

CURVA SIMPLE

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

$$E = R \left(\frac{1}{\cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)} - 1 \right) \quad Gc = 2 \arcsen\left(\frac{C}{2R}\right)$$

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

$$E = T \tan\left(\frac{\Delta}{4}\right)$$

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

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

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

Tangente larga y corta para C compuesta

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

$$Lc = \frac{C \Delta}{Gc}$$

$$Tl = \frac{R_2 - (R_1 \cos \Delta) + (R_1 - R_2) \cos \Delta_2}{\sin \Delta}$$

$$\Delta = 2 \arccos\left(\frac{1}{\frac{E}{R} + 1}\right)$$

$$\delta = \frac{Gc}{2} \quad d = \frac{Gc}{2C}$$

$$Tc = \frac{R_1 - (R_2 \cos \Delta) + (R_1 - R_2) \cos \Delta_1}{\sin \Delta}$$

Ángulos hallados trigonométricamente

$$\theta = \arctan\left(\frac{\Delta N}{\Delta E}\right)$$

CURVA ESPIRALIZADA

Parámetro de la espiral

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

Ángulo

$$\theta_e = \frac{90 \cdot L_e}{\pi \cdot R_c} \text{ Grados}$$

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

$$\theta_p = \left(\frac{L_p}{L_e}\right)^2 \theta_e \text{ para x punto}$$

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

Tangente

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

Externa

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

Coord del p: EC

$$\text{Longitud de la curva circular} \\ L_s = \frac{\pi R_c \Delta_c}{180} \quad L_c = \frac{c \Delta_c}{G_c} \quad i)$$

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

En función de K

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

$$Y_c = K \left(\sqrt{2\theta} \left(\frac{\theta}{3} - \frac{\theta^3}{42} + \frac{\theta^5}{1320} - \frac{\theta^7}{75600} \right) \right) \quad \varphi = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$$

Cord del pc desplazado

$$p = Y_c - R_c(1 - \cos \theta_e)$$

$$k = X_c - (R_c \sin \theta_e)$$

Tang larga

$$T_l = X_c - \left(\frac{Y_c}{\tan \theta_e} \right)$$

Tang corta

$$T_c = \frac{Y_c}{\sin \theta_e}$$

Cuerda larga

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

Deflexión del x punto

Cord cart del centro de la c circular con transiciones

$$X_o = k = -(R_c \sin \theta_e)$$

$$Y_o = Y_c + (R_c \cos \theta_e)$$

Longitud de la curva circular

$$L_s = \frac{\pi R_c \Delta_c}{180} \quad L_c = \frac{c \Delta_c}{G_c}$$

Criterios para Le Smirnoff

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

por pendiente

$$L_e \geq \frac{a(e_c \%)}{m_{\min y \max}}$$

parámetro de la espiral

$$L_e \leq 1.21(R_c)$$

Shortt

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

de percepción

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

Para saber si es E-C-E o E-E

- 1, $L_c \min \geq 0.556(V_{CH})$
- 2, hallamos a L_c

Burnett

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

de estética

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

Si $L_c > L_c \min$ entonces es E-C-E

Longitud adecuada $crt\ mayor \leq L_e \leq crt\ parametro\ de\ la\ espiral$

Se toma un valor entero múltiplo de 10 cercano al rango menor

Abscisas para e-c-e

$$Abs_{TE} = Abs_{PI} + T_e$$

$$Abs_{EC} = Abs_{TE} + L_e$$

$$Abs_{CE} = Abs_{EC} + L_c$$

$$Abs_{ET} = Abs_{CE} + L_e$$

Distancia entre puntos

$$X = \sqrt{(\Delta N)^2 + (\Delta E)^2}$$

Deflexiones para abscisas TE-EC

$$\theta = \left(\frac{L}{L_e} \right)^2 \theta_e \text{ donde } L \text{ es la resta de abscisa mayor - abscisa de Te}$$

2, reemplazamos θ en la ecuación de las coordenadas cartesianas

$$X = L \left(1 - \frac{\theta^2}{10} + \frac{\theta^4}{216} - \frac{\theta^6}{9360} \right)$$

$$Y = L \left(\frac{\theta}{3} - \frac{\theta^3}{42} + \frac{\theta^5}{1320} - \frac{\theta^7}{75600} \right)$$

