

DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS



YULIETH PÉREZ HERNANDEZ



VIAS I

DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS

YULIETH PÉREZ HERNANDEZ

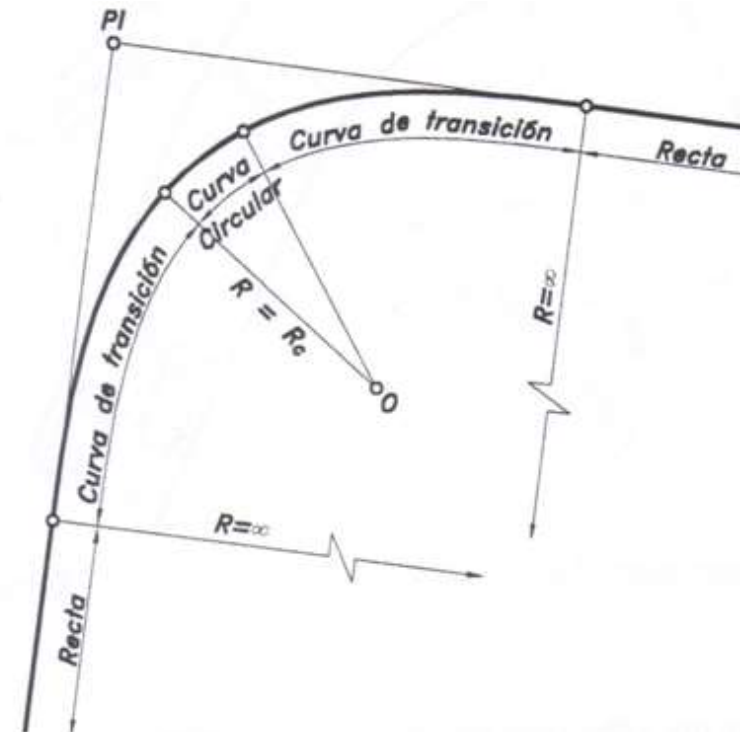
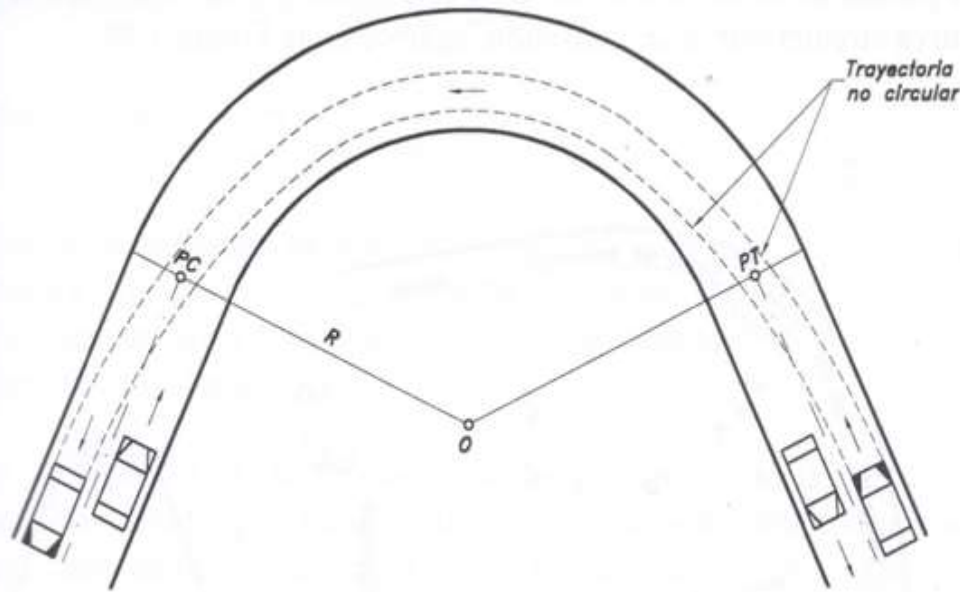
INGENIERO CIVIL - UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
ESP. EN VIAS TERRESTRES - UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

CURVA ESPIRALIZADA

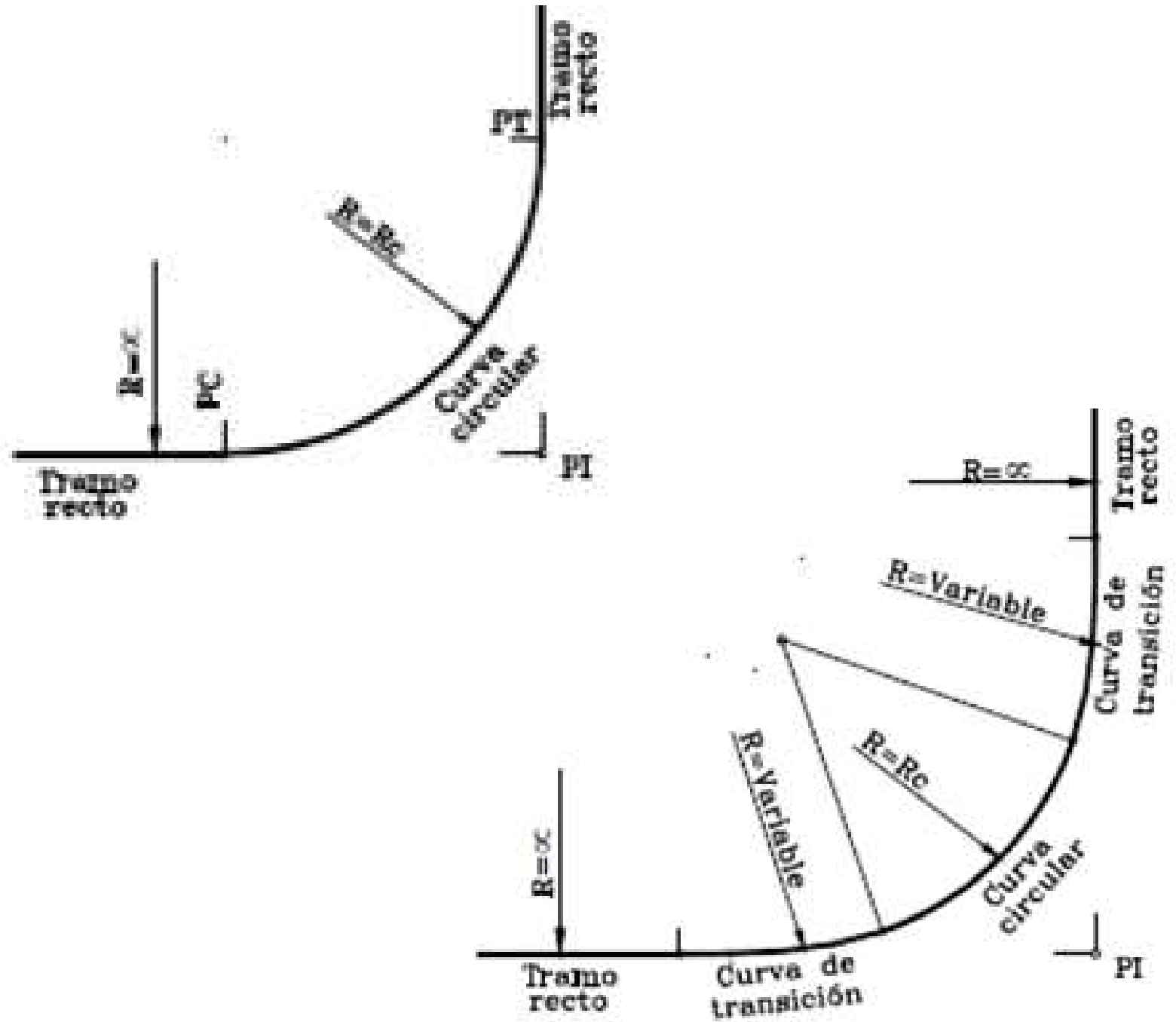


TRAYECTORIA DE LOS VEHÍCULOS EN UNA CURVA

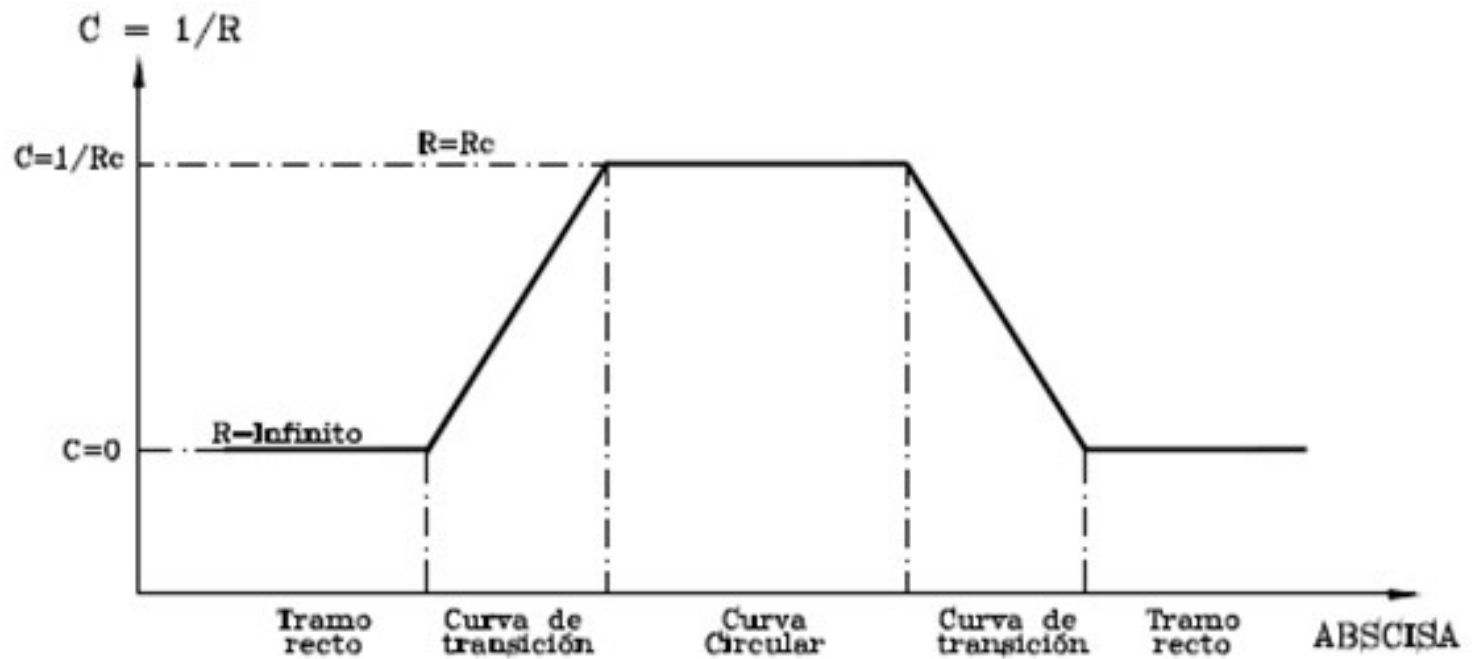
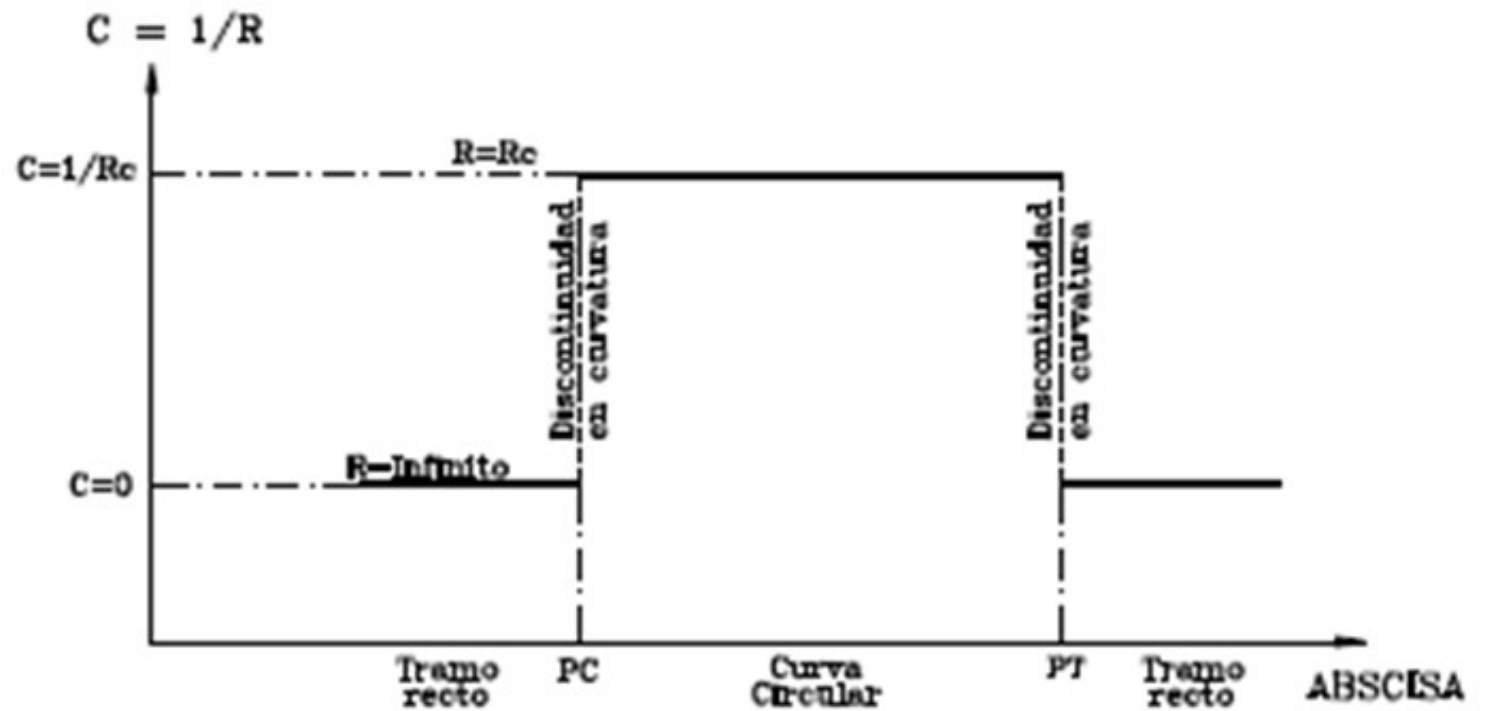
Retranqueo de una curva circular



