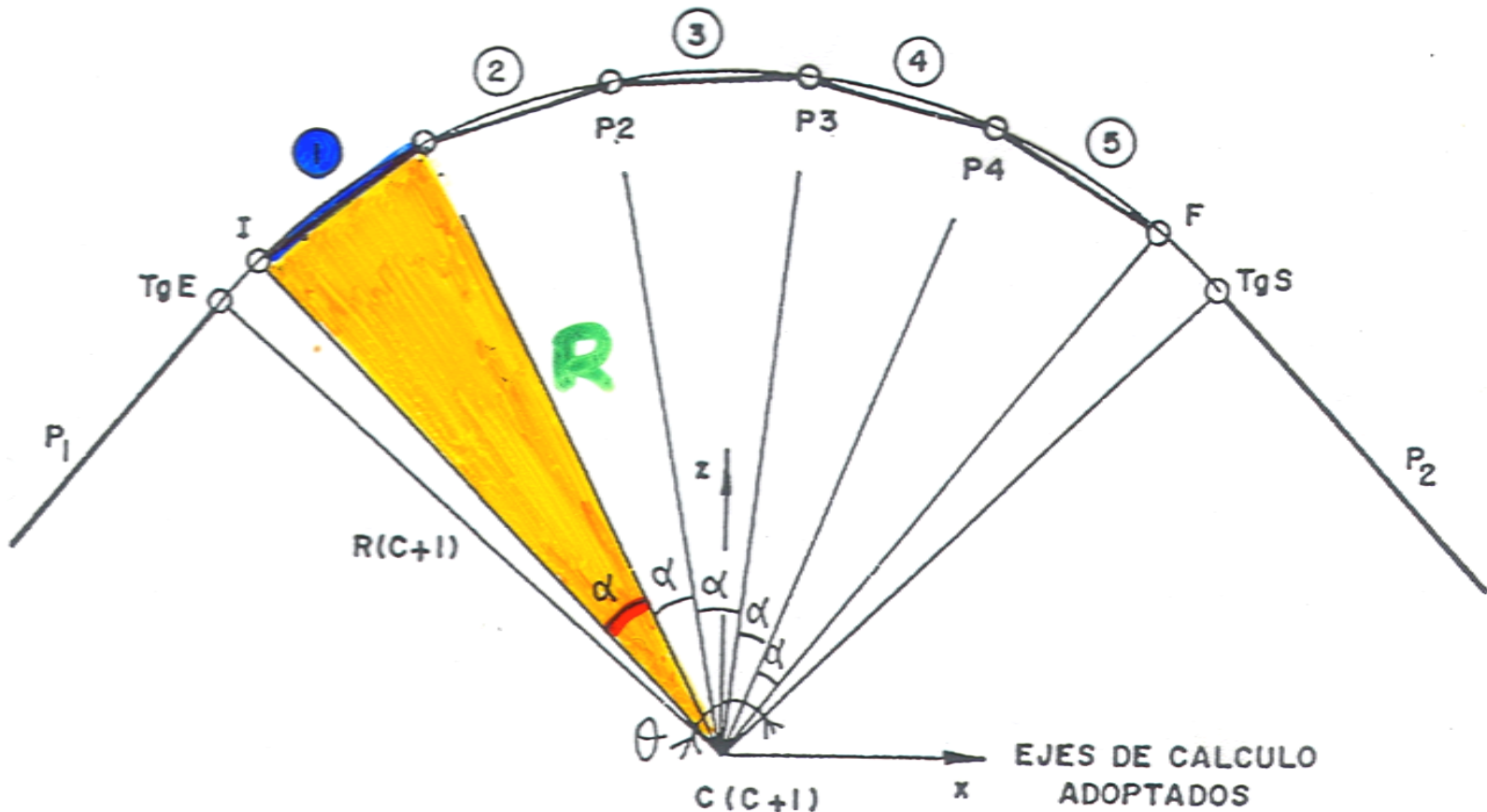
### 3.2. Alineación circular

La alineación CIRCULAR se caracteriza por quedar definida por su radio, para conducciones se suele combinar con tramos rectilíneos lo que genera los trazados mediante **PIPELINES**. Los datos fundamentales son los siguientes:

- **Radio Circunferencia y Longitud del Tramo.**
- **Se trabaja de forma análoga a la geometría en planta, pero cambiando el eje X, Y por PK, Z.**

### 3. GEOMETRÍA EN ALZADO

#### 3.2. Alineación circular



### 3. GEOMETRÍA EN ALZADO

#### 3.3. Alineación parabólica

La alineación **PARABÓLICA** se caracteriza por quedar definida por su parámetro ( $K_v$ ), que permite suavizar los trazados altimétricos, haciéndoles menos pronunciados que si se emplean exclusivamente alineaciones circulares. Los datos fundamentales son los siguientes:

- **Ecuación de la Parábola:**

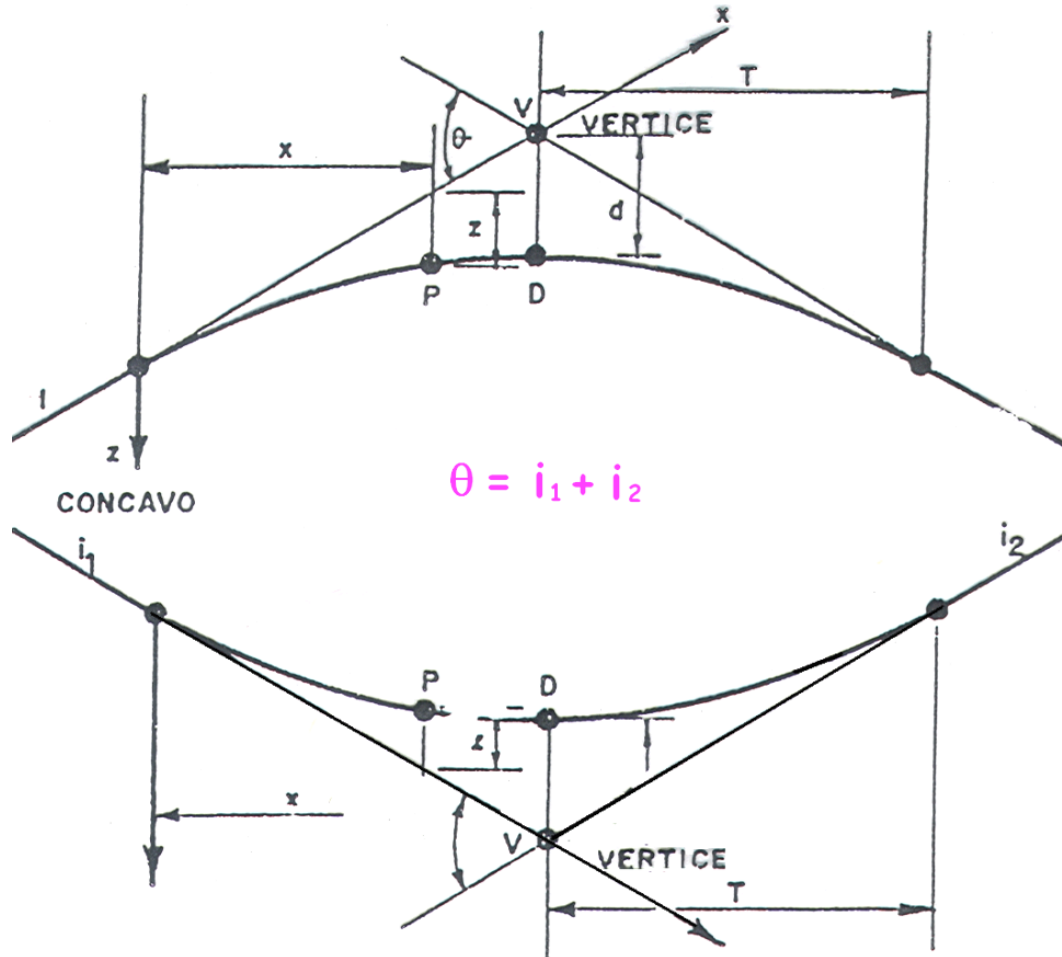
$$y = \frac{x^2}{2 \cdot K_v}$$

- **Ecuaciones que verifica la Parábola:**

$$T = \frac{K_v \cdot \theta}{2} \Leftrightarrow L = \frac{K_v \cdot \theta^2}{8}$$

## 3. GEOMETRÍA EN ALZADO

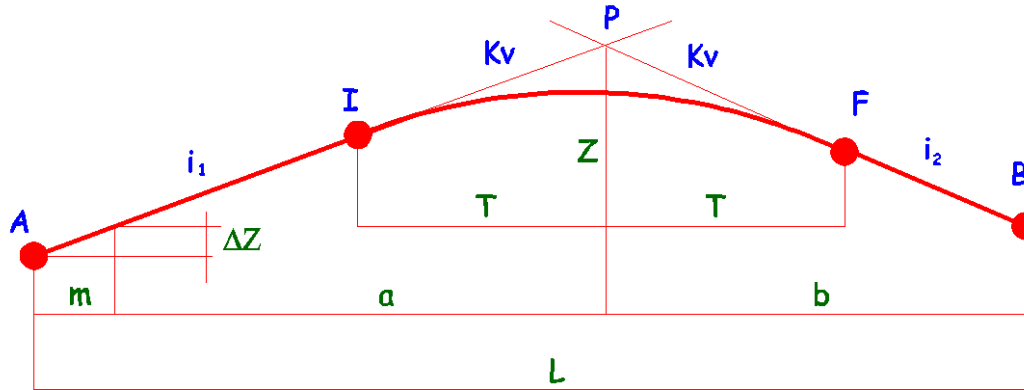
### 3.3. Alineación parabólica





## 3. GEOMETRÍA EN ALZADO

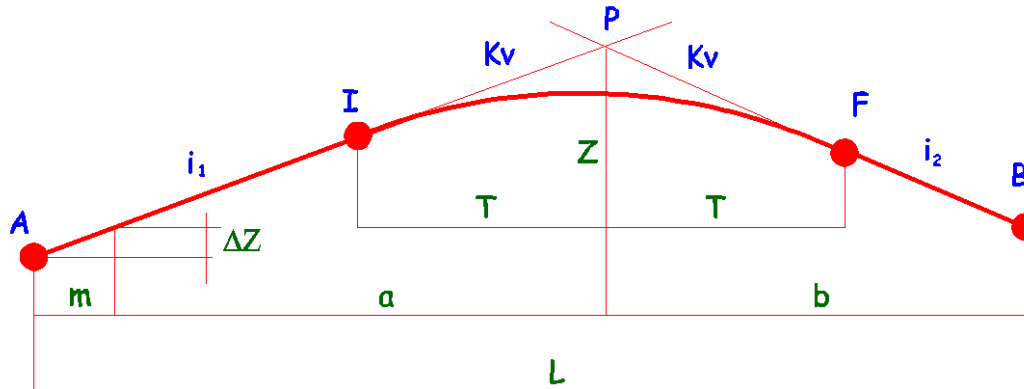
### 3.3. Alineación parabólica



$$\Delta Z = Z_A - Z_B \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 100 \text{ — } i_1 \\ m \text{ — } \Delta Z \end{array} \right\} \Rightarrow m \quad \left\{ \begin{array}{l} 100 \text{ — } i_1 \\ a \text{ — } Z \end{array} \right\} \quad \left\{ \begin{array}{l} 100 \text{ — } i_2 \\ b \text{ — } Z \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} i_1 \cdot a = i_2 \cdot b \\ L = a + b + m \end{array} \right\} \Rightarrow a, b$$