3, hallamos la deflexión con las coordenadas X y Y

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{Y}{X} \right)$$

Coordenadas planas desde TE

1, hallamos los azimut de cada abscisa

$$Az_{TE-abs} = Az_{Te-PI} \pm \varphi_{abs}$$

2, hallamos la cuerda desde el TE

$$C_{abs} = \sqrt{(x_{abs})^2 + (y_{abs})^2}$$

3, hallamos las coordenadas N y E

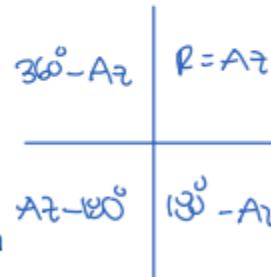
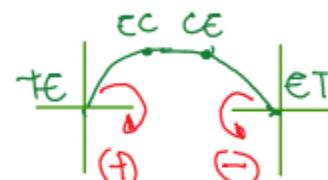
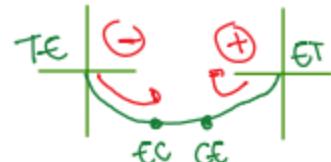
$$N_{abs} = N_{TE} + C_{abs} \cos(Az_{TE-abs})$$

$$E_{abs} = E_{TE} + C_{abs} \sin(Az_{TE-abs})$$

Coordenadas N y E del TE

$$N_{TE} = N_{PI} + T_e \cos(Az_{PI-TE})$$

$$E_{TE} = E_{PI} + T_e \sin(Az_{PI-TE})$$



Deflexiones para curva simple

1, deflexión por unidad

2, deflexión por metro

3, hallamos la deflexión por subcuerda del lado EC y CE

$$= (df\ abscisas)(deflexión\ por\ metro)$$

4, deflexión de las abscisas

$$= deflex\ subc\ lado\ EC + Gc/2$$

Coordenadas curva simple N y E

$$N_{PC} = N_{PI} + T \cos(Az_{PI-PC})$$

$$E_{PC} = E_{PI} + T \sin(Az_{PI-PC})$$

$$N_{PT} = N_{PI} + T \cos(Az_{PI-PT})$$

$$E_{PT} = E_{PI} + T \sin(Az_{PI-PT})$$

$$N_O = N_{PC} + R \cos(Az_{PI-O})$$

$$E_O = E_{PC} + R \sin(Az_{PI-O})$$

Coordenadas de O en espiral

$$N_O = N_{EC} + R_c \cos(Az_{EC-O})$$

$$E_O = E_{EC} + R_c \sin(Az_{EC-O})$$

Coordenadas N y E de las abs

1, hallamos azimut de las abscisas

$$Az_{0-abs} = Az_{0-EC} \pm 2(def. sub EC)$$

$$Az_{0-abs} = Az_{0-EC} \pm G_c$$

$$Az_{0-abs} = Az_{0-EC} \pm 2(def. sub CE)$$

2, hallas las coordenadas de las abs

$$N_{abs} = N_O + R_c \cos(Az_{0-abs})$$

$$E_{abs} = E_O + R_c \sin(Az_{0-abs})$$

Cartera

Abs - L - deflexiones- cord x y - cord N y E

PERALTE

Radio mínimo

$$R_{min} = \frac{V_{CH}^3}{127(e_{max} + f_{tmáx})}$$

Interpolar

E%	Rmin
yo	Xo
y	X
Y1	X1

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

Longitud de transición

$$L_{tmin} = \frac{carril(e\%)}{m_{máx}}$$

$$L_{tmáx} = \frac{carril(e\%)}{m_{min}}$$

$$L_{tmin} \leq L_t \leq L_{tmáx}$$

Lt de diseño es multiplo de 10 mas cercano al rango menor

Hallas los criterios de Le y los elementos de la espiral

Longitud de aplanamiento N

$$N = \frac{carril(bombeo)}{m}$$

$$N = \frac{(bombeo)(Lt)}{e}$$

$$LT = N + L_{lt} \text{ diseño}$$

Se hallan las abs de punto de interés

$$Abs_{TE} = Abs_{PI} + T_e$$

$$Abs_{EC} = Abs_{TE} + L_e$$

$$Abs_{CE} = Abs_{EC} + L_c$$

$$Abs_{ET} = Abs_{CE} + L_e$$

Calcular las diferencias de nivel

$$df \text{ nivel ext} = \left(\frac{carril(peralte)}{100} \right)$$

$$df \text{ nivel int} = -def \text{ ext}$$

Se dibuja el diagrama de acuerdo el caso.

Se hallan los puntos de cambio de peralte

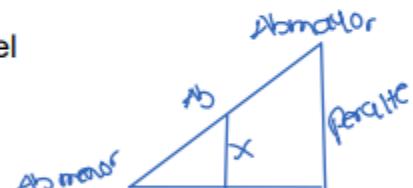
$$A = abs_{TE} - N \dots$$

Hallar cotas ejes

$$\text{cota eje} = \left(\frac{\text{pendiente}}{100} (\Delta abs) \right)$$

Calcular el peralte para los bordes internos y externos.