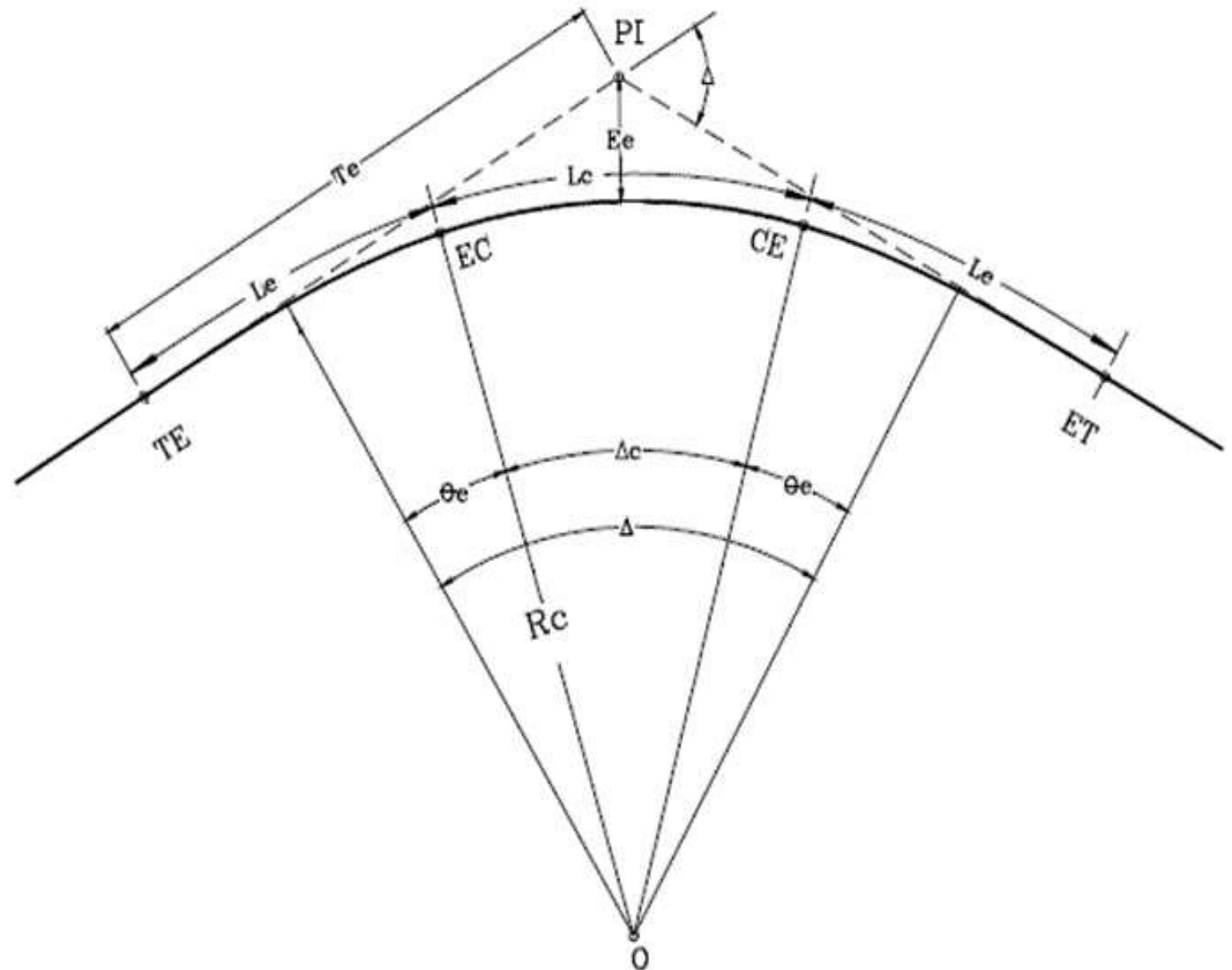
VENTAJAS DE LA CURVA ESPIRALIZADA



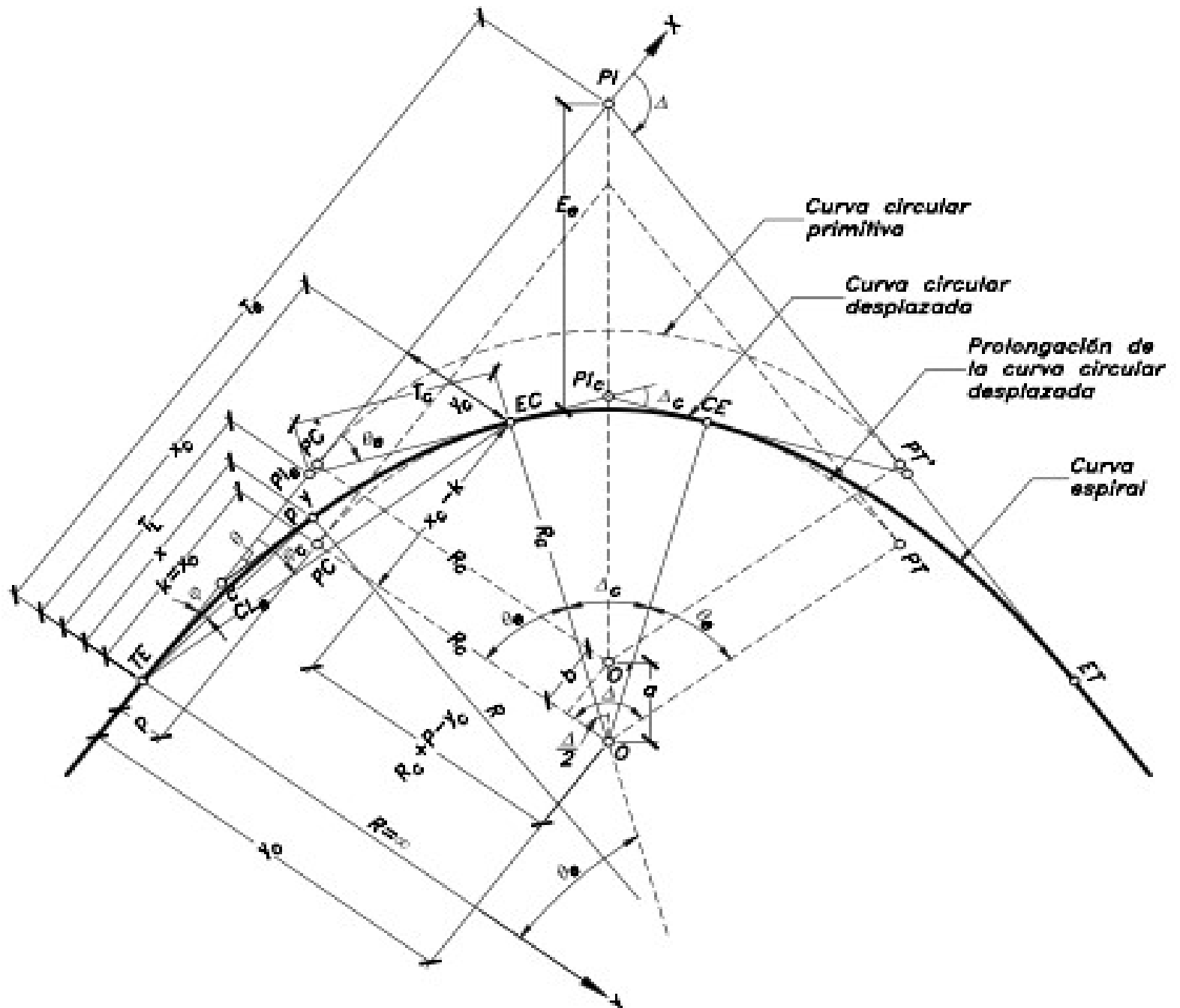
VENTAJAS DE LA CURVA ESPIRALIZADA



ELEMENTOS DE UNA CURVA ESPIRALIZADA



ELEMENTOS DE UNA CURVA ESPIRALIZADA



CURVA ESPIRALIZADA

**Sólo se puede omitir la
espiral de transición
independientemente de la
categoría de la carretera y
la V_e de la curva circular
cuando el radio de la curva
es mayor a 1000m**



FÓRMULAS PARA DETERMINAR LOS ELEMENTOS DE LA CURVA ESPIRALIZADA



PARÁMETRO DE LA ESPIRAL

$$K^2 = R_c * L_e$$

$$K = \sqrt{R_c * L_e}$$

No confundir este parámetro, que es una K mayúscula, con una de las coordenadas del PC desplazado, que es una k minúscula



ÁNGULO DE LA ESPIRAL

$$\theta_e = \frac{90 * L_e}{\pi * R_c}$$

(Se obtiene en grados)

$$\theta_e = \frac{\theta_e^{\circ} * \pi}{180}$$

(Se obtiene en radianes)

$$\theta_p = \left(\frac{L_p}{L_e}\right)^2 * \theta_e$$

(Ángulo para cualquier punto p)



$$\Delta_c = \Delta - 2 * \theta_e$$

COORDENADAS CARTESIANAS PARA EL PUNTO EC

$$X_c = Le \left(1 - \frac{\theta_e^2}{10} + \frac{\theta_e^4}{216} - \frac{\theta_e^6}{9360} \right)$$

$$Y_c = Le \left(\frac{\theta_e}{3} - \frac{\theta_e^3}{42} + \frac{\theta_e^5}{1320} - \frac{\theta_e^7}{75600} \right)$$



COORDENADAS CARTESIANAS PARA EL PUNTO PC DESPLAZADO

$$p = Y_c - R_c * (1 - \cos \theta_e) \quad \text{disloque}$$

$$k = X_c - (R_c * \text{Sen } \theta_e)$$

TANGENTE DE LA CURVA ESPIRALIZADA

$$T_e = k + (R_c + p) * \tan \frac{\Delta}{2}$$

EXTERNA DE LA CURVA ESPIRALIZADA

$$E_e = (R_c + p) * \left(\frac{1}{\cos \left(\frac{\Delta}{2} \right)} \right) - R_c$$



TANGENTE LARGA

$$T_l = X_c - (Y_c / \tan \theta_e)$$

TANGENTE CORTA

$$T_c = \frac{Y_c}{\text{Sen} \theta_e}$$

CUERDA LARGA DE LA ESPIRAL

$$CL_e = \sqrt{X_c^2 + Y_c^2}$$

DEFLEXIÓN PARA CUALQUIER PUNTO DE LA ESPIRAL

$$\delta = \tan^{-1}(y/x)$$



CRITERIOS PARA LA LONGITUD MÍNIMA DE LA ESPIRAL



CRITERIOS PARA LA LONGITUD MÍNIMA DE LA ESPIRAL

1. DE ACUERDO A LA VARIACIÓN DE LA ACELERACIÓN CENTRÍFUGA

Variación de la aceleración centrífuga

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{CH} (Km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
J (m/seg ³)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4

Fuente: Instituto Nacional de Vías. *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá. 2008.

$$L_e \geq \frac{V_{CH}}{46.656(J)} \left[\frac{V_{CH}^2}{R_c} - 127(e_c) \right]$$

Fórmula de Smirnoff

Si no se tiene en cuenta el peralte
Fórmula de Shortt

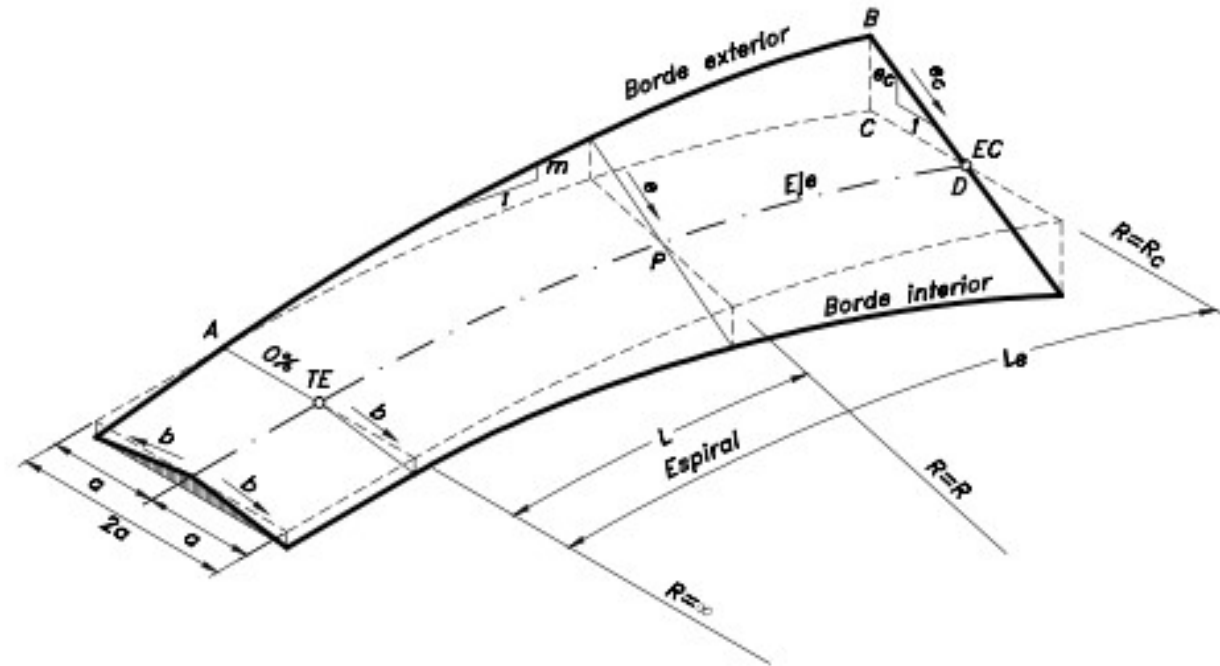
$$L_e \geq \frac{V_{CH}^3}{46.656(J)R_c}$$

Barnett propuso un $J=0,6$ m/s³
Fórmula de Barnett

$$L_e \geq \frac{V_{CH}^3}{28 R_c}$$



2. DE ACUERDO A LA TRANSICIÓN DEL PERALTE



a = ancho de carril

e_c = peralte de la curva circular

m = pendiente relativa de los bordes con respecto al eje de la vía

$$L_e \geq \frac{ae_c}{m}$$

La L_e puede tener valores por encima del rango mayor de este criterio, lo cual hace que el desarrollo del peralte tenga en cuenta este valor de L_e .

