CAPITULO I.B DISEÑO GEOMETRICO I.B–1

1. ALINEAMIENTO HORIZONTAL I.B–1
1.1 GENERALIDADES I.B–1
1.2 PISTAS Y CALZADAS I.B–3
1.3 ESTACIONAMIENTOS I.B–3
1.4 MODIFICACION ANCHOS DE CALZADAS I.B–3
1.5 BANDEJONES I.B–4
1.6 INTERSECCIONES I.B–4
1.7 PISTAS DE CAMBIO DE VELOCIDAD I.B–4
1.8 ACCESOS I.B–5
1.9 ISLAS DE REFUGIO I.B–5
1.10 CLOTOIDES I.B–6

2. ALINEAMIENTO VERTICAL I.B–8
2.1 GENERALIDADES I.B–8
2.2 TRANSICIÓN DE PERALTES I.B–8

3. EJEMPLOS I.B–10
3.1 ALINEAMIENTO HORIZONTAL I.B–10
3.2 ALINEAMIENTO VERTICAL I.B–11
3.3 TRANSICIÓN CON PERALTE I.B–12

CAPITULO I.B

DISEÑO GEOMETRICO

La presente Guía de Diseño aborda el tema geométrico bajo dos líneas fundamentales que son trazado en alzado y en planta, destaca los elementos principales en cada una de ellas y aúna criterios frente a este tema.

El instrumento para el diseño de infraestructura vial urbana es el Manual de Recomendaciones para el Diseño de Elementos de Infraestructura Vial Urbana (REDEVU) aprobado por Decreto Supremo Nº 12 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, del 24 de Enero de 1984 y publicado en el Diario Oficial Nº 31.813 del 3 de Marzo de 1984.

El uso de este Manual es obligatorio en vías urbanas definidas como estructurantes en la Ordenanza del Plan Regulador Metropolitano de Santiago, según Circular Nº 12 del 06 de marzo de 2000 de la Secretaría Regional Metropolitana de Vivienda y Urbanismo.

1. ALINEAMIENTO HORIZONTAL

1.1 GENERALIDADES

- Según el tipo de vía de acuerdo al Artículo 7.1 de la Ordenanza del Plan Regulador Metropolitano de Santiago (P.R.M.S) y las características de ésta, definidas en el Artículo 2.3.2. de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, se asigna una Velocidad de Diseño.

- Verificar las deflexiones de acuerdo a lo siguiente:

