

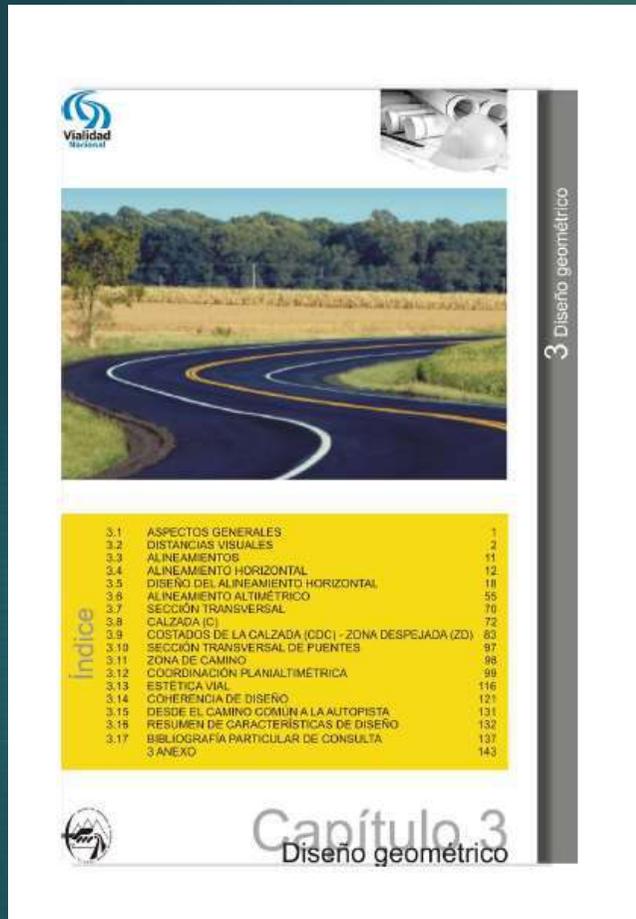


# DISEÑO GEOMÉTRICO DE ALINEAMIENTOS HORIZONTALES

CAMINOS 1

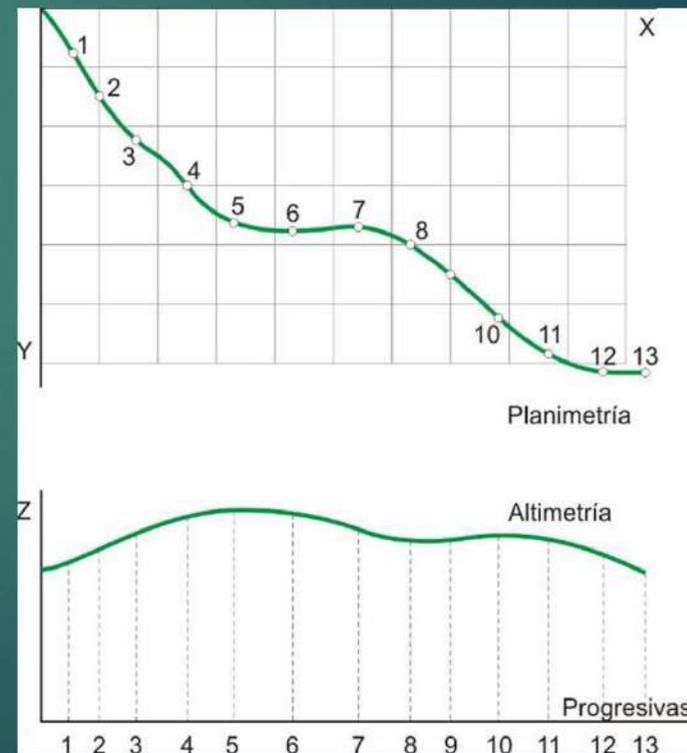
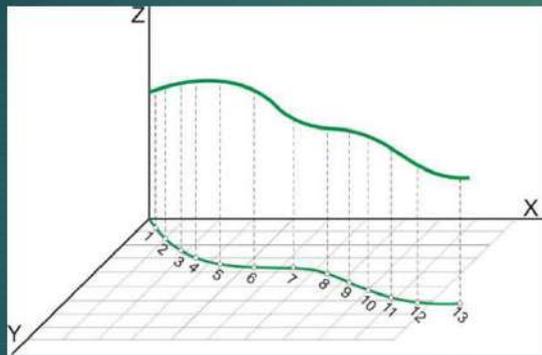
# DISEÑO GEOMÉTRICO

La Actualización 2010 de las normas DNV – 1967/80



# ALINEAMIENTOS

- ▶ se debe buscar una combinación de alineamientos rectos y curvos que se adapten al terreno, planimétrica y altimétricamente.

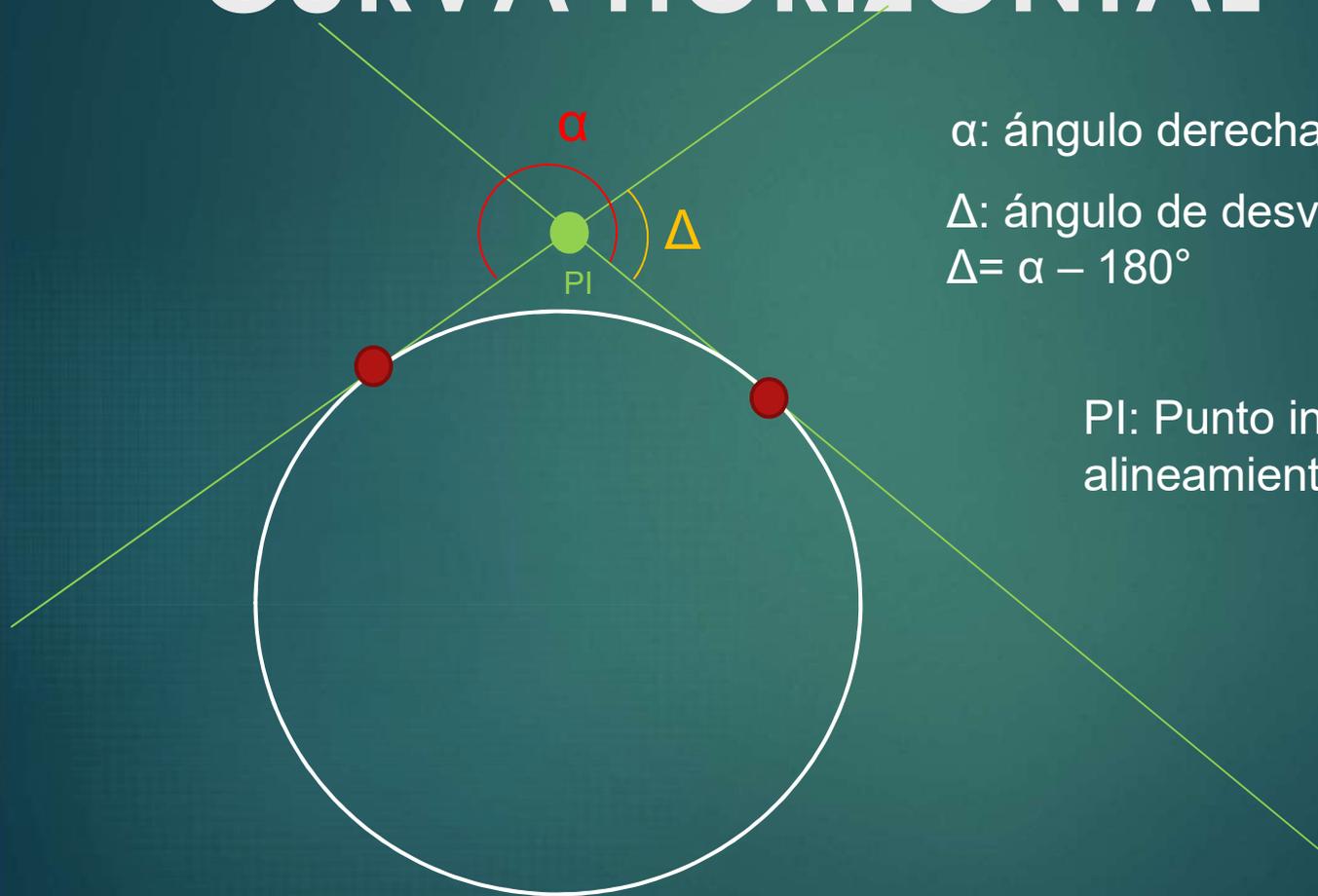


# ALINEAMIENTO HORIZONTAL

El alineamiento horizontal comprende tres elementos básicos:

- ▶ • Rectas (**R = infinito**)
- ▶ • Curvas circulares (**R = constante**)
- ▶ • Transiciones (**R = variable**)

# CURVA HORIZONTAL

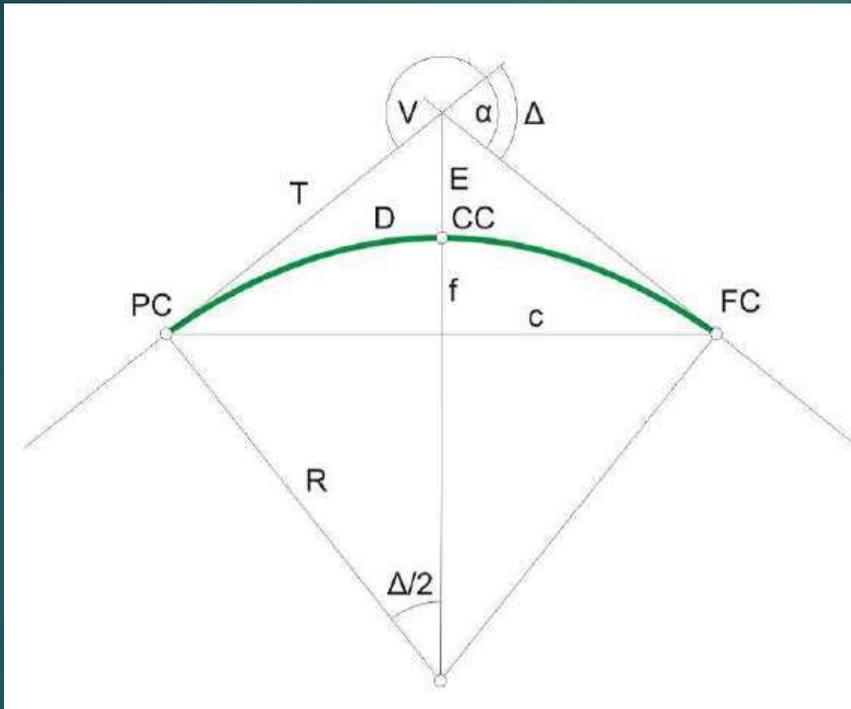


$\alpha$ : ángulo derecha, positivo

$\Delta$ : ángulo de desviación horizontal;  
 $\Delta = \alpha - 180^\circ$

PI: Punto intersección entre  
alineamientos rectos

# CURVA HORIZONTAL



V: Vértice (P1: punto de intersección)

$\alpha$ : ángulo derecha, positivo

$\Delta$ : ángulo de desviación horizontal;  $\Delta = \alpha - 180^\circ$

R: Radio

T: Tangente

E: Externa

D o L: Desarrollo

c: Cuerda

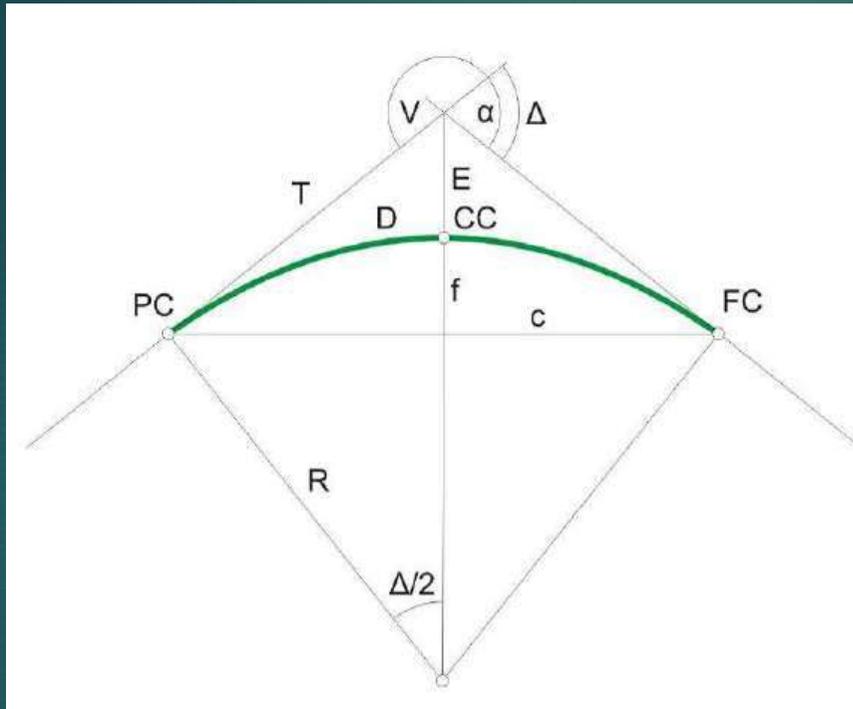
f: Flecha

PC: Principio de curva

CC: Centro de curva

FC: Fin de curva

# CURVA HORIZONTAL



V: Vértice (P1: punto de intersección)

$\alpha$ : ángulo derecha, positivo

$\Delta$ : ángulo de desviación horizontal;  $\Delta = \alpha - 180^\circ$

**R: Radio de la curva circular**

T: Tangente

E: Externa

D o L: Desarrollo

c: Cuerda

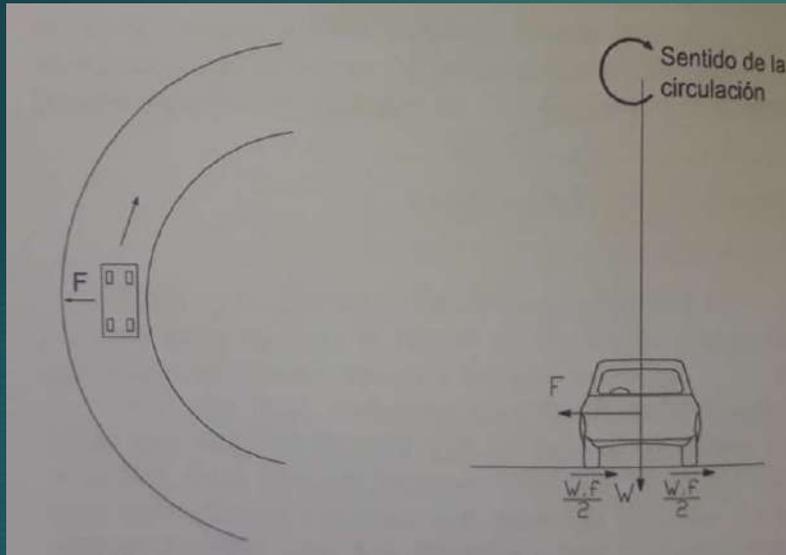
f: Flecha

PC: Principio de curva

CC: Centro de curva

FC: Centro de curva

## CURVA CIRCULAR SIMPLE



$$F_c = \frac{m \cdot V^2}{R}$$

$$F_f = W \cdot f$$

Fc: Fuerza centrífuga

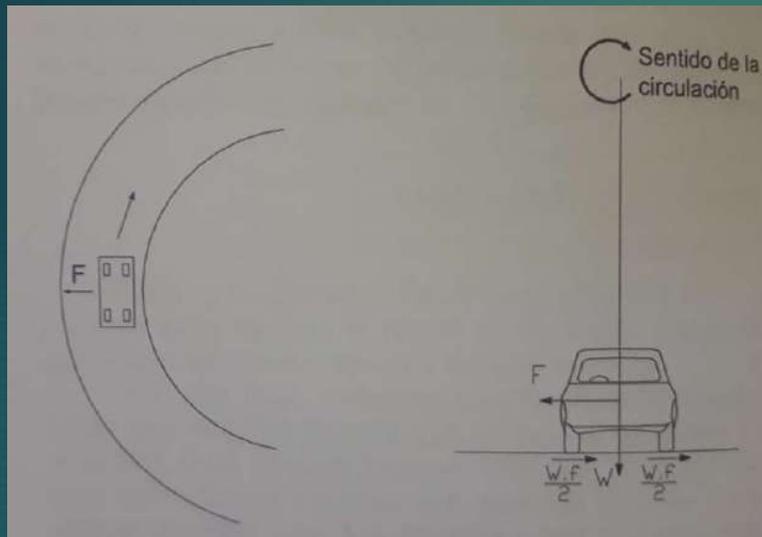
Ff: Fuerza de rozamiento

$$F_c \leq F_f$$

El vehículo se mantiene en la trayectoria curva

La única fuerza que se opone al deslizamiento lateral de vehículo es la fuerza de rozamiento entre el neumático y el pavimento.