Para el peralte de las abscisas intermedias



$$\frac{\text{Aplanador-máx}}{\text{Peralte}} = \frac{\text{Aplanador-Ab}}{X}$$

ACELERACION CENTRIPETA

Tabla 3.21 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.

COEFICIENTES DE FRICTION TRASNVERSAL

Tabla 3.13 Coeficientes de fricción transversal máximos, $f_{Tmáx}$

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

RADIOS MINIMOS ABSOLUTOS

Tabla 3.14 Radios mínimos absolutos para peralte máximo $e_{máx}=8\%$ y fricción máxima, carreteras primarias y secundarias

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{CH} (Km/h)	PERALTE RECOMENDADO $e_{máx} (%)$	FRICTION TRANSVERSAL $f_{Tmáx}$	RADIO MÍNIMO R_{min} (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

Tabla 3.15 Radios mínimos absolutos para peralte máximo $e_{máx}=6\%$ y fricción máxima, carreteras terciarias

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{CH} (Km/h)	PERALTE RECOMENDADO $e_{máx} (%)$	FRICTION TRANSVERSAL $f_{Tmáx}$	RADIO MÍNIMO R_{min} (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

RADIOS SEGÚN LA VELOCIDAD ESPECIFICA

Tabla 3.17 Radios R , según velocidad específica V_{CH} y peralte e , para $e_{\text{máx}}=6\%$, 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

Tabla 3.16 Radios R , según velocidad específica V_{CH} y peralte e , para $e_{\text{máx}}=8\%$, 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	1450	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	1350	1650	2020	2340	2760	3050
2.8	385	539	742	992	1240	1520	1860	2180	2550	2830
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	1950	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	895	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	595	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	359	462	579	757	919
8.0	41	73	113	168	229	304	394	501	667	832

PENDIENTE RELATIVA

Tabla 3.18 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	
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	

FACTOR DE AJUSTE POR EL NUMERO DE CARRILES ROTADOS

Tabla 3.19 Factores de ajuste por el número de carriles rotados

NÚMERO DE CARRILES QUE ROTAN <i>n</i>	FACTOR DE AJUSTE <i>b_w</i>	INCREMENTO EN LA LONGITUD CON RESPECTO A LA DE UN CARRIL ROTADO (= <i>n</i> <i>b_w</i>)
1.0	1.00	1.00
1.5	0.83	1.25
2.0	0.75	1.50
2.5	0.70	1.75
3.0	0.67	2.00
3.5	0.64	2.25

ANCHOS RECOMENDADOS DE CALZADA

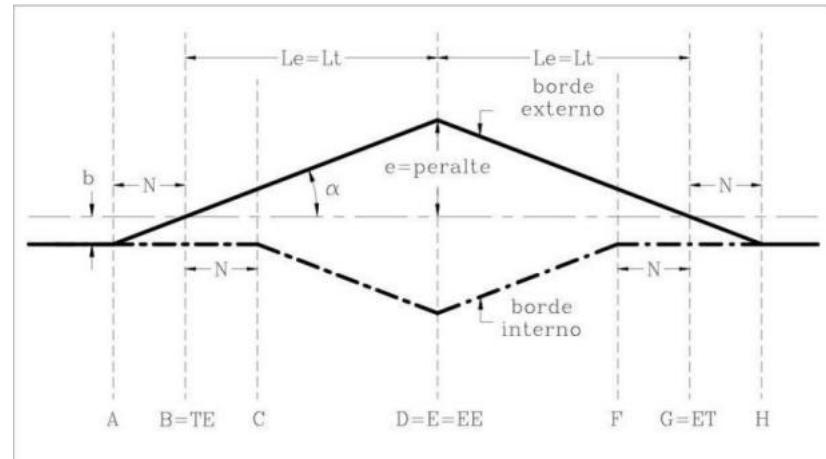
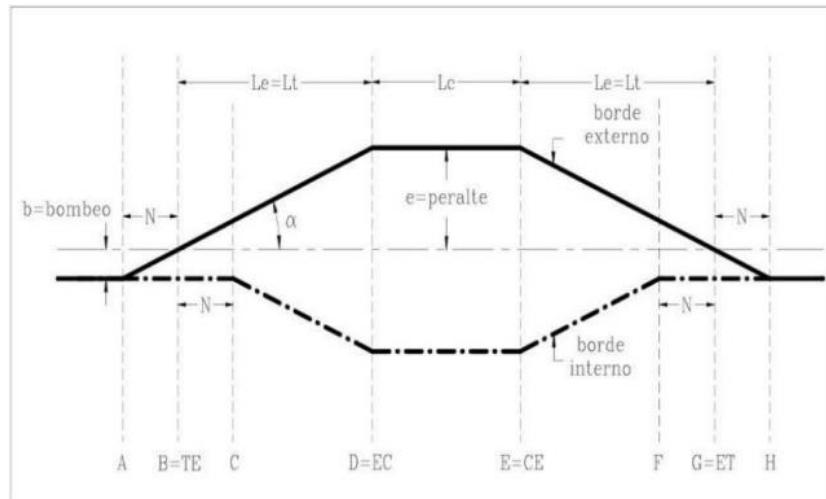
Tabla 5.1 Anchos recomendados de calzada en recta