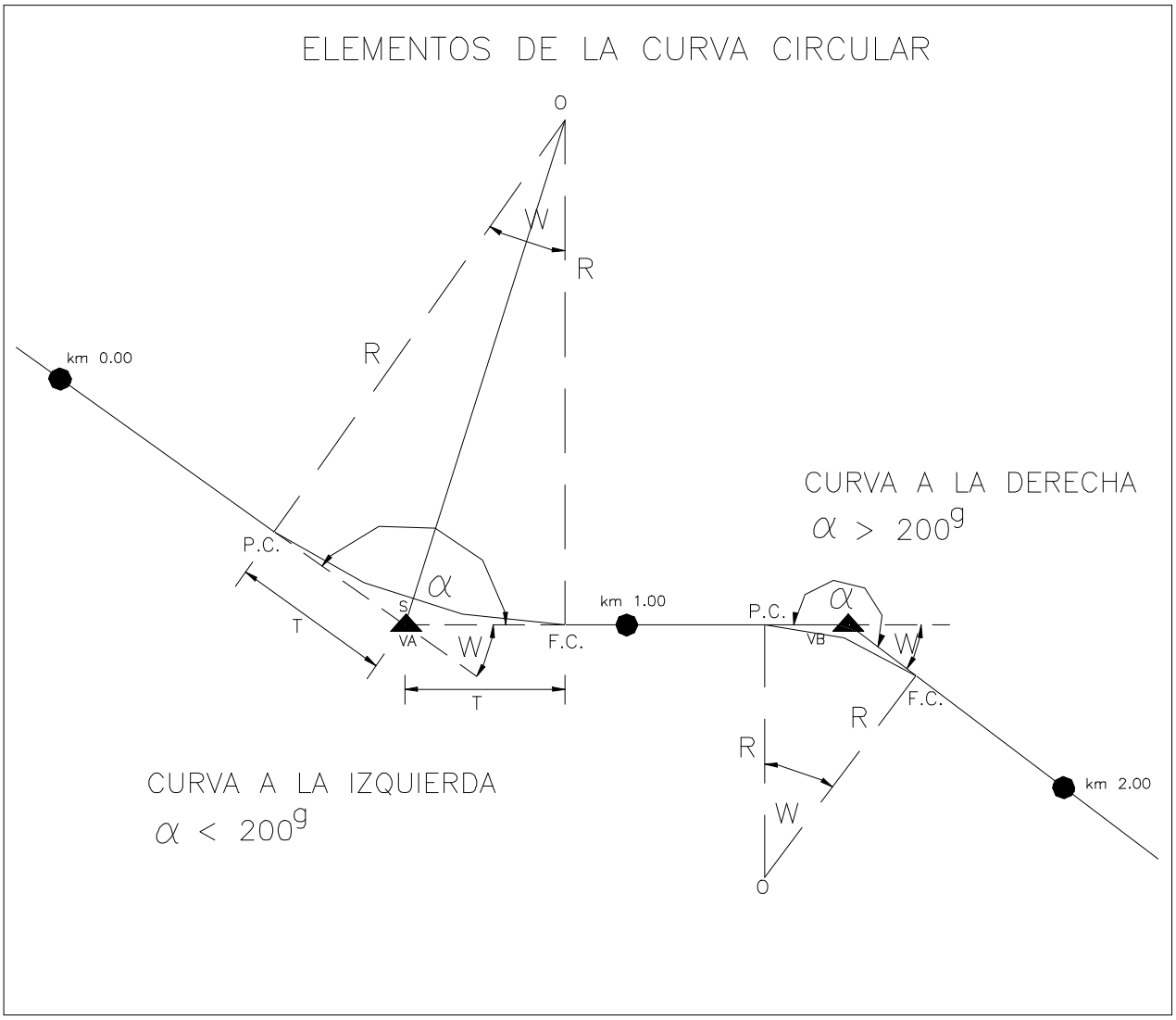
  $\omega < 6^g \Rightarrow$ Deflexión (en grados centesimales)
  $\omega \geq 6^g \Rightarrow$ Proyectar Curva

- Las curvas proyectadas deben cumplir con un radio mínimo en función de la velocidad de diseño, de acuerdo a tablas 3.501.202 (4) A y B del REDEVU, si no cumplen es necesario aumentar el radio o proyectar peralte.

- El peralte máximo tolerable de acuerdo al tipo de vía, se indica en tabla 3.501.202 (2) B del REDEVU.

- Verificar en el cálculo de peraltes que las pendientes relativas de borde cumplan con la tabla 3.501.205 (1) A y que el peralte final a desarrollar en recta debe cumplir con tabla 3.501.205 (3) A del REDEVU.

- Verificar los elementos geométricos de las curvas circulares.



Elementos Geométricos

$\omega = |\propto - 200|$ grados

$T = R * \text{tg } \omega/2$

$$S = R*(SEC\frac{\omega}{2} - 1)$$

$$D = \frac{\Pi * R * \omega}{200} = \frac{R * \omega}{63.662}$$

en que:

ω = Angulo de deflexión del alineamiento en centesimales.

T = Tangente

SEC = Secante

R = Radio

D = Desarrollo

Π = Constante pi

- Las Clotoides deben cumplir con planteamientos indicados en párrafo 3.501.203 del REDEVU.

- Verificar radios mínimos de giro para operación vehicular según letras 3.202.402 A y B y tópico 3.401.4 del REDEVU.

- Verificar radios límites en contraperalte según letra 3.501.202 (4) A del REDEVU.