## CURVA CIRCULAR SIMPLE



$$\frac{m \cdot V^2}{R} \leq W \cdot f$$

$$\frac{W \cdot V^2}{g \cdot R} \leq W \cdot f$$

$$f \geq \frac{V^2}{g \cdot R}$$

$$f \geq \frac{V^2}{g \cdot R} = \frac{Fc}{W} = \alpha$$

$\alpha$  = coeficiente centrífugo - Mide o evalúa la INERCIA

## CURVA CIRCULAR SIMPLE

$$\alpha = \frac{V^2 [km/h]}{g [m/s^2] R [m]} = \frac{V^2}{12,96 (9,81) R} = \frac{V^2}{127,15 R} \cong \frac{V^2}{127 \cdot R}$$

$$\alpha = \frac{V^2}{127 \cdot R}$$

$V$  (km/h)

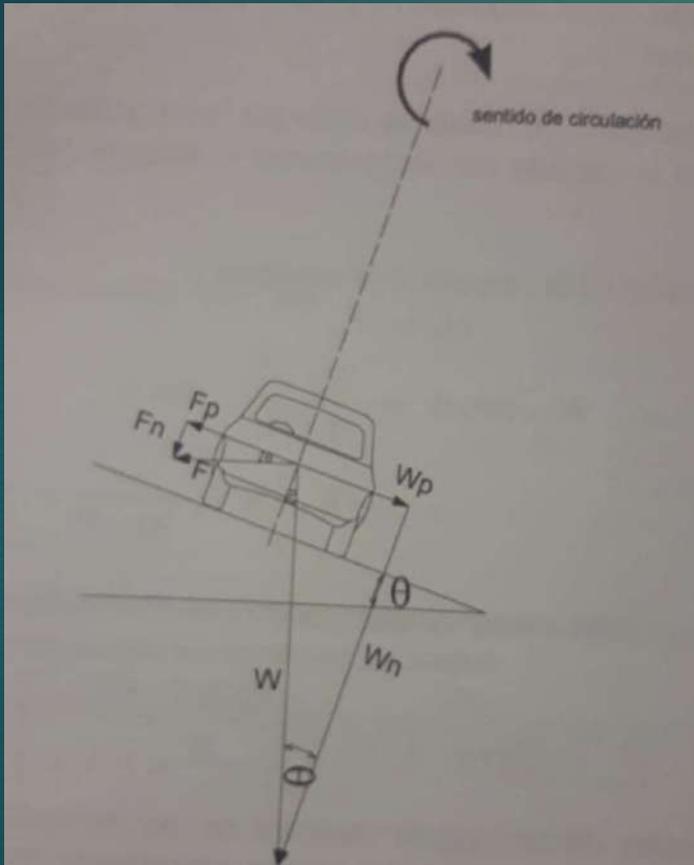
$R$  (m)

$\alpha$

$\alpha$  = coeficiente centrífugo - Mide o evalúa la INERCIA

$\alpha$  = medida de la comodidad y seguridad de una curva

## CURVA CIRCULAR SIMPLE



PERALTE  $e(\%)$ : inclinación de la calzada

$$e(\%) = 100 \times \tan \theta$$

- Ayuda a la fuerza de fricción para absorber mayores valores del  $a$ .
- Permite utilizar Menores radios de diseño, ampliando el rango de radios

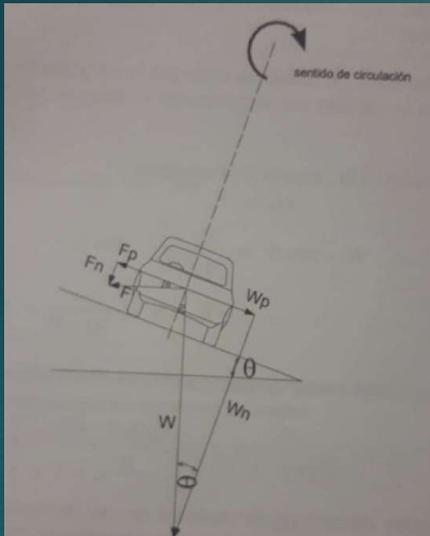
La magnitud de  $F_p = f(\text{velocidad; inclinación})$

La magnitud de  $W_p = f(\text{inclinación})$

$$V = \text{CTE y } \uparrow e \quad F_p \downarrow \quad ; \quad W_p \uparrow$$

$$e = \text{CTE y } \uparrow V \quad F_p \uparrow \quad ; \quad W_p = \text{CTE}$$

## RADIO DE UNA CURVA CIRCULAR SIMPLE



$$F_p = W_p$$

Los ocupantes del vehículo no perciben la fuerza centrífuga

Velocidad de equilibrio ( **$V_{eq}$** )

$$F_p > W_p$$

Tendencia del vehículo a deslizarse hacia el exterior de la curva  **$V > V_{eq}$**

$$F_p < W_p$$

Tendencia del vehículo a deslizarse hacia el interior de la curva  **$V < V_{eq}$**

$$F_p - W_p = F_{\text{rozamiento}}$$

$$F_{\text{rozamiento}} = (F_n + W_n) \times f_t$$

$f_t$ : coeficiente de fricción transversal húmeda  
neumático - calzada

## Peralte máximo (e<sub>máx</sub>)

e<sub>máx</sub> = f( ):

- Condiciones topográficas (llanura o montaña)
- Condiciones climáticas (zonas de heladas y nevadas)
- Condiciones de operación de vehículos (zonas de bajas velocidades, intersecciones frecuentes, zonas suburbanas o urbanas)

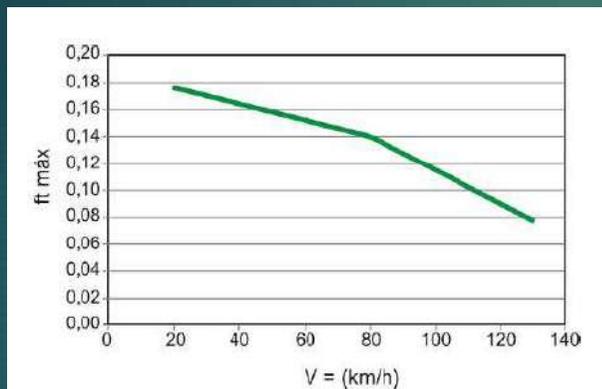
Peralte máximo	Condiciones en que se desarrolla la ruta
10%	En zonas rurales montañosas, con heladas o nevadas poco frecuentes
8%	En zonas rurales llanas, con heladas o nevadas poco frecuentes
6%	En zonas próximas a las urbanas, con vehículos que operan a bajas velocidades, o en zonas rurales, llanas o montañosas, sujetas a heladas o nevadas frecuentes

Tabla 3.6

Coeficiente de fricción transversal húmeda entre neumático y pavimento (**ft**) .

ft = f( velocidad del vehículo; tipo y condición del camino; peralte; tipo y estado de los neumáticos)

Coeficiente de fricción transversal húmeda máxima (**ftmáx**)

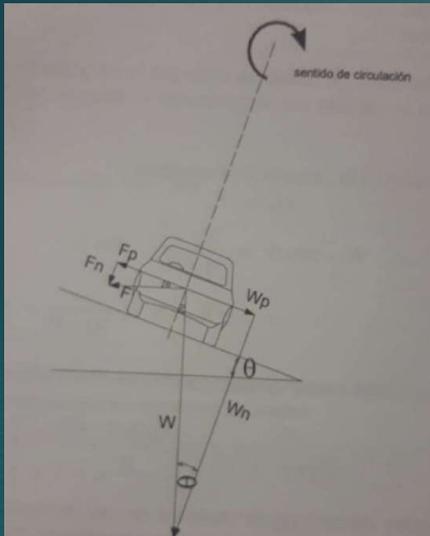


$$\text{Para } V \leq 80 \frac{\text{km}}{\text{h}} ; \quad ft_{\text{máx}} = 0,188 - \frac{3V}{5000}$$
$$\text{Para } V > 80 \frac{\text{km}}{\text{h}} ; \quad ft_{\text{máx}} = 0,24 - \frac{V}{800}$$

V km/h	ftmáx
25	0,17
30	0,17
40	0,16
50	0,16
60	0,15
70	0,15
80	0,14
90	0,13
100	0,12
110	0,10
120	0,09
130	0,08
140	0,07

Tabla 3.5

## RADIO DE UNA CURVA CIRCULAR SIMPLE



Del equilibrio de fuerzas surge:

$$R = \frac{1}{3,6^2 \times 9,81} \times \frac{V^2}{(e+ft)} = 0,007865 \times \frac{V^2}{(e+ft)} \cong \frac{V^2}{127 \times (e+ft)}$$

**R:** radio de la curva horizontal (m).

**V:** Velocidad Directriz (Km/h)

e: Peralte

ft: Coeficiente de fricción transversal húmeda entre neumático y pavimento.

Radio mínimo absoluto (RmínAbs)

$$R_{\text{mínAbs}} = \frac{V^2}{127 \times (e_{\text{máx}} + f_{\text{t áx}})}$$

Condición límite de seguridad contra el deslizamiento lateral

Radio mínimo deseable (RmínDes)

$$R_{\text{mínDes}} = \frac{V_{MM}^2}{127 \times (e_{\text{máx}} + 0)}$$

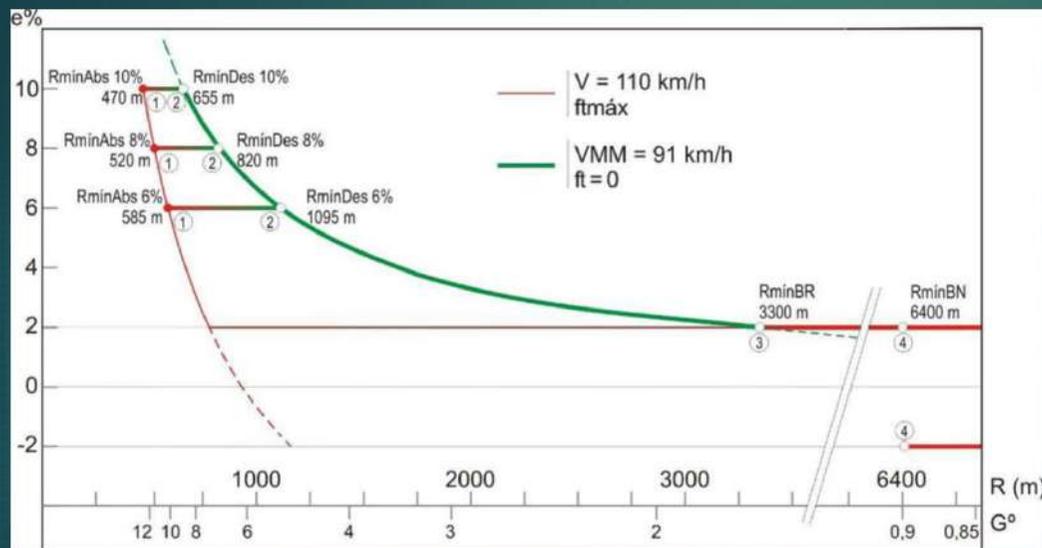
VMM: Velocidad media de marcha en flujo libre correspondiente a la velocidad directriz.

$$V_{MM} = 1,782 V^{0.838}$$

VMM varía entre 0,85 a 0,75 V

## Distribución de e y ft en función de R

El peralte se obtiene para que a la mayoría resulte una circulación cómoda y segura:  
**VMM en flujo libre y fricción transversal nula.** (se adopta el método N°3 de las normas DNV 67/80, similar al método N°4 de AASHTO)



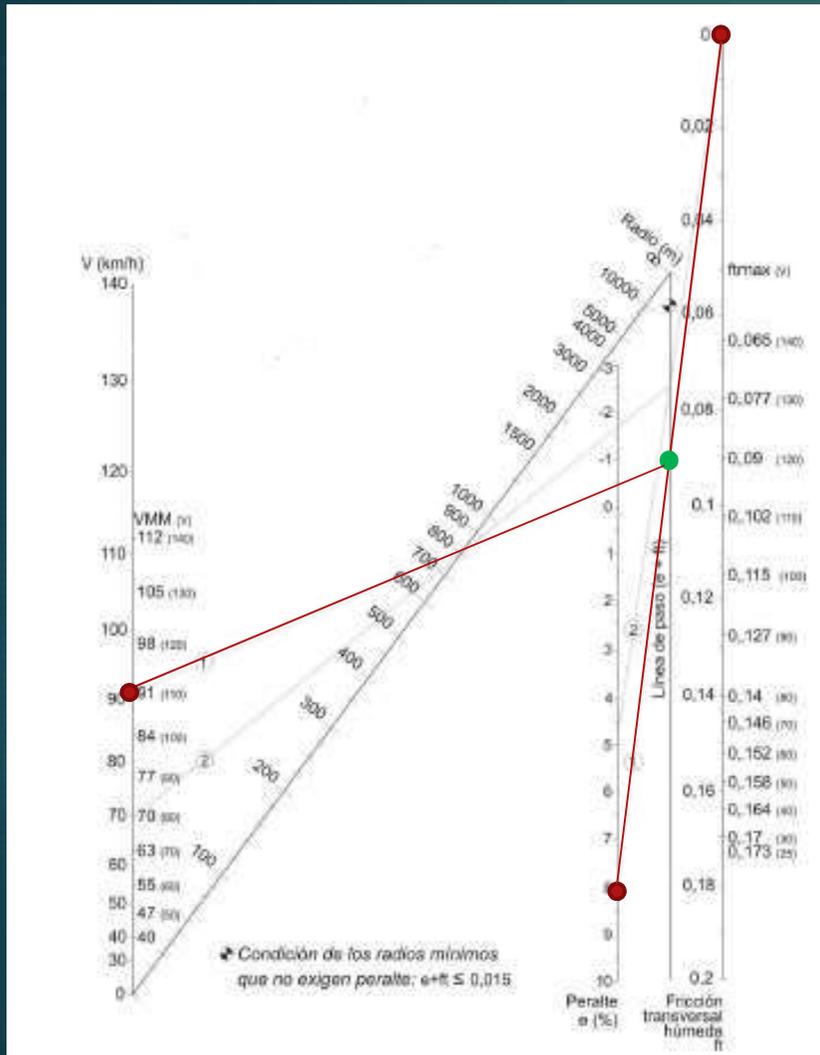
Ejemplo de distribución de peraltes en función de R para V= 110 km/h