$$L_e \leq \frac{ae_c}{m}$$

2. DE ACUERDO A LA TRANSICIÓN DEL PERALTE

Valores máximos y mínimos de la pendiente relativa de los bordes de la calzada con respecto al eje

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{CH} (Km/h)	PENDIENTE RELATIVA DE LOS BORDES CON RESPECTO AL EJE DE LA VÍA	
	m	
	MÁXIMA (%)	MÍNIMA (%)
20	1.35	0.1(carril)
30	1.28	
40	0.96	
50	0.77	
60	0.60	
70	0.55	
80	0.50	
90	0.47	
100	0.44	
110	0.41	
120	0.38	
130	0.35	

Fuente: Instituto Nacional de Vías. *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá. 2008.

$$L_e \geq \frac{ae_c}{m}$$

3. Por razones de percepción

Percepción

$$L_e \geq \sqrt{6R_c}$$

Disloque min de 0.25 m

4. Por razones de estética

Estética

$$L_e \geq \frac{R_c}{9}$$

θ_e min de 3 grados

5. De acuerdo al Parámetro de la espiral

$$K_{\text{máx}} = 1.1(R_c)$$

$$K \leq 1.1(R_c)$$

$$L_e \leq 1.21(R_c)$$



EJERCICIO EN CLASE

Datos:

$$VCH = 60 \text{ Km /h}$$

$$R_c = 113\text{m}$$

$$e = 8 \%$$

$$a = 3.65 \text{ m}$$

Calcular la longitud mínima de la espiral de acuerdo a todos los criterios., **en el criterio de aceleración centrífuga solo tenga en cuenta a Smirnoff**



CALCULO DE LA LONGITUD MINIMA DE LA ESPIRAL

1. Criterio de la aceleración centrífuga.

Variación de la aceleración centrífuga

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{CH} (Km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
J (m/seg ³)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4

Fuente: Instituto Nacional de Vías. *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá. 2008.

$$L_e \geq \frac{V_{CH}}{46.656(J)} \left[\frac{V_{CH}^2}{R_c} - 127(e_c) \right] = \frac{60}{46.656(0.7)} \left[\frac{60^2}{113} - 127(0.08) \right] = 39.863m$$

2. Criterio de la Transición de peralte.

Valores máximos y mínimos de la pendiente relativa de los bordes de la calzada con respecto al eje

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{CH} (Km/h)	PENDIENTE RELATIVA DE LOS BORDES CON RESPECTO AL EJE DE LA VÍA m	
	MÁXIMA (%)	MÍNIMA (%)
20	1.35	0.1(carril)
30	1.28	
40	0.96	
50	0.77	
60	0.60	
70	0.55	
80	0.50	
90	0.47	
100	0.44	
110	0.41	
120	0.38	
130	0.35	

Fuente: Instituto Nacional de Vías. *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá. 2008.

$$L_e \geq \frac{ae_c}{m_{\text{máx}}} = \frac{3.65(8)}{0.60} = 48.667 m$$

3. Criterio de Percepción.

$$L_e \geq \sqrt{6R_c} = \sqrt{6(113)} = 26.038m$$

4. Criterio de Estética

$$L_e \geq \frac{R_c}{9} = \frac{113}{9} = 12.556m$$

5. De acuerdo al Parámetro de la espiral

$$L_e \leq 1.21(R_c) = 1.21(113) = 136.73m$$

$$48,66 \leq L_e \leq 136.73m$$



LONGITUD MINIMA DE LA CURVA CIRCULAR CENTRAL

$$L_c \geq V_{CH}(t)$$

EJERCICIO PARA EJERCITAR

Datos:

$$VCH = 70 \text{ Km /h}$$

$$R_c = 120\text{m}$$

$$e = 8 \%$$

$$a = 3.65 \text{ m}$$

Calcular la longitud mínima de la espiral de acuerdo a todos los criterios.



DISEÑO DE CURVA ESPIRAL

AZIMUT DE ENTRADA: 42°

AZIMUT DE SALIDA: 144°

COORDENADAS DEL PI: 500 N 500 E

ABSCISA DEL EC: K4 + 345

RADIO: 90 m

Cuerda unidad: ?

Longitud de la espiral: 100m

Ve: 50Km/h

e: 7.8%

a: 3.65 m

CALCULAR:

- 1. Todos los Elementos de la curva.*
- 2. Abscisas de los puntos de interés.*
- 3. Coordenadas de todos los puntos de la curva espiralizada.*
- 4. A partir de las coordenadas realizar la grafica de la curva espiralizada.*



DISEÑO DE CURVA ESPIRAL

1. Todos los Elementos de la curva.

$$K = \sqrt{R_c * L_e}$$

$$K = 94,868 \text{ m}$$

$$\theta_e = \frac{90^\circ}{\pi} \left(\frac{L_e}{R_c} \right)$$

$$\theta_e = \frac{\theta_e^\circ * \pi}{180} \text{ en radianes}$$

$$\theta_e = 31^\circ 49'' 51,56'' = 0,556 \text{ radianes}$$

$$\Delta = 144 - 42 = 102^\circ D$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_e = 102 - 2 \times (31^\circ 49'' 51,56'')$$

$$\Delta_c = 38^\circ 20'' 16,88''$$

$$G_c = 2 \arcsen \frac{c}{2R_c} = 6^\circ 22'' 10,12''$$



DISEÑO DE CURVA ESPIRAL

1. *Todos los Elementos de la curva.*

$$L_c = \frac{c\Delta_c}{G_c} = 60,190m$$

$$Lc \min = 27,778m$$

Coordenadas cartesianas del EC

$$x_c = L_e \left(1 - \frac{\theta_e^2}{10} + \frac{\theta_e^4}{216} - \frac{\theta_e^6}{9360} + \dots \right) = 96,957m$$

$$y_c = L_e \left(\frac{\theta_e}{3} - \frac{\theta_e^3}{42} + \frac{\theta_e^5}{1320} - \frac{\theta_e^7}{75600} + \dots \right) = 18,114m$$

Coordenadas cartesianas del PC desplazado

$$p = \text{disloque} = y_c - R_c (1 - \cos \theta_e) = 4,579m$$

$$k = x_c - R_c \sin \theta_e = 49,49m$$



DISEÑO DE CURVA ESPIRAL

$$T_e = k + (R_c + p) \tan \frac{\Delta}{2} = 166,285 \text{ m}$$

$$E_e = (R_c + p) \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} \right) - R_c = 60,287 \text{ m}$$

$$T_L = x_c - \frac{y_c}{\tan \theta_e} = 67,777 \text{ m}$$

$$T_C = \frac{y_c}{\sin \theta_e} = 34,345 \text{ m}$$



DISEÑO DE CURVA ESPIRAL

1. *Todos los Elementos de la curva.*

Coordenadas cartesianas del centro de la curva circular con transiciones.

$$x_o = k = 49,490 \text{ m}$$

$$y_o = y_c + R_c \cos \theta_e = 94,579 \text{ m}$$

$$CL_e = \sqrt{x_c^2 + y_c^2} = 98,635$$

Deflexión en EC

$$\varphi_c = \arctan \frac{y_c}{x_c} = \varphi_c = 10^\circ 34' 56,632''$$



DISEÑO DE CURVA ESPIRAL

2. Abscisas de los puntos interés

EC: K4 + 345

TE: K4 + 245

EC: K4 + 345

CE: K4 + 405,190

ET: K4 + 505,190



DISEÑO DE CURVA ESPIRAL

3. Coordenadas de todos los puntos de la curva espiralizada.

$$\theta_e = 31 \quad 49 \quad 51,56$$

$$\theta_p = \left(\frac{L_p}{L_e}\right)^2 * \theta_e$$

$$X_c = L_e \left(1 - \frac{\theta_e^2}{10} + \frac{\theta_e^4}{216} - \frac{\theta_e^6}{9360} + \dots \right)$$

$$Y_c = L_e \left(\frac{\theta_e}{3} - \frac{\theta_e^3}{42} + \frac{\theta_e^5}{1320} - \frac{\theta_e^7}{75600} + \dots \right)$$

Abscisa		Distancia (Lp)	Angulo Deflexión = θ para Le=100m				
Abscisa del TE			Grados	GRA	MIN	SEG	Radianes
	K4+245,000	0,000					
	K4+250,000	5,000	0,0795775	0	4	46,479	0,0014
	K4+260,000	15,000	0,7161972	0	42	58,310	0,0125
	K4+270,000	25,000	1,9894368	1	59	21,972	0,0347
	K4+280,000	35,000	3,8992961	3	53	57,466	0,0681
	K4+290,000	45,000	6,4457752	6	26	44,791	0,1125
	K4+300,000	55,000	9,6288741	9	37	43,947	0,1681
	K4+310,000	65,000	13,4485927	13	26	54,934	0,2347
	K4+320,000	75,000	17,9049311	17	54	17,752	0,3125
	K4+330,000	85,000	22,9978893	22	59	52,401	0,4014
	K4+340,000	95,000	28,7274672	28	43	38,882	0,5014
ABSCISA DEL EC	K4+345,000	100,000	31,8309886	31	49	51,559	0,55556

$$\delta = \tan^{-1}(y/x) \quad CL_e = \sqrt{X_c^2 + Y_c^2}$$

Abscisa		X	Y	φC =				Cuerda desde el TE o ET
Abscisa del TE	K4+245,000	COORDINADAS			GRA	MIN	SEG	
	K4+250,000	5,000	0,002	0,022918	0	1	22,506	5,000
	K4+260,000	15,000	0,062	0,238732	0	14	19,436	15,000
	K4+270,000	24,997	0,289	0,663139	0	39	47,300	24,999
	K4+280,000	34,984	0,794	1,299714	1	17	58,972	34,993
	K4+290,000	44,943	1,686	2,148361	2	8	54,101	44,975
	K4+300,000	54,845	3,075	3,208857	3	12	31,884	54,931
	K4+310,000	64,643	5,066	4,480771	4	28	50,774	64,841
	K4+320,000	74,271	7,758	5,963365	5	57	48,112	74,675
	K4+330,000	83,641	11,242	7,655466	7	39	19,679	84,393
	K4+340,000	92,639	15,594	9,555319	9	33	19,147	93,943
Abscisa del EC	K4+345,000	96,957	18,114	10,5824	10	34	56,632	98,635

DISEÑO DE CURVA ESPIRAL

3. Coordenadas de todos los puntos de la curva espiralizada.

COORDENADAS DEL PI: 500 N 500 E

COORDENADAS DEL TE: 376.426 N , 388.793 E

Abscisa		Cuerda desde el TE o ET		Azimut desde el TE			Coorde Este	Coord Norte
Abscisa del TE	K4+245,000			GRA	MIN	SEG	388,733	376,426
	K4+250,000	5,000	42,023	42	1	22,506	392,081	380,140
	K4+260,000	15,000	42,239	42	14	19,436	398,817	387,531
	K4+270,000	24,999	42,663	42	39	47,300	405,675	394,809
	K4+280,000	34,993	43,300	43	17	58,972	412,732	401,893
	K4+290,000	44,975	44,148	44	8	54,101	420,059	408,697
	K4+300,000	54,931	45,209	45	12	31,884	427,717	415,126
	K4+310,000	64,841	46,481	46	28	50,77412	435,752	421,075
	K4+320,000	74,675	47,963	47	57	48,112	444,196	426,429
	K4+330,000	84,393	49,655	49	39	19,679	453,055	431,060
	K4+340,000	93,943	51,555	51	33	19,147	462,310	434,836
Abscisa del EC	K4+345,000	98,635	52,582	52	34	56,632	467,072	436,359

Deflexiones de curva circular

Abscisa del EC	K4+345,000	0	0	0,000	distancia	Azimut desde el O		
	K4+350,000	1	35	32,529	90,000	347	0	56,618
	K4+360,000	4	46	37,588	90,000	353	23	6,735
	K4+370,000	7	57	42,647	90,000	359	45	16,853
	K4+380,000	11	8	47,706	90,000	6	7	26,970
	K4+390,000	14	19	52,764	90,000	12	29	37,088
	K4+400,000	17	30	57,823	90,000	18	51	47,205
Abscisa del CE	K4+405,190	19	10	8,441	90,000	22	10	8,441

DISEÑO DE CURVA ESPIRAL

3. Coordenadas de todos los puntos la curva circular

				Abscisa	Coorde Este	Coord Norte
diatancia	Azimut desde el O			K4+345,000	467,072	436,359
90,000	347	0	56,618	K4+350,000	471,913	437,617
90,000	353	23	6,735	K4+360,000	481,767	439,319
90,000	359	45	16,853	K4+370,000	491,749	439,918
90,000	6	7	26,970	K4+380,000	501,736	439,405
90,000	12	29	37,088	K4+390,000	511,604	437,787
90,000	18	51	47,205	K4+400,000	521,232	435,085
90,000	22	10	8,441	K4+405,190	526,10	433,27