- Verificar desarrollo mínimo de curvas circulares según letra 3.501.202 (6) A del REDEVU.

- Verificar visibilidad en curvas circulares según tabla 3.202.503 (2) A del REDEVU.

1.2 PISTAS Y CALZADAS

- Verificar que los anchos de pistas cumplan con tabla 3.502.202 (4) A del REDEVU y las calzadas con el Artículo 2.3.2 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

- El bombeo de las calzadas debe verificarse de acuerdo a párrafo 3.502.205 del REDEVU.

- Verificar sobreanchos en curvas según letra 3.502.204 (6) A del REDEVU.

1.3 ESTACIONAMIENTOS

Los anchos mínimos de los estacionamientos deben cumplir con tabla 3.502.203 (1) A del REDEVU, previa verificación si el tipo de vía permite el uso de estacionamientos según Art. 2.3.2 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

1.4 MODIFICACION ANCHOS DE CALZADAS

Existen 5 situaciones:

- Variación del número de pistas

- Aparición o desaparición de bandas de estacionamientos o ciclobandas.

- Variación de ancho de las pistas en rectas

- Generación de zonas de paradas de buses

- Requerimientos especiales en curvas (sobreanchos)

Para los tres primeros casos, verificar que se realicen de acuerdo a tablas 3.502.204 (1) A y B del REDEVU.

Para la generación de zonas de paradas de buses, se debe tener un ancho mínimo de 2.5 a 3.0 m y se generan de acuerdo a tablas 3.502.204 (1) A y B del REDEVU. Estas paradas de buses deben quedar a menos de 45 m de las intersecciones. En caso de paraderos sin ensanches deben quedar mínimo a 20 m de la intersección.

Transversalmente no deben superar una inclinación del 2% (hacia la calzada).

Los sobreanchos en curvas, se deben verificar de acuerdo a tabla 3.502.204 (6) A del REDEVU.

1.5 BANDEJONES

- Verificar los anchos mínimos de acuerdo a tabla 3.502.402 A del REDEVU

- El ancho mínimo es de 2.0 m en recta (sin interrupciones) y de 5 m en caso de apertura para cruces o giros a la izquierda, según letra 3.502.402 A del REDEVU.

- La generación de bandejones centrales deben cumplir con lo indicado en lámina 3.602.109 A y tablas 3.602.109 A y B del REDEVU.

- Trazados Mínimos para giros a la Izquierda.
  Verificar que cumplan con tabla 3.602.110 (4) A del REDEVU.

1.6 INTERSECCIONES

- Verificar Planteamientos definidos en tópico 3.602.1 del REDEVU

- Verificar que los radios mínimos en Intersecciones sin canalizar para $V \leq 20$ km/hr, cumplan con tabla 3.602.102 (2) A del REDEVU.

- Verificar que los radios mínimos en intersecciones canalizadas $V \geq 20$ km/hr, deben cumplir con tabla 3.602.102 (3) A del REDEVU.

- Verificar los anchos del pavimento en ramales de acuerdo a tabla 3.602.104 A del REDEVU.

1.7 PISTAS DE CAMBIO DE VELOCIDAD

Verificar si corresponden a las indicadas en lámina 3.602.106 (1) A del REDEVU.

1.7.1 Pistas de Aceleración

- Las longitudes de pistas de aceleración entre Ramal y Vía debe cumplir con tabla 3.602.106 (2) A del REDEVU.

- El largo de la cuña (L_c) debe cumplir con lámina 3.602.106 (2) A del REDEVU, para Velocidad de Diseño entre 70 y 100 km/hr. Para Velocidades menores utilizar tabla 3.602.106 (3) B del REDEVU.

1.7.2 Pistas de Deceleración

- Pistas de Deceleración
  Deben cumplir con láminas 3.602.106 (3) A,B,C y D del REDEVU.

- Pistas de Deceleración y espera central
  Deben cumplir con lámina 3.602.106 (4) A y tabla 3.602.106 (4) A del REDEVU.

