

2008-10-29

**PREFABRICADOS DE CONCRETO.
BORDILLOS, CUNETAS Y TOPELLANTAS DE
CONCRETO**



E: CONCRETE PRECAST. CURBS, GUTTER AND WHEEL-
STOPS.

CORRESPONDENCIA:

DESCRIPTORES: prefabricado en concreto; bordillo;
cunetas; concreto.

I.C.S.: 91.100.30

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. (571) 6078888 - Fax (571) 2221435

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 4109 (Primera actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo de 2008-10-29.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico. CTN 101 Prefabricados en concreto a cargo de la STN: Instituto Colombiano de Productores de Cemento

INSTITUTO COLOMBIANO DE
PRODUCTORES DE CEMENTO -ICPC-
PRETECOR LTDA.
MANUFACTURAS DE CEMENTO S.A. -TITÁN
INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO -IDU-
CONCRETARTE E.U.
FEDERACIÓN NACIONAL DE VIVIENDA
POPULAR -FENAVIP-
INDURAL S.A.
CONCRECAUCA S.A.
AGRECON S.A.
CEMEX COLOMBIA S.A.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ - TALLER
DEL ESPACIO PÚBLICO
ALFAGRES S.A.
SEGMENTA CONSULTORÍA.
ARGOS S.A.
COLBLOQUES S.A.
ROCA LTDA
INDUSTRIAS DIQUE LTDA.
ADOQUINAR S.A.
POSTEQUIPOS LTDA.
CONCRETUDO S.A.

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

CONSTRUCTORA BOLIVAR
CÁMARA COLOMBIANA DE LA
CONSTRUCCIÓN - CAMACOL
CIMBRADOS S.A.
DICENTE LTDA.
EMPRESA COLOMBIANA DE MINERALES
ECOMIN LTDA.
GRUPO CONSULTOR Y CONSTRUCTOR
LTDA.
I.B.S.P. LTDA.

INSTITUTO DE CAPACITACIÓN E
INVESTIGACIÓN DEL PLÁSTICO Y EL
CAUCHO - ICIPC
INSTITUTO TECNOLÓGICO
METROPOLITANO
MINISTERIO DE COMERCIO
PRECONCRETO LTDA.
PRECONCRETOS S.A.
PREFABRICADOS DEL SOL LTDA

ICONTEC cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales y otros documentos relacionados.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

CONTENIDO

	Página
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. DEFINICIONES	2
4. CLASIFICACIÓN.....	7
4.1 TIPOS DE UNIDADES SEGÚN SU FORMA EN PLANTA.....	7
4.2 TIPOS DE UNIDADES SEGÚN SU CONSTITUCIÓN	14
4.3 TIPOS DE UNIDADES SEGÚN SU MASA	14
4.4 TIPOS DE JUNTAS EN UNIDADES PARA BORDILLOS O CUNETAS	14
5. REQUISITOS ESPECÍFICOS.....	16
5.1 MATERIALES.....	16
5.2 REQUISITOS FÍSICOS	17
6. RECEPCIÓN, MUESTREO Y ACEPTACIÓN	24
6.1 UNIDADES PREFABRICADAS	24
6.2 CONCRETO COLOCADO EN EL SITIO	25
7. MÉTODO DE ENSAYO A FLEXIÓN DE LAS UNIDADES PREFABRICADAS, PARA DETERMINAR SU MÓDULO DE ROTURA	25
7.1 APARATO DE ENSAYO	25
7.2 PREPARACIÓN DEL ESPÉCIMEN	28
7.3 APLICACIÓN DE CARGA Y CÁLCULO DE RESULTADOS.....	28
8. ROTULADO.....	29