4. Grafica de la espiral

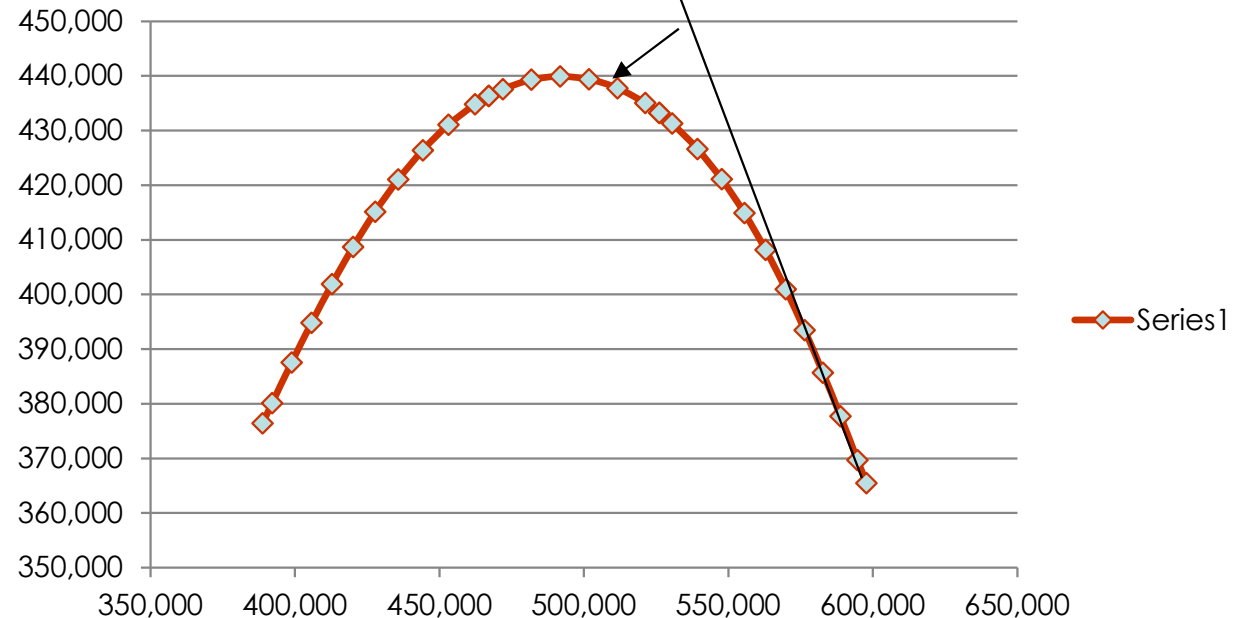


Tabla 3.22 Cartera de localización de la curva espiral-circular-espiral

ABSCISAS	LONGITUD DESDE EL TE y ET ESPIRALES	DEFLE- XIONES DESDE EL TE, EC y ET	COORDENADAS CARTESIANAS DESDE EL TE y ET		COORDENADAS TOPOGRÁFICAS PLANAS	
	L	α°	X	Y	N	E
ET=K2+568.008	0.000	00-00-00.00	0.000	0.000	370.354	597.696
560	8.008	00-04-43.33	8.008	0.011	376.743	592.868
550	18.008	00-23-17.45	18.007	0.122	384.661	586.762
540	28.008	00-56-13.48	28.001	0.458	392.441	580.479
530	38.008	01-43-26.11	37.977	1.143	399.996	573.928
520	48.008	02-45-03.50	47.908	2.302	407.229	567.026
510	58.008	04-00-55.40	57.752	4.054	414.037	559.702
500	68.008	05-31-00.83	67.442	6.514	420.295	551.906
490	78.008	07-15-17.79	76.887	9.788	425.868	543.607
480	88.008	09-13-36.37	85.968	13.965	430.607	534.806
470	98.008	11-25-50.28	94.534	19.114	434.349	525.539
CE=K2+468.008	100.000	11-53-47.81	96.164	20.259	434.962	523.644
CE=K2+468.008	-	17-11-25.05	-	-	434.962	523.644
460	-	14-19-14.73	-	-	436.943	515.883
450	-	10-44-14.77	-	-	438.312	505.977
440	-	07-09-14.81	-	-	438.435	495.978
430	-	03-34-14.85	-	-	437.309	486.041
EC=K2+420.035	-	00-00-00.00	-	-	434.962	476.357
EC=K2+420.035	100.000	11-53-47.81	96.164	20.259	434.962	476.357
420	99.965	11-53-19.28	96.135	20.239	434.950	476.323
410	89.965	09-38-24.84	87.690	14.895	431.422	466.973
400	79.965	07-37-21.31	78.697	10.532	426.866	458.077
390	69.965	05-50-19.73	69.313	7.088	421.444	449.678
380	59.965	04-17-25.34	59.683	4.476	415.310	441.785
370	49.965	02-58-45.05	49.843	2.594	408.599	434.372
360	39.965	01-54-23.49	39.925	1.329	401.440	427.393
350	29.965	01-04-15.48	29.956	0.560	393.941	420.779
340	19.965	00-28-35.05	19.964	0.166	386.198	414.451
330	9.965	00-07-14.68	9.965	0.021	378.300	408.318
TE=K2+320.035	0.000	00-00-00.00	0.000	0.000	370.354	402.304
ELEMENTOS DE LAS CURVAS						
Azimut de entrada = 37° Azimut de salida = 143° Abacisa del PI = K2+482.370 $\Delta = 106^\circ D$ $R_c = 80m$ $c = 10m$ $L_c = 100m$ $K = 89.443m$		$G_c = 7^\circ 9'59.92''$ $\theta_c = 35^\circ 48'35.50''$ $\Delta_c = 34^\circ 22'49.00''$ $\alpha_c = 11^\circ 53'47.81''$ $x_c = 96.164m$ $y_c = 20.259m$ $p = 5.136m$ $k = 49.356m$		$T_a = 162.335m$ $E_a = 61.465m$ $T_L = 68.084m$ $T_c = 34.625m$ $x_0 = 49.356m$ $y_0 = 85.136m$ $CL_c = 98.275m$ $L_c = 47.973m$		

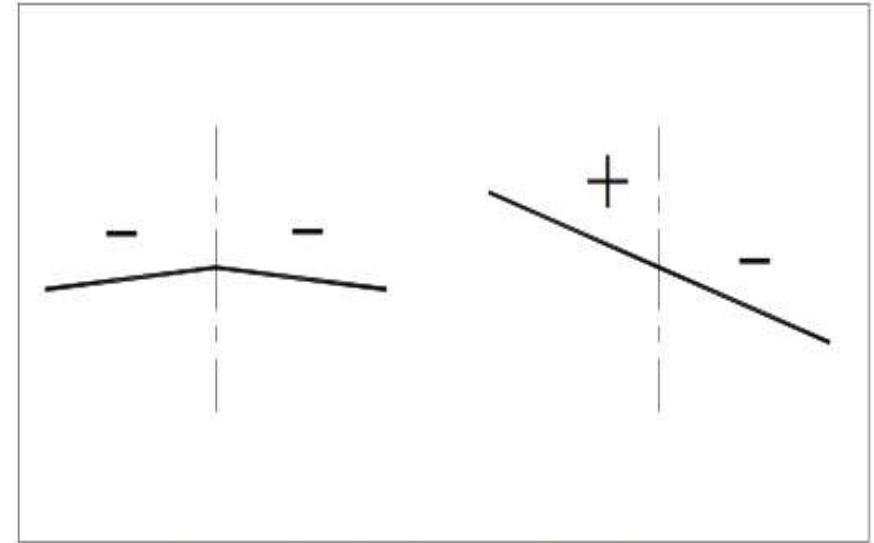
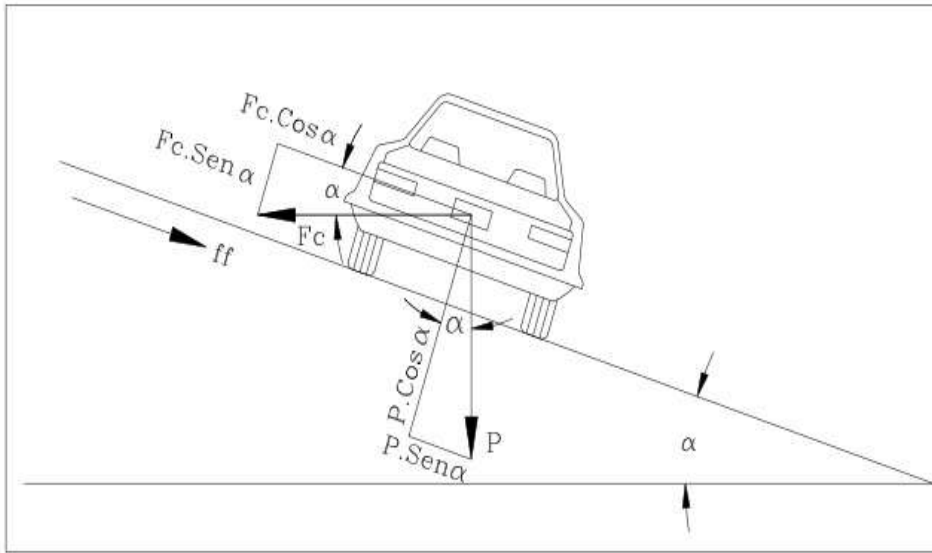


TALLER

CURVA ESPIRAL

PERALTE

DINÁMICA DE UN VEHÍCULO EN UNA CURVA



CONVENCION DEL PERALTE

1. Fricción (Estado de las superficies, vel, presión de inflado, etc).
2. Elevando el exterior con respecto al borde interior.

En un **tramo curvo** se tendrá una inclinación asociada al **peralte**.

FUNCIÓN:

Facilitar el desplazamiento seguro de los vehículos sin peligros de deslizamientos. (Peralte)

En un **tramo recto** se tendrá una inclinación asociada al **bombeo**.

FUNCIÓN:

Facilitar el drenaje de las aguas lluvias hacia las cunetas. (Bombeo)

El Bombeo depende de el tipo de superficie y la intensidad de las lluvias (tabla)

1% - 4%

PERALTE

- Permite manejar aceptables velocidades específicas.
- No incomoda a los vehículos que viajan a velocidades menores.

RADIOS MINIMOS ABSOLUTOS

R min es el limite para una velocidad especifica V_{CH} dada del vehículo.

$$R_{\min} = \frac{V_{CH}^2}{127(e_{\max} + f_{T\max})}$$

PERALTE

Coeficientes de fricción transversal máximos, $f_{Tm\acute{a}x}$

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{CH} (Km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL MÁXIMO $f_{Tm\acute{a}x}$	0.35	0.28	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.09	0.08

Fuente: AASHTO. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington D.C. 2004.

Estado de la capa de rodadura, velocidad del vehículo y el tipo y condiciones de las llantas del vehículo

PERALTES MAXIMOS

⦿ CARRETERAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS

Max 8%

No incomoda a vehículos que viajan a velocidades menores, con alto potencial de volcamiento.

⦿ CARRETERAS TERCIARIAS

Max 6%

Especialmente en terreno montañoso y escarpado donde no se disponen de largos tramos para el desarrollo de las entretangencias.

RADIOS MINIMOS ABSOLUTOS

Radios mínimos absolutos para peralte máximo $e_{m\acute{a}x}=8\%$
y fricción máxima, carreteras primarias y secundarias

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{CH} (Km/h)	PERALTE RECOMENDADO $e_{m\acute{a}x}$ (%)	FRICCIÓN TRANSVERSAL $f_{Tm\acute{a}x}$	RADIO MÍNIMO $R_{m\acute{i}n}$ (m)	
			CALCULADO	REDONDEADO
40	8.0	0.23	40.6	41
50	8.0	0.19	72.9	73
60	8.0	0.17	113.4	113
70	8.0	0.15	167.8	168
80	8.0	0.14	229.1	229
90	8.0	0.13	303.7	304
100	8.0	0.12	393.7	394
110	8.0	0.11	501.5	502
120	8.0	0.09	667.0	667
130	8.0	0.08	831.7	832

Fuente: Instituto Nacional de Vías. *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá. 2008.

RADIOS SEGUN V_{CH}

Radio R , según velocidad específica V_{CH} y peralte e , para $e_{máx}=8\%$,
carreteras primarias y secundarias

e (%)	$V_{CH}=40$ Km/h R (m)	$V_{CH}=50$ Km/h R (m)	$V_{CH}=60$ Km/h R (m)	$V_{CH}=70$ Km/h R (m)	$V_{CH}=80$ Km/h R (m)	$V_{CH}=90$ Km/h R (m)	$V_{CH}=100$ Km/h R (m)	$V_{CH}=110$ Km/h R (m)	$V_{CH}=120$ Km/h R (m)	$V_{CH}=130$ Km/h R (m)
1.5	784	1090	1490	1970	2440	2970	3630	4180	4900	5360
2.0	571	791	1090	1490	1790	2190	2680	3090	3640	4000
2.2	512	711	976	1300	1620	1980	2420	2790	3290	3620
2.4	463	644	885	1190	1470	1800	2200	2550	3010	3310
2.6	421	587	808	1080	1360	1690	2020	2340	2760	3060
2.8	385	539	742	992	1240	1520	1860	2180	2590	2890
3.0	354	496	684	916	1150	1410	1730	2000	2370	2630
3.2	326	458	633	849	1060	1310	1610	1870	2220	2460
3.4	302	425	588	790	988	1220	1500	1740	2080	2310
3.6	279	395	548	738	924	1140	1410	1640	1960	2180
3.8	259	368	512	690	866	1070	1320	1540	1840	2060
4.0	241	344	479	648	813	1010	1240	1450	1740	1950
4.2	224	321	449	608	766	948	1180	1380	1650	1850
4.4	208	301	421	573	722	886	1110	1300	1570	1760
4.6	192	281	395	540	682	847	1050	1240	1490	1680
4.8	178	263	371	509	645	803	996	1180	1420	1610
5.0	163	248	349	480	611	762	947	1120	1360	1540
5.2	148	229	328	454	579	724	901	1070	1300	1480
5.4	136	213	307	429	549	689	859	1020	1250	1420
5.6	125	198	288	405	521	656	819	975	1200	1360
5.8	115	185	270	382	494	625	781	933	1150	1310
6.0	106	172	253	360	469	596	746	894	1100	1260
6.2	98	161	238	340	445	567	713	857	1060	1220
6.4	91	151	224	322	422	540	681	823	1020	1180
6.6	85	141	210	304	400	514	651	789	982	1140
6.8	79	132	198	287	379	489	620	757	948	1100
7.0	73	123	185	270	358	464	591	724	914	1070
7.2	68	115	174	254	338	440	561	691	879	1040
7.4	62	107	162	237	318	415	531	657	842	998
7.6	57	99	150	221	296	389	499	621	803	962
7.8	52	90	137	202	273	369	462	579	757	919
8.0	41	73	113	168	229	304	394	501	667	832

Fuente: AASHTO. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. Washington D.C. 2004.

RADIOS MINIMOS ABSOLUTOS

Radios mínimos absolutos para peralte máximo $e_{m\acute{a}x}=6\%$
y fricción máxima, carreteras terciarias

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{CH} (Km/h)	PERALTE RECOMENDADO $e_{m\acute{a}x}$ (%)	FRICCIÓN TRANSVERSAL $f_{Tm\acute{a}x}$	RADIO MÍNIMO $R_{m\acute{i}n}$ (m)	
			CALCULADO	REDONDEADO
20	6.0	0.35	7.7	15 ⁽¹⁾
30	6.0	0.28	20.8	21
40	6.0	0.23	43.4	43
50	6.0	0.19	78.7	79
60	6.0	0.17	123.2	123

Fuente: Instituto Nacional de Vías. *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá. 2008.

(1): La adopción de este valor redondeado se sustenta básicamente en la necesidad de suministrar a los vehículos condiciones de desplazamiento cómodas, en aras de permitir giros sin requerir cambios muy fuertes en su velocidad.

