

Alineamiento vertical

Pendiente media máxima del corredor de ruta (%) en función de la velocidad de diseño del tramo homogéneo (V_{TR})

CATEGORÍA DE LA DE CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (Km/h)									
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5
Primaria de una calzada	-	-	-	-	7	7	6	6	6	-
Secundaria	-	-	7	7	7	7	6	-	-	-
Terciaria	7	7	7	-	-	-	-	-	-	-

CATEGORÍA DE LA DE CARRETERA	Relación entre la pendiente máxima (%) en función de la velocidad específica de la tangente vertical (V_{TV})											
	VELOCIDAD ESPECIFICA DE LA TANGENTE VERTICAL V_{TV} (Km/h)											
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5	4	4
Primaria de una calzada	-	-	-	-	8	7	6	6	5	5	5	-
Secundaria	-	-	10	9	8	7	6	6	6	-	-	-
Terciaria	14	12	10	10	10	-	-	-	-	-	-	-

VELOCIDAD ESPECIFICA DE LA TANGENTE VERTICAL V_{TV} (Km/h)	LONGITUD MÍNIMA DE LA TANGENTE VERTICAL (m)											
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
40	60	80	140	170	195	225	250	280	305	335	360	

Tabla 4.3 Longitud mínima de la tangente vertical

Distancia de Parada:

$$D_p = dpr(\text{percepción-reacción}) + df(\text{frenado})$$

$$D_p = 0.694 V_d + \frac{V_d^2}{254(f_i \pm p)} = 0.694 V_e + \frac{V_e^2}{254(f_i \pm p)}$$

P es la mayor de las pendientes en valor absoluto.

Da(distancia de adelantamiento)

$$D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$$

$$D_2 = 0.287 V t_2$$

T2 = Tiempo empleado por el vehículo adelantante desde que invade el carril del sentido contrario hasta que regresa a su carril. Este tiempo está entre (9,3 y 11,3) segundos.

D3 = distancia de seguridad entre ambos vehículos, se encuentra entre (30 y 90) metros

$$D_1 = 0.287 t_1 \left(V - m + \frac{at_1}{2} \right)$$

Donde:

t_1 = Tiempo de la maniobra inicial, (segundos).

a = Promedio de aceleración que el vehículo necesita para iniciar el adelantamiento (Km/h/s).

V = Velocidad del vehículo que adelanta (Km/h).

m = Diferencia de velocidades entre el vehículo que adelanta y el que es adelantado, igual a 15 Km/h en todos los casos.

$$D_4 = \frac{2}{3} D_2$$

VELOCIDAD ESPECIFICA V_e (Km/h)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN LONGITUDINAL f_l											
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
440	0.400	0.370	0.350	0.330	0.320	0.315	0.310	0.305	0.300			

Oportunidades de adelantar por tramos de 5 kilómetros

COMPONENTE DE LA MANIOBRA DE ADELANTAMIENTO	RANGO DE LA VELOCIDAD ESPECÍFICA DEL ELEMENTO EN EL QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA, V_e (Km/h)			
	50-65	66-80	81-95	96-110
	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA, V (Km/h)			
	56.2	70.0	84.5	99.8
Maniobra inicial:				
a = Aceleración promedio (Km/h/s)	2.25	2.30	2.37	2.41
t_1 = Tiempo (s)	3.6	4.0	4.3	4.5
D_1 = Distancia recorrida (m)	45	66	89	113
Ocupación del carril contrario:				
t_2 = Tiempo (s)	9.3	10.0	10.7	11.3
D_2 = Distancia recorrida (m)	145	195	251	314
Distancia de seguridad:				
D_3 = Distancia recorrida (m)	30	55	75	90
Vehículo en sentido opuesto:				
D_4 = Distancia recorrida (m)	97	130	168	209
Distancia total:				
$D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$	317	446	583	726

Mínimas distancias de visibilidad de adelantamiento en carreteras de dos carriles dos sentidos