	Página
ANEXO A (Normativo)	
SISTEMAS DE FUNDACIÓN Y SOPORTE.....	30
ANEXO B (Informativo)	
CÁLCULO DEL MÓDULO ROTURA DE ELEMENTOS PREFABRICADOS.....	42
ANEXO C (Informativo)	
BIBLIOGRAFÍA.....	44
 FIGURAS	
Figura 1. Elementos geométricos de una unidad de bordillo	3
Figura 2. Elementos geométricos de un bordillo	4
Figura 3. Sistema de unidades curvas	9
Figura 4. Unidades esquineras.....	10
Figura 5. Tipos de transiciones.....	12
Figura 6. Juntas entre unidades para bordillos (vista en planta)	15
Figura 7. Tipos de perfiles para bordillos	19
Figura 8. Tipos de aristas para perfiles prismáticos.....	20
Figura 9. Tipos de perfiles para cuentas	21
Figura 10. Dispositivo de ensayo para determinar la resistencia a la flexión de unidades (bordillos y cunetas) prefabricadas	27
 TABLAS	
Tabla 1. Dimensiones de los perfiles para cunetas.....	22
Tabla 2. Altura de servicio(as) para bordillos y aceras en función del perfil y el tránsito.....	22
Tabla 3. Espesor estándar (ee) de los bordillos según el tipo de tránsito, del perfil y del proceso de elaboración	23
Tabla 4. Módulo de rotura mínimo en MPa para bordillos y cunetas, según el método de elaboración	24

**PREFABRICADOS DE CONCRETO.
BORDILLOS, CUNETAS Y TOPELLANTAS¹ DE CONCRETO**

1. OBJETO

Esta norma establece la clasificación, características físicas y mecánicas, designación y métodos de ensayo para bordillos, cunetas y topellantas¹ de concreto, prefabricados o construidos en el sitio, para uso en redes viales urbanas, carreteras nacionales o en zonas para uso peatonal.

1.2 Los valores de esta norma están expresados en unidades del Sistema Internacional de Unidades, según la NTC 1000, los valores indicados entre paréntesis tienen carácter informativo.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos normativos referenciados son indispensables para la aplicación de este documento normativo. Para referencias fechadas, se aplica únicamente la edición citada. Para referencias no fechadas, se aplica la última edición del documento normativo referenciado, incluida cualquier corrección.

NTC 121, Ingeniería civil y arquitectura. Cemento Pórtland. Especificaciones físicas y mecánicas, (ASTM C150).

NTC 174, Concretos. Especificación de los agregados para concreto, (ASTM C33).

NTC 321, Ingeniería civil y arquitectura. Cemento Pórtland. Especificaciones químicas, (ASTM C150).

NTC 550, Concretos. Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra, (ASTM C31).

NTC 1000, Metrología. Sistema Internacional de Unidades (ISO 1000)

NTC 1299, Concretos. Aditivos químicos para concreto, (ASTM C494).

NTC 1362, Cemento Pórtland Blanco.

NTC 1977, Compuestos líquidos formadores de membrana de curado para el concreto, (ASTM C309).

¹ *Topellanta* no es una palabra incluida en el diccionario de la real academia de la lengua española, sin embargo debido a su uso generalizado en Colombia se utiliza en esta norma para representar un tope. (Véase numeral 3.19)

NTC 2871, Método de ensayo para determinar la resistencia del concreto a la flexión. Utilizando una viga simple con carga en los tercios medios, (ASTM C78).

NTC 3459, Concretos. Agua para la elaboración de concreto, (BS 3148).

NTC 3493, Ingeniería civil y arquitectura. Cenizas volantes y puzolanas naturales, calcinadas o crudas, utilizadas como aditivos minerales en el concreto de cemento Pórtland, (ASTM C618)

NTC 3502, Ingeniería civil y arquitectura. Aditivos incorporadores de aire para concreto, (ASTM C260).

NTC 3760, Ingeniería civil y arquitectura. Concreto coloreado integralmente. Especificaciones para pigmentos, (ASTM C979).

NTC 4018, Ingeniería civil y arquitectura. Escoria de alto horno granulada y molida para uso en concretos y morteros, (ASTM C989).

NTC 4045, Ingeniería civil y arquitectura. Agregados livianos para concreto estructural, (ASTM C330)

ASTM C595, *Specification for Blended Hydraulic Cements.*

ASTM C1157, *Standard Performance Specification for Hydraulic Cement.*

3. DEFINICIONES

3.1 Aligeramiento. Cada una de las perforaciones longitudinales y cilíndricas, generadas dentro de las unidades prefabricadas para bordillos, cunetas o topellantas, para reducir el peso de las mismas, facilitar su manejo y optimizar el uso del material, sin sacrificar su comportamiento estructural, véase la Figura 1.