RADIOS SEGUN V_{CH}

Radios R , según velocidad específica V_{CH} y peralte e , para $e_{max}=6\%$,
carreteras terciarias

e (%)	$V_{CH}=20$ Km/h R (m)	$V_{CH}=30$ Km/h R (m)	$V_{CH}=40$ Km/h R (m)	$V_{CH}=50$ Km/h R (m)	$V_{CH}=60$ Km/h R (m)
1.5	194	421	738	1050	1440
2.0	138	299	525	750	1030
2.2	122	265	465	668	919
2.4	109	236	415	599	825
2.6	97	212	372	540	746
2.8	87	190	334	488	676
3.0	78	170	300	443	615
3.2	70	152	269	402	561
3.4	61	133	239	364	511
3.6	51	113	206	329	465
3.8	42	96	177	294	422
4.0	36	82	155	261	380
4.2	31	72	136	234	343
4.4	27	63	121	210	311
4.6	24	56	108	190	283
4.8	21	50	97	172	258
5.0	19	45	88	156	235
5.2	17	40	79	142	214
5.4	15	36	71	128	195
5.6	15	32	63	115	176
5.8	15	28	56	102	156
6.0	15	21	43	79	123

Fuente: AASHTO. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington D.C.
2004.

TRANSICION DE PERALTE

● CURVAS ESPIRALES:

La transición se realiza gradualmente en la espiral.

● CURVAS CIRCULARES:

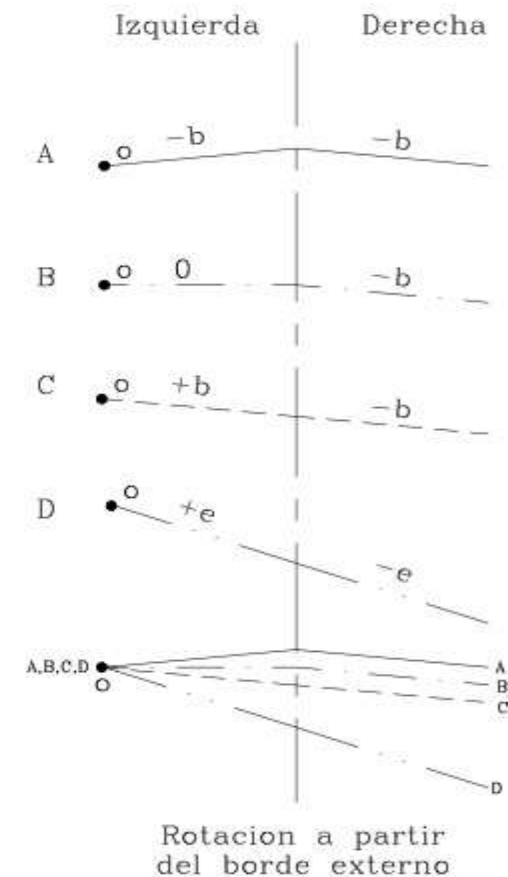
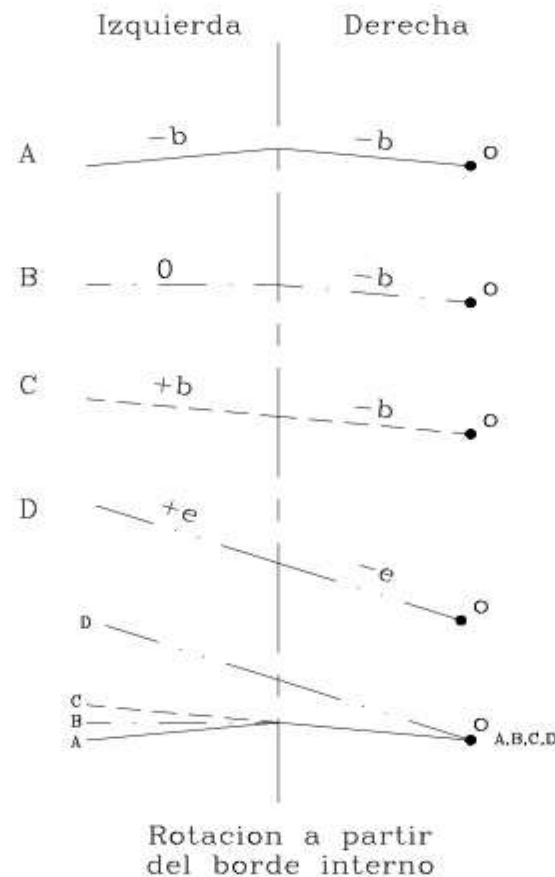
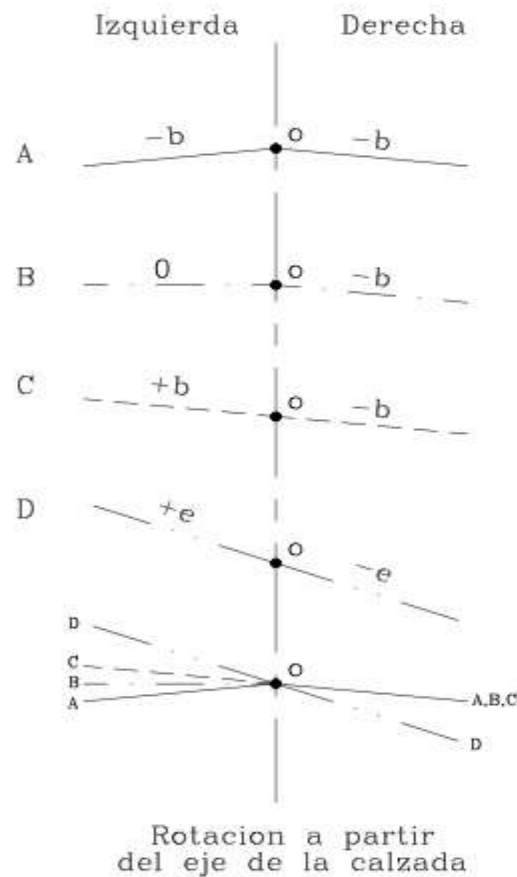
La transición se realiza gradualmente pero la transición se puede realizar toda en recta o una parte en el tramo recto y otra en la curva circular.

Mínimo $L_c/3$ debe quedar con peralte máximo.

DESARROLLO DE PERALTE

- Girando el pavimento de la calzada alrededor de su línea central o eje.
- Girando el pavimento de la calzada alrededor de su borde interior.
- Girando el pavimento de la calzada alrededor de su borde exterior.

DESARROLLO DE PERALTE



MÉTODOS PARA DESARROLLAR EL PERALTE

Es el sistema mas armonioso y con menos distorsión de los bordes de la calzada.

LONGITUD DE TRANSICION DE PERALTE

- Distance en que se efectúa el cambio de la sección normal en tangente a la sección con peralte pleno en la curva.

- Esta compuesta por dos distancias:

$$LT = N + L_t$$

- > TRANSICION DEL BOMBEO = LONGITUD DE APLANAMIENTO
- > TRANSICION DEL PERALTE = LONGITUD DE TRANSICION.

LONGITUD DE TRANSICION DE PERALTE

- TRANSICION DEL BOMBEO: Distancia requerida para eliminar el peralte adverso, correspondiente al bombeo de sentido contrario al del peralte de la curva.

N

TRANSICION DE BOMBEO

$$\frac{Lt}{N} = \frac{e}{b}$$

$$N = \frac{b * Lt}{e}$$

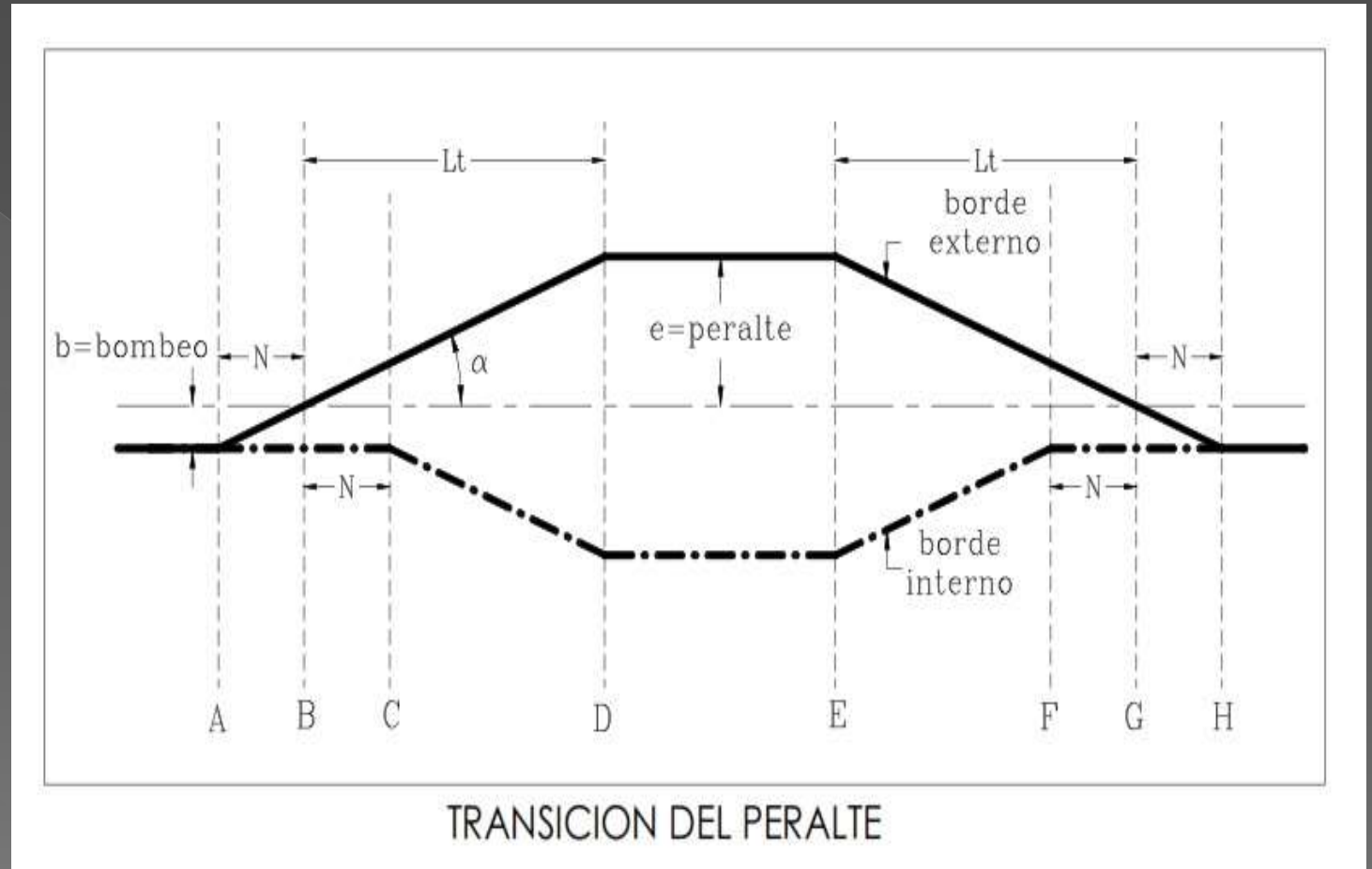
Por lo tanto,
Donde:

N=Transición requerida para el bombeo

e =Peralte de la curva

b =Valor del bombeo %

Lt =Longitud de transición



TRANSICION DE BOMBEO

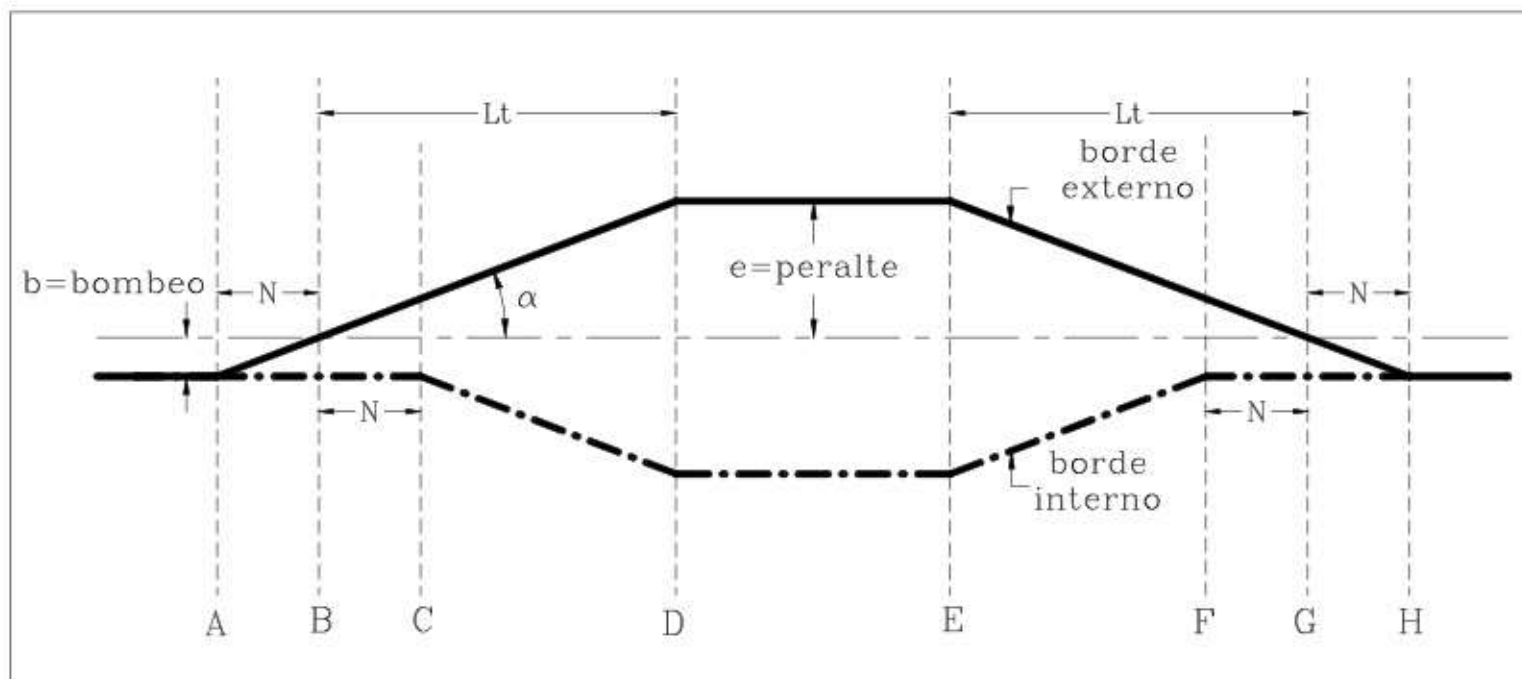
N = Longitud de Aplanamiento.