Entre	Velocidad	e	ft
1 y 2	V a VMM	emáx	Variable entre: ftmáx y 0
2 y 3	VMM	Variable entre: emáx y + 2%	0
3 y 4	VMM	BR=+ 2%	0
más allá de 4	V	BN=± 2%	ft = 0,035

Tabla 3.8 Velocidad, peralte y fricción transversal entre puntos singulares

Velocidad directriz	Peralte máximo 6%		Peralte máximo 8%		Peralte máximo 10%	
	Radios mínimos		Radios mínimos		Radios mínimos	
	Deseable	Absoluto	Deseable	Absoluto	Deseable	Absoluto
km/h	m	m	m	m	m	m
25	80	20	60	20	50	20
30	120	30	90	30	70	25
40	210	55	155	50	125	50
50	290	90	220	85	175	75
60	395	135	300	120	240	110
70	515	185	385	170	310	155
80	645	250	480	230	385	210
90	785	340	585	305	470	280
100	935	450	700	405	560	365
110	1095	585	820	520	655	470
120	1270	755	950	665	760	595
130	1450	970	1085	845	870	750
140	1640	1235	1230	1065	985	935

Tabla 3.9 Radios mínimos deseables y absolutos para peraltes máximos



## Nomograma para el cálculo de elementos de una curva horizontal

### Fórmulas:

$$a) R = \frac{V^2}{127(e+ft)}$$

$$b) f_{tmax} = 0,188 - \frac{3V}{5000} \quad (V \leq 80 \text{ km/h})$$

$$= 0,24 - \frac{V}{800} \quad (V > 80 \text{ km/h})$$

$$c) VMM = 1,782 V^{0,838}$$

### Peralte máximo:

- 10%  
Zonas rurales montañosas, con heladas o nevadas poco frecuentes.
- 8%  
Zonas rurales llanas con heladas o nevadas poco frecuentes.
- 6%  
Zonas próximas a las urbanas con vehículos que operan a bajas velocidades o en zonas rurales, llanas o montañosas, con heladas o nevadas frecuentes.

### Ejemplos:

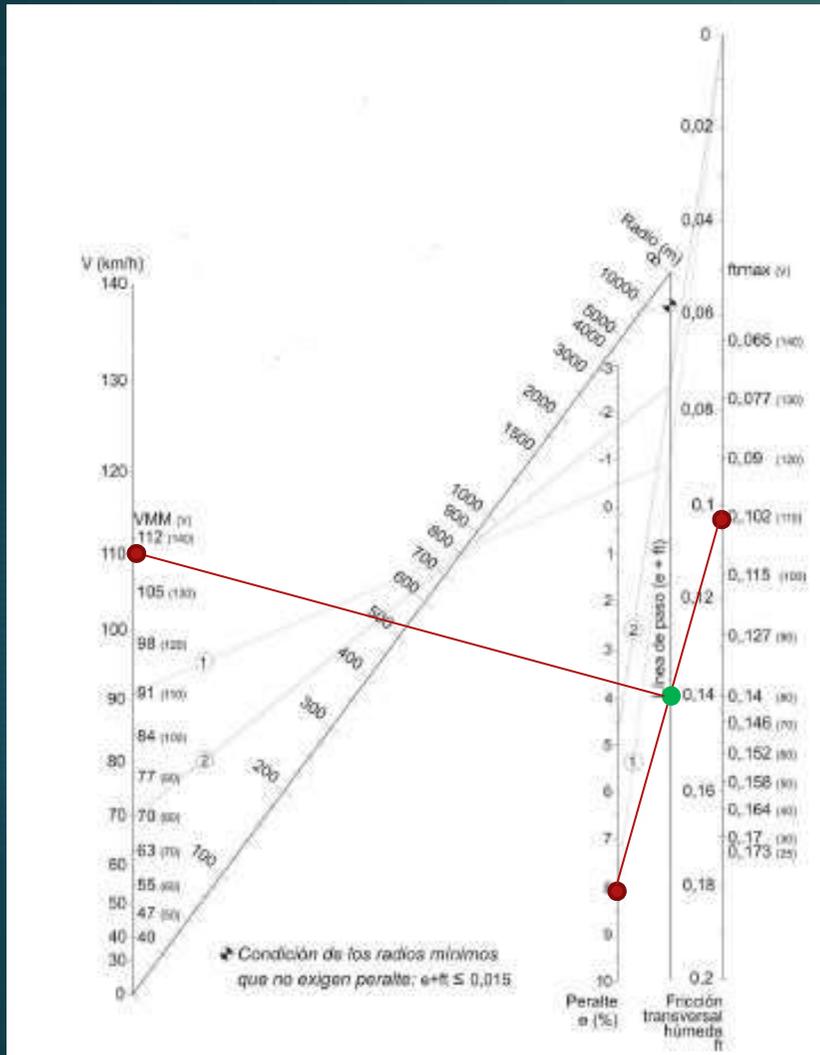
#### 1. datos:

$V=110\text{Km/h}$

$e_{máx}=8\%$

$R_{mínDes}=?$

$R_{mínDes}=820\text{m}$



## Nomograma para el cálculo de elementos de una curva horizontal

### Fórmulas:

$$a) R = \frac{V^2}{127(e+ft)}$$

$$b) f_{tmax} = 0,188 - \frac{3V}{5000} \quad (V \leq 80 \text{ km/h})$$

$$= 0,24 - \frac{V}{800} \quad (V > 80 \text{ km/h})$$

$$c) VMM = 1,782 V^{0,838}$$

### Peralte máximo:

- 10%  
Zonas rurales montañosas, con heladas o nevadas poco frecuentes.
- 8%  
Zonas rurales llanas con heladas o nevadas poco frecuentes.
- 6%  
Zonas próximas a las urbanas con vehículos que operan a bajas velocidades o en zonas rurales, llanas o montañosas, con heladas o nevadas frecuentes.

### Ejemplos:

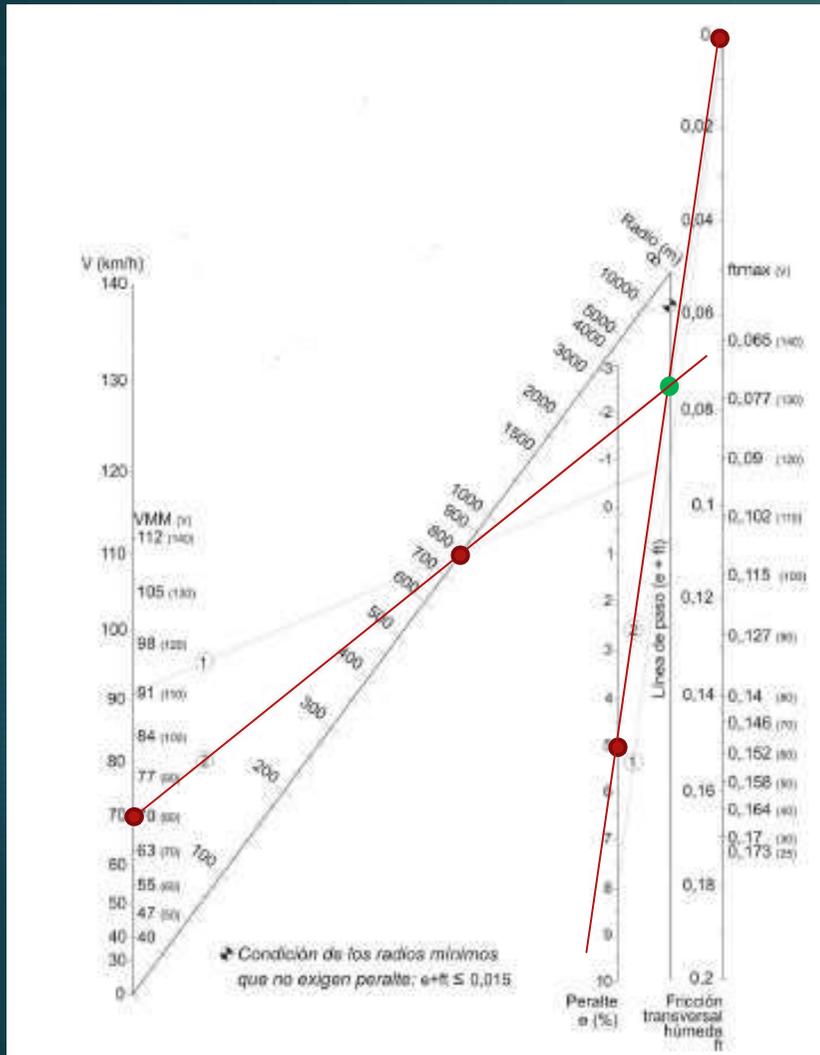
#### 1. datos:

$V=110 \text{ km/h}$

$e_{máx}=8\%$

$R_{mínAbs}=?$

$R_{mínAbs}=525 \text{ m}$



## Nomograma para el cálculo de elementos de una curva horizontal

### Fórmulas:

$$a) R = \frac{V^2}{127(e+ft)}$$

$$b) \text{ftmáx} = 0,188 - \frac{3V}{5000} \quad (V \leq 80 \text{ km/h})$$

$$= 0,24 - \frac{V}{800} \quad (V > 80 \text{ km/h})$$

$$c) \text{VMM} = 1,782 V^{0,833}$$

### Peralte máximo:

- 10%  
Zonas rurales montañosas, con heladas o nevadas poco frecuentes.
- 8%  
Zonas rurales llanas con heladas o nevadas poco frecuentes.
- 6%  
Zonas próximas a las urbanas con vehículos que operan a bajas velocidades o en zonas rurales, llanas o montañosas, con heladas o nevadas frecuentes.

### Ejemplos:

1. datos:

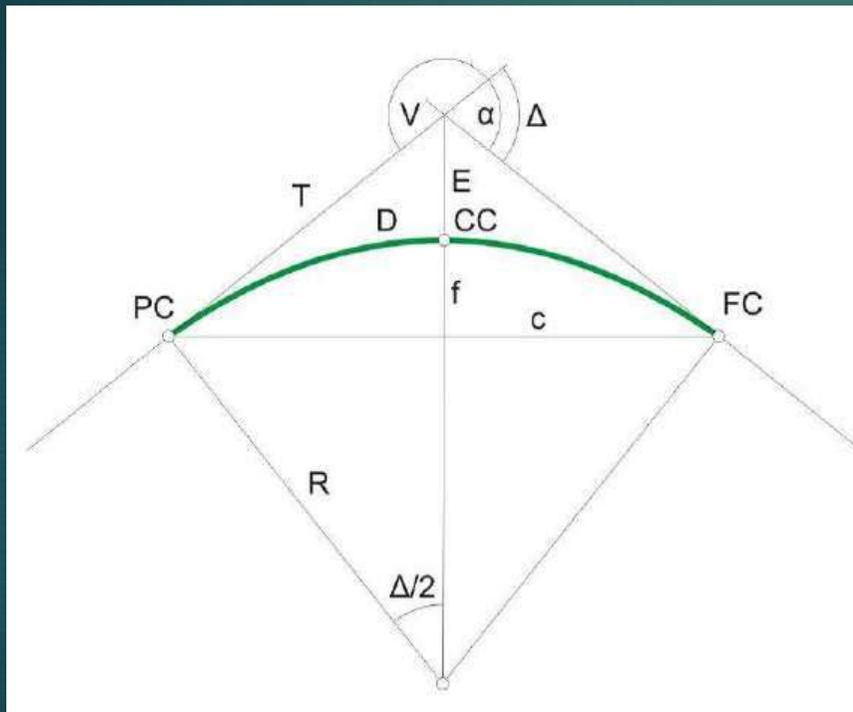
V=80Km/h

R = 800m

e=?

e=5%

## ELEMENTOS DE UNA CURVA CIRCULAR SIMPLE



V: Vértice (P1: punto de intersección)

$\alpha$ : ángulo derecha, positivo

$\Delta$ : ángulo de desviación horizontal;  $\Delta = \alpha - 180^\circ$

R: Radio

T: Tangente

E: Externa

D o L: Desarrollo

c: Cuerda

f: Flecha

PC: Principio de curva

CC: Centro de curva

FC: Final de curva

## ELEMENTOS DE UNA CURVA CIRCULAR SIMPLE

$$R = \frac{1}{3,6^2 \times 9,81} \times \frac{v^2}{(e+ft)} = 0,007865 \times \frac{v^2}{(e+ft)} \cong \frac{v^2}{127 \times (e+ft)}$$

TANGENTE

$$T = R \times \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$E = R \times \left(\frac{1}{\cos\frac{\Delta}{2}} - 1\right)$$

EXTERNA

CUERDA

$$C = 2 \times R \times \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$C/2 = R \times \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

SEMI CUERDA

FLECHA

$$f = R \times \left[1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)\right]$$

$$L = \frac{\pi \times \Delta}{180} \times R$$

LONGITUD - DESARROLLO

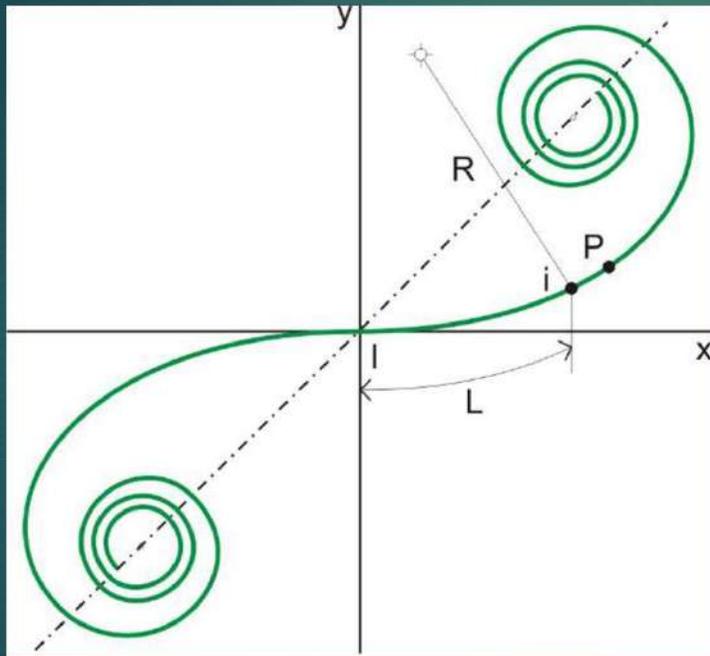
# ALINEAMIENTO HORIZONTAL

El alineamiento horizontal comprende tres elementos básicos:

- ▶ • Rectas (**R = infinito**)
- ▶ • Curvas circulares (**R = constante**)
- ▶ • Transiciones (**R = variable**)

## ESPIRAL DE EULER O CLOTOIDE:

Curva de transición tal que al recorrerla a velocidad constante origina un **variación lineal de la aceleración centrífuga en función del tiempo y longitud.**



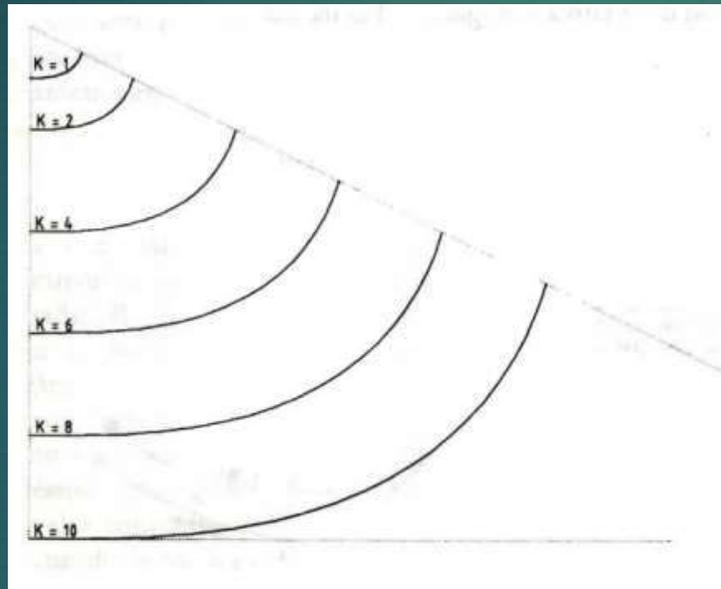
- Es una curva de dos ramas desde curvatura  $-\infty$  hasta  $+\infty$
- Longitud L desde  $-\infty$  hasta  $+\infty$

- El punto i donde  $L=R$  se denomina *punto paramétrico*, y el valor de R o L en ese punto se denomina **parámetro A**, para el cual el ángulo de desviación desde i vale 0,5 rad.

La expresión  **$li \times Ri = \text{constante} = A^2$**  es válida en todos los puntos P de la clotoide

## ESPIRAL DE EULER O CLOTOIDE:

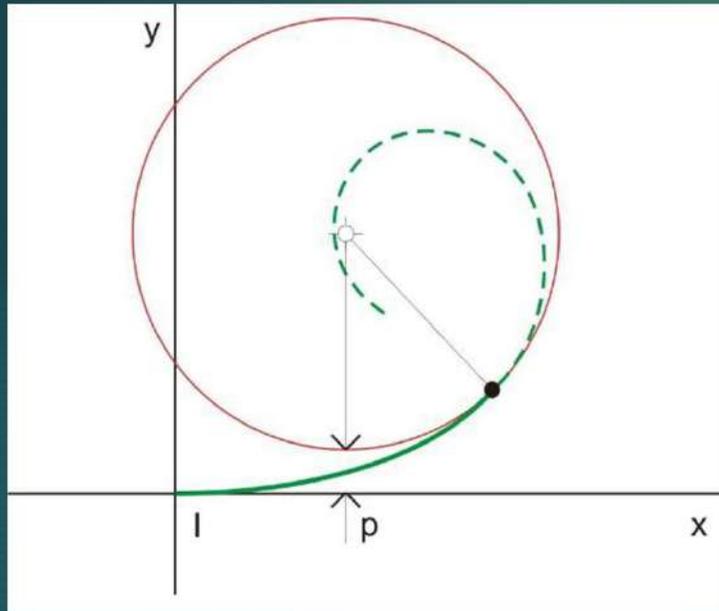
- El valor del **parámetro A o K** define el *tamaño* de la clotoide; así como el radio define el tamaño de la circunferencia.



$$li \times Ri = \text{constante} = A^2$$

Gráfico: Semejanza u homotecia de las clotoides

## ESPIRAL DE EULER O CLOTOIDE:



La distancia mínima entre las dos curvas a enlazar se denomina 'retranqueo  $p$ '. Sin retranqueo  $p$  no puede haber enlace con espirales de transición: las curvas circulares no deben ser concéntricas, ni secantes, ni tangentes;

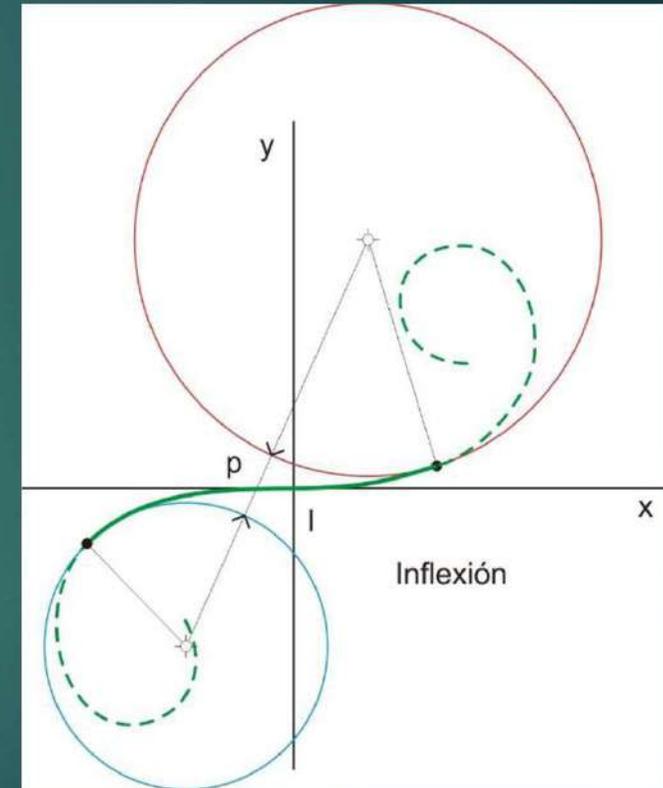
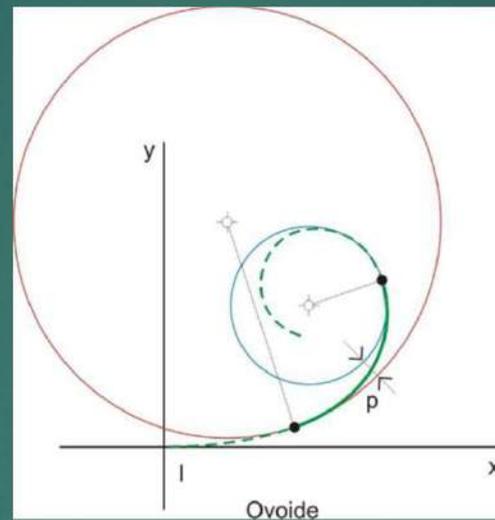
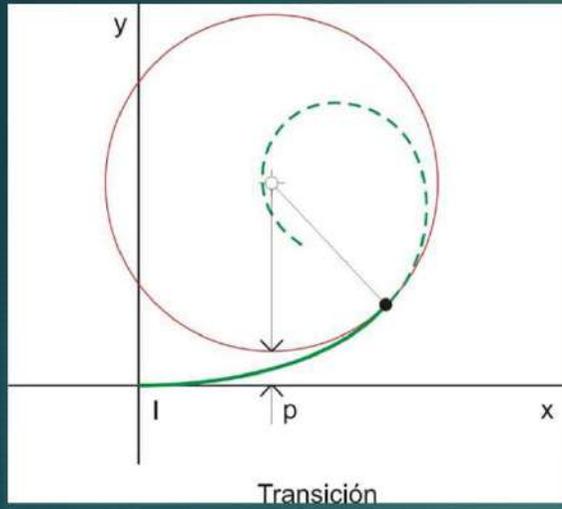
deben ser exteriores:

- transición
- ovoide

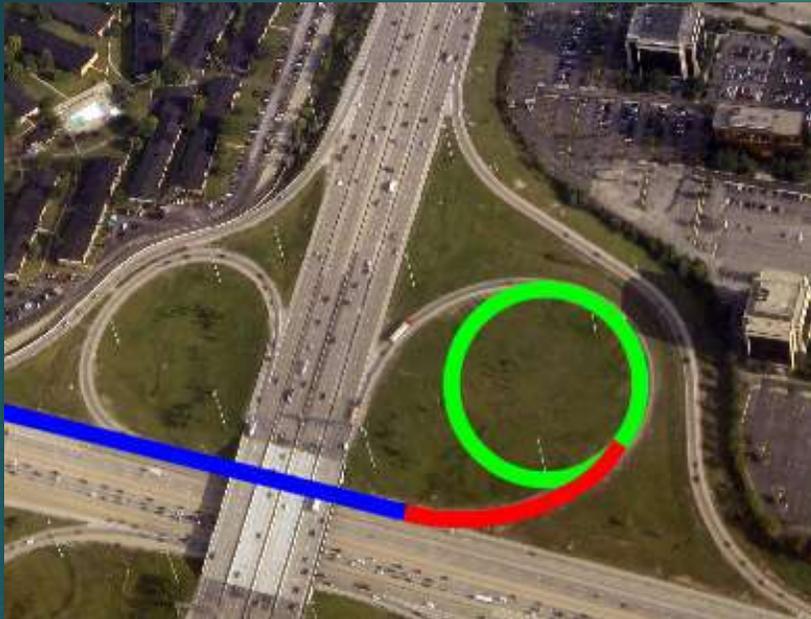
o interiores:

- inflexión

# ESPIRAL DE EULER O CLOTOIDE:



## ESPIRAL DE EULER O CLOTOIDE:



[http://arablogs.catedu.es/blog.php?id\\_blog=1535&id\\_articulo=182544](http://arablogs.catedu.es/blog.php?id_blog=1535&id_articulo=182544)



*Sucesión de alineamientos rectos, curvas de transición y curvas circulares. Fuente: ICC. cat.*

## VENTAJAS DE LA UTILIZACIÓN DE LA CURVA ESPIRAL DE EULER O CLOTOIDE:

- Proporciona una trayectoria fácil de seguir para los conductores.

La fuerza lateral aumenta y disminuye gradualmente a medida que un vehículo entra y sale de una curva circular.

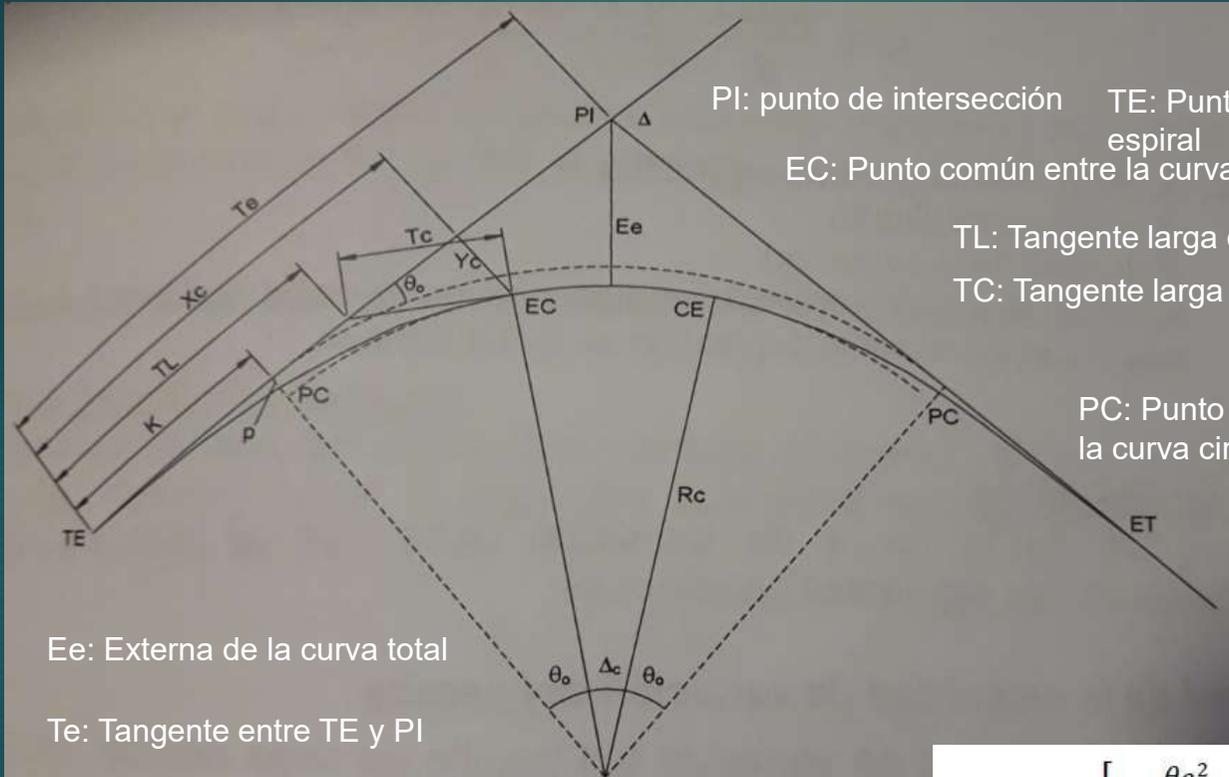
Minimizan la invasión en los carriles adyacentes y tienden a promover una velocidad uniforme.

- Proporciona un lugar adecuado para el desarrollo del peralte.
- Las clotoides de parámetro (A) grande aumentan lentamente su curvatura (apto para altas velocidades de circulación)

## CUANDO UTILIZAR LA CURVA ESPIRAL DE EULER O CLOTOIDE:

- Preferiblemente todas las curvas con  $V > 60 \text{ Km/h}$  deberían diseñarse con transiciones, excepto:
  - En terreno ondulado o montañoso donde no haya espacio.
  - Cuando  $R$  sea mayor o igual a 1800m (Sin embargo se puede utilizar transición hasta  $R=6000\text{m}$ )
  - Cuando el retranqueo  $p$  sea menor a 0,10m.