### 3. GEOMETRÍA EN ALZADO

#### 3.3. Alineación parabólica



$$PUNTO I \Rightarrow Pk = m + a - T$$

$$Z_I = Z_A + (i_1 \cdot Pk)$$

$$PUNTO F \Rightarrow Pk = m + a + T = L - b + T$$

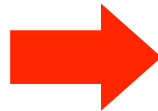
$$Z_F = Z_B + [i_2 \cdot (L - Pk)]$$

$$PUNTO P \Rightarrow Pk = m + a = L - b$$

$$Z_P = Z_A + [i_1 \cdot Pk] - \frac{Kv \cdot \theta^2}{8} = Z_B + [i_2 \cdot b] - \frac{Kv \cdot \theta^2}{8}$$

$$\theta = i_1 + i_2$$

$$T = \frac{Kv \cdot \theta}{2}$$






### 3. GEOMETRÍA EN ALZADO

#### 3.4. Diagrama de curvaturas y peraltes

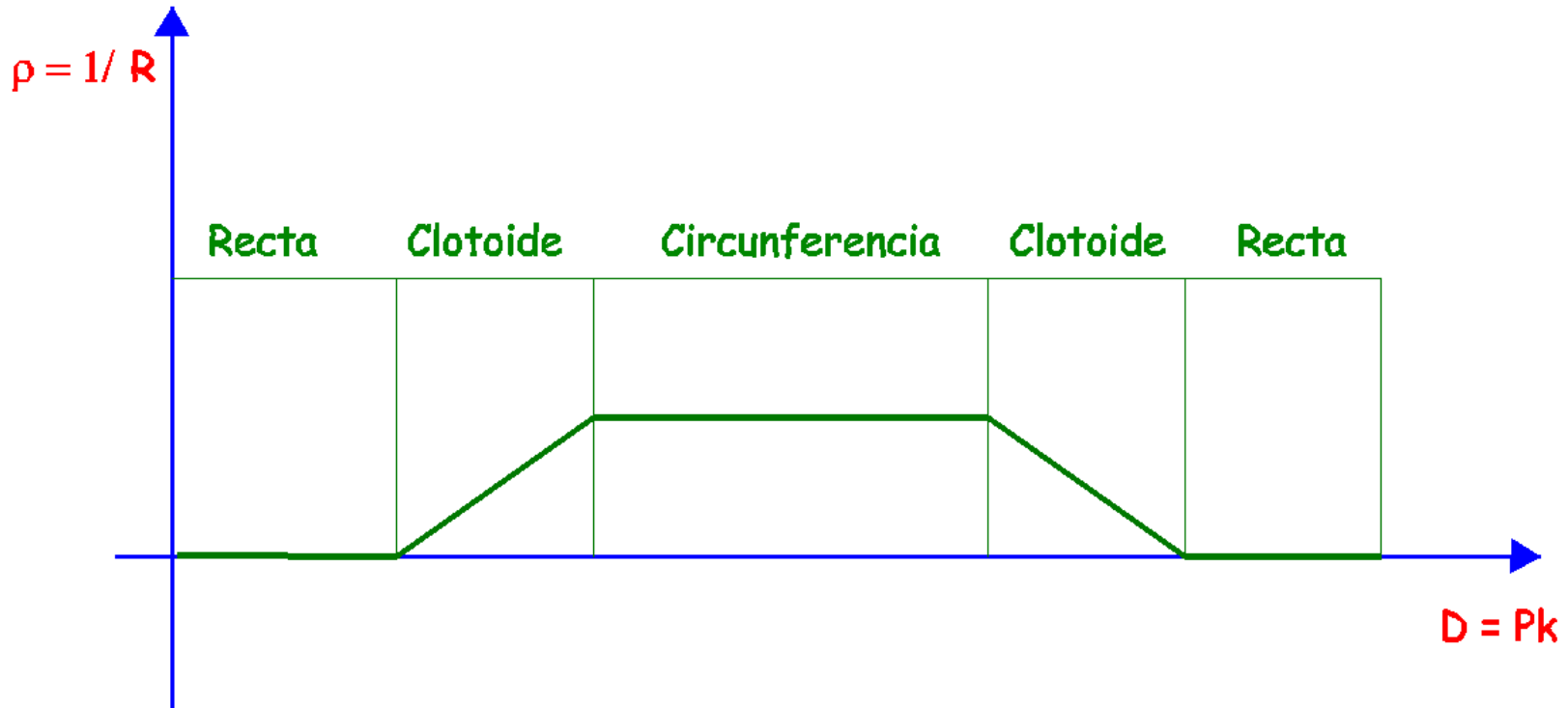
**DIAGRAMA DE CURVATURAS.** Refleja la curvatura de una sucesión encadenada de alineaciones.

$$CURVATURA = \rho = \frac{1}{\text{Radio de la alineación}}$$

- **Alineación Recta**   $R = \infty \Rightarrow \rho = 1/\infty = 0$
- **Alineación Clotoide**   $R = \infty \Rightarrow \rho = 1/\infty = 0$   
 $R = R \Rightarrow \rho = 1/R$
- **Alineación Circular**   $R = R \Rightarrow \rho = 1/R$

## 3. GEOMETRÍA EN ALZADO

### 3.4. Diagrama de curvaturas y peraltes



### 3. GEOMETRÍA EN ALZADO

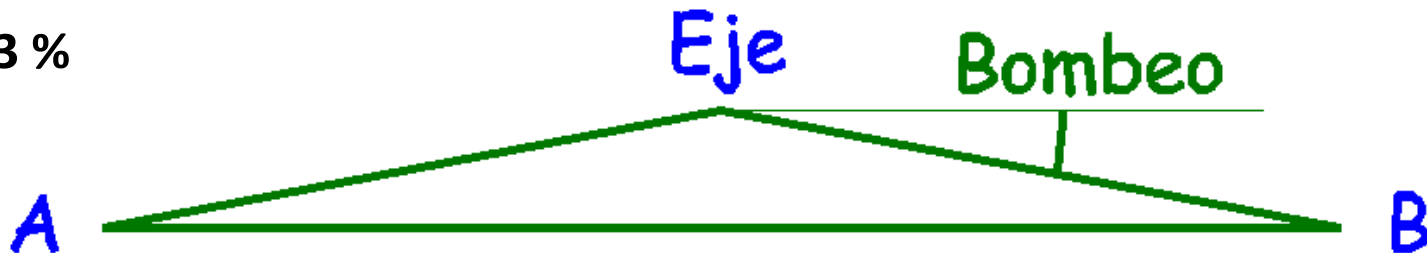
#### 3.4. Diagrama de curvaturas y peraltes

**DIAGRAMA DE PERALTES.** Permite subir y bajar los carriles en las alineaciones circulares para contrarrestar la fuerza centrífuga.

**SECCIÓN EN ALINEACIÓN RECTA:**

- **BOMBEO:** inclinación que se da a los carriles de una carretera para desaguar el agua de escorrentería.

$B = 2 - 3 \%$



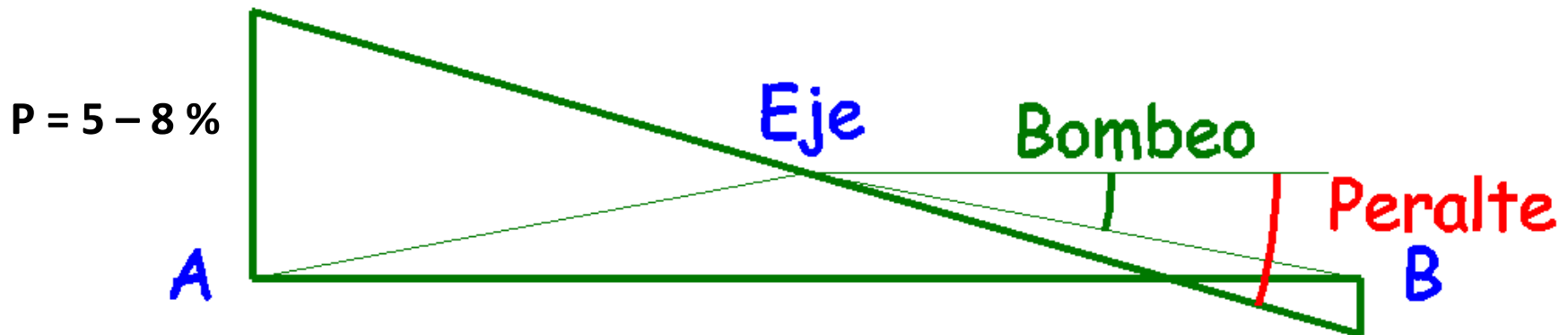
### 3. GEOMETRÍA EN ALZADO

#### 3.4. Diagrama de curvaturas y peraltes

**DIAGRAMA DE PERALTES.** Permite subir y bajar los carriles en las alineaciones circulares para contrarrestar la fuerza centrífuga.