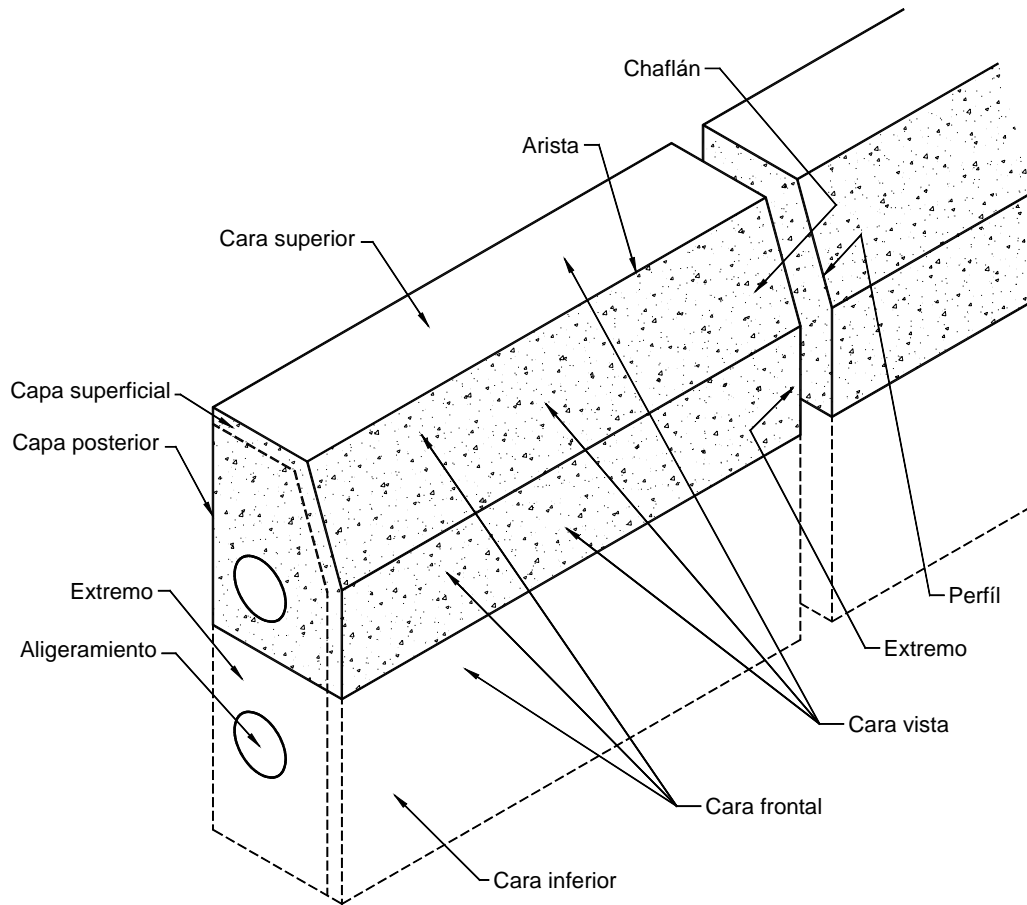


Figura 1. Elementos geométricos de una unidad de bordillo

NOTA Otros elementos geométricos se pueden ver en la Figura 2.

3.2 Altura (a). Es la dimensión vertical de un tramo elaborado en el sitio o de una unidad cuando está colocada en posición normal.

3.2.1 Altura estándar (ae). Es la altura de la masa continua de concreto de una unidad prefabricada, según lo especifica el productor en su catálogo o la de un bordillo elaborado en el sitio, según lo especifica el diseñador y contra la cual se verifica la altura real. Corresponde a la suma de la altura de servicio y de la profundidad de anclaje, es decir, lo que sobresale y lo que está enterrado con relación al nivel de referencia, véase la Figura 2.

$$ae = as + pa \quad (1)$$

en donde

- ae = altura estándar, (mm).
- as = altura de servicio, (mm).
- pa = profundidad de anclaje, (mm)