# ELEMENTOS DE LA ESPIRAL DE EULER O CLOTOIDE:



PI: punto de intersección    TE: Punto común entre la tangente y la espiral  
 EC: Punto común entre la curva espiral y circular

TL: Tangente larga de la espiral  
 TC: Tangente larga de la espiral

PC: Punto a donde se desplaza el TE y TS de la curva circular.

Ee: Externa de la curva total

Te: Tangente entre TE y PI

Δ: ángulo de deflexión entre las tangentes;  $\Delta = \Delta_c + 2\theta_e$

Rc: Radio curva circular

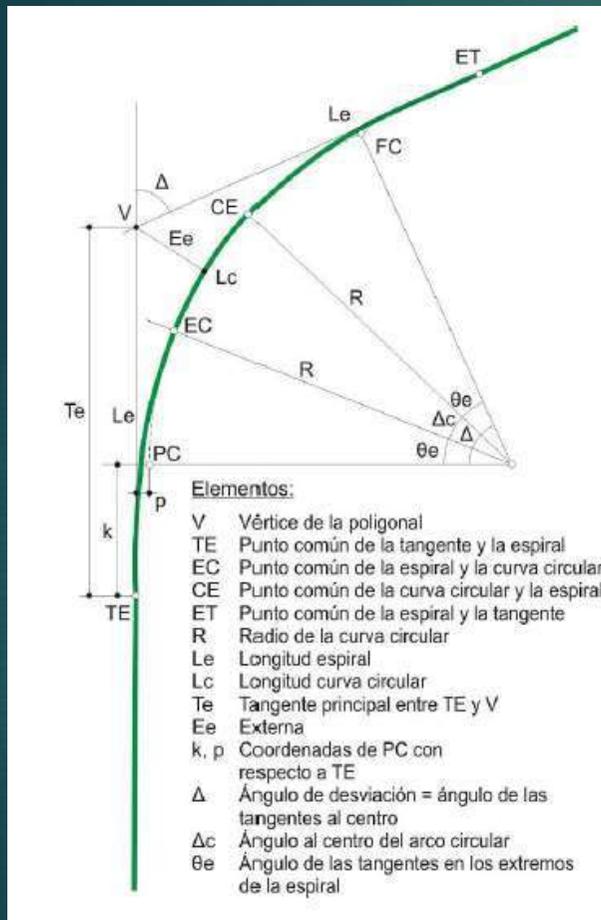
$$TL = x_c - \frac{y_c}{\operatorname{tg} \theta_e}$$

$$TC = \frac{y_c}{\operatorname{sen} \theta_e}$$

$$X_c = L_e * \left[ 1 - \frac{\theta_e^2}{10} + \frac{\theta_e^4}{216} \right]$$

$$Y_c = L_e * \left( \frac{\theta_e}{3} - \frac{\theta_e^3}{42} \right)$$

# ELEMENTOS DE LA ESPIRAL DE EULER O CLOTOIDE:



El radio de la de la curva circular  $R_c$  corresponde al radio que deberá tener el extremo de la espiral.

Otro dato conocido será la longitud de la espiral  $l_e$  (definida por requerimientos mínimos)

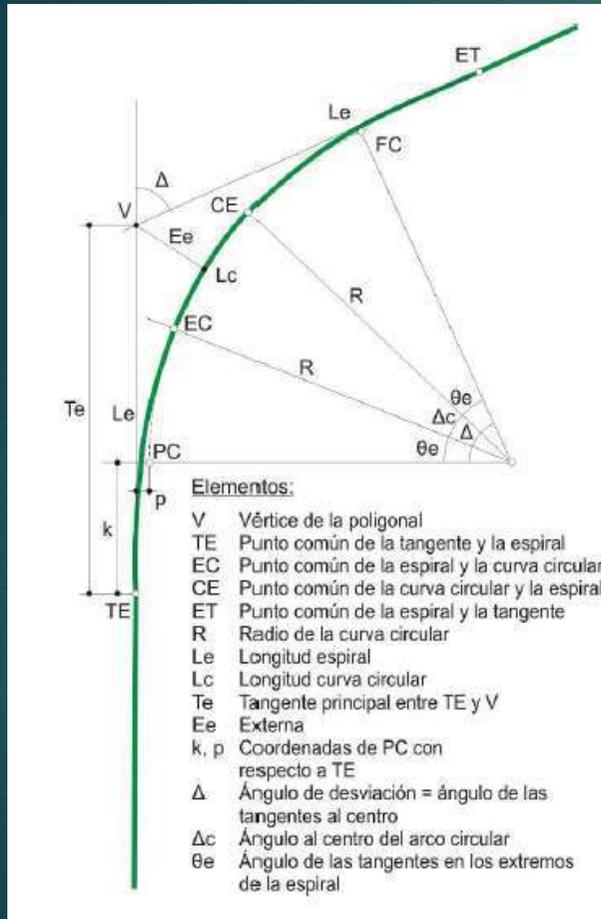
$$l_i \times R_i = \text{constante} = A^2$$

$$l_e \times R_c = l_i \times R_i = A^2$$

$$l_e \times R_c = l_i \times R_i$$

$$R_i = \frac{l_e \times R_c}{l_i}$$

## ELEMENTOS DE LA ESPIRAL DE EULER O CLOTOIDE:



Siendo:

$\theta_i$ : ángulo de deflexión para un punto cualquiera (rad)

$\theta_e$ : ángulo de deflexión para el extremo de la espiral (rad)

$$\theta_i = \frac{l_i^2}{2 \times A^2}$$

$$\theta_e = \frac{l_e^2}{2 \times (R_c \times l_e)}$$

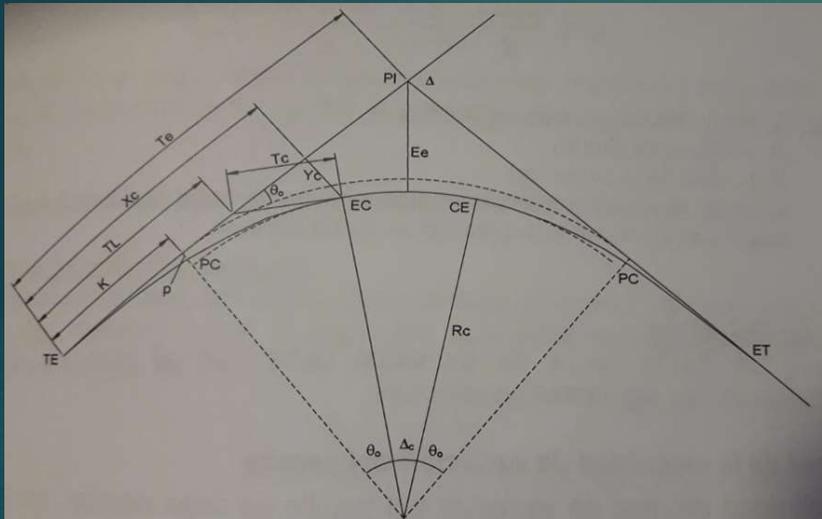
$$\theta_i = \frac{l_i^2}{2 \times (R_c \times l_e)}$$

$$R_c = \frac{l_e^2}{2 \times (\theta_e \times l_e)} = \frac{l_i^2}{2 \times (\theta_i \times l_e)}$$

$$\theta_i = \left( \frac{l_i}{l_e} \right)^2 \times \theta_e$$



## ELEMENTOS DE LA ESPIRAL DE EULER O CLOTOIDE:



Los valores de  $p$  y  $k$  resultan de sumar los infinitos términos  $n$  de las siguientes series convergentes:

$$p = \frac{L^2}{4R} \sum_0^n (-1)^n \frac{\left(\frac{L}{R}\right)^{2n}}{(4n+3)2^{2n}(2n+2)!}$$

$$k = \frac{L}{2} \sum_0^n (-1)^n \frac{\left(\frac{L}{R}\right)^{2n}}{(4n+1)2^{2n}(2n+1)!}$$

Siendo  $l = l_e =$  longitud de la transición. Tomando sólo el primer término de cada para  $n=0$ , resultan:

$$p = \frac{L^2}{24R}$$

$$k = \frac{L}{2}$$

# ESPIRAL DE EULER O CLOTOIDE:

LONGITUD MÍNIMA:

1- Criterio de comodidad de los ocupantes:

$$L_{\text{mín}} = \frac{0,0214 V^3}{R \times a}$$

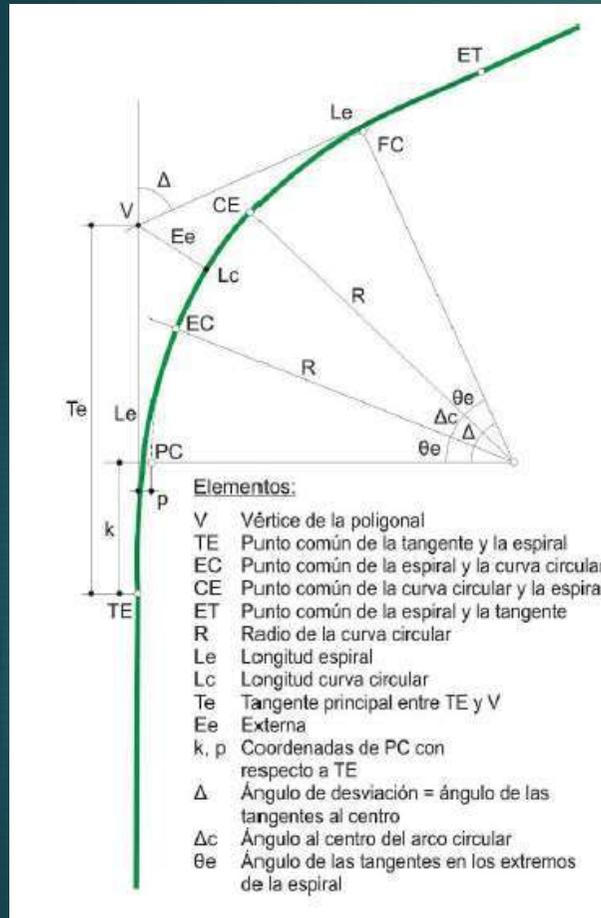
Donde:

V=velocidad directriz (km/h)

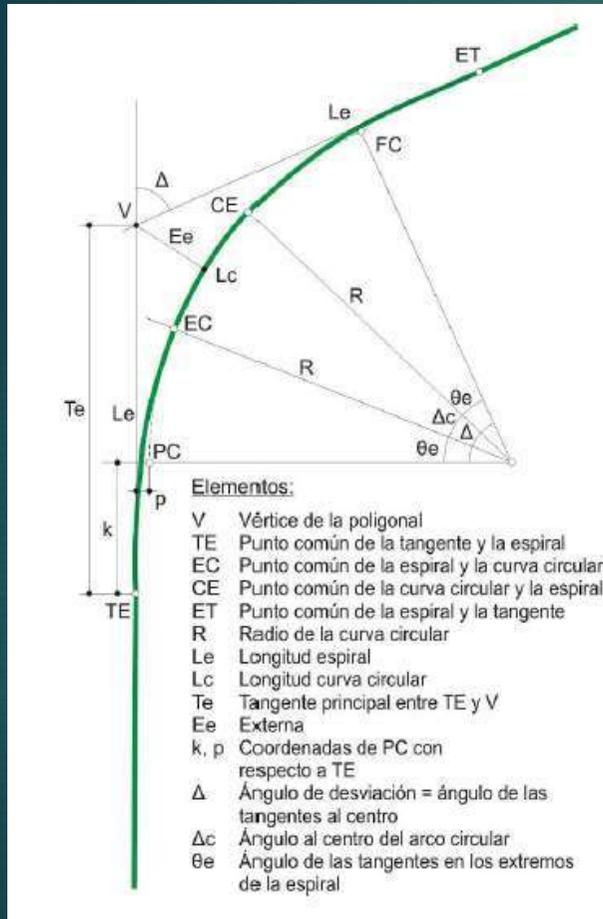
R= radio de la curva (m)

a= variación de la aceleración centrífuga; alrededor de 0,6 m/s<sup>3</sup>

$$L_{\text{mín}} = \frac{V^3}{28R}$$



# ESPIRAL DE EULER O CLOTOIDE:



LONGITUD MÍNIMA:

## 2 - Criterio de apariencia general:

$$L_{\text{emín}} = \frac{V}{1,8} \geq 30$$

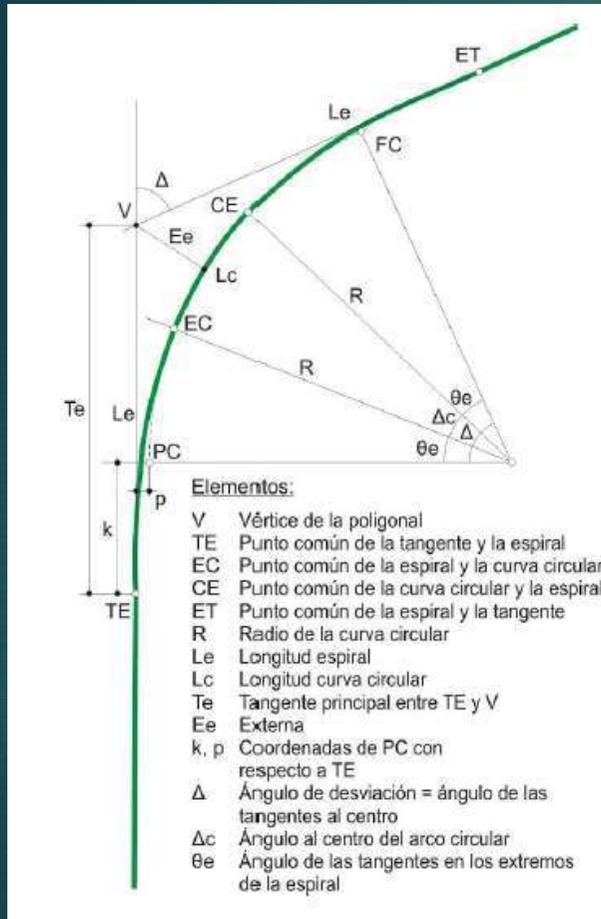
Donde:

V=velocidad directriz (km/h)

La transición debe tener una longitud mínima tal que un vehículo marchando a la velocidad directriz, tarde **2 segundos aproximadamente en recorrerla.**

La longitud mínima será de 30 m.