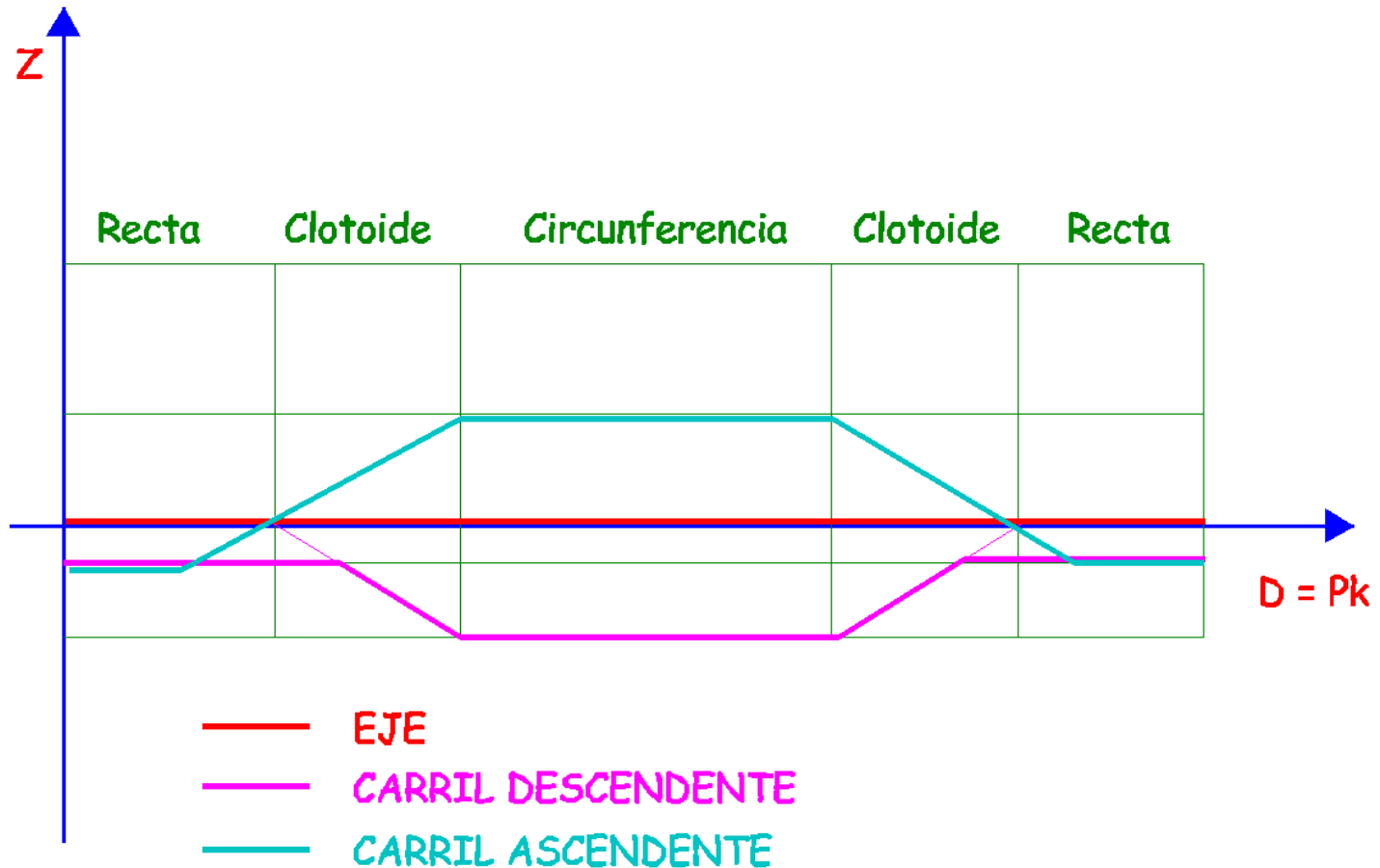
**SECCIÓN EN ALINEACIÓN CIRCULAR:**

- **PERALTE:** inclinación que se da a los carriles de una carretera para contrarrestar la fuerza centrífuga de las curvas.



### 3. GEOMETRÍA EN ALZADO

#### 3.4. Diagrama de curvaturas y peraltes



## 3. GEOMETRÍA EN ALZADO

### 3.4. Diagrama de curvaturas y peraltes

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 5.-

Para realizar el acceso a un recinto minero se ha adoptado el siguiente estado de alineaciones:

#### ENCAJE PLANIMÉTRICO.

- **ALINEACIÓN RECTA:**

- A = P.K. 0+000.
- Longitud 318,26 m.

- **ALINEACIÓN CLOTOIDE:**

- C = Final = [1.000/1.000].
- Longitud 80 m.
- Acimut de salida en C = 163,2894<sup>g</sup>.

- **ALINEACIÓN CIRCULAR:**

- Radio 100 m.
- Longitud 201,74 m.

- **ALINEACIÓN CLOTOIDE:**

- Parámetro 120.

- **ALINEACIÓN CIRCULAR:**

- Radio 110 m.
- Ángulo Central 35,7620<sup>g</sup>.

**NOTA:** el trazado gira hacia la Izquierda en el sentido de avance de los puntos kilométricos.



## 3. GEOMETRÍA EN ALZADO

### 3.4. Diagrama de curvaturas y peraltes

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 5.-

#### ENCAJE ALTIMÉTRICO.

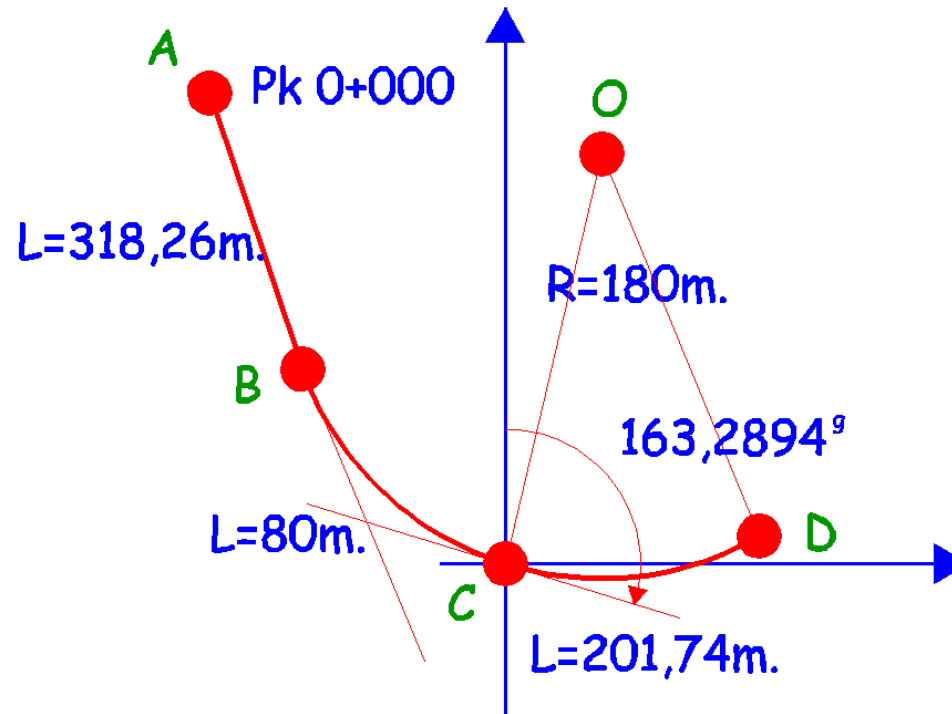
- **ALINEACIÓN RECTA:**
    - Cota del inicio 98,72 m.
    - Inclinación del 3 % ascendente.
  - **ALINEACIÓN PARABÓLICA:**
    - $K_v = 2.800$ .
  - **ALINEACIÓN RECTA:**
    - Cota final 99,88 m.
    - Inclinación del 4 % descendente.
  - **ALINEACIÓN CLOTOIDE:**
    - Parámetro 120.
  - **ALINEACIÓN CIRCULAR:**
    - Radio 110 m.
    - Ángulo Central  $35,7620^\circ$ .
- 
- **OBTENER:**
    - **Coordenadas planimétricas del Punto Kilométrico 0+350.**
    - **Coordenadas planimétricas y Punto Kilométrico de los puntos singulares A - B - O y D.**
    - **Coordenadas altimétricas y Punto Kilométrico de los puntos singulares I y F.**
    - **Coordenadas del punto medio del acuerdo vertical.**

### 3. GEOMETRÍA EN ALZADO

#### 3.4. Diagrama de curvaturas y peraltes

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 5.-

TANGENTE CORTA, LARGA Y RETRANQUEO.-



## 3. GEOMETRÍA EN ALZADO

### 3.4. Diagrama de curvaturas y peraltes

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 5.-

COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-

**PARÁMETROS DE LA CLOTOIDE.-**

$$A^2 = R \cdot L \Rightarrow A = \sqrt{R \cdot L} = \sqrt{180 \cdot 80} = 120$$

$$\left\{ \begin{array}{l} A = 120 \\ R = 180 \\ L = 80 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} X_F = 79,606 \\ Y_F = 5,905 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} S_L = 79,824 \text{ m.} \\ \sigma_L = 4,7137^\circ \end{array} \right.$$

$$\tau = \frac{L}{2 \cdot R} \cdot \frac{200}{\pi} = \frac{80,00}{2 \cdot 180} \cdot \frac{200}{\pi} = 14,1471^\circ$$

### 3. GEOMETRÍA EN ALZADO

#### 3.4. Diagrama de curvaturas y peraltes

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 5.-

COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-

**COORDENADAS DE "O".-**

$$\left. \begin{aligned} C &= [1.000,00 / 1.000,00] \\ \theta_C^O &= \theta_C - 100 = 63,2894^g \\ D_C^O &= R = 180m. \end{aligned} \right\} \Rightarrow O = \begin{cases} 1.150,89 \\ 1.098,14 \end{cases}$$

**COORDENADAS DE "D".-**

$$\left. \begin{aligned} 2 \cdot \pi \cdot R & \quad 400^g \\ L & \quad \Omega \end{aligned} \right\} \Rightarrow \Omega = \frac{400 \cdot 201,74}{2 \cdot \pi \cdot 180} = 71,3509^g$$

$$\theta_o^D = \theta_o^C - \Omega = 263,2894 - 71,3509 = 191,9385^g$$

### 3. GEOMETRÍA EN ALZADO

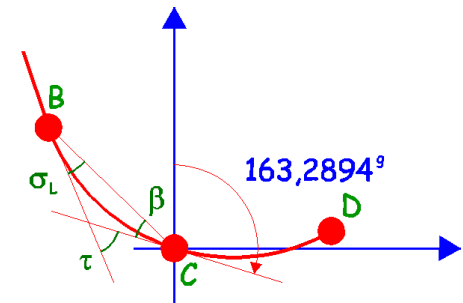
#### 3.4. Diagrama de curvaturas y peraltes

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 5.-

COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-

COORDENADAS DE "D".-

$$\left. \begin{array}{l} O = [1.150,89 / 1.098,14] \\ \theta_O^D = 191,9385^g \\ D_O^D = R = 180m. \end{array} \right\} \Rightarrow D = \begin{cases} 1.173,62 \\ 919,58 \end{cases}$$



COORDENADAS DE "B".-

$$200 = 200 - \tau + \sigma_L + \beta \Rightarrow \beta = \tau - \sigma_L = 14,1471 - 4,7137 = 9,4334^g$$

$$\theta_C^B = \theta_C + 200 + \beta = 163,2894 + 200 + 9,4334 = 372,7228^g$$

## 3. GEOMETRÍA EN ALZADO

### 3.4. Diagrama de curvaturas y peraltes

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 5.-

COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-

**COORDENADAS DE "D".-**

$$\left. \begin{aligned} C &= [1.000,00 / 1.000,00] \\ \theta_C^B &= 372,7228^g \\ D_C^B &= S_L = 79,824m. \end{aligned} \right\} \Rightarrow B = \begin{cases} 966,83 \\ 1.072,61 \end{cases}$$

**COORDENADAS DE "B".-**

$$\left. \begin{aligned} B &= [966,83 / 1.072,61] \\ \theta_B^A &= 377,4365^g \\ D_B^A &= 318,26m. \end{aligned} \right\} \Rightarrow A = \begin{cases} 856,38 \\ 1.371,09 \end{cases}$$

### 3. GEOMETRÍA EN ALZADO

#### 3.4. Diagrama de curvaturas y peraltes

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 5.-

COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-

**COORDENADAS PLANIMÉTRICAS DEL Pk 0+350.-**

$$l = 350 - 318,26 = 31,74 m.$$

$$\left. \begin{array}{l} C = [1.000,00 / 1.000,00] \\ \theta_C^B = 372,7228^g \\ D_C^B = S_L = 79,824 m. \end{array} \right\} \Rightarrow B = \begin{cases} 966,83 \\ 1.072,61 \end{cases}$$