VELOCIDAD ESPECÍFICA DEL ELEMENTO EN EL QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA, V_e (Km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO ADELANTADO (Km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA, V (Km/h)	MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO D_a (m)	
			CALCULADA	REDONDEADA
30	29	44	200	200
40	36	51	266	270
50	44	59	341	345
60	51	66	407	410
70	59	74	482	485
80	65	80	538	540
90	73	88	613	615
100	79	94	670	670
110	85	100	727	730
120	90	105	774	775
130	94	109	812	815

VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGENEO V_{TR} (Km/h)	20-60	60-80	80-100
PORCENTAJE MÍNIMO DE LA LONGITUD CON DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO (%)	20%	30%	40%

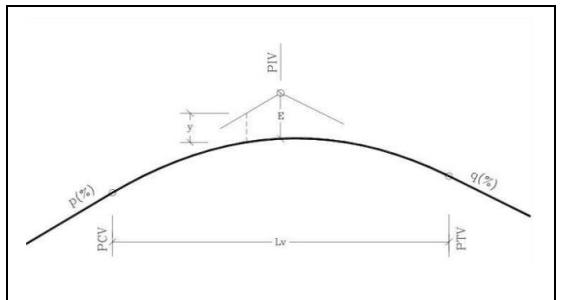
$$D_a \approx 5 V_d$$

La velocidad de adelantamiento puede ser 5 veces la velocidad de diseño.

Distancia de encuentro

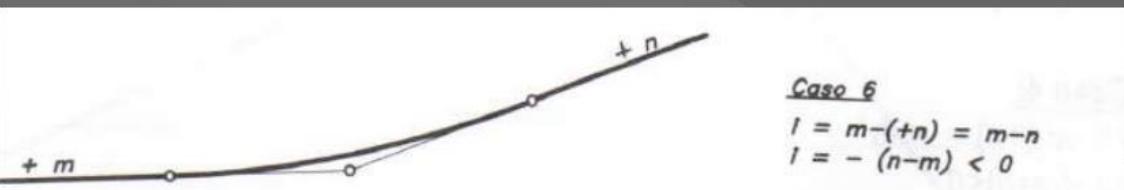
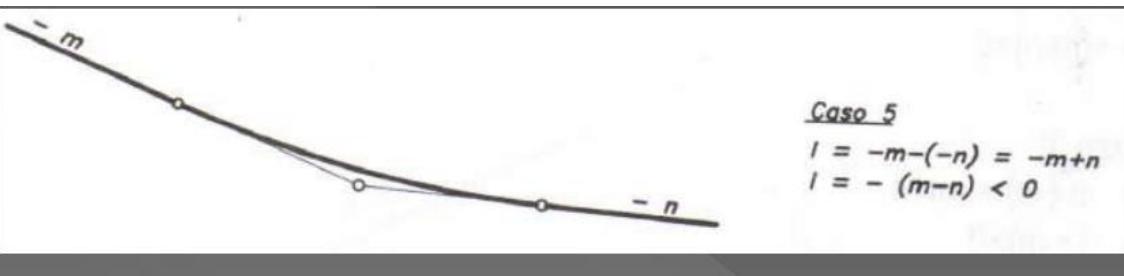
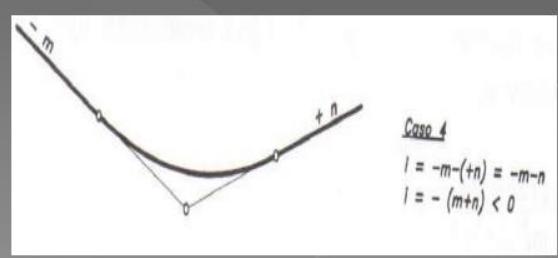
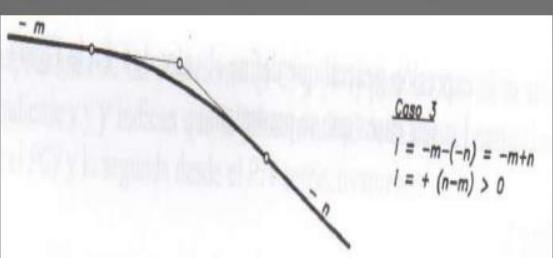
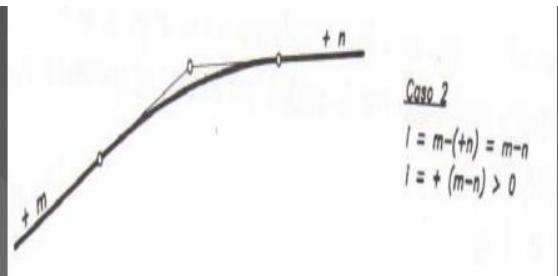
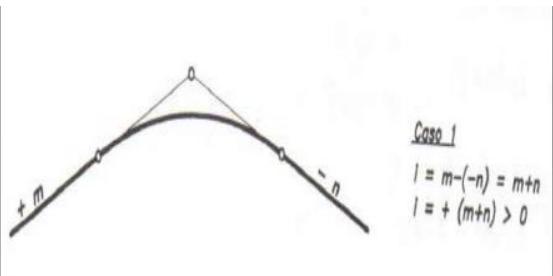
$$D_e = 2(0.278 V_d) + \left[\frac{V_d^2 - 100}{254(f_i + p)} \right] + \left[\frac{V_d^2 - 100}{254(f_i - p)} \right]$$