- Puntas de Empalmes de Entrada y Salida
  Deben cumplir con lo indicado en láminas 3.602.108 (2) A, 3.602.108 (3) A y tabla 3.602.108 (3) A del REDEVU.

1.8 ACCESOS

Los accesos deberán cumplir con el Artículo Nº 2.4.4 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones y con láminas 3.404 A y B del REDEVU en los casos que corresponda.

Accesos Tipo Estaciones de Servicios

Verificar que se diseñen de acuerdo al flujo vehicular de las vías adyacentes y que cumplan con lo indicado en sección 3.404 del REDEVU.

1.9 ISLAS DE REFUGIO

- Su objetivo es servir de refugio peatonal en el cruce de la calzada

- Son elevadas con respecto al nivel de la calzada.

- Puede tener formas variadas dependiendo del diseño general.

- Deben cumplir con ciertas condiciones de superficie y longitud de acuerdo a su forma.

- El ancho mínimo deberá ser 2 metros.

- Debe adecuarse al volumen máximo de peatones que deben albergar

- Para calzadas con bandejón, éste puede operar como isla de refugio en los cruces permitidos, especialmente en las esquinas.

- Los vértices que se forman en las islas deben ser redondeadas, tratados mediante un trazado específicos de los bordes de la isla y estudiar su retranqueo, de acuerdo a lámina Nº 3.301.6 A y tabla 3.301 6 A del REDEVU. Se debe incluir además la demarcación correspondiente.

- Las Islas tipo bandejón que se proyectan en las intersecciones se inician o finalizan con una demarcación de acuerdo a la tabla 3.602.109 (A) del REDEVU.

1.10 CLOTOIDES

La clotoide permite el paso desde una alineación recta a una con curvatura , o desde una curva a otra con distinto radio de curvatura y está definida como una espiral que tiene la característica de variar su curvatura desde radio infinito en su origen (desarrollo L=0), hasta R=0 cuando L es igual a infinito.

La ecuación paramétrica de la clotoide es :

$$\mathbf{R \times L = A^2}$$

Donde:

A: es un valor constante para cada clotoide (m)
L: es el desarrollo desde el origen al punto de radio R.
R: es es el radio de curvatura en un punto

Ventajas del Uso de la Clotoide

Provee una alineación fácil de seguir, minimizando las invasiones a las pistas adyacentes o a las aproximaciones excesivas a la demarcación que las separa y promueve la uniformidad de velocidades, por lo tanto se obtiene:

- mayor seguridad
- comodidad
- eficacia operativa.

Elección de la Clotoide

El parámetro **A** debe ser elegido de tal manera que la clotoide permita distribuir la aceleración transversal no compensada por el peralte a una tasa uniforme J a lo largo de su desarrollo L. Los valores máximos aceptables de J en trazados urbanos, donde el conductor está predispuesto a maniobras más acentuadas que en carreteras son los que se indican en la tabla 3.501.203(3)A del REDEVU.

El valor mínimo del parámetro A, que cumple con la condición de distribuir dicha aceleración transversal en forma uniforme, será aquel que resulte de aplicar valores máximos de J en la expresión siguiente:

$$A\min = \frac{V * R}{46.656 * J} * (\frac{V^2}{R} - 1.27 * p)^{0.5}$$

en que:

V en km/hr
R en m
J en m/s^3
p es el peralte de la curva enlazada en %

Verificación por Transición de Peraltes

La longitud $L=A^2/R$ de la clotoide debe permitir el desarrollo del peralte con una pendiente relativa de borde que no exceda ciertos límites. La expresión a aplicar es:

$A \geq (n*a*p*R/\Delta)^{1/2}$

Donde :

n: es el número de pistas entre el eje y borde de calzada
a: es el ancho (m) normal (sin ensanches) de una pista
p: es el peralte de la curva enlazada en % (si el bombeo coincide con el peralte se usa p-b) Δ: es la pendiente relativa de borde.