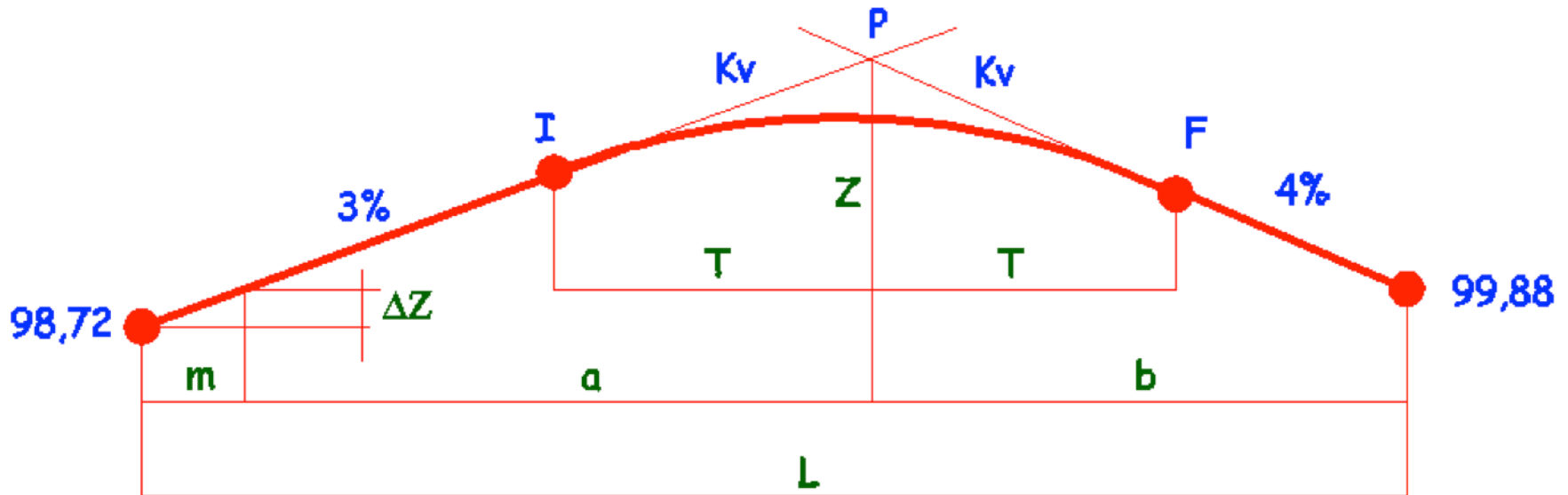
$$\left\{ \begin{array}{l} l = 31,74 \\ L = 80 \\ A = 120 \\ R = 180 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} X_f = 31,736 \\ Y_f = 0,370 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} S_l = 31,738 m. \\ \sigma_l = 0,7423^g \end{array} \right.$$

## 3. GEOMETRÍA EN ALZADO

### 3.4. Diagrama de curvaturas y peraltes

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 5.-

COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-





## 3. GEOMETRÍA EN ALZADO

### 3.4. Diagrama de curvaturas y peraltes

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 5.-

COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-

**DATOS DEL ENCAJE ALTIMÉTRICO.-**

$$L = 318,26 + 80,00 + 201,74 = 600,00 \text{ m.}$$

$$\Delta Z = Z_A - Z_B = 99,88 - 98,72 = 1,16 \text{ m.}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 100 \text{ ——— } 3 \\ m \text{ ——— } 1,16 \end{array} \right\} \Rightarrow m = 38,66 \text{ m.} \quad \left\{ \begin{array}{l} \left\{ \begin{array}{l} 100 \text{ ——— } 3 \\ a \text{ ——— } Z \end{array} \right\} \\ \left\{ \begin{array}{l} 100 \text{ ——— } 4 \\ b \text{ ——— } Z \end{array} \right\} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} 3 \cdot a = 4 \cdot b \\ 600 = a + b + 38,66 \end{array} \right\}$$

$$a = 320,77 \text{ m.} \Leftrightarrow b = 240,57 \text{ m.}$$

## 3. GEOMETRÍA EN ALZADO

### 3.4. Diagrama de curvaturas y peraltes

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 5.-

COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-

**DATOS DEL ENCAJE ALTIMÉTRICO.-**

$$\theta = i_1 + i_2 = 0,03 + 0,04 = 0,07$$

$$T = \frac{Kv \cdot \theta}{2}$$

**PUNTO "I".-**

$$Pk = m + a - T = 38,66 + 320,77 - 98 = 261,43 \Rightarrow Pk 0 + 261,43$$

$$Z_{Pk} = 98,72 + (0,03 \cdot 261,43) = 106,56$$

## 3. GEOMETRÍA EN ALZADO

### 3.4. Diagrama de curvaturas y peraltes

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 5.-

COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-

**PUNTO "F".-**

$$Pk = m + a + T = 38,66 + 320,77 + 98 = 457,43 \Rightarrow Pk 0 + 457,43$$

$$Z_{Pk} = 99,88 + [(600 - 457,43) \cdot 0,04] = 105,58$$

**PUNTO "P" (Centro del acuerdo vertical).-**

$$Pk = m + a = 38,66 + 320,77 = 359,43 \Rightarrow Pk 0 + 359,43$$

$$Z_{Pk} = 99,88 + [(600 - 359,43) \cdot 0,04] - \frac{2800 \cdot 0,07^2}{8} = 107,7878$$

$$Z_{Pk} = 98,72 + (359,43 \cdot 0,03) - \frac{2800 \cdot 0,07^2}{8} = 107,7878$$

## 4. EL REPLANTEO

### 4.1. Introducción y definición

#### TOPOGRAFÍA USUAL.-

- Datos de campo  Plano.

#### REPLANTEO.-

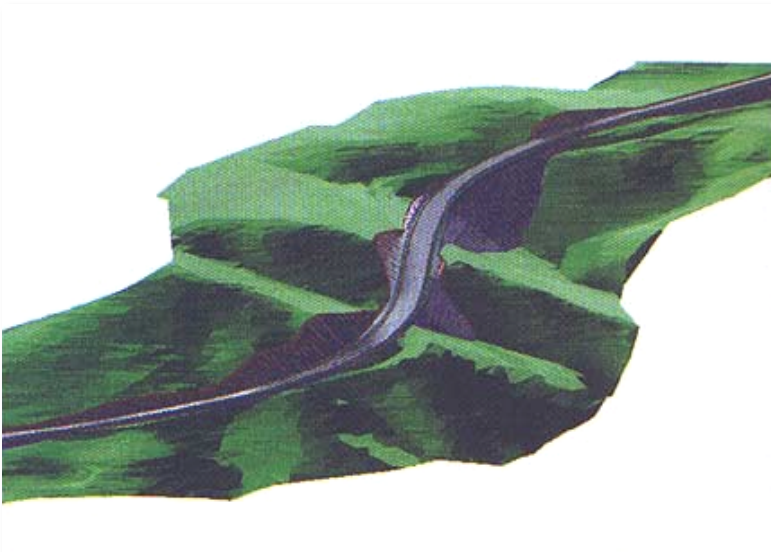
- Datos de campo  Campo.

## 4. EL REPLANTEO

### 4.1. Introducción y definición

#### DEFINICIÓN.-

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

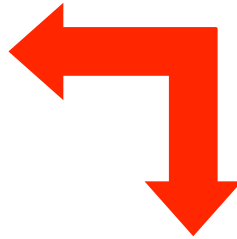


## 4. EL REPLANTEO

### 4.1. Introducción y definición

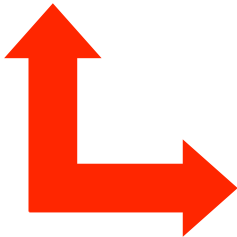
#### REPLANTEO PLANIMÉTRICO.-

- Bisección.
- Polares.
- GPS.



#### REPLANTEO ALTIMÉTRICO.-

- Nivelación Geométrica.
- Nivelación Trigonométrica.
- GPS.



# 4. EL REPLANTEO

## 4.2. Replanteo planimétrico

### MÉTODO DE BISECCIÓN.-

### DATOS DE PARTIDA.-

- Coordenadas de una base topográfica.
- Coordenadas del punto objeto de replanteo.

### EQUIPO INSTRUMENTAL.-

- 2 Teodolitos + 1 Mira.

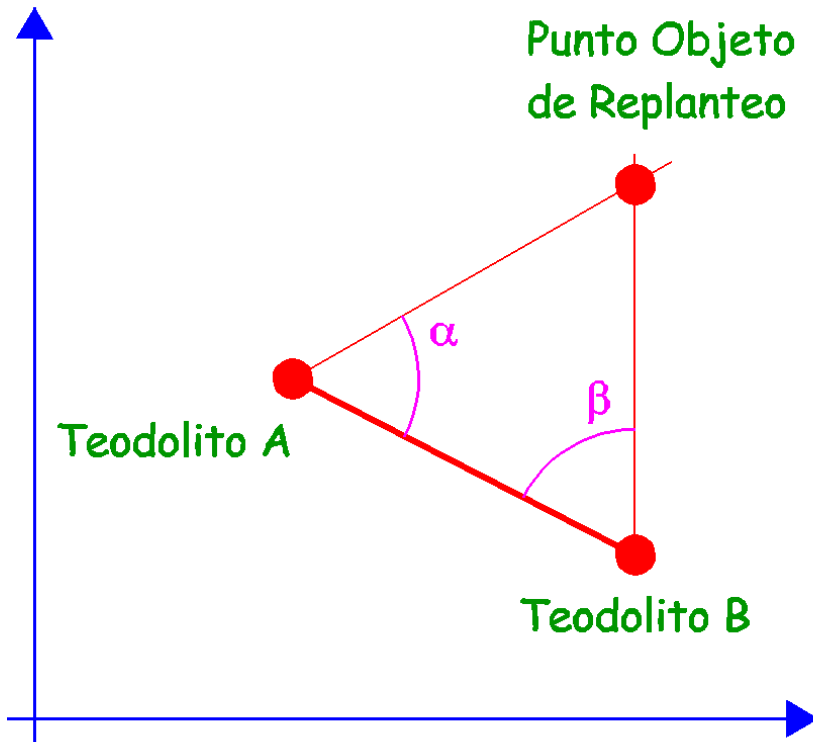
### EQUIPO HUMANO.-

- 2 Técnicos + 1 Auxiliar.

## 4. EL REPLANTEO

### 4.2. Replanteo planimétrico

#### MÉTODO DE BISECCIÓN.-



$$A[X_A, Y_A] \Leftrightarrow B[X_B, Y_B] \Leftrightarrow PK[X_P, Y_P]$$

$$\theta = \text{Arctag} \frac{\Delta X}{\Delta Y}$$

$$\alpha = \theta_A^B - \theta_A^{PK}$$

$$\beta = \theta_B^{PK} - \theta_B^A$$



# 4. EL REPLANTEO

## 4.2. Replanteo planimétrico

### MÉTODO DE POLARES.-

#### DATOS DE PARTIDA.-

- Coordenadas de una base topográfica.
- Coordenadas del punto objeto de replanteo.

#### EQUIPO INSTRUMENTAL.-

- 1 Estación Total + 1 Prisma-Jalón.