# ESPIRAL DE EULER O CLOTOIDE:



LONGITUD MÍNIMA:

## 3 - Criterio de apariencia de borde:

Longitud de desarrollo del peralte (Des):

$$Des = \frac{c \times e}{ib}$$

$$ib(\%) = 0,85 - \frac{V}{253}$$

Donde:

Des= Longitud de desarrollo del peralte (m)

c = Ancho de carril (m)

e = Peralte (%)

ib = Pendiente relativa del borde respecto del eje de rotación,

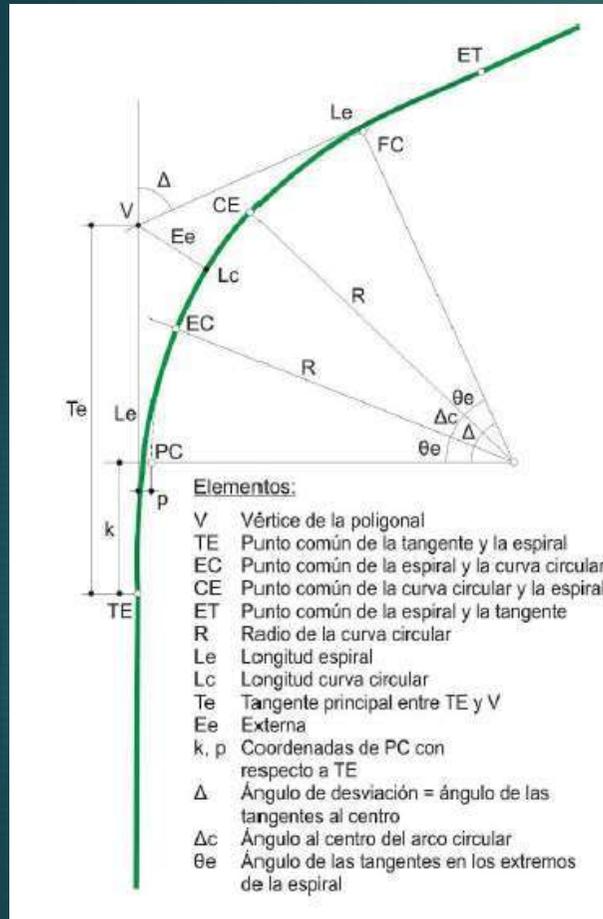
La experiencia indica que las pendientes relativas máximas de 0,8 a 0,35% en función de la velocidad proveen desarrollos de peraltes con buena apariencia de borde para velocidades entre 20 y 130 km/h.

$$Lemín = Des$$

# ESPIRAL DE EULER O CLOTOIDE:

LONGITUD MÁXIMA:

Longitudes largas de transición inducen maniobras zigzagueantes.



$$L_{\text{máx}} = 1,25 L_{\text{mín}}$$



Tablas de curvas horizontales:

Tablas 3.11 Expresan:

$R_{\text{mínDes}}$

$R_{\text{mínAbs}}$

le mín.

Sobrecanchos (s)

peralte (e)

En función de  $V$  y  $e_{\text{máx}}$

ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CURVAS HORIZONTALES PARA CAMINOS RURALES  
EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DIRECTRIZ PARA PERALTES MÁXIMOS DEL 6%

emáx  
6%

R m	V = 25 km/h VMM = 25 km/h			V = 30 km/h VMM = 30 km/h			V = 40 km/h VMM = 40 km/h			V = 50 km/h VMM = 47 km/h	
	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m
	RminAbs = 20 RminDes = 80			RminAbs = 30 RminDes = 120			RminAbs = 55 RminDes = 210			RminAbs = 100 RminDes = 400	
20	6	30	6,6								
30	6	30	4,3								
40	6	30	3,3								
50	6	30	2,6								
60	6	30	2,2								
70	6	30	1,9								
80	6	30	1,7								
90	5,5	30	1,5							6	50
100	4,9	30	1,4							6	45
110	4,5	30	1,3							6	40
120	4,1	30	1,2							6	35
130	3,8	30	1,1							6	35
140	3,5	30	1							6	30
150	3,3	30	1							6	30
175	2,8	30	0,8							6	30
200	2,5	30	0,7							6	30
250	BR	30	0,6							6	30
300	BR	30	0,5							5,8	30
400	BN		0,4							4,4	30
500	BN									3,5	30
600	BN									2,9	30
700	BN									2,5	30
800	BN									2,2	30
900	BN									BR	30
1000	BN									BR	30
1200	BN									BR	30
1300	BN									BR	30
1400	BN									BN	
1500	BN									BN	
2000	BN									BN	
2500	BN									BN	
3000	BN									BN	
3500	BN									BN	
4000	BN									BN	

R m	V = 80 km/h VMM = 70 km/h			R m
	e %	Lemin m	S m	
	RminAbs = 250 RminDes = 645			
20				20
30				30
40				40
50				50
60				60
70				70
80				80
90				90
100				100
110				110
120				120
130				130
140				140
150				150
175				175
200				200
250				250
300				300
400				400
500				500
600				600
700				700
800				800
900				900
1000				1000
1200				1200
1300				1300
1400				1400
1500				1500
2000				2000
2500				2500
3000				3000
3500				3500
4000				4000
250	6	75	1	
300	6	60	0,8	
400	6	45	0,7	
500	6	45	0,6	
600	6	45	0,5	
700	5,5	45	0,5	
800	4,8	45	0,4	
900	4,3	45	0,4	
1000	3,9	45	0,4	
1200	3,2	45		

**ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CURVAS HORIZONTALES PARA CAMINOS RURALES  
EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DIRECTRIZ PARA PERALTES MÁXIMOS DEL 6%**

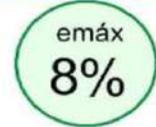


R m	V = 90 km/h VMM = 77 km/h			V = 100 km/h VMM = 84 km/h			V = 110 km/h VMM = 91 km/h			V = 120 km/h VMM = 98 km/h			V = 130 km/h VMM = 105 km/h			V = 140 km/h VMM = 112 km/h			R m
	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	
	RminAbs = 340 RminDes = 785			RminAbs = 450 RminDes = 935			RminAbs = 585 RminDes = 1095			RminAbs = 755 RminDes = 1270			RminAbs = 970 RminDes = 1450			RminAbs = 1235 RminDes = 1640			
250																			250
300																			300
400	6	65	0,7																400
500	6	50	0,6	6	70	0,7													500
600	6	50	0,6	6	60	0,6	6	80	0,6										600
700	6	50	0,5	6	55	0,5	6	70	0,6										700
800	5,9	50	0,5	6	55	0,5	6	60	0,5	6	75	0,6							800
900	5,2	50	0,4	6	55	0,5	6	80	0,5	6	70	0,5							900
1000	4,7	50	0,4	5,6	55	0,4	6	60	0,5	6	65	0,5	6	80	0,5				1000
1200	3,9	50	0,4	4,7	55	0,4	5,5	60	0,4	6	65	0,4	6	70	0,5				1200
1300	3,6	50		4,3	55	0,4	5,1	60	0,4	5,9	65	0,4	6	70	0,4	6	80	0,5	1300
1400	3,4	50		4	55		4,7	60	0,4	5,4	65	0,4	6	70	0,4	6	80	0,5	1400
1500	3,1	50		3,7	55		4,4	60	0,4	5,1	65	0,4	5,8	70	0,4	6	80	0,4	1500
2000	2,3	50		2,8	55		3,3	60		3,8	65		4,3	70		4,9	80	0,4	2000
2500	BR	50		2,2	55		2,6	60		3	65		3,5	70		3,9	80		2500
3000	BR	50		BR	55		2,2	60		2,5	65		2,9	70		3,3	80		3000
3500	BR	50		BR	55		BR	60		2,2	65		2,5	70		2,8	80		3500
4000	BR	50		BR	55		BR	60		BR	65		2,2	70		2,5	80		4000
4500	BN			BR	55		BR	60		BR	65		BR	70		2,2	80		4500
5000	BN			BR	55		BR	60		BR	65		BR	70		BR	80		5000
7000	BN			BN			BN			BR	65		BR	70		BR	80		7000
9000	BN			BN			BN			BN			BN			BR	80		9000
11000	BN			BN			BN			BN			BN			BN			11000

- Nota 1: V = Velocidad directriz, en km/h - R = Radio, en m - e = Peralte, en % - Lemín = Longitud mínima de transición para 2 carriles, en m
- Nota 2: S = Sobreebanco para 2 carriles, en m (calculado con ac = 6,7 m según práctica recomendada por la DNV)
- Nota 3: BN: Sección de bombeo normal (2%) - BR: Sección de bombeo removido, peraltado a la pendiente transversal normal (2%)
- Nota 4: La longitud máxima de transición no será superior a 1,25 Lemín
- Nota 5: Los valores de S se obtuvieron para un vehículo tipo semirremolque (I1=1,35 m; I2=4,3 m; I3=9,35 m)
- Nota 6: Los valores de S deben multiplicarse por 1,5 para calzadas de 3 carriles



**ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CURVAS HORIZONTALES PARA CAMINOS RURALES  
EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DIRECTRIZ PARA PERALTES MÁXIMOS DEL 8%**



R m	V = 90 km/h VMM = 77 km/h			V = 100 km/h VMM = 84 km/h			V = 110 km/h VMM = 91 km/h			V = 120 km/h VMM = 98 km/h			V = 130 km/h VMM = 105 km/h			V = 140 km/h VMM = 112 km/h			R m
	e %	Lemín m	S m	e %	Lemín m	S m	e %	Lemín m	S m										
	RmínAbs = 305 RmínDes = 585			RmínAbs = 405 RmínDes = 700			RmínAbs = 520 RmínDes = 820			RmínAbs = 665 RmínDes = 950			RmínAbs = 845 RmínDes = 1085			RmínAbs = 1065 RmínDes = 1230			
250																			250
300																			300
400	8	65	0,7																400
500	8	55	0,6	8	70	0,7													500
600	7,8	55	0,6	8	60	0,6	8	80	0,6										600
700	6,7	50	0,5	8	60	0,5	8	70	0,6	8	90	0,6							700
800	5,9	50	0,5	7	55	0,5	8	65	0,5	8	75	0,6							800
900	5,2	50	0,4	6,2	55	0,5	7,3	60	0,5	8	70	0,5	8	85	0,6				900
1000	4,7	50	0,4	5,6	55	0,4	6,6	60	0,5	7,6	65	0,5	8	80	0,5				1000
1200	3,9	50	0,4	4,7	55	0,4	5,5	60	0,4	6,3	65	0,4	7,2	70	0,5	8	80	0,5	1200
1300	3,6	50		4,3	55	0,4	5,1	60	0,4	5,9	65	0,4	6,7	70	0,4	7,6	80	0,5	1300
1400	3,4	50		4	55		4,7	60	0,4	5,4	65	0,4	6,2	70	0,4	7	80	0,5	1400
1500	3,1	50		3,7	55		4,4	60	0,4	5,1	65	0,4	5,8	70	0,4	6,6	80	0,4	1500
2000	2,3	50		2,8	55		3,3	60		3,8	65		4,3	70		4,9	80	0,4	2000
2500	BR	50		2,2	55		2,6	60		3	65		3,5	70		3,9	80		2500
3000	BR	50		BR	55		2,2	60		2,5	65		2,9	70		3,3	80		3000
3500	BR	50		BR	55		BR	60		2,2	65		2,5	70		2,8	80		3500
4000	BR	50		BR	55		BR	60		BR	65		2,2	70		2,5	80		4000
4500	BN			BR	55		BR	60		BR	65		BR	70		2,2	80		4500
5000	BN			BR	55		BR	60		BR	65		BR	70		BR	80		5000
7000	BN			BN			BN			BR	65		BR	70		BR	80		7000
8000	BN			BN			BN			BN			BN			BR	80		8000
11000	BN			BN			BN			BN			BN			BN			11000

- Nota 1: V = Velocidad directriz, en km/h - R = Radio, en m - e = Peralte, en % - Lemín = Longitud mínima de transición para 2 carriles, en m
- Nota 2: S = Sobreancho para 2 carriles, en m (calculado con ac = 6,7 m según práctica recomendada por la DNV)
- Nota 3: BN: Sección de bombeo normal (2%) - BR: Sección de bombeo removido, peraltado a la pendiente transversal normal (2%)
- Nota 4: La longitud máxima de transición no será superior a 1,25 Lemín
- Nota 5: Los valores de S se obtuvieron para un vehículo tipo semirremolque (l1=1,35 m; l2=4,3 m; l3=9,35 m)
- Nota 6: Los valores de S deben multiplicarse por 1,5 para calzadas de 3 carriles





**ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CURVAS HORIZONTALES PARA CAMINOS RURALES  
EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DIRECTRIZ PARA PERALTES MÁXIMOS DEL 10%**

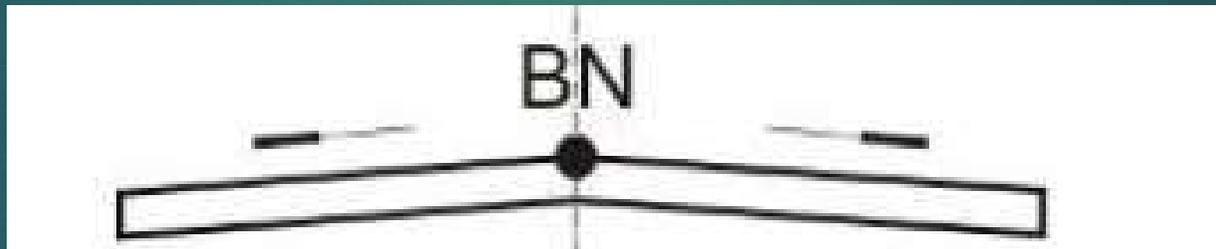
R m	V = 90 km/h VMM = 77 km/h			V = 100 km/h VMM = 84 km/h			V = 110 km/h VMM = 91 km/h			V = 120 km/h VMM = 98 km/h			V = 130 km/h VMM = 105 km/h			V = 140 km/h VMM = 112 km/h			R m
	e %	Lemin m	S m																
	RminAbs = 280 RminDes = 470			RminAbs = 365 RminDes = 560			RminAbs = 470 RminDes = 655			RminAbs = 595 RminDes = 760			RminAbs = 750 RminDes = 870			RminAbs = 935 RminDes = 985			
250																			250
300																			300
400	10	85	0,9																400
500	10	70	0,7	10	90	0,8													500
600	9,4	65	0,6	10	75	0,7	10	95	0,7										600
700	7,8	55	0,6	9,3	70	0,6	10	80	0,6	10	105	0,7							700
800	6,7	50	0,5	8	60	0,5	9,4	75	0,6	10	90	0,6							800
900	5,9	50	0,5	7	55	0,5	8,2	65	0,5	9,5	80	0,6	10	100	0,6				900
1000	5,2	50	0,4	6,2	55	0,5	7,3	60	0,5	8,5	70	0,5	9,7	85	0,6				1000
1200	4,7	50	0,4	5,6	55	0,4	6,6	60	0,5	7,6	65	0,5	8,7	80	0,5	9,8	100	0,6	1200
1300	3,9	50	0,4	4,7	55	0,4	5,5	60	0,4	6,3	65	0,4	7,2	70	0,5	8,2	80	0,5	1300
1400	3,6	50		4,3	55	0,4	5,1	60	0,4	5,9	65	0,4	6,7	70	0,4	7,6	80	0,5	1400
1500	3,4	50		4	55		4,7	60	0,4	5,4	65	0,4	6,2	70	0,4	7	80	0,5	1500
2000	3,1	50		3,7	55		4,4	60	0,4	5,1	65	0,4	5,8	70	0,4	6,6	80	0,4	2000
2500	2,3	50		2,8	55		3,3	60		3,8	65		4,3	70		4,9	80	0,4	2500
3000	BR	50		2,2	55		2,6	60		3	65		3,5	70		3,9	80		3000
3500	BR	50		BR	55		2,2	60		2,5	65		2,9	70		3,3	80		3500
4000	BR	50		BR	55		BR	60		2,2	65		2,5	70		2,8	80		4000
4500	BR	50		BR	55		BR	60		BR	65		2,2	70		2,5	80		4500
5000	BN			BR	55		BR	60		BR	65		BR	70		2,2	80		5000
7000	BN			BR	55		BR	60		BR	65		BR	70		BR	80		7000
9000	BN			BR	80		9000												
11000	BN			11000															