Criterios para la determinación de las longitudes de curvas verticales

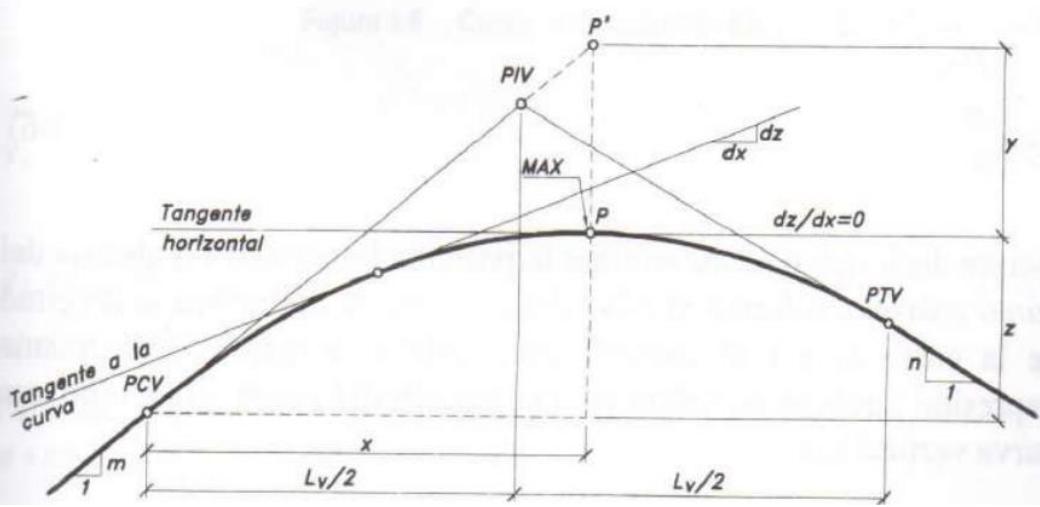


CRITERIO	CURVA CONVEXA		CURVA CONCAVA	
SEGURIDAD (Lv.min)	CASO I : $D_p > Lv$	$L_v = 2D_p - \frac{658}{i}$	CASO I : $D_p > Lv$	$L_v = 2D_p - \frac{120 + 3.5 D_p}{i}$
	CASO II : $D_p < Lv$	$L_v = \frac{D_p^2 i}{658}$	CASO II : $D_p < Lv$	$L_v = \frac{D_p^2 i}{120 + 3.5 D_p}$
VISIBILIDAD (Lv.min)	CASO I : $D_a > Lv$	$L_v = 2D_a - \frac{969}{i}$	NO SE APLICA	
	CASO II : $D_a < Lv$	$L_v = \frac{D_a^2 i}{969}$		
COMODIDAD (Lv.min)	NO SE APLICA		$L_v = \frac{V_{CV}^2 i}{395}$	
APARIENCIA (Lv.min)	NO SE APLICA		$L_v = 30i$	
DRENAJE (Lv.max)	$L_v = 50i$			
OPERACIONAL LONG. MIN DE CURVA V.	$L_v = 0.6 V_{CV}$		NO SE APLICA	