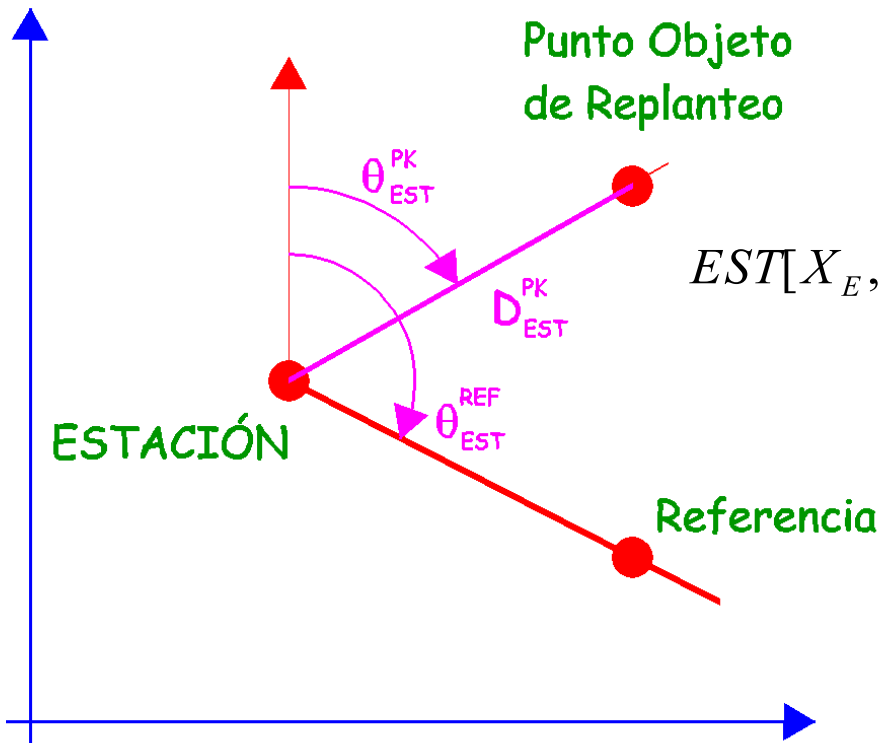
#### EQUIPO HUMANO.-

- 1 Técnico + 1 Auxiliar.

## 4. EL REPLANTEO

### 4.2. Replanteo planimétrico

#### MÉTODO DE BISECCIÓN.-



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

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

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

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

# 4. EL REPLANTEO

## 4.2. Replanteo planimétrico

### MÉTODO GPS.-

### DATOS DE PARTIDA.-

- Coordenadas de una Referencia.
- Coordenadas del punto objeto de replanteo.
- Parámetros de Transformación.

### EQUIPO INSTRUMENTAL.-

- 2 Equipos RTK ó 1 Equipo + Estación Permanente.

### EQUIPO HUMANO.-

- 2 Técnicos.

## 4. EL REPLANTEO

### 4.2. Replanteo planimétrico

#### MÉTODO GPS.-

Es necesario tener conocimientos sobre los Sistemas de Posicionamiento Global, dichos conocimientos se imparten en la Asignatura Troncal de tercer curso denominada Topografía.



## 4. EL REPLANTEO

### 4.2. Replanteo planimétrico

#### OBJETO.-

Una vez establecido el replanteo planimétrico y adecuadamente señalado, se lleva a cabo alguno de los métodos de nivelación conocidos, para poder obtener la cota del punto replanteado en el terreno.

Mediante la resta de la cota del terreno y la cota de la rasante en el proyecto se obtiene la **COTA ROJA**, que generalmente se marca en la propia estaca con el objeto de que sea visible.

# 4. EL REPLANTEO

## 4.2. Replanteo altimétrico

### MÉTODOS DE REPLANTEO ALTIMÉTRICOS.-

- Nivelación Trigonométrica.
- Nivelación Geométrica.
- Nivelación GPS.

## 4. EL REPLANTEO

### 4.2. Replanteo planimétrico

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 6.-

- Realizar un encaje planimétrico en un estado de alineaciones en el que se adopta como envolvente del tramo las siguientes alineaciones rectas, A-B y B-C caracterizadas por las siguientes coordenadas de sus vértices:
  - A** [423.000/4.811.250]
  - B** [423.150/4.811.150]
  - C** [423.300/4.811.250]
- Considerando que el inicio de la alineación es el punto A y que el punto final es el C, definir el estado general de las alineaciones sabiendo que el radio de la curva circular es de 150 m. y que el parámetro de la clotoide es de 110.

## 4. EL REPLANTEO

### 4.2. Replanteo planimétrico

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 6.-

- **OBTENER:**
  - **Coordenadas de todos los puntos de tangencia.**
  - **Coordenadas del centro de la alineación circular.**
  - **Ángulo central de la alineación circular.**
  - **Definir las coordenadas de los Pk cada 40 m.**
  
- Sabiendo que la cota del vértice A es 38,7 m. y la del vértice C es 40,2 m., que la rasante asciende desde A con una inclinación del 5% y el 6 % desde C.

---

- **OBTENER:**
  - **El encaje altimétrico por medio de un acuerdo vertical  $K_v = 2.000$ .**
  - **Cotas de los puntos de tangencia del acuerdo vertical.**
  - **Cota de la rasante en el punto medio del acuerdo vertical.**



## 4. EL REPLANTEO

### 4.2. Replanteo planimétrico

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 6.-

- Dadas las bases de replanteo F - G y H:

**F** [422.991,35 / 4.811.270,54 / 39,30]

**G** [423.094,57 / 4.811.158,69 / 47,08]

**H** [423.199,21 / 4.811.180,14 / 57,34]

---

- **OBTENER:**

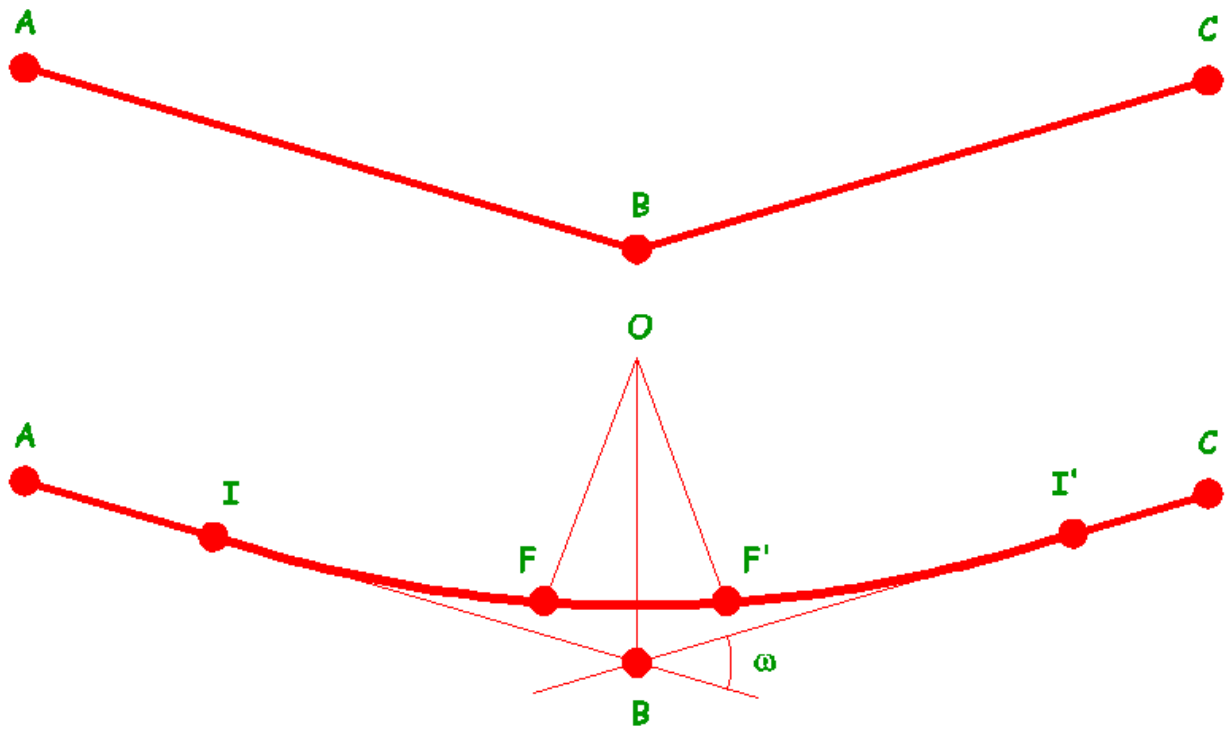
- Datos para replantear el Pk 0+200 desde la base F.
- Datos para replantear el Pk 0+300 desde la base G.
- Datos para replantear el Pk 0+320 desde la base G y H (Bisección).

# 4. EL REPLANTEO

## 4.2. Replanteo planimétrico

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 6.-

COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-



## 4. EL REPLANTEO

### 4.2. Replanteo planimétrico

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 6.-

COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-

**GEOMETRIA ELEMENTAL.-**

$$D_A^B = \sqrt{\Delta X_A^{B^2} + \Delta Y_A^{B^2}} = 180,28 \text{ m.} \Leftrightarrow D_B^C = \sqrt{\Delta X_B^{C^2} + \Delta Y_B^{C^2}} = 180,28 \text{ m.}$$

$$\theta_A^B = \text{Arctag} \frac{\Delta X_A^B}{\Delta Y_A^B} = 137,4334^g \Leftrightarrow \theta_B^C = \text{Arctag} \frac{\Delta X_B^C}{\Delta Y_B^C} = 62,5666^g$$

$$\omega = \theta_A^B - \theta_B^C = 137,4334 - 62,5666 = 74,8668^g$$

### 4. EL REPLANTEO

#### 4.2. Replanteo planimétrico

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 6.-

COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-

**PARÁMETROS DE LA CLOTOIDE.-**

$$A^2 = R \cdot L \Rightarrow L = \frac{A^2}{R} = \frac{110^2}{150} = 80,66 \text{ m.}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} A = 110 \\ R = 150 \\ L = 80,66 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} X_F = 80,08 \\ Y_F = 7,19 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} S_L = 80,41 \text{ m.} \\ \sigma_L = 5,7025^\circ \end{array} \right.$$

$$\tau = \frac{L}{2 \cdot R} \cdot \frac{200}{\pi} = \frac{80,66}{2 \cdot 150} \cdot \frac{200}{\pi} = 17,1180^\circ$$

## 4. EL REPLANTEO

### 4.2. Replanteo planimétrico

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 6.-

COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-

**PARÁMETROS DE LA CLOTOIDE.-**

– Retranqueo:

$$\Delta R = y_F - R \cdot (1 - \text{Cos } \tau) = 7,19 - 150 \cdot (1 - \text{Cos } 17,1180) = 1,80 \text{ m.}$$

– Coordenadas del Centro:

$$x_C = x_F - R \cdot \text{Sen } \tau = 80,08 - 150 \cdot \text{Sen } 17,1180 = 40,23 \text{ m.}$$

$$y_C = y_F + R \cdot \text{Cos } \tau = 7,19 + 150 \cdot \text{Cos } 17,1180 = 151,80 \text{ m.}$$

## 4. EL REPLANTEO

### 4.2. Replanteo planimétrico

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 6.-

COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-

PARÁMETROS DE LA CLOTOIDE.-

- Tangente:

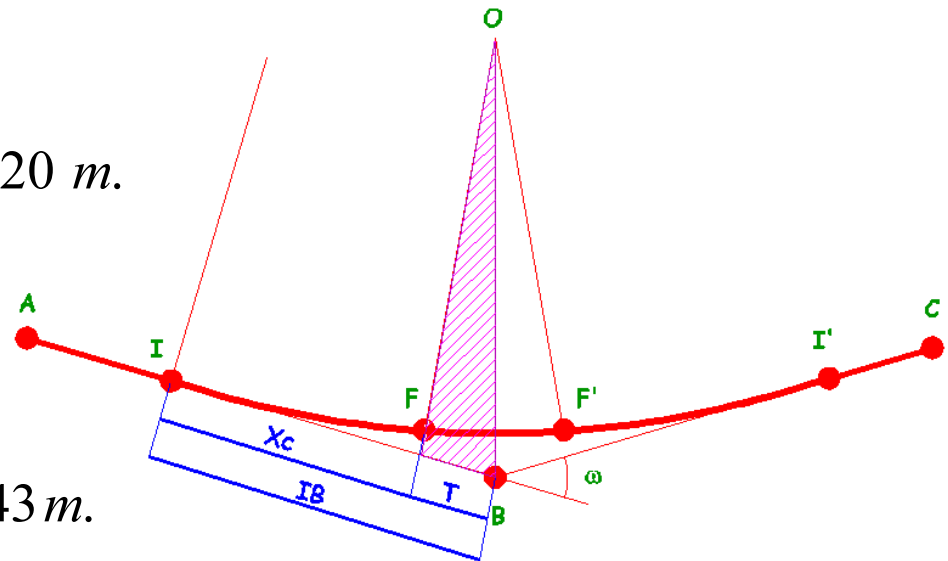
$$T = (R + \Delta R) \cdot \operatorname{tag} \frac{\omega}{2} =$$

$$T = (150 + 1,8) \cdot \operatorname{tag} \frac{74,8668}{2} = 101,20 \text{ m.}$$

- Distancia IB = I'B:

$$IB = I'B = X_c + T =$$

$$IB = I'B = 101,20 + 40,23 = 141,43 \text{ m.}$$



## 4. EL REPLANTEO

### 4.2. Replanteo planimétrico

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 6.-

COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-

**COORDENADAS DE "I".-**

$$\left. \begin{aligned} B &= [423.150,00 / 4.811.150,00] \\ \theta_B^I &= 337,4334^s \\ D_B^I &= 141,43m. \end{aligned} \right\} \Rightarrow I = \begin{cases} 423.032,32 \\ 4.811.228,45 \end{cases}$$

**COORDENADAS DE "F".-**

$$\left. \begin{aligned} I &= [423.032,32 / 4.811.228,45] \\ \theta_I^F &= 131,7309^s \\ D_I^F &= 80,41m. \end{aligned} \right\} \Rightarrow F = \begin{cases} 423.102,95 \\ 4.811.190,01 \end{cases}$$

## 4. EL REPLANTEO

### 4.2. Replanteo planimétrico

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 6.-

COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-

**COORDENADAS DE "O".-**

$$\left. \begin{aligned} F &= [423.102,95 / 4.811.190,01] \\ \theta_F^O &= 20,3154^g \\ D_F^O &= 150,00 m. \end{aligned} \right\} \Rightarrow O = \begin{cases} 423.150,00 \\ 4.811.332,44 \end{cases}$$

**COORDENADAS DE "I'".-**

$$\left. \begin{aligned} B &= [423.150,00 / 4.811.150,00] \\ \theta_B^{I'} &= 62,5666^g \\ D_B^{I'} &= 141,43 m. \end{aligned} \right\} \Rightarrow I' = \begin{cases} 423.267,68 \\ 4.811.228,45 \end{cases}$$



### 4. EL REPLANTEO

#### 4.2. Replanteo planimétrico

**EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 6.-**

**COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-**

**COORDENADAS DE "F".-**

$$\left. \begin{aligned} I' &= [423.267,68 / 4.811.228,45] \\ \theta_{I'}^{F'} &= 268,2691^{\circ} \\ D_{I'}^{F'} &= 80,41m. \end{aligned} \right\} \Rightarrow F' = \begin{cases} 423.197,05 \\ 4.811.190,01 \end{cases}$$

**COORDENADAS DE "O" (comprobación).-**

$$\left. \begin{aligned} F' &= [423.197,05 / 4.811.190,01] \\ \theta_{F'}^O &= 379,6846^{\circ} \\ D_{F'}^O &= 150,00m. \end{aligned} \right\} \Rightarrow O = \begin{cases} 423.150,00 \\ 4.811.332,44 \end{cases}$$

## 4. EL REPLANTEO

### 4.2. Replanteo planimétrico

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 6.-

COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-

**ÁNGULO CENTRAL DE LA ALINEACIÓN CIRCULAR.-**

$$\Omega = \theta_o^F - \theta_o^{F'} = 220,3154 - 179,6846 = 40,6308^g$$

$$\Omega = \omega - 2 \cdot \tau = 74,8668 - 2 \cdot 17,1180 = 40,6308^g$$

**COORDENADAS DEL PK 0+040,00.-**

$$l = 40 - 38,85 = 1,15 m. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} l = 1,15 \\ L = 80,66 \\ A = 110 \\ R = 150 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} X_f = 1,15 \\ Y_f = 0,00 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} S_l = 1,15 m. \\ \sigma_l = 0,0012^g \end{array} \right.$$

## 4. EL REPLANTEO

### 4.2. Replanteo planimétrico

**EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 6.-**

**COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-**

**COORDENADAS DEL PK 0+040,00.-**

$$\left. \begin{array}{l} I = [423.032,32 / 4.811.228,45] \\ \theta_I^{PK} = 137,4322^\circ \\ D_I^{PK} = 1,15 m. \end{array} \right\} \Rightarrow PK0 + 040 = \begin{cases} 423.033,28 \\ 4.811.227,81 \end{cases}$$

**LONGITUD TOTAL DEL TRAZADO.-**

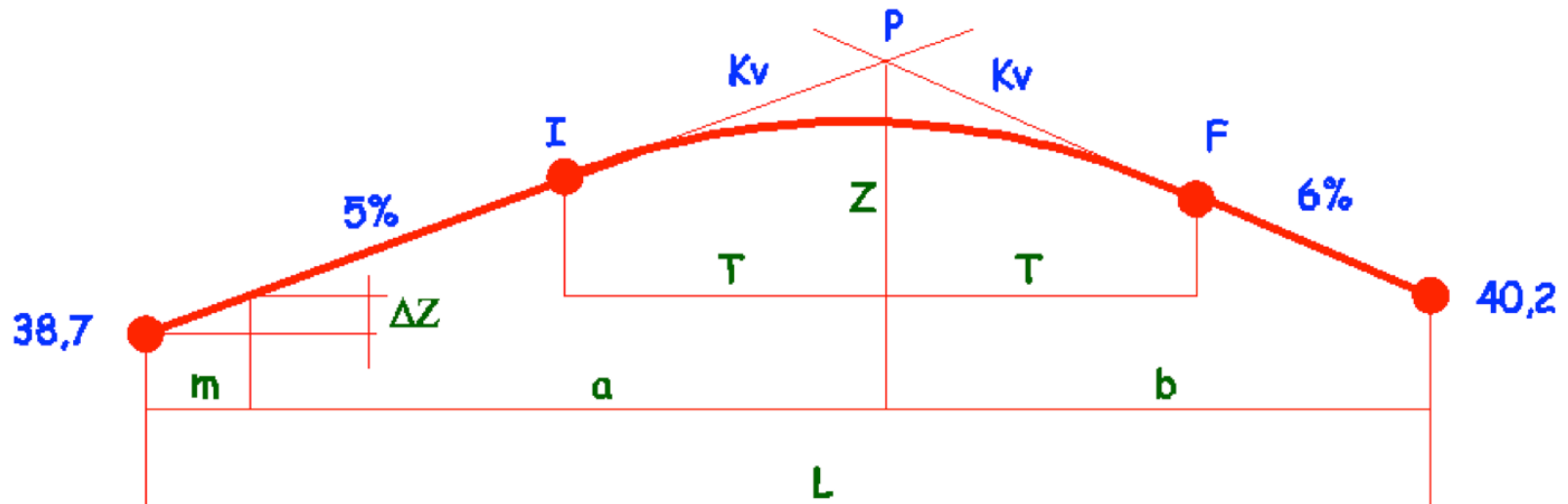
$$L_{TOTAL} = 38,85 + 80,66 + 95,73 + 80,66 + 38,85 = 334,75 m.$$

## 4. EL REPLANTEO

### 4.2. Replanteo planimétrico

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 6.-

COORDENADAS DEL TRAZADO ALTIMÉTRICO.-



### 4. EL REPLANTEO

#### 4.2. Replanteo planimétrico

**EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 6.-**

**COORDENADAS DEL TRAZADO ALTIMÉTRICO.-**

**DATOS DEL ENCAJE ALTIMÉTRICO.-**

$$\Delta Z = Z_C - Z_A = 40,2 - 38,7 = 1,50 \text{ m.} \quad \left\{ \begin{array}{l} 100 \text{ ——— } 5 \\ m \text{ ——— } 1,5 \end{array} \right\} \Rightarrow m = 30,00 \text{ m.}$$

$$\left. \left\{ \begin{array}{l} 100 \text{ ——— } 5 \\ a \text{ ——— } Z \end{array} \right\} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} 5 \cdot a = 6 \cdot b \\ 334,75 = a + b + 30 \end{array} \right\} \begin{array}{l} a = 166,23 \text{ m.} \Leftrightarrow b = 138,52 \text{ m.} \\ \theta = i_1 + i_2 = 0,05 + 0,06 = 0,11 \end{array}$$

$$T = \frac{K_v \cdot \theta}{2} = \frac{2.000 \cdot 0,11}{2} = 110,0 \text{ m.}$$

### 4. EL REPLANTEO

#### 4.2. Replanteo planimétrico

**EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 6.-**

**COORDENADAS DEL TRAZADO ALTIMÉTRICO.-**

**COORDENADAS DEL PUNTO "I".-**

$$Pk = m + a - T = 30,00 + 166,23 - 110 = 86,23 \Rightarrow Pk 0 + 086,23$$

$$Z_{Pk} = 38,7 + (0,05 \cdot 86,23) = 43,01$$

**COORDENADAS DEL PUNTO "F".-**

$$Pk = m + a + T = 30,00 + 166,23 + 110 = 306,23 \Rightarrow Pk 0 + 306,23$$

$$Z_{Pk} = 40,2 + [(334,75 - 306,23) \cdot 0,06] = 41,91$$

### 4. EL REPLANTEO

#### 4.2. Replanteo planimétrico

**EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 6.-**

**COORDENADAS DEL TRAZADO ALTIMÉTRICO.-**

**COORDENADAS DEL PUNTO "P".-**

$$Pk = m + a = 30,00 + 166,23 = 196,23 \Rightarrow Pk0 + 196,23$$

$$Z_{Pk} = 38,7 + (0,05 \cdot 196,23) - \frac{2.000 \cdot 0,11^2}{8} = 45,48$$

$$Z_{Pk} = 40,2 + (0,06 \cdot 138,52) - \frac{2.000 \cdot 0,11^2}{8} = 45,48$$

### 4. EL REPLANTEO

#### 4.2. Replanteo planimétrico

**EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 6.-**

**REPLANTEO DEL PK 0+200.-**

**COORDENADAS DEL PK 0+200.-**

$$\left. \begin{aligned} O &= [423.150,00 / 4.811.332,44] \\ \theta_O^{PK} &= 186,1526^g \\ D_O^{PK} &= 150,00m. \end{aligned} \right\} \Rightarrow PK0 + 200 = \begin{cases} 423.182,37 \\ 4.811.185,97 \end{cases}$$