Condición Visual y Estética

Cuando sea posible el valor de A debe ser mayor o igual que un tercio del radio de curvatura ($A \geq R/3$). Esto asegura un valor de τ mayor o igual a 3.5^g. esta condición en trazados urbanos es difícil de conseguir por lo tanto el mínimo deseable será aquel que produzca un desarrollo de la clotoide que requiera de un tiempo mínimo para recorrerla en 1.5 seg. es decir:

Amín = 0.645 V*R Con V en Km/hr y R en metros.

Configuraciones

Existen varias combinaciones de rectas y arcos de círculo con clotoides, pero la más usada es la **Clotoide Simétrica (ARA)** la cual incorpora una clotoide de enlace de igual parámetro al principio y final de la curva circular.

La introducción de un arco de enlace implica un desplazamiento del centro de la curva circular, el cual depende del retranqueo AR y del ángulo de deflexión ωde las alineaciones. El radio de la curva circular permanece constante y el desarrollo de ésta es parcialmente reemplazado por secciones de las clotoides de enlace.

2. ALINEAMIENTO VERTICAL

2.1 GENERALIDADES

- Verificar pendientes máximas de acuerdo a Velocidad de Diseño (tabla 3.501.302 (1) A del REDEVU).

- Verificar los parámetros mínimos de las curvas verticales de acuerdo a tabla 3.501.303 (2) A del REDEVU.

- Verificar el ángulo de deflexión entre dos tramos rectos que se cortan

  $i1$ e $i2 \Rightarrow \theta = |i1 - i2|$ en tanto por uno.

  Cuando $\theta = \geq 0.005$ (0.5%) se deberá proyectar una curva vertical.

  $\theta = |i1 - i2|$ i_1 e i_2 con su signo y expresando en tanto por uno.

  $2T = K * \theta$

  $$f = \frac{T^2}{2K} = \frac{T}{4} * \theta$$

- Verificar las longitudes mínimas de curvas verticales, deben cumplir $2T \geq 2/3\ V$ (km/hr)

- Verificar los parámetros K (curvas convexas y curvas cóncavas) de acuerdo a tabla 3.501.303 (2) A del REDEVU.

2.2 TRANSICIÓN DE PERALTES

2.2.1 Introducción

El cambio de sentido de curvatura o su variación de magnitud puede suponer un cambio en el valor de la inclinación transversal de la calzada o de alguna de sus pistas.

El cambio de inclinación transversal a lo largo de un tramo, llamado transición de peralte, supone un giro de parte de la totalidad de la calzada en torno a un eje, llamado “eje de giro del peralte”, comúnmente asociado al eje en planta, aunque excepcionalmente puede coincidir con un borde de la calzada.

Para la materialización en terreno del peralte prescrito será necesario entregar, además de las cotas del eje de replanteo, las de los bordes de las calzadas

involucradas. Una de las maneras de hacer esto es mediante un diagrama de peraltes, en el cual aparece horizontal el eje de giro, midiéndose con respecto a él las diferencias de cotas que presentan ambos bordes de la calzada, si dicho eje de giro coincide con el eje en planta. O sea, en cualquier punto del trazado se pueden obtener las cotas de los bordes de la calzada: restando o sumando, de la cota en el eje (perfil longitudinal), las dimensiones correspondientes del diagrama de peraltes. En el caso especial de girar con respecto a un borde, será este el que mantenga la cota del eje en alzado en cada perfil y será preciso modificar dicho eje en elevación, restándole o sumándole las distancias correspondientes del diagrama.

2.2.2 Pendiente Relativa de Borde

Para producir un diagrama de peraltes hay que tener en cuenta que los bordes, al subir y bajar con respecto al eje de giro, lo hacen con una pendiente relativa a dicho eje, que en diagrama de peraltes aparece como el ángulo que forman las líneas de borde con la horizontal, de acuerdo a una aproximación aceptable.

Esta pendiente, representada con la letra “j” y llamada “Pendiente Relativa de Borde”, no puede ser muy grande para evitar que se produzca un efecto dinámico desagradable (momento de vuelco) y/o un efecto antiestético, como resultado de acentuadas subidas y bajadas de los bordes de la calle.