$$N = \frac{\text{Carril}(\text{Bombeo})}{m}$$

$$N = \frac{b * Lt}{e}$$

LONGITUD DE TRANSICION DE PERALTE

- TRANSICION DE PERALTE: Distancia en la que se adquiere el peralte total requerido para la curva. L_t



TRANSICION DEL PERALTE

TRANSICION DE PERALTE

L_t = TRANSICION DE PERALTE

$$L_t = \frac{\text{Carril}(e)}{m}$$

$$Le \geq Lt$$

RAMPA DE PERALTE

Diferencia relativa que existe entre la inclinación del eje longitudinal de la calzada y la inclinación de los bordes de la misma la curva.

$$m = \frac{a * e}{Lt}$$

Lt = Longitud de transición del peralte

a = ancho de carril

e = valor del peralte en %

m = inclinación longitudinal de la rampa de peralte en %

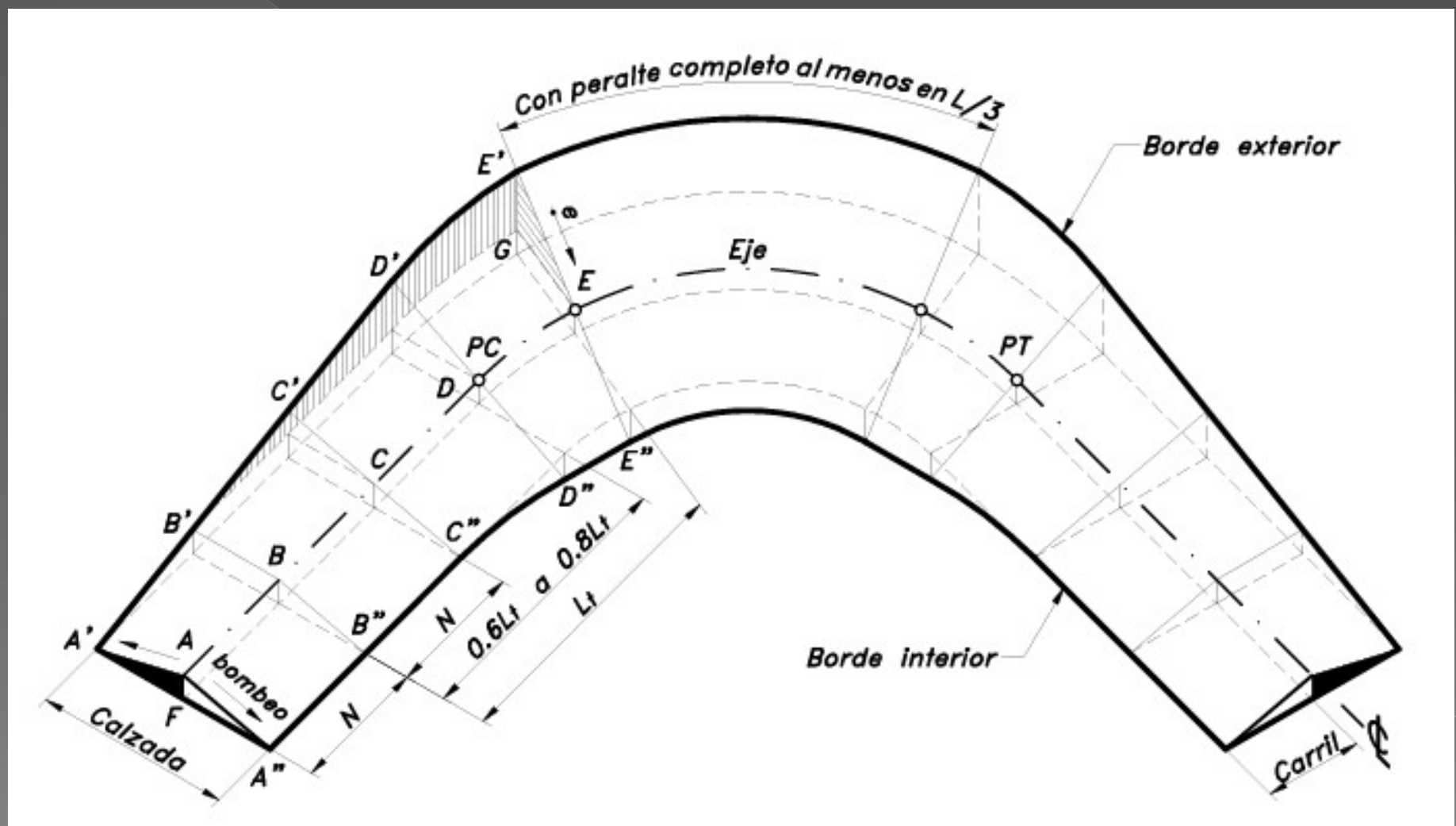
INCLINACION EN RAMPA DE PERALTE

Valores máximos y mínimos de la pendiente relativa de los bordes de la calzada con respecto al eje

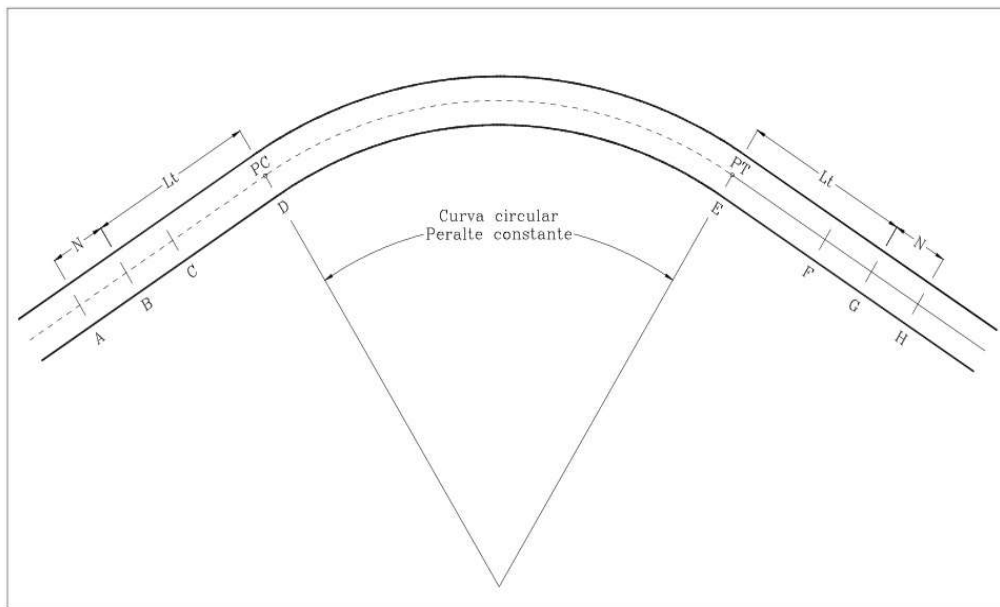
VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{CH} (Km/h)	PENDIENTE RELATIVA DE LOS BORDES CON RESPECTO AL EJE DE LA VÍA	
	m	
	MÁXIMA (%)	MÍNIMA (%)
20	1.35	0.1(carril)
30	1.28	
40	0.96	
50	0.77	
60	0.60	
70	0.55	
80	0.50	
90	0.47	
100	0.44	
110	0.41	
120	0.38	
130	0.35	

Fuente: Instituto Nacional de Vías. *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá. 2008.