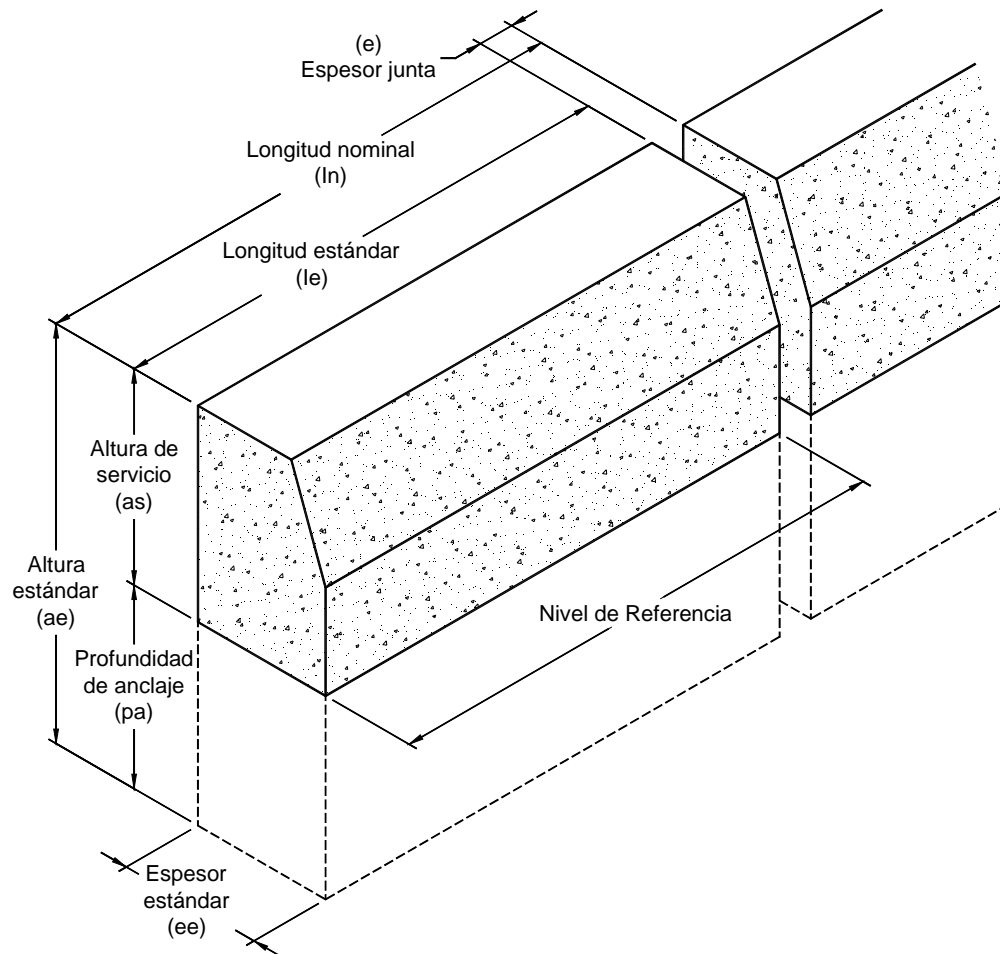


Figura 2. Elementos geométricos de un bordillo

NOTA Otros elementos geométricos se pueden ver en la Figura 1.

3.2.2 Altura real (ar). Es la altura de la masa continua de concreto, medida sobre un espécimen en el laboratorio o bien sobre un bordillo en el sitio y con la cual se verifica el cumplimiento de la altura estándar.

3.2.3 Altura de servicio (as). Es la altura de la porción de un bordillo que sobresale del nivel de referencia, véase la Figura 2. La altura de servicio de un bordillo corresponde a la altura de la acera, cuando éste se utiliza para delimitarla; está determinada, para cada perfil, por la frecuencia del tráfico vehicular que vaya a estar en contacto con el bordillo, véase la Tabla 2. Para el perfil rectangular no se establece restricción de su altura de servicio, pues no está relacionado con el tráfico vehicular.

3.3 Arista. Línea que marca la unión entre dos planos o caras de un bordillo o cuneta, véase la Figura 1.

3.4 Bisel. Reemplazo de una arista entre dos planos, por un plano angosto.

3.5 Bordillo (sardinell, cordón o encintado). Estructura de concreto que, a modo de muro, se utiliza para separar superficies a nivel o a desnivel, con el fin de delimitar visualmente o confinar un área determinada o separar superficies con diferentes tipos de tráfico, Véanse las Figuras 1 y 2. Estas labores las puede desempeñar el bordillo por si mismo o en combinación

con otras estructuras como cunetas o andenes. Tradicionalmente el bordillo ha sido la faja que forma el borde de una acera.