¿Curva Cónica o Convexa? (Si $i > 0$, es cónica y si $i < 0$, convexa)



$$E_v = \frac{L_v i}{8}$$



$$X = \left(\frac{m}{i} \right) L_v$$

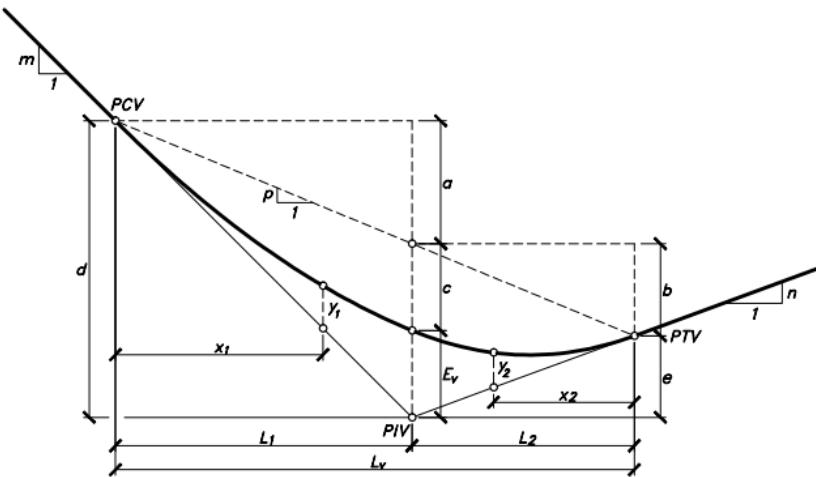
Cota $P = \text{Cota } P' - y$, donde,

Cota $P' = \text{Cota PCV} + mx$

$$y = \left(\frac{i}{2L_v} \right) x^2 , \text{ entonces,}$$

$$\text{Cota } P = \text{Cota PCV} + mx - \left(\frac{i}{2L_v} \right) x^2$$

Para curva asimétrica



x Referido al PTV

$$x = \frac{nL_2^2}{2E_v}$$

X referido al PCV

$$x = \frac{mL_1^2}{2E_v}$$

Procedimiento:

- 1) Determinar si es convexa o cóncava (calculando el i)
- 2) Hallar Dp
- 3) Aplicar criterios para Lv
- 4) Calculo de Abscisas y cotas importantes
- 5) Calculo de cotas intermedias
- 6) Calculamos la correcciooc "y" y la aplicamos a cada abscisa
- 7) Realizar cartera
- 8) Calcular x, externa y dibujo si es necesario.

$$y_1 = E_v \left(\frac{x_1}{L_1} \right)^2$$

$$y_2 = E_v \left(\frac{x_2}{L_2} \right)^2$$

$$E_v = \frac{iL_1 L_2}{2L_v}$$

La cota de P es:

$$\text{Cota } P = \text{Cota } P' + y \quad , \text{ donde,}$$

$$\text{Cota } P' = \text{Cota } PTV - nx$$

$$y = E_v \left(\frac{x}{L_2} \right)^2 \quad , \text{ entonces,}$$

$$\text{Cota } P = \text{Cota } PTV - nx + E_v \left(\frac{x}{L_2} \right)^2$$

PUNTOS	ABSCISAS	PENDIENTES	COTAS EN LA TANGENTE	CORRECCIÓN DE PENDIENTE	COTAS ROJAS
PCV	K2+580	○	495.200	0.000	495.200
1	590		496.000	-0.046	495.954
2	600		496.800	-0.183	496.617
3	610	+8%	497.600	-0.412	497.188
4	620		498.400	-0.733	497.667
5	630		499.200	-1.146	498.054
PIV	K2+640	○	500.000	-1.650	498.350
6	650		499.700	-1.146	498.554
7	660		499.400	-0.733	498.667
8	670	-3%	499.100	-0.412	498.688
9	680		498.800	-0.183	498.617
10	690		498.500	-0.046	498.454
PTV	K2+700	○	498.200	0.000	498.200