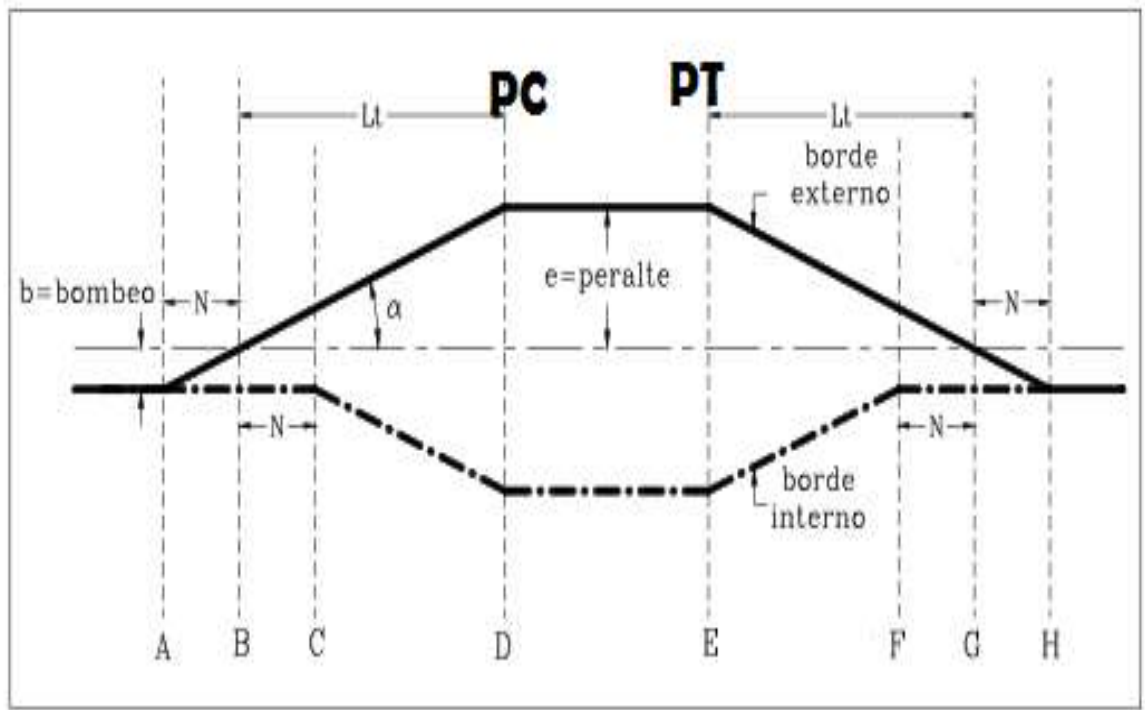
DESARROLLO DE PERALTE EN UNA CURVA CIRCULAR



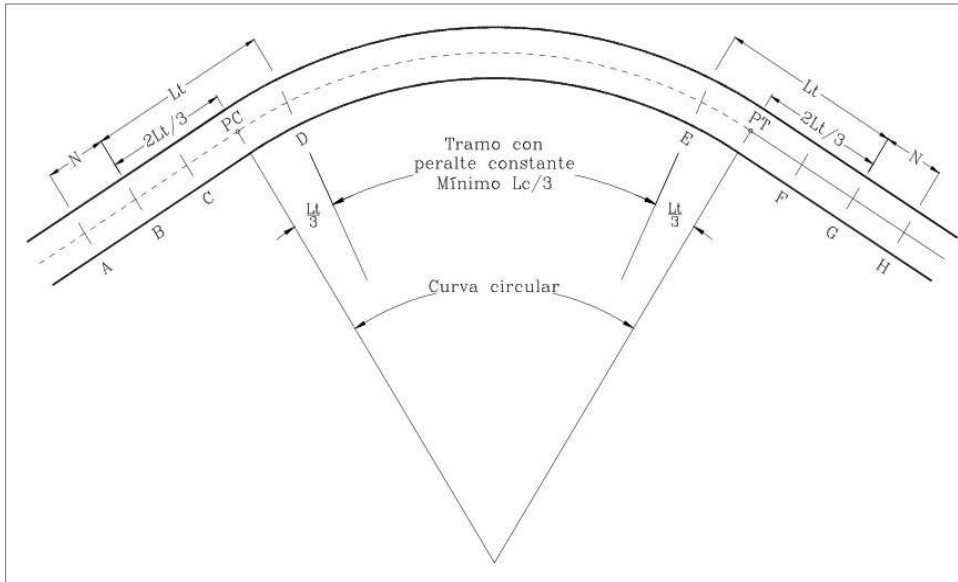
TRANSICION DE PERALTE



DESARROLLO DEL PERALTE FUERA DE LA CURVA CIRCULAR



TRANSICION DE PERALTE



DESARROLLO DEL PERALTE 1/3 DENTRO DE LA CURVA CIRCULAR

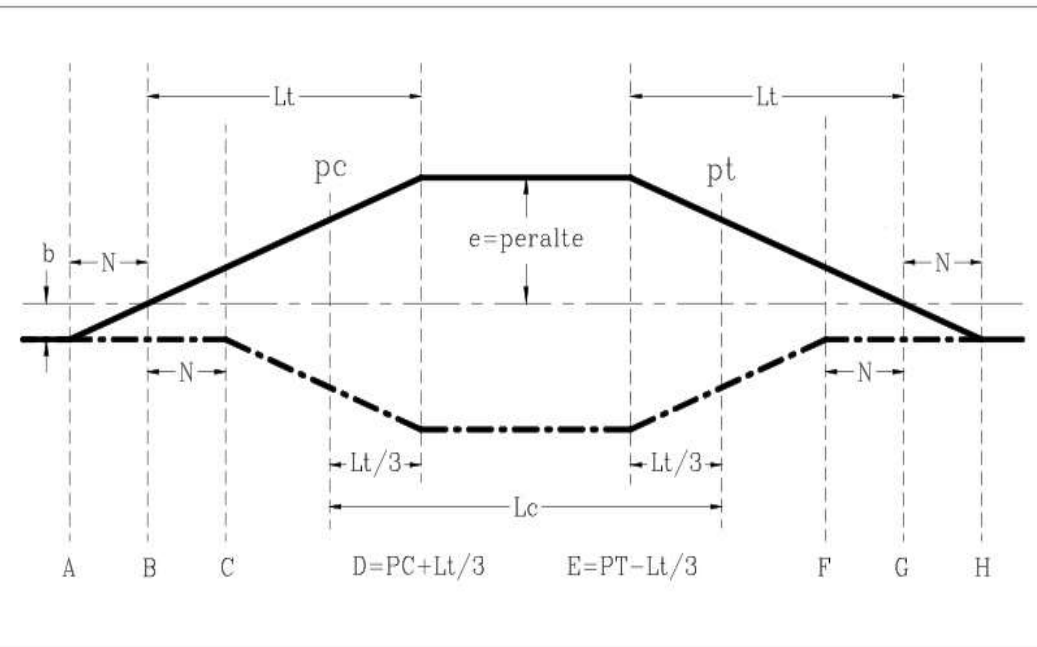
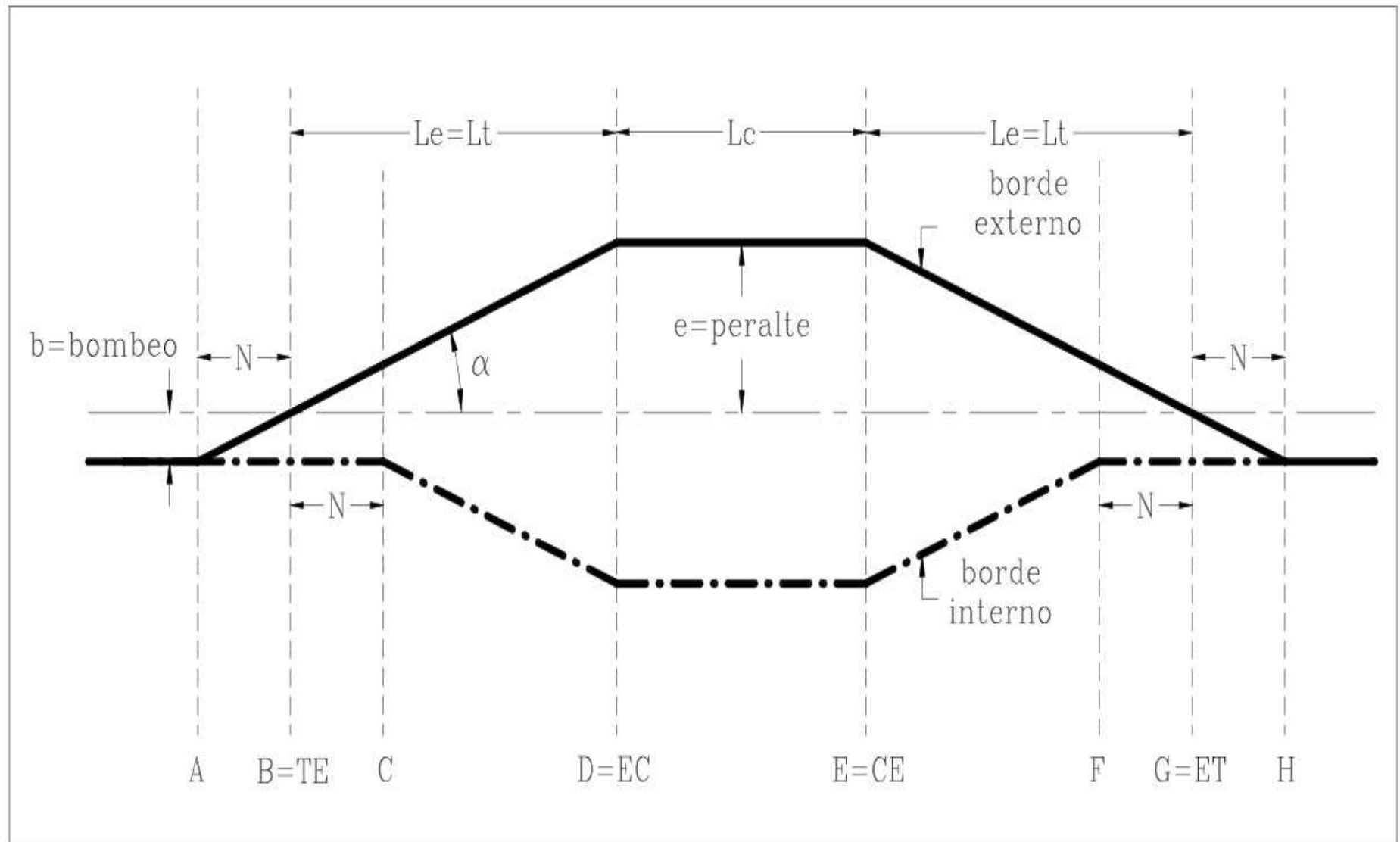


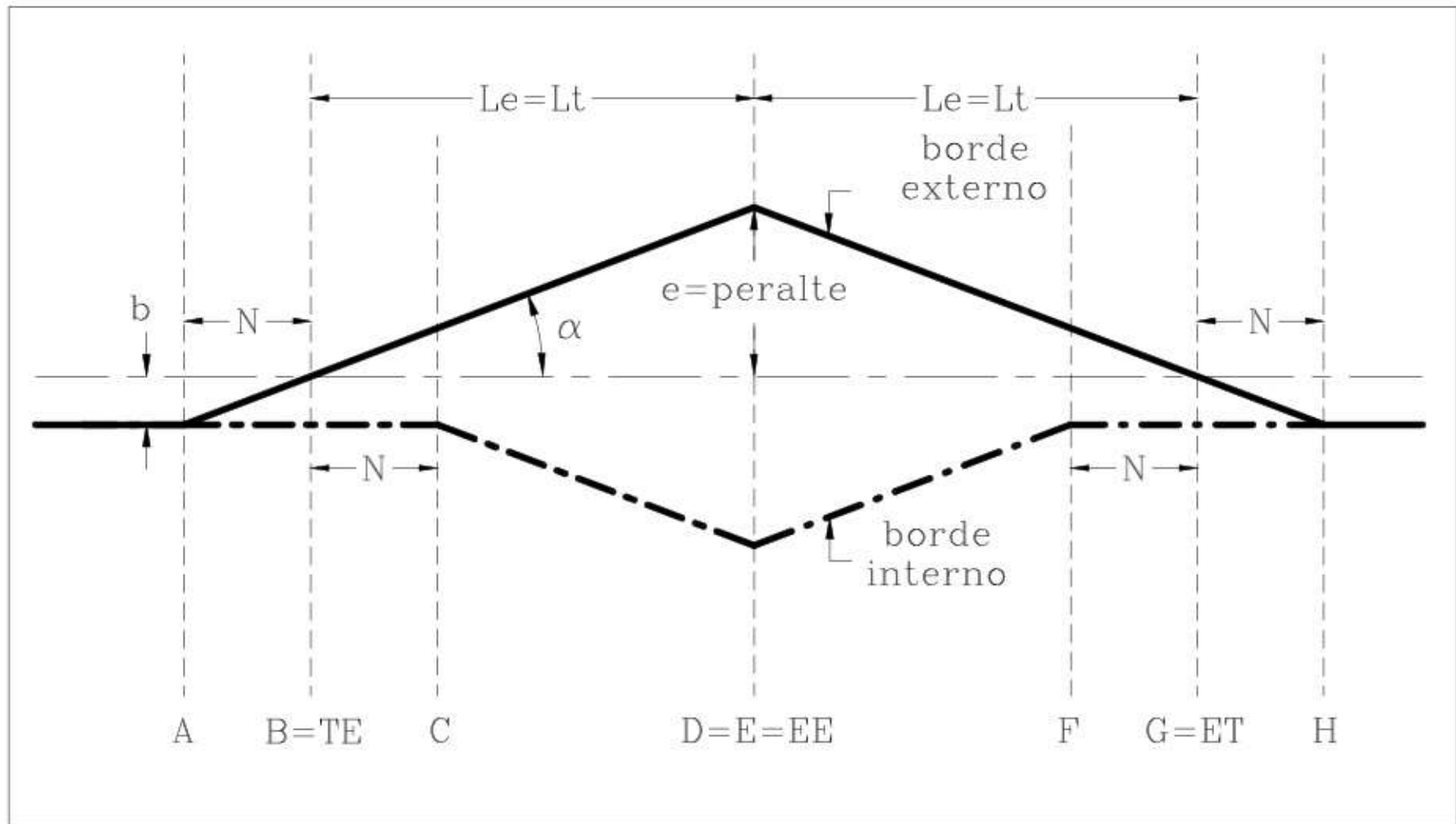
DIAGRAMA DEL PERALTE 1/3 EN LA CURVA CIRCULAR

TRANSICION DE PERALTE



TRANSICIÓN DE PERALTE EN CURVA ESPIRALIZADA

TRANSICION DE PERALTE



TRANSICIÓN DE PERALTE EN CURVA ESPIRAL - ESPIRAL

EJERCICIO

Curva derecha

Carretera Secundaria

$V_e = 60 \text{ Km/h}$

$\text{Radio} = 113 \text{ m}$

$L_c = 95,75 \text{ m}$

$\text{PT} = \text{K}0 + 465,32$

Pendiente longitudinal de la vía: $+ 3 \%$

Cota en el $\text{K}0 + 00 = 250 \text{ m}$

De acuerdo a los datos, calcular:

El Peralte en todas las abscisas de la curva, teniendo en cuenta la cuerda unidad y realizando la transición por fuera de la curva.

Diseñar con el valor entero múltiplo de 10 más próximo al valor mínimo de L_t .

EJERCICIO

$e = 8,0\%$ (por tabla)

De acuerdo al manual tenemos:

Calzada = 7,3 m

$a = 3,65$ m

$m_{\text{máx}} = 0,6 \%$

$m_{\text{min}} = 0,365 \%$

$$L_t = \frac{\text{Carril}(e)}{m}$$

$L_{t \text{ min}} = 48,67$ m

$L_{t \text{ máx}} = 80$ m

$L_{t \text{ Diseño}} = 50$ m

entonces $m_{\text{recalculado}} = 0,584\%$

Valores máximos y mínimos de la pendiente relativa de los bordes de la calzada con respecto al eje

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{CH} (Km/h)	PENDIENTE RELATIVA DE LOS BORDES CON RESPECTO AL EJE DE LA VÍA m	
	MÁXIMA (%)	MÍNIMA (%)
20	1.35	0.1(carril)
30	1.28	
40	0.96	
50	0.77	
60	0.60	
70	0.55	
80	0.50	
90	0.47	
100	0.44	
110	0.41	
120	0.38	
130	0.35	

Fuente: Instituto Nacional de Vías. *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá. 2008.

EJERCICIO

$$b = 2 \%$$

$$L_t \text{ Diseño} = 50\text{m}$$

$$N = \frac{b * L_t}{e}$$

$$N = \frac{\text{Carril}(\text{Bombeo})}{m}$$

$$N = 12,5 \text{ m}$$

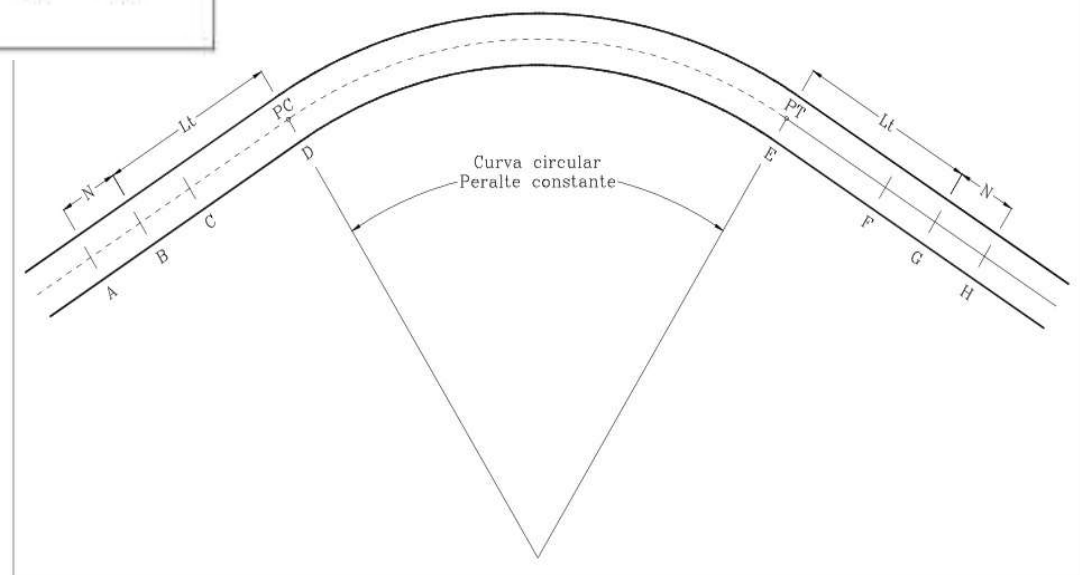
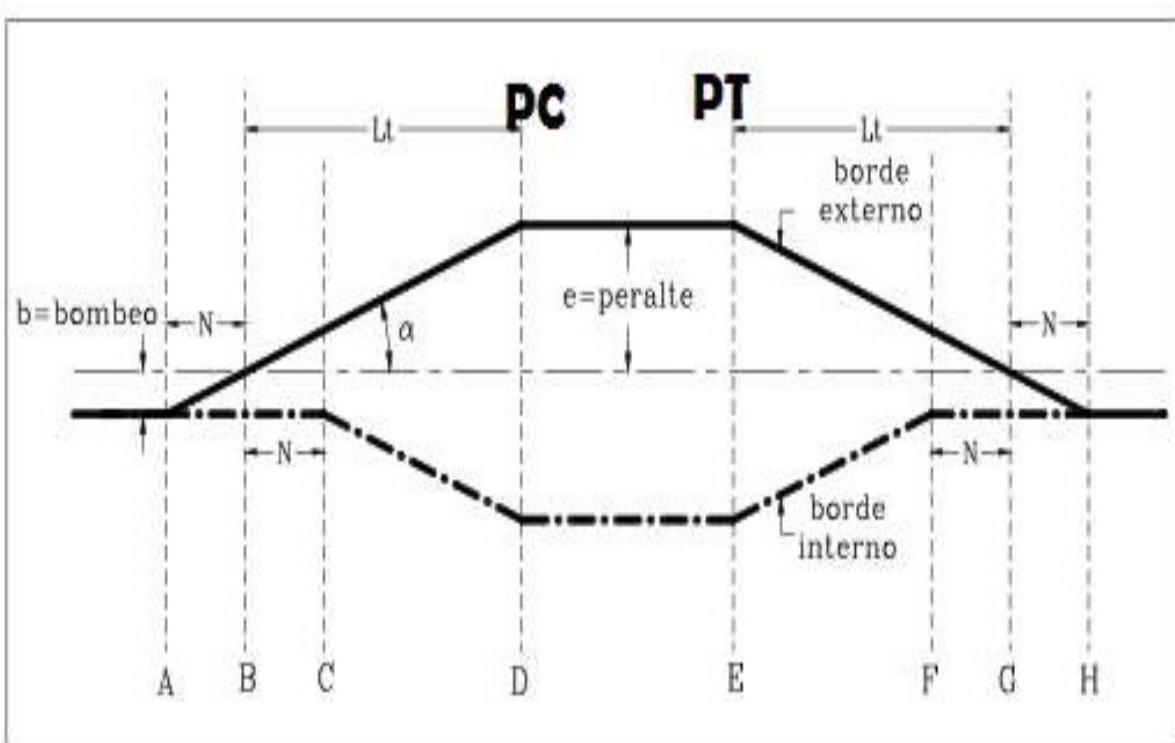
$$L_c = 95,75 \text{ m}$$