- Nota 1: V = Velocidad directriz, en km/h - R = Radio, en m - e = Peralte, en % - Lemín = Longitud mínima de transición para 2 carriles, en m
- Nota 2: S = Sobreancho para 2 carriles, en m (calculado con ac = 6,7 m según práctica recomendada por la DNV)
- Nota 3: BN: Sección de bombeo normal (2%) - BR: Sección de bombeo removido, peraltado a la pendiente transversal normal (2%)
- Nota 4: La longitud máxima de transición no será superior a 1,25 Lemín
- Nota 5: Los valores de S se obtuvieron para un vehículo tipo semirremolque (l1=1,35 m; l2=4,3 m; l3=9,35 m)
- Nota 6: Los valores de S deben multiplicarse por 1,5 para calzadas de 3 carriles

## TRANSICIÓN DEL PERALTE:

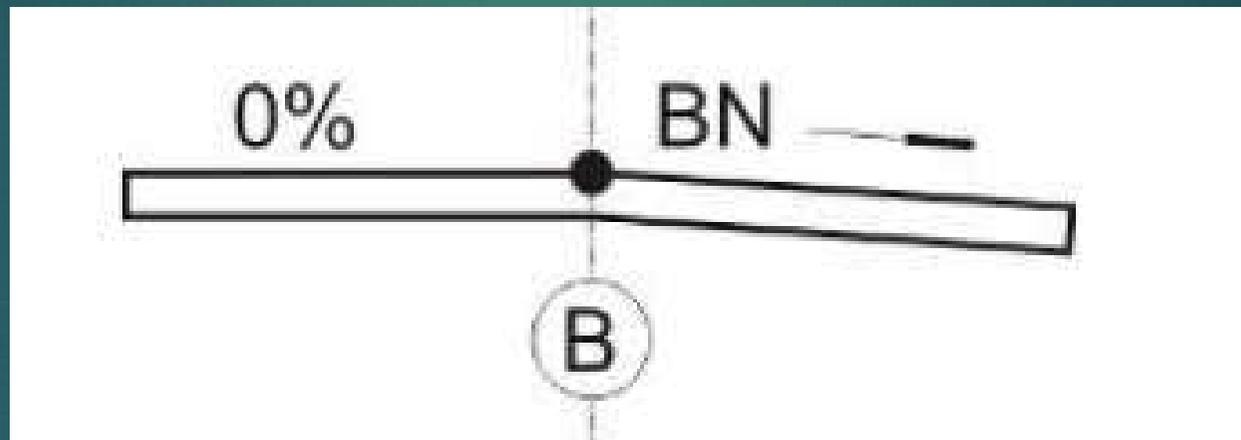
### Bombeo normal o perfil transversal de la calzada (BN)

Pendiente desde un punto alto (típicamente en la línea central del camino) a través de los carriles de un camino. Usualmente el punto alto está en el centro (pendiente  $\pm$ )



## TRANSICIÓN DEL PERALTE:

**Bombeo adverso removido**



## TRANSICIÓN DEL PERALTE:

### Bombeo removido (BR)

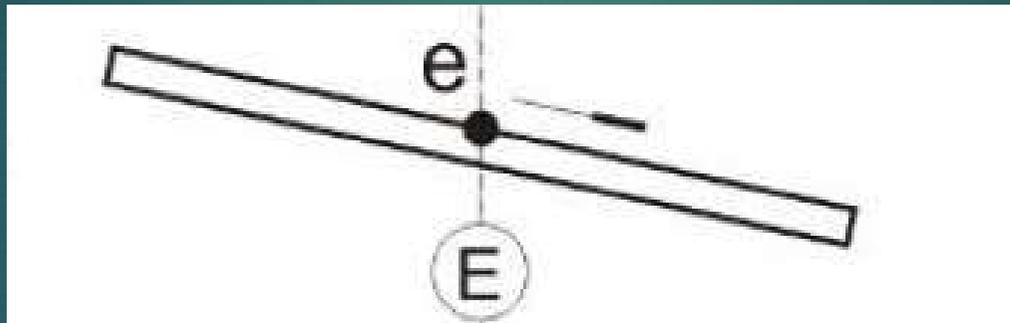
Sección plana peraltada de camino a través de toda la calzada con un valor igual al del bombeo normal. Por ejemplo, camino común de dos carriles y curva a la izquierda con  $e = +2\%$ , cuando en recta el BN es  $\pm 2\%$ .



## TRANSICIÓN DEL PERALTE:

### Perfil peraltado en curva

Sección plana peraltada de camino a través de toda la calzada con un valor igual a  $e$ .



## DESARROLLO DEL PERALTE:

Es el proceso de modificar el perfil de la sección transversal desde BN en recta la perfil peraltado en curva, y viceversa.

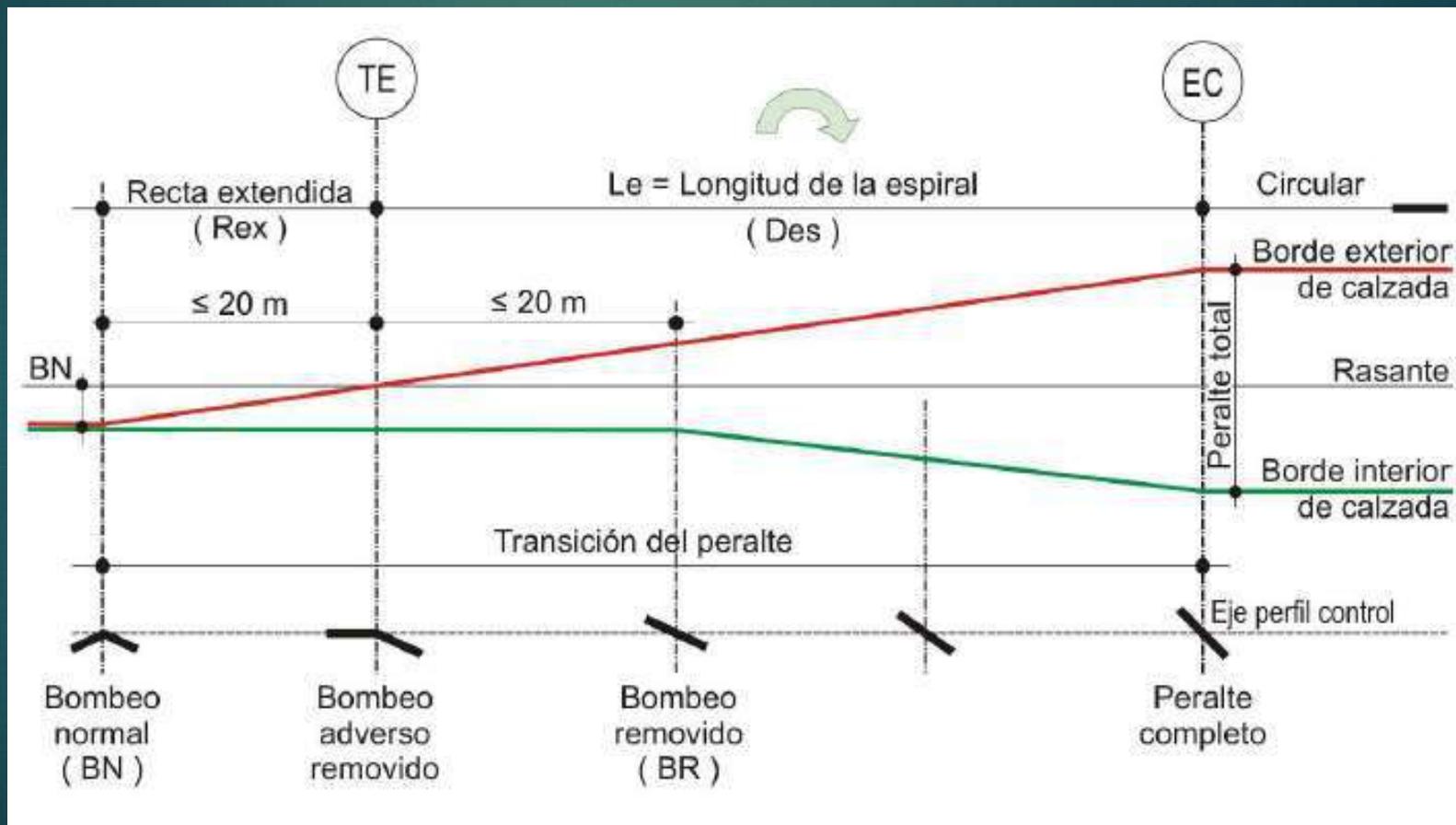
Materialización del peralte:

- **Desarrollo en recta extendida (Rex)**
- **Desarrollo del peralte (Des)**

# DESARROLLO DEL PERALTE:

## Recta extendida (Rex)

Es la longitud necesaria para realizar el cambio desde una sección con bombeo normal a una con bombeo adverso removido o viceversa.



## DESARROLLO DEL PERALTE:

### Desarrollo del peralte (**Des**)

Es la longitud necesaria para realizar el cambio desde una sección con bombeo adverso removido a la sección totalmente peraltada.

La práctica actual indica que para apariencia y confort la longitud **Des** no debería exceder una pendiente longitudinal de 1:200 (0,50%).

# *Métodos de transición del peralte*

## **Alrededor del eje central**

Generalmente para peraltar un camino de dos carriles se gira el pavimento alrededor de su eje central.

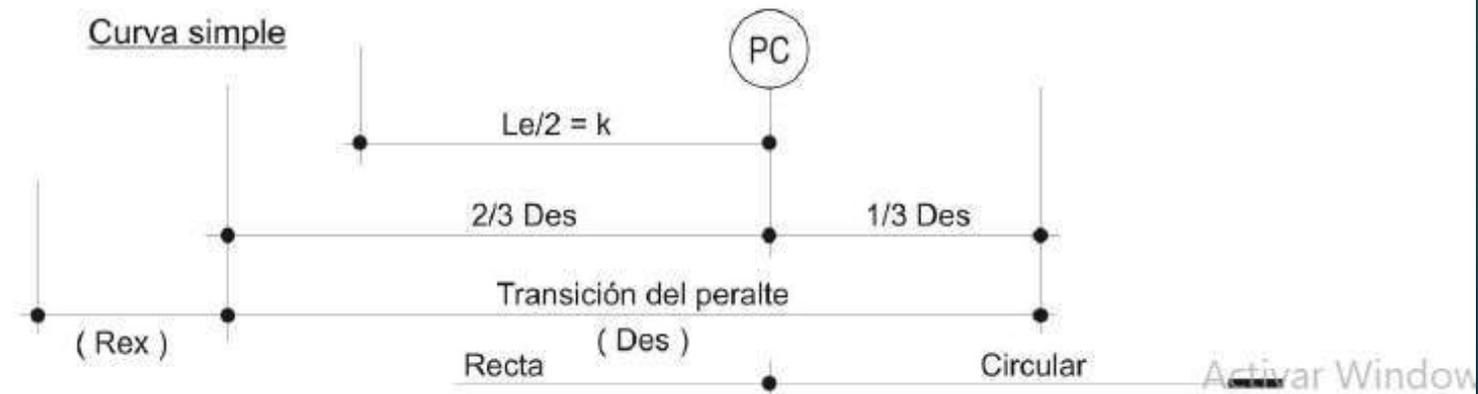
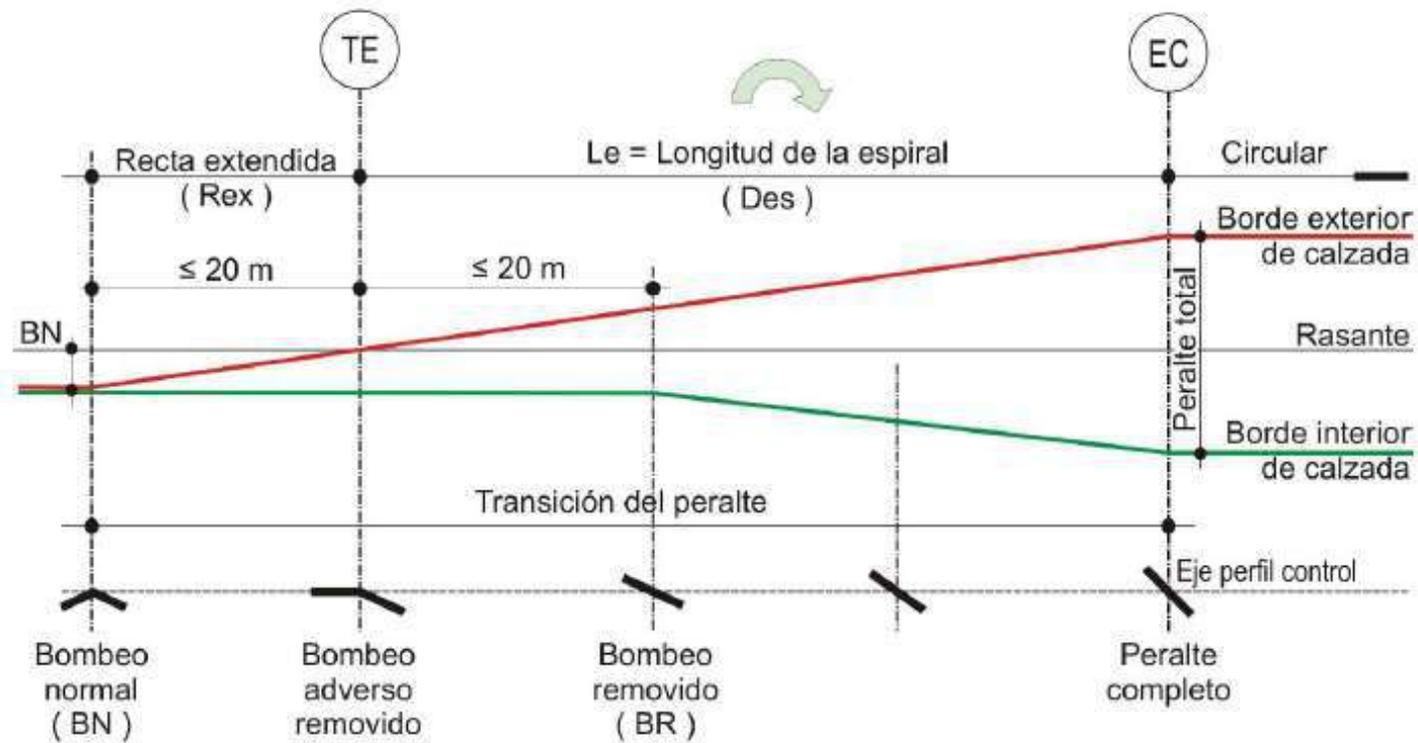
## **Alrededor del borde interno**

Se utilizará como excepción en los casos en que el pavimento se encuentre a la altura mínima sobre las cunetas o napa freática, o la curva se encuentre en correspondencia con obras de arte con tapada mínima.