Diseño geométrico Transversal

TIPO DE CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (Km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas ⁽¹⁾	Plano	-	-	-	-	-	-	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	2.0/1.0	2.0/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	Montañoso	-	-	-	-	-	1.8/0.5	1.8/0.5	1.8/0.5	2.0/1.0	-
	Escarpeado	-	-	-	-	-	1.8/0.5	1.8/0.5	1.8/0.5	-	-
Primaria de una calzada	Plano	-	-	-	-	-	-	2.0	2.0	2.5	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	1.8	2.0	2.0	2.5	-
	Montañoso	-	-	-	-	1.5	1.5	1.8	1.8	-	-
	Escarpeado	-	-	-	-	1.5	1.5	1.8	-	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	1.0	1.5	1.8	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	1.0	1.0	1.5	1.8	-	-	-
	Montañoso	-	-	0.5	0.5	1.0	1.0	-	-	-	-
	Escarpeado	-	-	0.5	0.5	0.5	-	-	-	-	-
Terciaria ⁽²⁾	Plano	-	-	1.0	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	0.5	1.0	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	0.5	0.5	0.5	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpeado	0.5	0.5	0.5	-	-	-	-	-	-	-

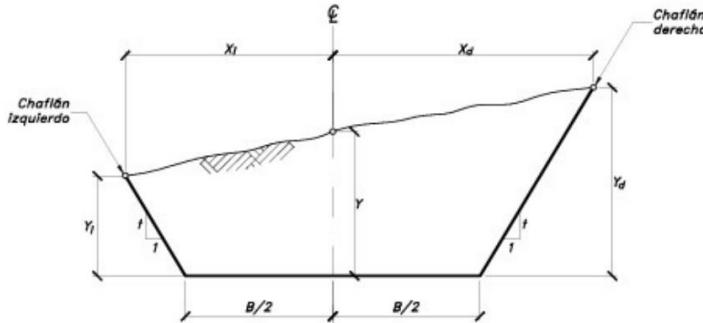
Fuente: Instituto Nacional de Vías. *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá. 2008.

(1): Berma derecha/Berma izquierda

(2): Berma cuneta

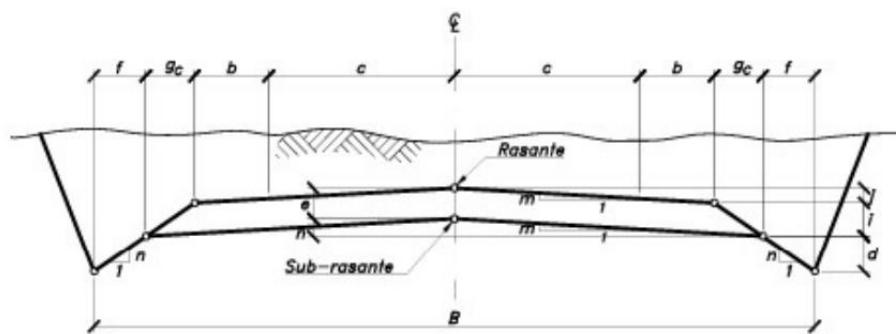
TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA	BOMBEO (%)
Superficie de concreto hidráulico o asfáltico	2
Tratamientos superficiales	2-3
Superficie de tierra o grava	2-4

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	ANCHO DE ZONA (m)
Primaria de dos calzadas	> 30
Primaria de una calzada	24 - 30
Secundaria	20 - 24
Terciaria	12



$$X_d = \frac{B}{2} + \left(\frac{1}{t} \right) Y_d$$

$$X_i = \frac{B}{2} + \left(\frac{1}{t} \right) Y_i$$



- B = Ancho de banca o plataforma.
 c = Ancho del carril.
 b = Ancho de la berma.
 e = Espesor total de la estructura de pavimento.
 $g+f$ = Ancho de la cuneta, desde el borde de la berma hasta donde se inicia el talud del corte.
 d = Profundidad de la cuneta por debajo de la sub-rasante (0.50 m mínimo).
 m = Bombeo normal.
 n = Pendiente de la cuneta.
 h, j, i = Alturas auxiliares de cálculo.