3.6 Bordillo cuneta. Estructura conformada al adosar la de un bordillo y de una cuneta monolíticamente o como estructuras independientes, en cualquiera de las combinaciones posibles según sus formas y funciones.

3.7 Capa superficial. Capa de concreto con características diferentes a las de la masa de concreto predominante de una unidad prefabricada, véase la Figura 1.

3.8 Cara <prefabricados de concreto>. Cada una de las superficies o planos que delimitan el volumen, de una unidad prefabricada o de un tramo elaborado en el sitio, de un bordillo o de una cuneta.

3.8.1 Cara frontal. Superficie conformada por un plano vertical o por uno vertical y otro inclinado, que va a estar en contacto con el tráfico y la intemperie, en unidades prefabricadas o en tramos elaborados en el sitio. En las cunetas es la cara que va a estar en contacto con la estructura del pavimento.

3.8.2 Cara inferior. Superficie horizontal inferior de fundación o de apoyo; de las unidades prefabricadas en tramos elaborados en el sitio y que sirve de apoyo a estas unidades.

3.8.3 Cara superior. Superficie horizontal superior, que va a estar en contacto con el tráfico y la intemperie en unidades prefabricadas o en tramos elaborados en el sitio y que en las cunetas conforma la sección húmeda de las mismas.

3.8.4 Cara trasera. Superficie vertical posterior opuesta a la cara frontal en unidades prefabricadas o en tramos elaborados en el sitio, que va a estar en contacto con el contrafuerte o con cualquier otra estructura de respaldo en los bordillos. En las cunetas es la cara que va a estar en contacto con el bordillo o con las estructuras de respaldo.

3.8.5 Cara vista. Cada una de las caras, de un bordillo, cuneta o topellanta, que están expuestas al tráfico. En un bordillo y en un topellanta en lo general son la cara superior y la frontal. En una cuneta es la cara superior.

3.9 Cuneta (cañuela). Estructura de concreto con forma de canal que se utiliza para interceptar y conducir las escorrentías que se presenten sobre superficies adyacentes, por lo general, de pavimentos.

3.10 Chaflán. Inclinación de la cara frontal de un bordillo, véase la Figura 1.

3.11 Espesor (e). Es, por lo general, la dimensión total horizontal en sentido transversal a la longitud de una unidad prefabricada para bordillo, cuando está colocada en su posición normal. En general, es la dimensión horizontal perpendicular al alineamiento del bordillo, bien sea elaborado con concreto colocado en el sitio o con unidades prefabricadas.

3.11.1 Espesor estándar (ee). Es el espesor de una unidad prefabricada, según la especifica el productor en su catálogo o el de un bordillo elaborado en el sitio, según lo especifica el diseñador; y contra el cual se verifica el espesor real, véase la Figura 2.

3.11.2 Espesor real (er). Es el espesor medido sobre un espécimen o sobre un bordillo elaborado en el sitio y con el cual se verifica el cumplimiento del espesor estándar.

3.12 Extremo. Cara de una unidad prefabricada que conforma una junta con la cara adyacente de otra unidad.

3.12.1 Extremo hembra <prefabricados de concreto>. Extremo de una unidad en el cual se ha generado un perfil acanalado, a lo largo de su altura.

3.12.2 Extremo macho <prefabricados de concreto>. Extremo de una unidad en el cual se ha generado un perfil sobresaliente a lo largo de su altura.

3.12.3 Extremo plano. Extremo de una unidad, plano sin perfiles acanalados ni sobresalientes.

3.13 Junta. Separación entre dos unidades prefabricadas contiguas o entre dos tramos de bordillo o cuneta elaborados en el sitio.

3.13.1 Junta al tope. Junta entre dos unidades colocadas al tope, sin mortero u otro material entre ellas.

3.13.2 Junta con mortero. Junta de 10 mm de espesor entre dos unidades contiguas, la cual se llena con mortero.

3.13.3 Junta doble hembra <prefabricados de concreto>. Junta conformada por los extremos hembra (3.12.1) de dos unidades.