## **Alrededor del borde externo**

Este método podrá utilizarse como excepción, cuando por razones estéticas no sea conveniente deformar el perfil externo, el cual es más notable para los conductores.

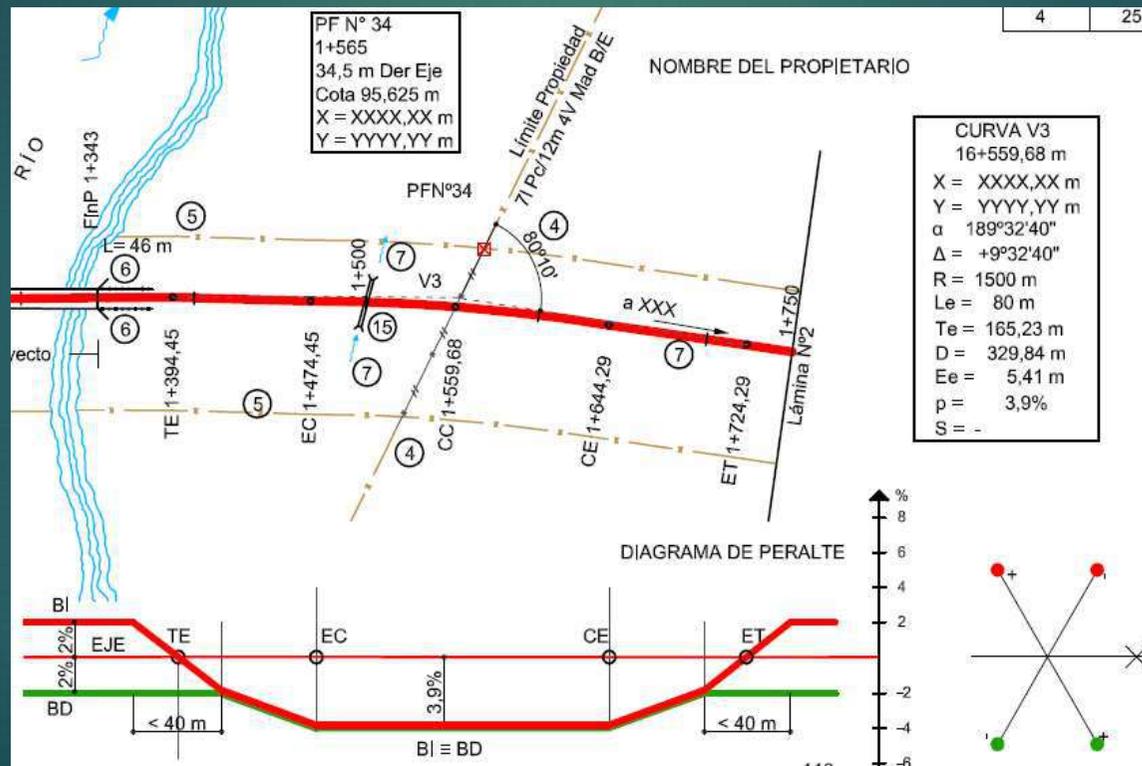
# Alrededor del eje central

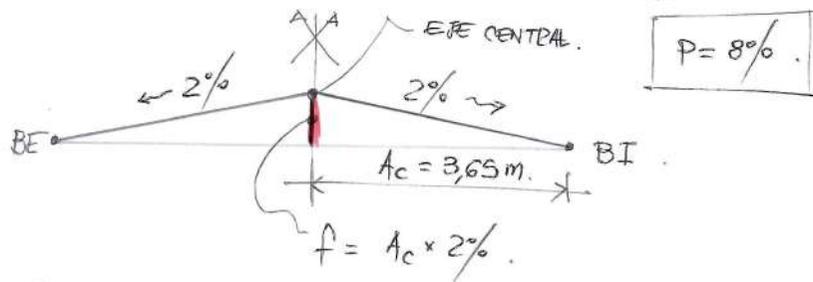


## Alrededor del eje central

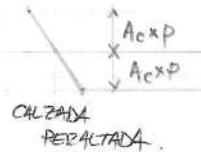
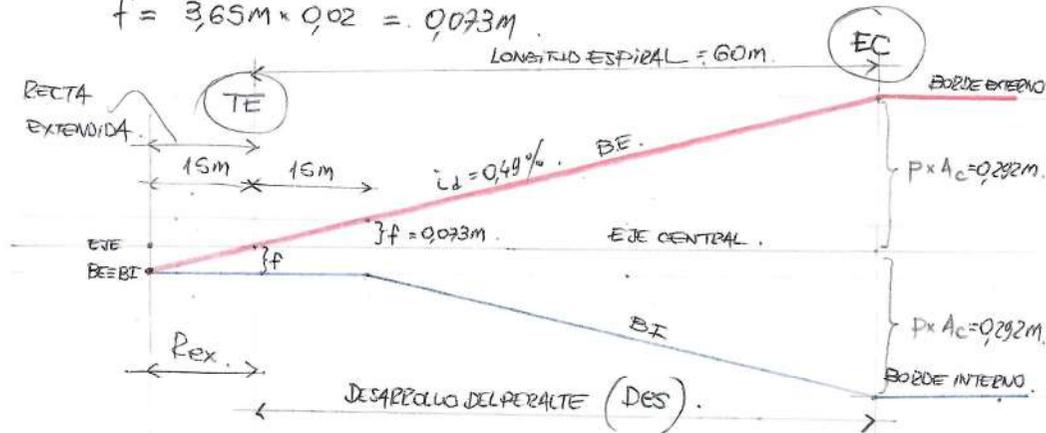
Para evitar problemas de drenaje, la longitud de los tramos con pendiente transversal menor que 2% se limita a 40 m.

La pendiente del desarrollo en recta extendida (Rex) es igual que la del desarrollo del peralte (Des), siempre que se verifique que la longitud con pendiente transversal inferior a 2% no supera los 40 m.





$$f = 3,65 \text{ m} \times 0,02 = 0,073 \text{ m}$$



$$P \times A_c = 0,08 \times 3,65 = 0,292 \text{ m}$$

$$\text{Longitud de curva espiral} = L_e = 60,00 \text{ m}$$

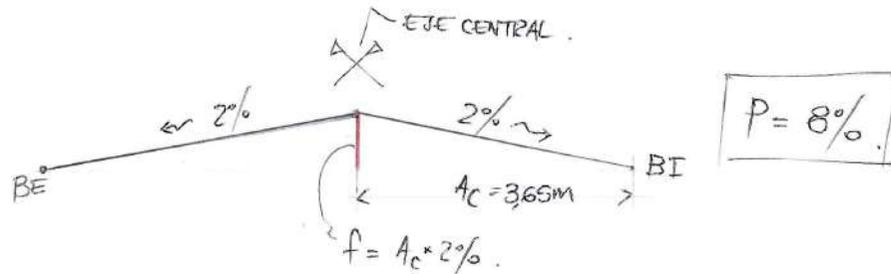
$$\text{Pendiente variaci3n de peralte} = \frac{P \times A_c}{L_e} = \frac{0,292 \text{ m}}{60 \text{ m}} = 0,0049 \times 100\% = 0,49\% \quad (i_d)$$

Verificaci3n long. con pendiente de calzada inferior al 2%

$$\text{long} = \frac{2 \times f}{i_d} = \frac{2 \times 0,073 \text{ m}}{(0,49/100)} \approx 30 \text{ m} < 40 \text{ m} \rightarrow \text{VERIFICA.}$$

Alrededor del eje central – Ejemplo:

a) Curva circular con transici3n.



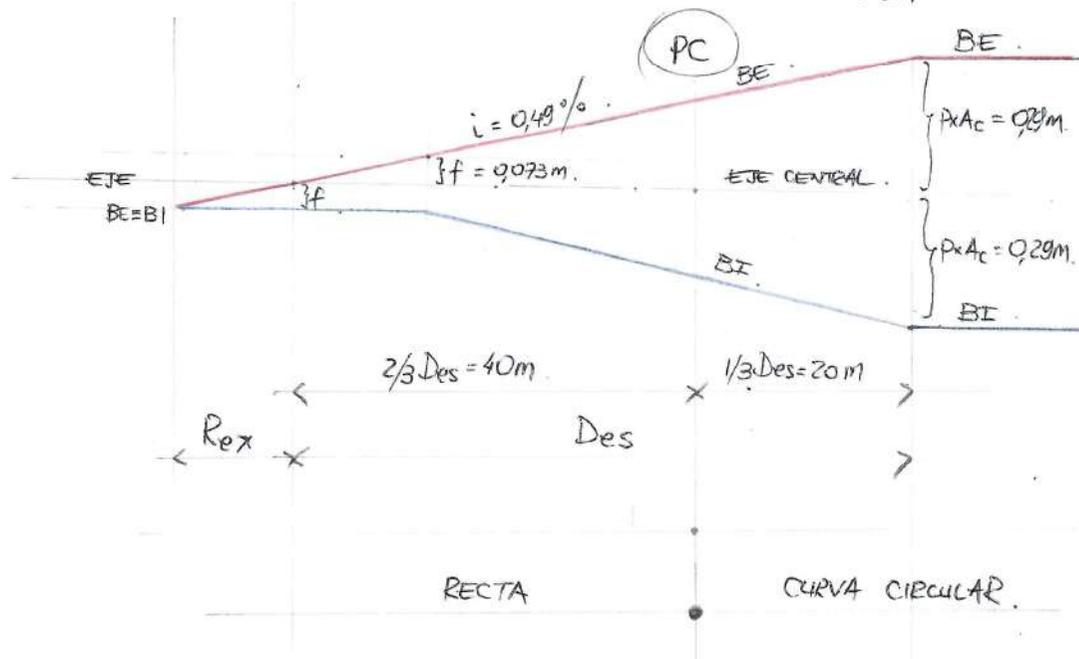
$$f = 3,65m \times 0,02 = 0,073m.$$

Pendiente máxima (longitudinal) p/ el desarrollo de la peralte 1:200  
 $1:200 = 0,5\%$ .

$$0,005 \times Des = p \times A_c \Rightarrow Des = \frac{p \times A_c}{0,005} = \frac{0,008 \times 3,65m}{0,005} = 58,40m$$

$$\Rightarrow Des = 58,40m \Rightarrow \text{adpto } \boxed{Des = 60m}$$

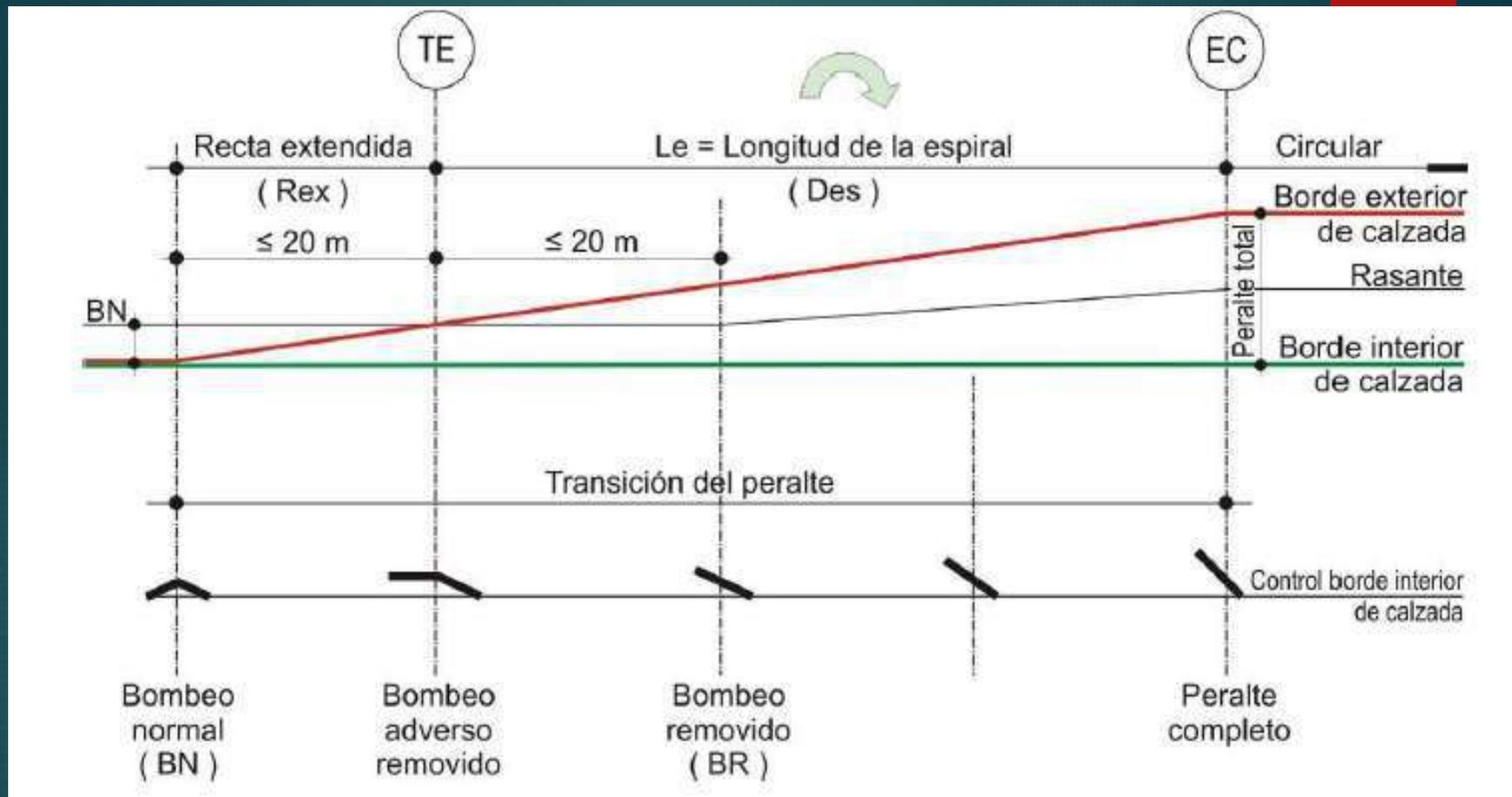
$$\frac{2}{3} Des = 40m \quad ; \quad \frac{1}{3} Des = 20m. \quad i_d = \frac{0,008 \times 3,65}{60m} = 0,49\%$$



Alrededor del eje central – Ejemplo:

b) Curva circular simple – sin transición.

# Alrededor del borde interno



## Alrededor del borde externo

- Alrededor del borde exterior