Los máximos recomendables y absolutos para las pendientes relativas de borde se indican en la tabla 3.501.205(1)A del REDEVU.

2.2.3 Longitudes para transición de peraltes

Las longitudes para la transición de peraltes se bosqueja en la lámina 3.501.205(2) del REDEVU.

2.2.4 Proporción de peralte a Desarrollar en recta

La proporción del peralte que se debe desarrollar en la recta se indica en la tabla 3.501.205(3) A, del REDEVU.

Los valores mínimos pueden usarse cuando el tramo recto entre dos curvas de distinto sentido es breve. En este caso, puede ocurrir que no exista un tramo con bombeo, sino un punto con pendiente transversal nula, producto del paso de uno a otro peralte en forma continua.

Los valores máximos pueden utilizarse cuando una curva circular tiene un desarrollo breve, ya que el peralte que le corresponde a dicha curva debe mantenerse al menos en una longitud igual a V/4(m).

2.2.5 Transiciones con Clotoides

Cuando existen arcos de enlace, al cual se le exige una longitud compatible con la transición de peralte, el desarrollo del mismo se puede hacer linealmente a lo largo de las clotoides, teniendo en cuenta dos aspectos importantes:

Primero, que cuando la calzada presenta bombeo a dos aguas (bombeo doble) o bombeo único opuesto al peralte de la curva siguiente, se debe transitar la inclinación transversal de la calzada o de las pistas en cuestión desde –b (bombeo) a 0% dentro de la alineación recta, para así tener la pendiente transversal nula al comienzo de la clotoide (si el bombeo es doble, sólo la mitad de la calzada estará en esa situación y la otra mantendrá la inclinación transversal b). Esto se muestra en las láminas 3.501.205(4)A y B de REDEVU.

Segundo, puede suceder que la longitud de la curva de enlace sea muy superior a la necesaria para desarrollar el peralte entre 0% y p% . En estos casos la pendiente relativa de borde "j" de el(os) borde(s) peraltado(s) puede resultar pequeña y por lo tanto la zona con pendiente transversal cercana al 0% puede ser demasiado extensa desde el punto de vista del drenaje, lo cual se torna grave si la pendiente longitudinal es escasa.

En tal caso se tomará la precaución de efectuar la transición, entre el valor –b% hasta el 0% (en la recta) y entre el 0% y -b% (en la clotoide) con el valor de j que le corresponde a la velocidad de diseño, y el resto de la transición, desde +b% a p% se ejecutará linealmente en lo que resta de la clotoide. Este caso se muestra en las láminas 3.501.205(4) C y D del REDEVU, donde se muestran las soluciones con eje de giro coincidente con el eje en planta y con el borde derecho, respectivamente.

3. EJEMPLOS

3.1 ALINEAMIENTO HORIZONTAL

El siguiente ejemplo de verificación de alineamiento horizontal corresponde al Proyecto de Pavimentación Loteo Santa Juana de la comuna de Lo Barnechea, Archivo Nº 9977 – LBN.

- Calle Camino Las Hualtatas
- Vértices V11 y V17

Vértices Nº	**PARAMETROS DE DISEÑO**				
	ω (g)	**R (m)**	**T (m)**	**D (m)**	**S (m)**
11	12.585	399.85	39.65	79.01	1.96
17	27.841	404.59	89.90	176.93	9.87

Se verificará el alineamiento horizontal de acuerdo al punto 1.1 detallado anteriormente:

- Velocidad de Diseño

De acuerdo al pto. 7.1 de la Ordenanza del P.R.M.S. y al Art. 2.3.2. de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

Tipo de calle Colectora
Velocidad de diseño V = 50 km/hora

- El ángulo ω en los vértices V11 y V17 es mayor a 6^g, por lo tanto se debe proyectar curva (pto. 1.2.)

- Desarrollo mínimo de curvas circulares de acuerdo a Tabla 3.501.202 (6) A REDEVU para V = 50 km/hora $\Rightarrow$ D min = 40 m (pto. 1.4.)