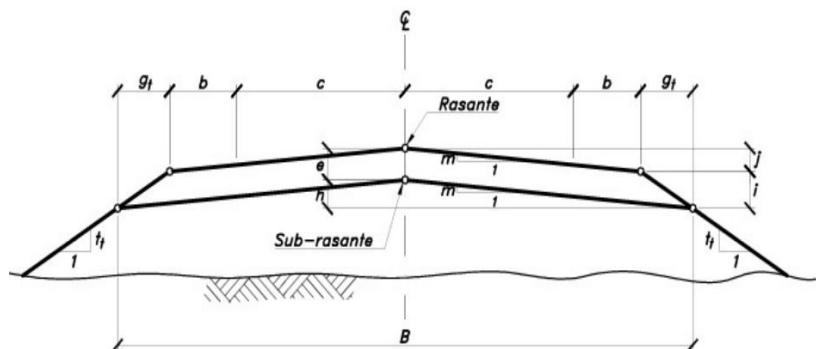
1. Ancho de banca en recta y corte

$$B = 2c + 2b + 2g_c + 2f \quad , \text{ donde,}$$

$$f = \frac{d}{n}$$

$$B = 2c + 2b + 2\left(\frac{e}{n-m}\right) + 2\left(\frac{d}{n}\right)$$

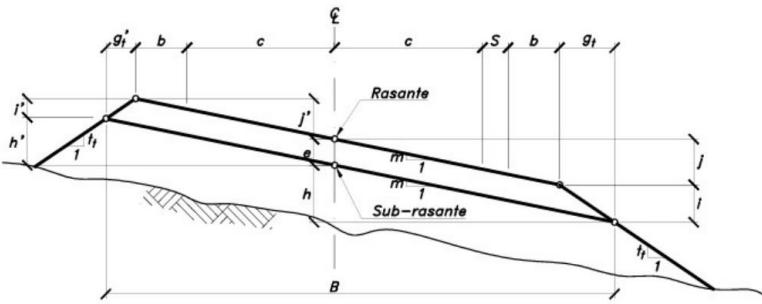
2. En recta y terraplén



$$B = 2c + 2b + 2\left(\frac{e}{t_t - m}\right)$$

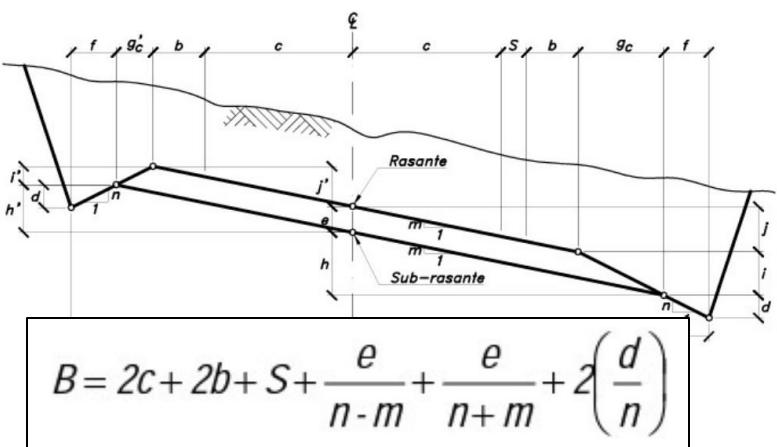
ABSCISA	CHAFLANES			ÁREAS (m ²)		VOLÚMENES (m ³)	
	IZQUIERDO	EJE	DERECHO	CORTE	TERRAP.	CORTE	TERRAP.
K0+030	+3.6/10.2	0.00/3.4	-2.4		-9.3/9.4	38.610	2.880
024	+3.2/9.8		0.00		-3.5/7.6	8.750	8.000
020	+3.8/10.5		+1.0	0.00/1.6	-3.6/6.7	6.120	15.550
015	+4.5/10.3		+1.9		0.00/5.0	25.785	
010	+3.4/9.9		+3.2		+2.5/8.6	44.350	
K0+000	+3.3/9.8		+4.2		+5.4/13.2	70.050	
VOLÚMENES TOTALES						171.265	927.234