VELOCIDAD DE DISEÑO DE LOS TRAMOS HOMOGENEOS

Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (V_{TR}) en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGENEO V_{TR} (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Primaria de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Terciaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

DIAGRAMAS DE PERALTE ESPIRAL



SOBREANCHO

VEHICULOS RIGIDOS:

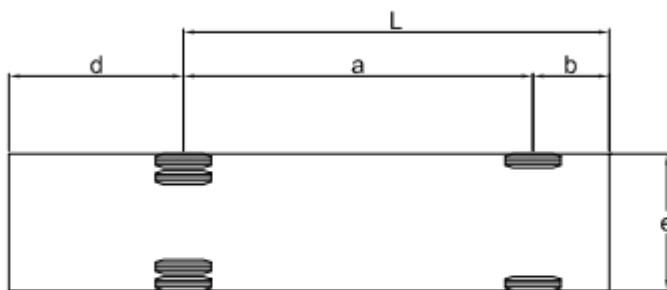
$$S = n \left(R_c - \sqrt{R_c^2 - L^2} \right) + \frac{0,1V_{CH}}{\sqrt{R_c}}, \text{ Donde } n \text{ es el \#carril}$$

$$\text{Para vias terciarias se usa: } S = \frac{32n}{R_c}$$

Donde: R_c : radio de la curva
 n: numero de carriles

Tabla 5.5.

Dimensiones para el cálculo del sobreancho en los vehículos de tipo rígido

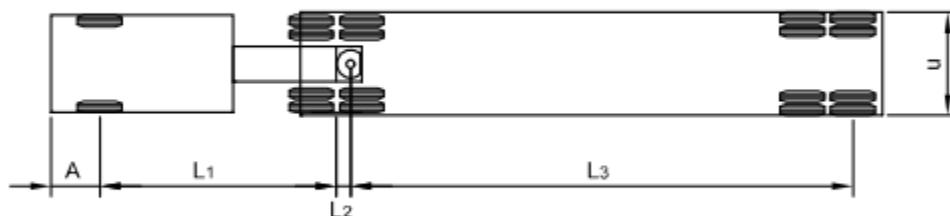


CATEGORIA	a (m)	b (m)	d (m)	e (m)	L (m)
Vehículo liviano	2.90	0.80	1.30	1.80	3.70
Bus mediano	6.49	0.76	3.66	2.44	7.25
Bus grande	7.00	2.70	3.30	2.60	9.70
2 Camión de dos ejes	6.60	1.40	3.20	2.50	8.00
3 Camión de tres ejes o dobletroque	6.55	1.25	3.20	2.50	7.80

VEHICULOS ARTICULADOS:

Tabla 5.6.

Dimensiones para el cálculo del sobreancho requerido por el vehículo articulado representativo del parque automotor colombiano



CATEGORÍA	A (m)	L ₁ (m)	L ₂ (m)	L ₃ (m)	u (m)
3S2 Tractocamión de tres ejes con semirremolque de dos ejes	1.22	5.95	0.0	12.97	2.59

$$S = W_c - W_T$$

Donde:

S = Sobreancho

W_c = Ancho de la calzada en curva

W_T = Ancho de la calzada en tangente

$$W_c = n(U + C) + (n - 1)F_a + Z, \text{ Donde:}$$

n = Número de carriles

U = Ancho ocupado por el vehículo en la curva.

C = Distancia lateral libre entre vehículos

F_a = Diferencia radial entre la trayectoria de la esquina exterior del vuelo delantero y la trayectoria de la rueda exterior delantera.

Z = Ancho adicional de seguridad

El ancho ocupado por el vehículo (U):

$$U = u + R_c - \sqrt{R_c^2 - (L_1 + L_2)^2}$$

Diferencia radial (Fa):

$$F_a = \sqrt{R_c^2 + A(2L_1 + A)} - R_c$$

Ancho adicional de seguridad (Z)

$$Z = \frac{0,1V_{CH}}{\sqrt{R_c}}$$

TRANSICION DE SOBREANCHO:

El sobre ancho a cualquier punto es:

$$S_p = \left(\frac{L_p}{L_t}\right) S$$

$$\text{Donde: } L_t = \frac{\text{carril}(e)}{m}$$