V11 : D11 = 79.01 m > D min = 40 m (cumple)
V17 : D17 = 176.93 m > D min = 40 m (cumple)

- Radios límites en contraperalte según Tablas 3.501.202 (4) A y B del REDEVU.

Para V = 50 km/hora R min = 220 m

V11 : R11 = 399.85 m > R = 220 m
V17 : R17 = 404.59 m > R = 220 m

En ambos casos se cumple con el radio límite, por lo tanto no es necesario proyectar peralte.

- Elementos geométricos

$\omega = (\propto - 200)$
$T = R * tg\ \omega/2$
$S = R (SEC\ \omega/2 - 1) = R^2 + T^2 - T$
$D = \frac{R \bullet \omega}{63.662}$

Ambas curvas cumplen.

3.2 ALINEAMIENTO VERTICAL

El ejemplo corresponde a una calle local, se verificará el alineamiento vertical de acuerdo al punto 2 del presente documento.

- Pendientes máximas según velocidad de diseño: tabla 3.501.302 (1) A (pto. 9.1.)

Para Velocidad de diseño : 30 km/hora
Pendiente máxima : 12 %

En nuestro ejemplo la pendiente máxima es i = 0.0528 < 0.012 (cumple)

- Angulo de deflexión

$\theta = |i_1 - i_2|$ en donde $i_1 = + 0.0177$
$i_2 = - 0.0528$

$\theta = 0.0705 > 0.005$; por lo tanto corresponde proyectar curva vertical.

- Los longitudes mínimas de curvas verticales, deben cumplir $2T \geq 2/3\ V$ (km/hora).

Para V = 30 km/hora ,T mínimo = 10 m, siendo en este caso T = 15 m (cumple).

- Parámetro mínimo K según Tabla 3.501.302 (2) A del REDEVU para V = 30 km/hora k = 150.

$K = \frac{2\ T}{\theta}$ en donde $2\ T = 30$ m
$\theta = 0.0705$

K = 425 > K min = 150 (cumple)

- Determinación de la cota de rasante en la curva

CR curva = CR recta $\pm f$
$f = \frac{X^2}{2K}$

En el medio de la curva $f = \frac{T\theta}{4} = 0.26$ m

CR curva =113.28 – 0.26 = 113.02 m

A una distancia de 5 m del P.C.V. CR curva = 113.01 + 0.0177 x 5 – 0.03 = 113.07

$f = \frac{X^2}{2K} = \frac{5^2}{2 \times 425} = 0.03$ m

3.3 TRANSICIÓN CON PERALTE

En lámina adjunta se bosqueja un tramo de calzada en el cual se ejecuta una transición de peraltes.

Esta calzada tiene dos pistas y su eje de replanteo coincide con el eje de giro de peraltes (Figura I).