4. En curva y en Terraplen

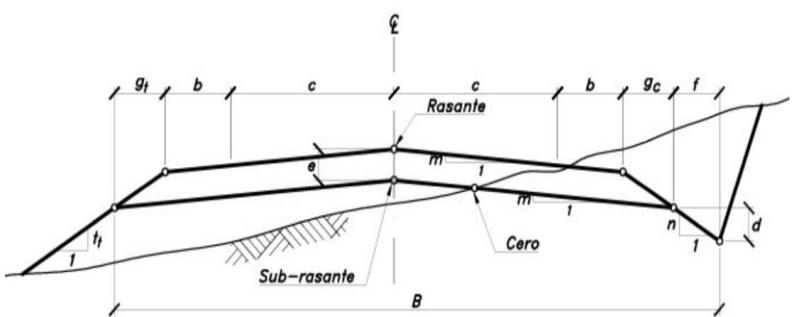


$$B = 2c + 2b + S + \frac{e}{n-m} + \frac{e}{n+m} + \frac{d}{n}$$

3. En curva y en corte



5. En recta y sección mixta



$$B = 2c + 2b + \frac{e}{n-m} + \frac{e}{t_t - m} + \frac{d}{n}$$

CARTERA DE CHAFLANES

Izquierdo	Centro	Derecho
$\frac{Y_I}{X_I}$	$\frac{Y}{\text{Abscisa}}$	$\frac{Y_d}{X_d}$

REGLA DE LAS CRUCES

$$\frac{0}{B/2+S} \times \frac{Y_I}{X_I} \times \frac{Y}{0} \times \frac{Y_d}{X_d} \times \frac{0}{B/2}$$

Figura 5.21 Área sección homogénea simple en curva, por chaflanes

Método de Cubicación

Prismaoide

$$V = \frac{L}{6} (A_1 + A_2 + 4A_m)$$

Cuando las áreas tienden a ser iguales (por lo general se toma esta)

$$V = L \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right)$$

Cuando la sección tiende a cero se calcula como

Piramoide

$$V = \frac{AL}{3}$$

Para secciones mixtas un tronco de piramoide

$$V = \frac{L}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2})$$

IZQUIERDO		EJE	DERECHO
+3.6	0.00	-2.4	-9.3
10.2	3.4	K0+030	9.4
+3.2		0.00	-3.5
9.8		K0+024	7.6
+3.8		+1.0	-3.6
10.5		K0+020	1.6
+4.5		+1.9	0.00
10.3		K0+015	5.0
+3.4		+3.2	+2.5
9.9		K0+010	8.6
+3.3		+4.2	+5.4
9.8		K0+000	13.2