3.13.4 Junta macho-hembra (*machihembrada*) <prefabricados de concreto>. Junta conformada por el extremo macho (3.12.2) de una unidad y el extremo hembra (3.12.1) de otra.

3.13.5 Junta plana. Junta conformada por los extremos planos de dos unidades.

3.13.6 Junta sellada. Junta con mortero a la cual se le ha dejado un ranurado de 20 mm de profundidad, para generar una cavidad dónde colocar un sellante elástico.

3.14 Longitud (l). Es, por lo general, la dimensión horizontal y la mayor de una unidad, cuando está colocada en su posición normal y cuya dirección coincide con la de su alineamiento. En los bordillos y cunetas elaborados con unidades prefabricadas se utilizan las que tengan la mayor longitud disponible posible de utilizar, según las características de la obra, con el fin de reducir, a un mínimo, el número de juntas.

3.14.1 Longitud estándar (le). Es la longitud de una unidad, según la especifica el productor en su catálogo, contra la cual se verifica la longitud real, véase la Figura 2.

3.14.2 Longitud nominal (ln). Es la suma de la longitud estándar más el espesor de una junta con mortero que generalmente mide 10 mm. Es la dimensión que se ajusta a la coordinación modular de un sistema de unidades y la que se utiliza para el diseño de obras con ellas. Cuando el sistema tiene juntas al tope, desaparece el concepto de longitud nominal, pues no se tiene espesor de junta y se reemplaza por la longitud estándar para efectos de diseño y evaluación, véase la Figura 2.

3.14.3 Longitud real (lr). Es la longitud medida sobre un espécimen y con la cual se verifica el cumplimiento de la longitud estándar de una unidad.

3.15 Nivel de referencia

plano o superficie que queda al frente de la cara frontal de un bordillo. Puede estar conformada por la rasante de un pavimento o por la superficie de una cuneta adyacente, véase la Figura 2.

3.16 Perfil. Geometría que tiene el conjunto de las caras vistas de los bordillos o cunetas.

3.17 Posición normal. Posición en la que van a estar colocadas las unidades para conformar bordillos o cunetas.

3.18 Profundidad de anclaje (pa). Es la altura de la porción de un bordillo que va por debajo del nivel de referencia, véase la Figura 2, necesaria para considerar el bordillo debidamente anclado al terreno.

3.19 Topellanta¹. Estructura de concreto, similar a un trozo de bordillo, que se coloca en los estacionamientos como un tope para impedir que los vehículos avancen más allá del lugar asignado. Esta norma presenta un manejo coordinado de los topellantas que pueden tener otros sistemas de anclaje sobre pavimento rígido o flexible o una altura total igual a la de servicio sin profundidad de anclaje o alturas menores diferentes a las incluidas dentro de esta especificación.

3.20 Unidad <prefabricados de concreto>. Cada uno de los elementos prefabricados que colocados uno en seguida de otro, conforman un bordillo, una cuneta o un topellanta, véase la Figura 1.

3.20.1 Sistema de unidades <prefabricados de concreto>. Conjunto de diferentes tipos de unidades, compatibles entre si en cuanto a perfil, dimensiones, tipo de junta, color, acabado, calidad, que sirven para conformar bordillos, cunetas o bordillos cunetas. Un sistema completo permite conformar dichos elementos sin tener que hacer ajustes con concreto colocado en el sitio.

3.20.2 Sistema de unidades <sistema de medidas>. Conjunto de expresiones que permiten indicar una magnitud física. (Véase el numeral 1.2).

3.20.3 Unidad doble hembra. Unidad con dos extremos hembras.

3.20.4 Unidad macho-hembra (*machihembrada*). Unidad con un extremo macho y uno hembra.

4. CLASIFICACIÓN

4.1 TIPOS DE UNIDADES SEGÚN SU FORMA EN PLANTA

4.1.1 Unidades rectas

Unidades cuyas aristas longitudinales son rectilíneas y que sirven para conformar bordillos o cunetas rectos o curvos con radios grandes.

4.1.1.1 La longitud nominal de las unidades rectas debe ser múltiplo de 200 mm, desde 200 mm hasta 1 m, prefiriendo por razones de peso y manejo que la unidad de mayor longitud tenga 800 mm. Se aceptan unidades de 100 mm de longitud sólo para ajustes.