TRANSICION DE PERALTE

FIGURA I

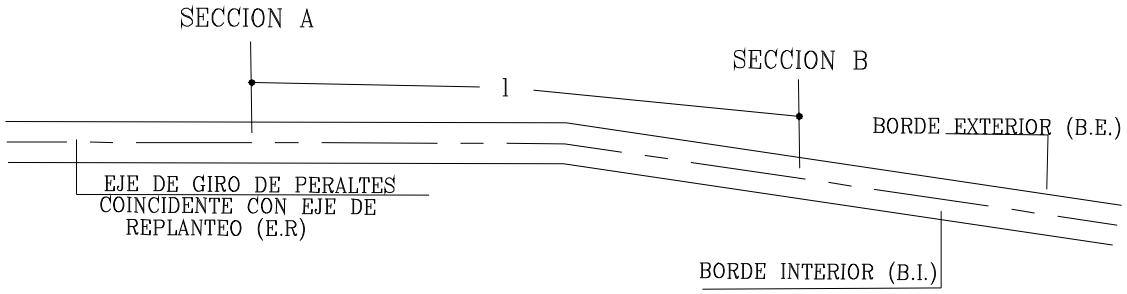


FIGURA II

SECCION A

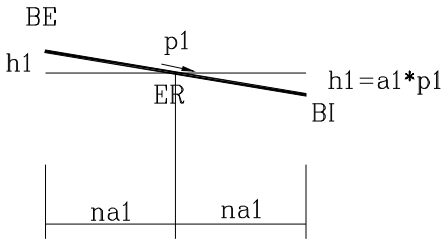
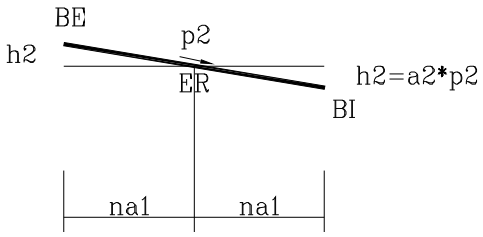


FIGURA III

SECCION B



a1=a2 =a ------> h1=nap1 h2=nap2

(n=N° de pistas entre le Eje de Giro y el borde más alejado de la calzada)

$\triangle h = h2 - h1$ na(p2-p1)=na$\triangle$p -----> $j = \triangle h/l = na\ \triangle p/l$

$$l=(na\ \triangle p)/j$$

FIGURA IV

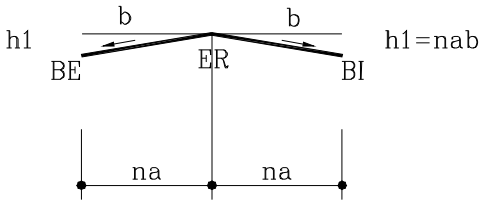
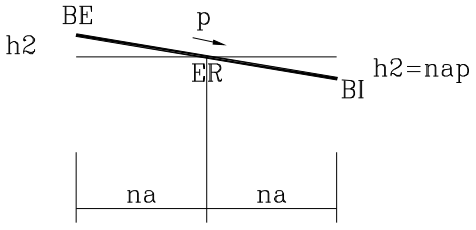


FIGURA V



BE= $\triangle h$ = h1+h2 = nab+nap -------> $j = \triangle h/l$ =na(p+b)/l

$$l=(na\ (p+b))/j$$

BI= $\triangle h$ = h2-h1 La transición se ejecuta a partir del momento en que borde exterior y el interior quedan alineados con E.R. , y se utiliza el mismo valor de j que para el borde exterior .

La transición del ejemplo consiste en el paso desde un peralte p1 a otro p2, a lo largo de una longitud “l”. En las figuras II y III se muestran las secciones transversales de la calzada en el último punto con peralte p1 y el primero con peralte p2.

En los puntos A y B se tienen anchos de pistas a1 y a2, respectivamente. Esto determina, en conjunción con dichos peraltes, variaciones de los bordes de calzada h1 y h2 con respecto al eje de replanteo. Los bordes exteriores, en este caso se elevan sobre este eje, y los interiores se encuentran bajo él. Las expresiones para h1 y h2 aparecen en las figuras.

Para la construcción del diagrama de peraltes, como se verá más adelante se considera sólo el ancho básico de las pistas, despreciándose los sobreanchos por curvatura.

Puede ocurrir que entre el eje de giro y el borde más alejado de la calzada exista más de una pista, “n” representa dicho número de pistas, que puede ser fraccionario si el total de pistas es impar y el eje de giro coincide con el de simetría. Es el caso general, entonces h1=nap1 y h2=nap2. Estas expresiones aparecen bajo las figuras II y III y de ellas se deriva el concepto de “pendiente relativa de borde”. En el caso del ejemplo, los bordes exteriores e interiores han variado su cota entre los puntos A y B en un valor a+ Ah y –Ah, respectivamente. Como esta variación se ha producido a lo largo de la longitud “l”, la pendiente relativa de borde será h/l=(h2-h1)/l.

Las figuras IV y V muestran dos secciones distintas, también separadas en una longitud “l”, pero considerando el paso desde una situación con bombeo doble a un peralte “p”. Aparecen bajo ellas las correspondientes expresiones.