**DATOS PARA REPLANTEAR EL PK 0+200**

$$D_F^{PK} = \sqrt{\Delta X_F^{PK^2} + \Delta Y_F^{PK^2}} = 208,90m. \Leftrightarrow \theta_F^{PK} = \text{Arctag} \frac{\Delta X_F^{PK}}{\Delta Y_F^{PK}} = 126,5337^g$$



### 4. EL REPLANTEO

#### 4.2. Replanteo planimétrico

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 6.-

REPLANTEO DEL PK 0+300.-

**COORDENADAS DEL PK 0+300.-**

$$\left. \begin{aligned} C &= [423.300,00 / 4.811.250,00] \\ \theta_C^{PK} &= 262,5666^g \\ D_C^{PK} &= 34,75 m. \end{aligned} \right\} \Rightarrow PK 0 + 300 = \begin{cases} 423.271,09 \\ 4.811.230,72 \end{cases}$$

**DATOS PARA REPLANTEAR EL PK 0+300**

$$D_G^{PK} = \sqrt{\Delta X_G^{PK^2} + \Delta Y_G^{PK^2}} = 190,65 m. \Leftrightarrow \theta_G^{PK} = \text{Arctag} \frac{\Delta X_G^{PK}}{\Delta Y_G^{PK}} = 75,3353^g$$

## 4. EL REPLANTEO

### 4.2. Replanteo planimétrico

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 6.-

REPLANTEO DEL PK 0+320.-

**COORDENADAS DEL PK 0+320.-**

$$\left. \begin{aligned} C &= [423.300,00 / 4.811.250,00] \\ \theta_C^{PK} &= 262,5666^g \\ D_C^{PK} &= 14,75 m. \end{aligned} \right\} \Rightarrow PK0+320 = \begin{cases} 423.287,73 \\ 4.811.241,82 \end{cases}$$

**DATOS PARA REPLANTEAR EL PK 0+320**

$$\theta_G^{PK} = \text{Arctag} \frac{\Delta X_G^{PK}}{\Delta Y_G^{PK}} = 74,1272^g \Leftrightarrow \theta_H^{PK} = \text{Arctag} \frac{\Delta X_H^{PK}}{\Delta Y_H^{PK}} = 61,2572^g$$

## **5. EL CONTEXTO TOPOGRÁFICO EN EL PROYECTO**

### **5.1. Definición de escenarios**

#### **TOPOGRAFÍA.-**

- **REDACCIÓN DEL PROYECTO.**
- **Ejecución o Construcción.**
- **Control y Explotación.**

## 5. EL CONTEXTO TOPOGRÁFICO EN EL PROYECTO

### 5.1. Definición de escenarios

#### REDACCIÓN DEL PROYECTO.-

#### CARTOGRAFÍA NACIONAL.-

- 1/25.000 – 1/50.000 – 1/200.000.

#### CARTOGRAFÍA AUTONÓMICA.-

- 1/10.000 – 1/5.000 – 1/2.000.



- Escala.
- Formato.
- Antigüedad.
- Temática.
- Etc.



**CONFECCIÓN  
DE NUEVA  
CARTOGRAFÍA**

## 5. EL CONTEXTO TOPOGRÁFICO EN EL PROYECTO

### 5.1. Definición de escenarios

**REDACCIÓN DEL PROYECTO.-**

**CONFECCIÓN DE NUEVA CARTOGRAFÍA.-**



# 5. EL CONTEXTO TOPOGRÁFICO EN EL PROYECTO

## 5.2. Modelización del soporte físico

### PROBLEMÁTICA DE LA CAPTURA DE INFORMACIÓN.-

#### LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO POR CLÁSICA:

- Estación Total o GPS.
- Enganche en la Red Geodésica.
- Rendimientos y Costes.

#### LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO POR CLÁSICA:

- Proyecto de Vuelo.
- Apoyo Fotogramétrico.
- Restitución Fotogramétrica.

# 5. EL CONTEXTO TOPOGRÁFICO EN EL PROYECTO

## 5.2. Modelización del soporte físico

### ETAPAS EN LA REDACCIÓN DEL PROYECTO.-

- A. Confección de cartografía.
- B. Definición geométrica en planta.
- C. Replanteo.
- D. Perfil longitudinal.
- E. Definición geométrica en alzado.
- F. Perfiles transversales

## 5. EL CONTEXTO TOPOGRÁFICO EN EL PROYECTO

### 5.3. El anejo topográfico

#### A. ANEJO PARA LEVANTAMIENTO CLÁSICO.-

##### ANEJO N° n.- TOPOGRAFÍA:

- n.1. Cartografía existente.
- n.2. Necesidad de una nueva cartografía.
- n.3. Obtención de una nueva cartografía.
  - n.3.1. Condicionantes básicos.
  - n.3.2. Levantamiento topográfico.
- n.4. Poligonal Principal.
  - n.4.1. Sistema de referencia.
  - n.4.2. Red fundamental.
- n.5. Obtención de una nueva cartografía.
  - n.5.1. Trazado en planta.
  - n.5.2. Sección transversal.
- n.6. Poligonal Principal.
  - n.6.1. Replanteo.
  - n.6.2. Perfil longitudinal.
  - n.6.3. Trazado en alzado.
  - n.6.4. Perfiles transversales.
- n.7. Consideraciones finales.



## 5. EL CONTEXTO TOPOGRÁFICO EN EL PROYECTO

### 5.3. El anejo topográfico

#### B. ANEJO PARA LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO.-

##### ANEJO N° n.- FOTOGRAMETRÍA:

- n.1. Cartografía existente.
- n.2. Necesidad de una nueva cartografía.
- n.3. Obtención de una nueva cartografía.
  - n.3.1. Condicionantes básicos.
  - n.3.2. Proyecto de vuelo.
  - n.3.3. Vuelo fotogramétrico.
  - n.3.4. Puntos de apoyo.
  - n.3.5. Restitución.
  - n.3.6. Revisión de campo.
- n.4. Vértices topográficos en el área.
  - n.4.1. Sistema de referencia.
  - n.4.2. Red fundamental.
  - n.4.3. Red complementaria.
- n.5. Trazado.
  - n.5.1. Trazado en planta.
  - n.5.2. Sección transversal.
- n.6. Replanteo.
  - n.6.1. Replanteo.
  - n.6.2. Perfil longitudinal.
  - n.6.3. Trazado en alzado.
  - n.6.4. Perfiles transversales.
- n.7. Consideraciones finales.

## 5. EL CONTEXTO TOPOGRÁFICO EN EL PROYECTO

### 5.3. El anejo topográfico

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 7.-

- Realizar un encaje planimétrico en un estado de alineaciones en el que se adopta como envolvente del tramo las siguientes alineaciones rectas, A-B y B-C caracterizadas por las siguientes coordenadas de sus vértices:

**A** [423.000/4.811.250]

El **Punto A** es el inicio de los PK y de una alineación circular.

El **Radio de la alineación circular** 300 m.

El **Acimut de salida** en **A** es 317,2614<sup>g</sup>.

La **Longitud de la alineación circular** es 520,46 m.

La **Longitud de la alineación recta** es 149,15 m.

El **Acimut de salida de la recta** es 198,8587<sup>g</sup>.

## 5. EL CONTEXTO TOPOGRÁFICO EN EL PROYECTO

### 5.3. El anejo topográfico

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 7.-

- **OBTENER:**

- **Coordenadas del inicio de la clotoide (B).**
- **Coordenadas del inicio de la recta (C).**
- **Coordenadas del final de la recta (D).**
- **Coordenadas del centro de la alineación circular.**

- Sabiendo que las cotas de A y D son respectivamente 936,22 y 937,08; realizar el encaje altimétrico con una rampa ascendente desde A con el 3 % de inclinación y otra que asciende desde D con el 4 % de inclinación con una parábola de  $K_v = 2.000$ .
- 

- **OBTENER:**

- **Los datos para replantear planimétricamente el Pk 0+650 por polares desde la siguiente base de replanteo:**

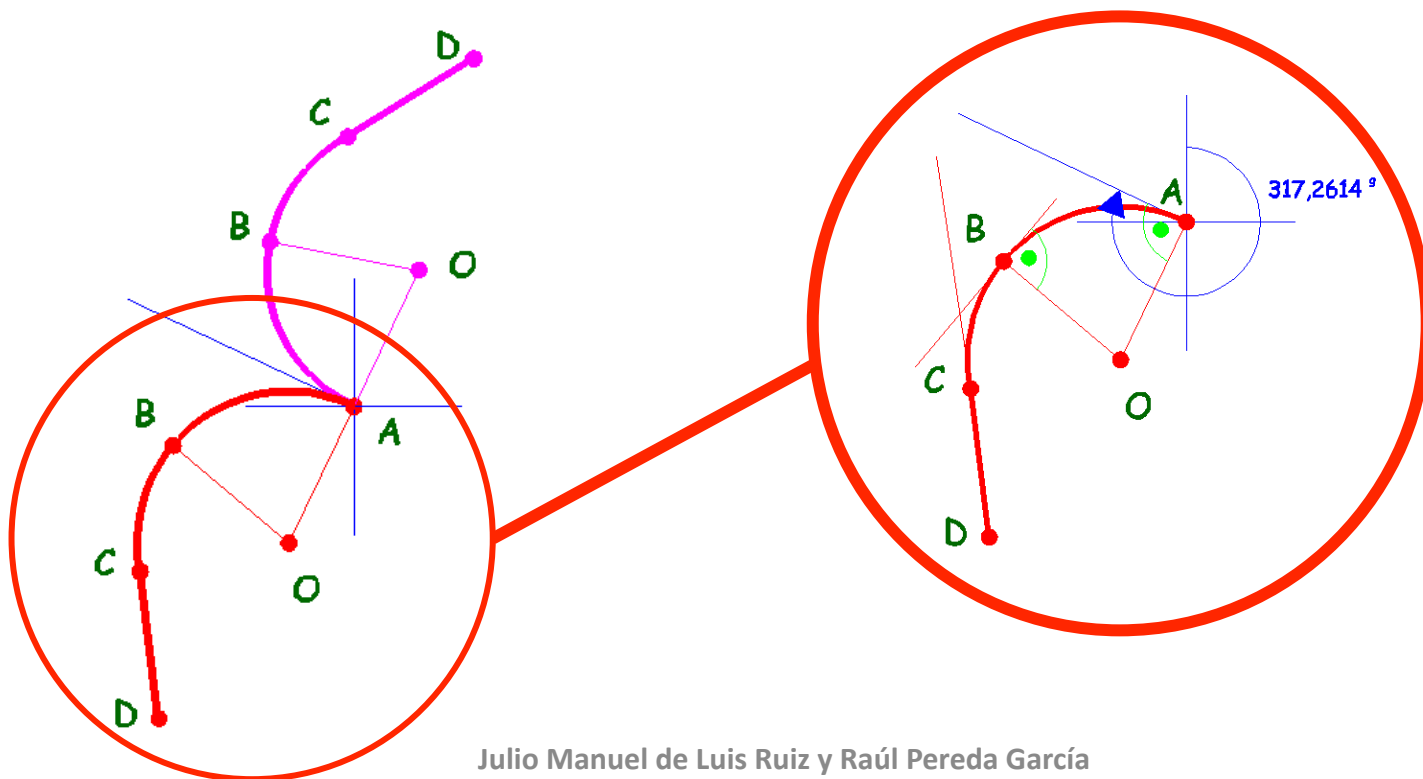
**B.R.1 [ 414.324,21 / 4.803.794,51 / 960,22 ]**

## 5. EL CONTEXTO TOPOGRÁFICO EN EL PROYECTO

### 5.3. El anejo topográfico

#### EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 7.-

- Sólo es posible la solución roja, debido a que es la única que admite un Acimut A-B del orden del dato dado en el enunciado.