4.1.1.2 Se pueden conformar bordillos curvos con unidades rectas, cuando se tengan radios de curvatura grandes. Para esto de deben utilizar las unidades con la mayor longitud posible, sin que se altere considerablemente la apariencia de la curva.

¹ *Topellanta* no es una palabra incluida en el diccionario de la real academia de la lengua española, sin embargo debido a su uso generalizado en Colombia se utiliza en esta norma para representar un tope.

4.1.2 Unidades curvas

4.1.2.1 Unidades cuyas aristas longitudinales son arcos de circunferencia que sirven para conformar bordillos o cunetas curvas.

- a) Unidades curvas exteriores, son aquellas que sirven para conformar el lado exterior (de mayor radio) de una curva, véase la Figura 3a.
- b) Unidades curvas interiores, son aquellas que sirven para conformar el lado interior (de menor radio) de una curva, véase la Figura 3b.

4.1.2.2 El radio de curvatura (R) de una unidad se da con relación a la cara frontal del bordillo o a la de intersección entre la cuneta y el bordillo, en el caso de las cunetas, véase las gráficas de la Figura 3. El radio de curvatura se denomina radio de curvatura exterior (RE) para unidades curvas exteriores y radio de curvatura interior (RI) para unidades curvas interiores.

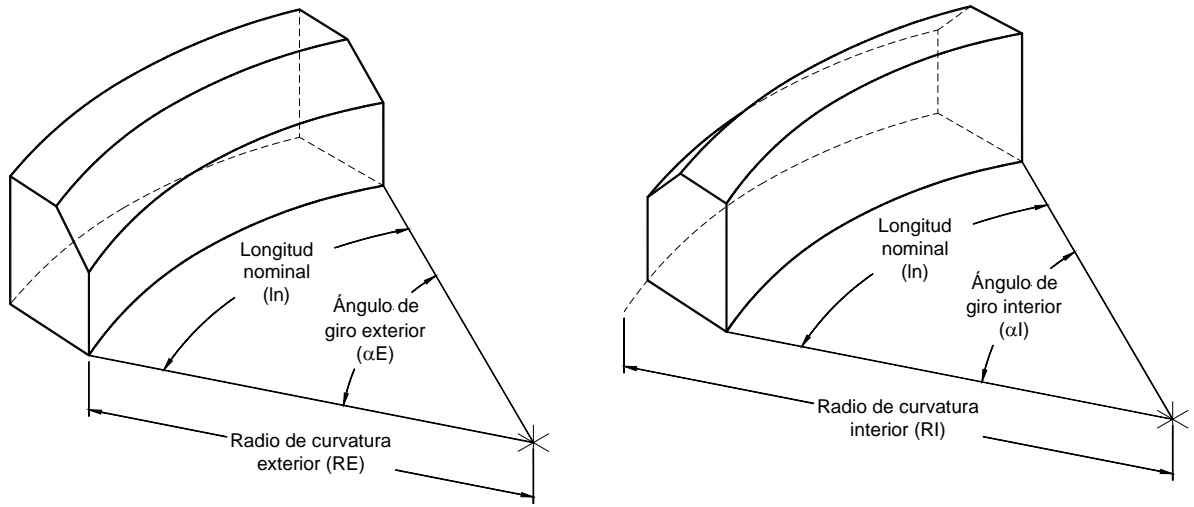
4.1.2.3 El ángulo de giro (α) de cada unidad depende del número de unidades (n) que se tenga en un cuadrante o giro de 90°. El valor de n se debe determinar de acuerdo con los radios de curvatura definidos para las esquinas en el urbanismo de cada lugar y debe ser un número entero; para n = 2, $\alpha = 45^\circ$; para n = 3, $\alpha = 30^\circ$; para n = 4, $\alpha = 22,5^\circ$ y para n = 6, $\alpha = 15^\circ$. Mientras mayor sea n, menor es el valor del ángulo de giro (α) que se puede conformar con dichas unidades, véase la Figura 3c. El ángulo de giro se denomina ángulo de giro exterior (α_E) para unidades curvas exteriores y ángulo de giro interior (α_I) para unidades curvas interiores y pueden ser diferentes para un sistema de unidades.