ABSCISAS	REGLA DE LAS CRUCES	9.8
K0+030	$\frac{0}{5} \times \frac{3.6}{10.2} \times \frac{0.00}{3.4} \times \frac{2.4}{0} \times \frac{9.3}{9.4} \times \frac{0}{5}$ Terraplén Corte	
K0+024	$\frac{0}{5} \times \frac{3.2}{9.8} \times \frac{0.00}{0} \times \frac{3.5}{7.6} \times \frac{0}{5}$ Terraplén Corte	
K0+020	$\frac{0}{5} \times \frac{3.8}{10.5} \times \frac{1.0}{0} \times \frac{0.00}{1.6} \times \frac{3.6}{6.7} \times \frac{0}{5}$ Terraplén Corte	
K0+015	$\frac{0}{5} \times \frac{4.5}{10.3} \times \frac{1.9}{0} \times \frac{0.00}{5.0} \times \frac{0}{5}$ Terraplén Corte	
K0+010	$\frac{0}{5} \times \frac{3.4}{9.9} \times \frac{3.2}{0} \times \frac{2.5}{8.6} \times \frac{0}{5}$ Terraplén Corte	
K0+000	$\frac{0}{5} \times \frac{3.3}{9.8} \times \frac{4.2}{0} \times \frac{5.4}{13.2} \times \frac{0}{5}$ Terraplén Corte	

b) Volumenes entre secciones transversales

Entre las secciones de abscisas K0+000 y K0+010:

Terraplén: Prismoide, según ecuación

$$V_t = L \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) = 10 \left(\frac{70.050 + 44.350}{2} \right) = 572.000 m^3$$

Entre las secciones de abscisas K0+010 y K0+015:

Terraplén: Prismoide,

$$V_t = L \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) = 5 \left(\frac{44.350 + 25.785}{2} \right) = 175.338 m^3$$

Entre las secciones de abscisas K0+015 y K0+020:

Terraplén: Tronco de pirámidoide, según ecuación (5-29),

$$V_t = \frac{L}{3} \left(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2} \right) = \frac{5}{3} \left[25.785 + 15.550 + \sqrt{25.785(15.550)} \right] = 102.265 m^3$$

Corte: Pirámidoide, según ecuación

$$V_c = \frac{AL}{3} = \frac{6.120(5)}{3} = 10.200 m^3$$



Entre las secciones de abscisas K0+020 y K0+024:

Terraplén: Tronco de pirámidoide,

$$V_t = \frac{L}{3} \left(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2} \right) = \frac{4}{3} \left[15.550 + 8.000 + \sqrt{15.550(8.000)} \right] = 46.271 m^3$$

Corte: Tronco de pirámidoide,

$$V_c = \frac{L}{3} \left(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2} \right) = \frac{4}{3} \left[6.120 + 8.750 + \sqrt{6.120(8.750)} \right] = 29.584 m^3$$

Entre las secciones de abscisas K0+024 y K0+030:

Terraplén: Tronco de pirámidoide,

$$V_t = \frac{L}{3} \left(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2} \right) = \frac{6}{3} \left[8.000 + 2.880 + \sqrt{8.000(2.880)} \right] = 31.360 m^3$$

Sección de abscisa K0+000:

Terraplén:

$$A_t = \frac{1}{2} [5(3.3) + 9.8(4.2) + 4.2(13.2) + 5.4(5)] = 70.050 m^2$$

Sección de abscisa K0+010:

Terraplén:

$$A_t = \frac{1}{2} [5(3.4) + 9.9(3.2) + 3.2(8.6) + 2.5(5)] = 44.350 m^2$$

Sección de abscisa K0+015:

Terraplén:

$$A_t = \frac{1}{2} [5(4.5) + 10.3(1.9) + 1.9(5)] = 25.785 m^2$$

Sección de abscisa K0+020:

Terraplén:

$$A_t = \frac{7}{2} [5(3.8) + 10.5(1.0) + 1.0(1.6)] = 15.550 m^2$$

Corte:

$$A_c = \frac{7}{2} [3.6(5) - 1.6(3.6)] = 6.120 m^2$$

Sección de abscisa K0+024:

Terraplén:

$$A_t = \frac{7}{2} [5(3.2)] = 8.000 m^2$$

Corte:

$$A_c = \frac{7}{2} [3.5(5)] = 8.750 m^2$$

Sección de abscisa K0+030:

Terraplén:

$$A_t = \frac{7}{2} [5(3.6) - 3.6(3.4)] = 2.880 m^2$$

ABSCISAS	
K0+030	$\frac{0}{5} \times \frac{3}{11}$ Terraplén
K0+024	-
K0+020	-