$$PT = K0 + 465,32$$

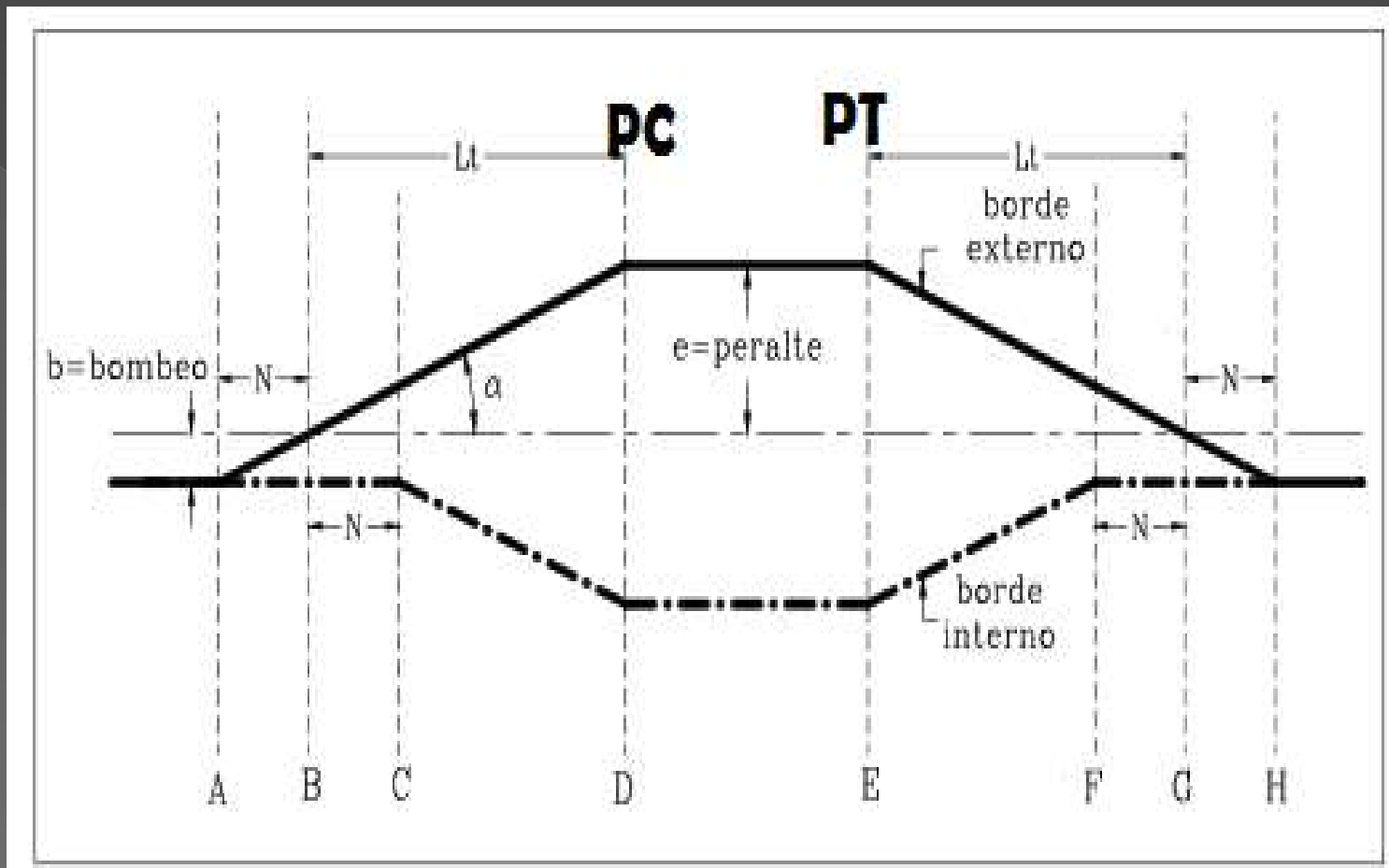
$$PC = K0 + 369,57\text{m}$$

Transición de peralte por fuera de la curva.

DESARROLLO DE PERALTE EN UNA CURVA CIRCULAR



DESARROLLO DEL PERALTE FUERA DE LA CURVA CIRCULAR



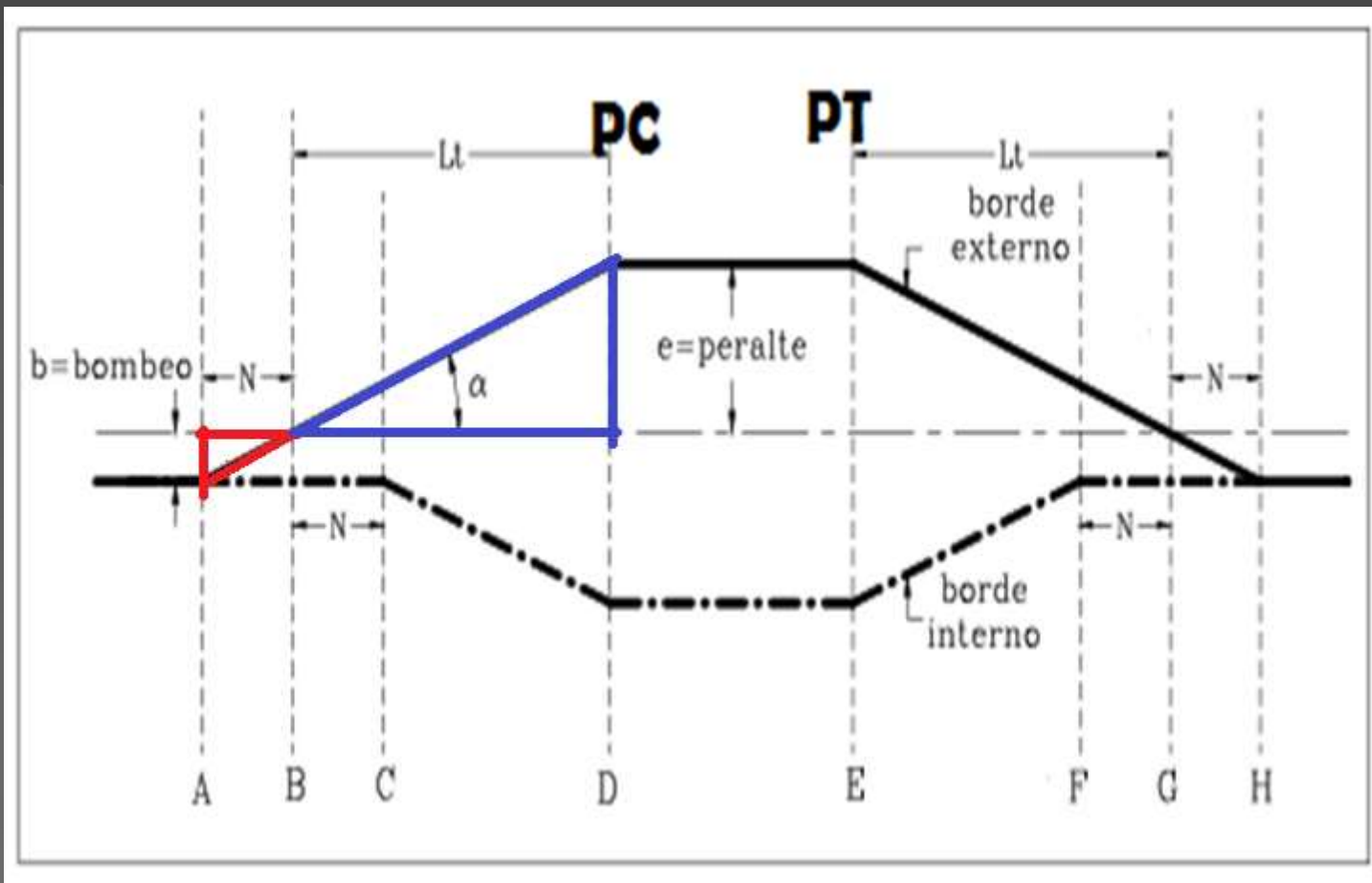
$L_t \text{ Diseño} = 50\text{m}$

$N = 12,5 \text{ m}$

$LT = 62,5 \text{ m}$

PUNTOS DE CAMBIO DE PERALTE

A	307,07 m
B	319,57 m
C	332,07 m
D = PC	369,57 m
E = PT	465,32 m
F	502,82 m
G	515,32 m
H	527,82 m

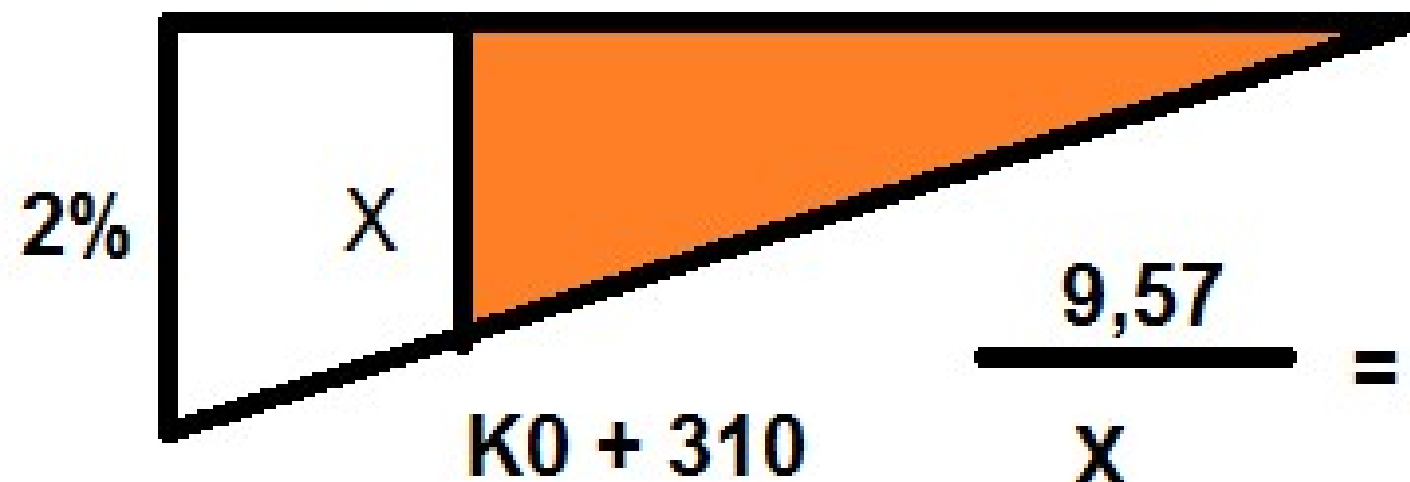


PUNTOS DE CAMBIO DE PERALTE

A	307,07 m
B	319,57 m
C	332,07 m
D = PC	369,57 m
E = PT	465,32 m
F	502,82 m
G	515,32 m
H	527,82 m

A
 $K_a + 307,07$

B
 $K_a + 319,57$



$$\frac{9,57}{X} = \frac{12,5}{2}$$

$$X = 1,531 \%$$

Punto	ABSCISA	Cota eje	Peralte B ext	Peralte B int	Dif Nivel Ext	Dif Nivel Int	Cota Borde ext	Cota eje	Cota Borde int
	K0+000,00	250,000	-2	-2	-0,073	-0,073	249,927	250	249,927
	K0+300,00	259,000	-2	-2	-0,073	-0,073	258,927	259,000	258,927
A	K0+307,07	259,212	-2	-2	-0,073	-0,073	259,139	259,212	259,139
	K0+310,00	259,300	-1,53	-2	-0,056	-0,073	259,244	259,300	259,227
B	K0+319,57	259,587	0	-2	0,000	-0,073	259,587	259,587	259,514
	K0+320,00	259,600	0,07	-2	0,003	-0,073	259,603	259,600	259,527
	K0+330,00	259,900	1,67	-2	0,061	-0,073	259,961	259,900	259,827
C	K0+332,07	259,962	2	-2	0,073	-0,073	260,035	259,962	259,889
	K0+340,00	260,200	3,27	-3,27	0,119	-0,119	260,319	260,200	260,081
	K0+350,00	260,500	4,87	-4,87	0,178	-0,178	260,678	260,500	260,322
	K0+360,00	260,800	6,47	-6,47	0,236	-0,236	261,036	260,800	260,564
D - PC	K0+369,57	261,087	8	-8	0,292	-0,292	261,379	261,087	260,795

Pendiente longitudinal de la vía: + 3 %

Cota en el K0 + 00 = 250 m

PT = K0 + 465,32

PC = K0 + 369,57m

D - PC	K0+369,57	261,087	8	-8	0,292	-0,292	261,379	261,087	260,795
	K0+370,00	261,100	8	-8	0,292	-0,292	261,392	261,100	260,808
	K0+380,00	261,400	8	-8	0,292	-0,292	261,692	261,400	261,108
	K0+390,00	261,700	8	-8	0,292	-0,292	261,992	261,700	261,408
	K0+400,00	262,000	8	-8	0,292	-0,292	262,292	262,000	261,708
	K0+410,00	262,300	8	-8	0,292	-0,292	262,592	262,300	262,008
	K0+420,00	262,600	8	-8	0,292	-0,292	262,892	262,600	262,308
	K0+430,00	262,900	8	-8	0,292	-0,292	263,192	262,900	262,608
	K0+440,00	263,200	8	-8	0,292	-0,292	263,492	263,200	262,908
	K0+450,00	263,500	8	-8	0,292	-0,292	263,792	263,500	263,208
	K0+460,00	263,800	8	-8	0,292	-0,292	264,092	263,800	263,508
E - PT	K0+465,32	263,960	8	-8	0,292	-0,292	264,252	263,960	263,668