## 5. EL CONTEXTO TOPOGRÁFICO EN EL PROYECTO

### 5.3. El anejo topográfico

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 7.-

COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-

COORDENADAS DE "O".-

$$\left. \begin{array}{l} A = [412.615,39 / 4.801.226,74] \\ \theta_A^O = 217,2614^g \\ D_A^O = R = 300,00 m. \end{array} \right\} \Rightarrow O = \begin{cases} 412.535,04 \\ 4.800.937,70 \end{cases}$$

ÁNGULO CENTRAL DE LA ALINEACIÓN CIRCULAR.-

$$\left. \begin{array}{l} 2 \cdot \pi \cdot R \frac{400^g}{\Omega} \\ L \frac{400^g}{\Omega} \end{array} \right\} \Rightarrow \Omega = \frac{400 \cdot 520,46}{2 \cdot \pi \cdot 300} = 110,4450^g$$

$$\theta_O^B = \theta_O^A - \Omega = 17,2614 - 110,4450 + 400 = 306,8164^g$$

## 5. EL CONTEXTO TOPOGRÁFICO EN EL PROYECTO

### 5.3. El anejo topográfico

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 7.-

COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-

COORDENADAS DE "B".-

$$\left. \begin{aligned} O &= [412.535,04 / 4.800.937,70] \\ \theta_O^B &= 306,8164^g \\ D_O^B &= R = 300,00 \text{ m.} \end{aligned} \right\} \Rightarrow B = \begin{cases} 412.236,76 \\ 4.800.969,76 \end{cases}$$

PARÁMETROS DE LA CLOTOIDE.-

$$\tau = \theta_{Tang} - \theta_D^C \qquad \tau = 6,8164 - 398,8587 + 400 = 7,9577^g$$

$$\tau = \frac{L}{2 \cdot R} \cdot \frac{200}{\pi} \Rightarrow 7,9577^g = \frac{L}{2 \cdot 300} \cdot \frac{200}{\pi} \Rightarrow L = 75,00 \text{ m.}$$

## 5. EL CONTEXTO TOPOGRÁFICO EN EL PROYECTO

### 5.3. El anejo topográfico

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 7.-

COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-

**PARÁMETROS DE LA CLOTOIDE.-**

$$A^2 = R \cdot L \Rightarrow A = \sqrt{300 \cdot 75} = 150,00$$

$$\left\{ \begin{array}{l} A = 150 \\ R = 300 \\ L = 75 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} X_F = 74,88 \\ Y_F = 3,12 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} S_L = 74,95 \text{ m.} \\ \sigma_L = 2,6522^g \end{array} \right.$$

$$\beta = \tau - \sigma_L = 7,9577 - 2,6522 = 5,3055^g$$

$$\theta_B^C = \theta_{Tang} - \beta = 206,8164 - 5,3055 = 201,5109^g$$

## 5. EL CONTEXTO TOPOGRÁFICO EN EL PROYECTO

### 5.3. El anejo topográfico

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 7.-

COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-

**COORDENADAS DE "C".-**

$$\left. \begin{aligned} B &= [412.236,76 / 4.800.969,76] \\ \theta_B^C &= 201,5109^g \\ D_B^C &= S_L = 74,95 \text{ m.} \end{aligned} \right\} \Rightarrow C = \begin{cases} 412.234,98 \\ 4.800.894,83 \end{cases}$$

**COORDENADAS DE "D".-**

$$\left. \begin{aligned} C &= [412.234,98 / 4.800.894,83] \\ \theta_C^D &= 198,8587^g \\ D_C^D &= 149,15 \text{ m.} \end{aligned} \right\} \Rightarrow D = \begin{cases} 412.237,65 \\ 4.800.745,70 \end{cases}$$

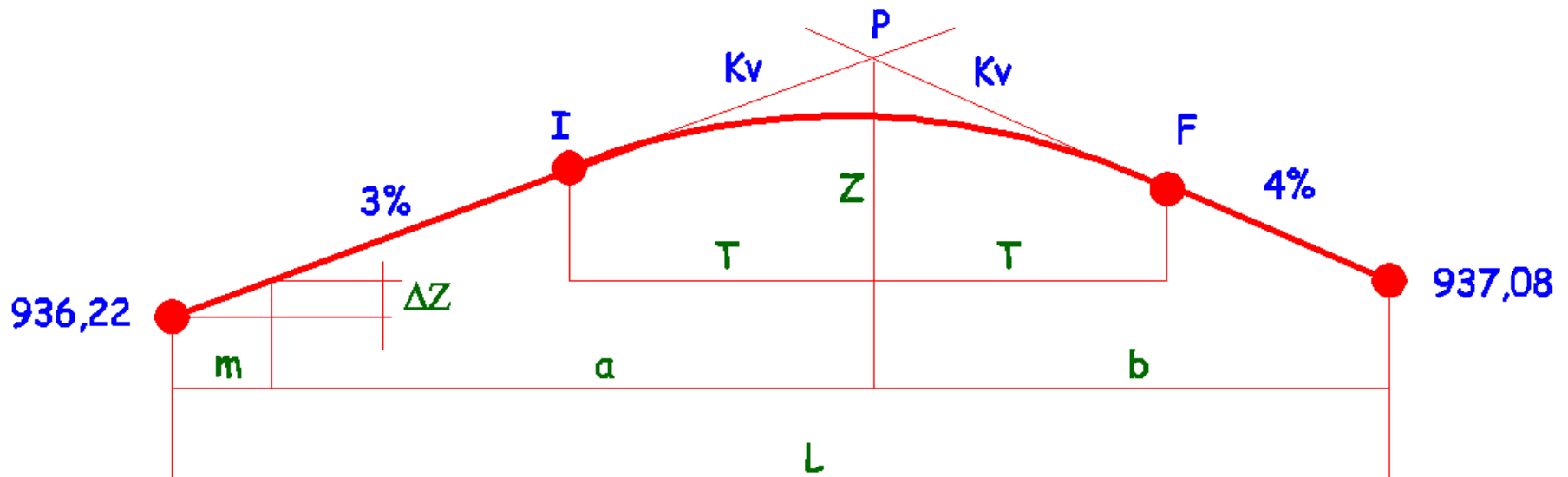


## 5. EL CONTEXTO TOPOGRÁFICO EN EL PROYECTO

### 5.3. El anejo topográfico

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 7.-

COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-



$$L = 520,46 + 75 + 149,15 = 744,61 \text{ m.}$$

## 5. EL CONTEXTO TOPOGRÁFICO EN EL PROYECTO

### 5.3. El anejo topográfico

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 7.-

COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-

**DATOS DEL ENCAJE ALTIMÉTRICO.-**

$$\Delta Z = Z_D - Z_A = 937,08 - 936,22 = 0,86 \text{ m.} \quad \left\{ \begin{array}{l} 100 \text{ ——— } 3,0 \\ m \text{ ——— } 0,86 \end{array} \right\} \Rightarrow m = 28,66 \text{ m.}$$

$$\left. \begin{array}{l} \left\{ \begin{array}{l} 100 \text{ ——— } 3 \\ a \text{ ——— } Z \end{array} \right\} \\ \left\{ \begin{array}{l} 100 \text{ ——— } 4 \\ b \text{ ——— } Z \end{array} \right\} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} 3 \cdot a = 4 \cdot b \\ 744,61 = 28,66 + a + b \end{array} \right\} a = 409,11 \text{ m.} \Leftrightarrow b = 306,84 \text{ m.}$$

$$\theta = i_1 + i_2 = 0,03 + 0,04 = 0,07$$

$$T = \frac{K_v \cdot \theta}{2} = \frac{2.000 \cdot 0,07}{2} = 70,0 \text{ m.}$$

## 5. EL CONTEXTO TOPOGRÁFICO EN EL PROYECTO

### 5.3. El anejo topográfico

**EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 7.-**

**COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-**

**COORDENADAS DE "I".-**

$$Pk = m + a - T = 28,66 + 409,11 - 70 = 367,77 \Rightarrow Pk 0 + 367,77$$

$$Z_{Pk} = 936,22 + (0,03 \cdot 367,77) = 947,25$$

**COORDENADAS DE "F".-**

$$Pk = m + a + T = 28,66 + 409,11 + 70 = 507,77 \Rightarrow Pk 0 + 507,77$$

$$Z_{Pk} = 937,08 + [(744,61 - 507,77) \cdot 0,04] = 946,55$$

## 5. EL CONTEXTO TOPOGRÁFICO EN EL PROYECTO

### 5.3. El anejo topográfico

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 7.-

COORDENADAS DEL TRAZADO PLANIMÉTRICO.-

**COORDENADAS DE "P".-**

$$Pk = m + a = 28,66 + 409,11 = 437,77 \Rightarrow Pk 0 + 437,77$$

$$Z_{Pk} = 936,22 + (0,03 \cdot 437,77) - \frac{2.000 \cdot 0,07^2}{8} = 948,13$$

$$Z_{Pk} = 937,08 + (0,04 \cdot 306,84) - \frac{2.000 \cdot 0,07^2}{8} = 948,13$$

## 5. EL CONTEXTO TOPOGRÁFICO EN EL PROYECTO

### 5.3. El anejo topográfico

EJERCICIO PRÁCTICO NÚMERO 7.-

REPLANTEO DEL PK 0+650.-

**COORDENADAS DEL PK 0+650.-**

$$\left. \begin{array}{l} D = [412.237,65 / 4.800.745,70] \\ \theta_D^{PK} = 398,8587^g \\ D_D^{PK} = 94,61m. \end{array} \right\} \Rightarrow PK0 + 650 = \begin{cases} 412.235,95 \\ 4.800.840,29 \\ 940,86 \end{cases}$$

**DATOS PARA REPLANTEAR EL PK 0+650.-**

$$D_{BR1}^{PK} = \sqrt{\Delta X_{BR1}^{PK2} + \Delta Y_{BR1}^{PK2}} = 3.617,768 m. \Leftrightarrow \theta_{BR1}^{PK} = \text{Arctag} \frac{\Delta X_{BR1}^{PK}}{\Delta Y_{BR1}^{PK}} = 239,1727^g$$