4.1.2.4 La longitud nominal (ln) de una unidad curva está dada por la dimensión de la cara frontal del bordillo o de la intersección entre la cuneta y el bordillo en el caso de las cunetas, tomada sobre la línea que coincide con el nivel de referencia y se puede calcular mediante la ecuación:

$$ln = \frac{\pi \times R}{2 \times n}$$

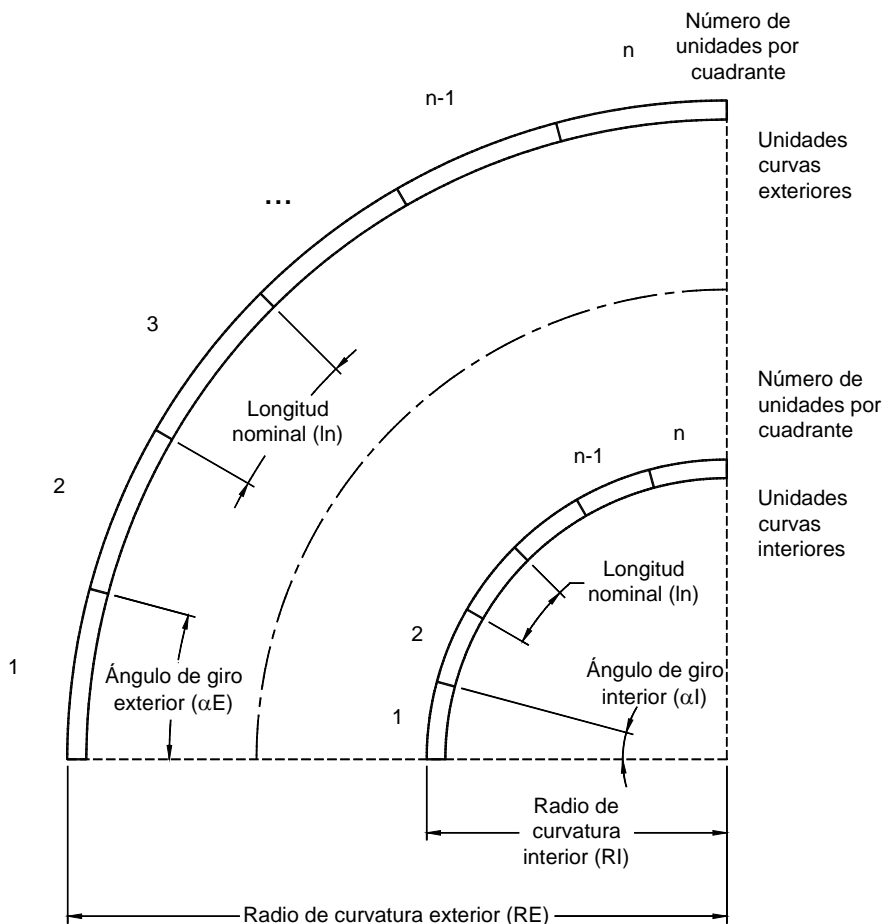
en donde

- ln = longitud nominal, (mm).
- R = radio de curvatura de la unidad, bien sea interior o exterior, (mm).
- n = número de unidades por cuadrante.



a. Unidad curva exterior

b. Unidad curva interior



c. Características de las

unidades curvas

Figura 3. Sistema de unidades curvas

4.1.2.5 Por lo general el valor n es diferente para las unidades curvas exteriores e interiores, con el fin de que los valores de la longitud nominal para ambas sean lo más similares posibles.

4.1.3 Esquineros

4.1.3.1 Cada una de las unidades (bordillo o cuneta) que conforman, con su cara frontal o con la intersección entre un bordillo y una cuneta, una esquina, interior o exterior y que conectan dos unidades confluentes en dicha esquina, véase la Figura 4.

- a) Esquinero interior. Unidad que conforma una esquina interior. Puede ser curvo o recto según la forma de su cara frontal (curva o ángulo recto, respectivamente). Véanse las Figuras 4a y 4b.
- b) Esquinero exterior. Unidad que conforma una esquina exterior. Puede ser curvo o recto según la forma de su cara frontal (curva o ángulo recto, respectivamente) Véanse las Figuras 4c y 4d.

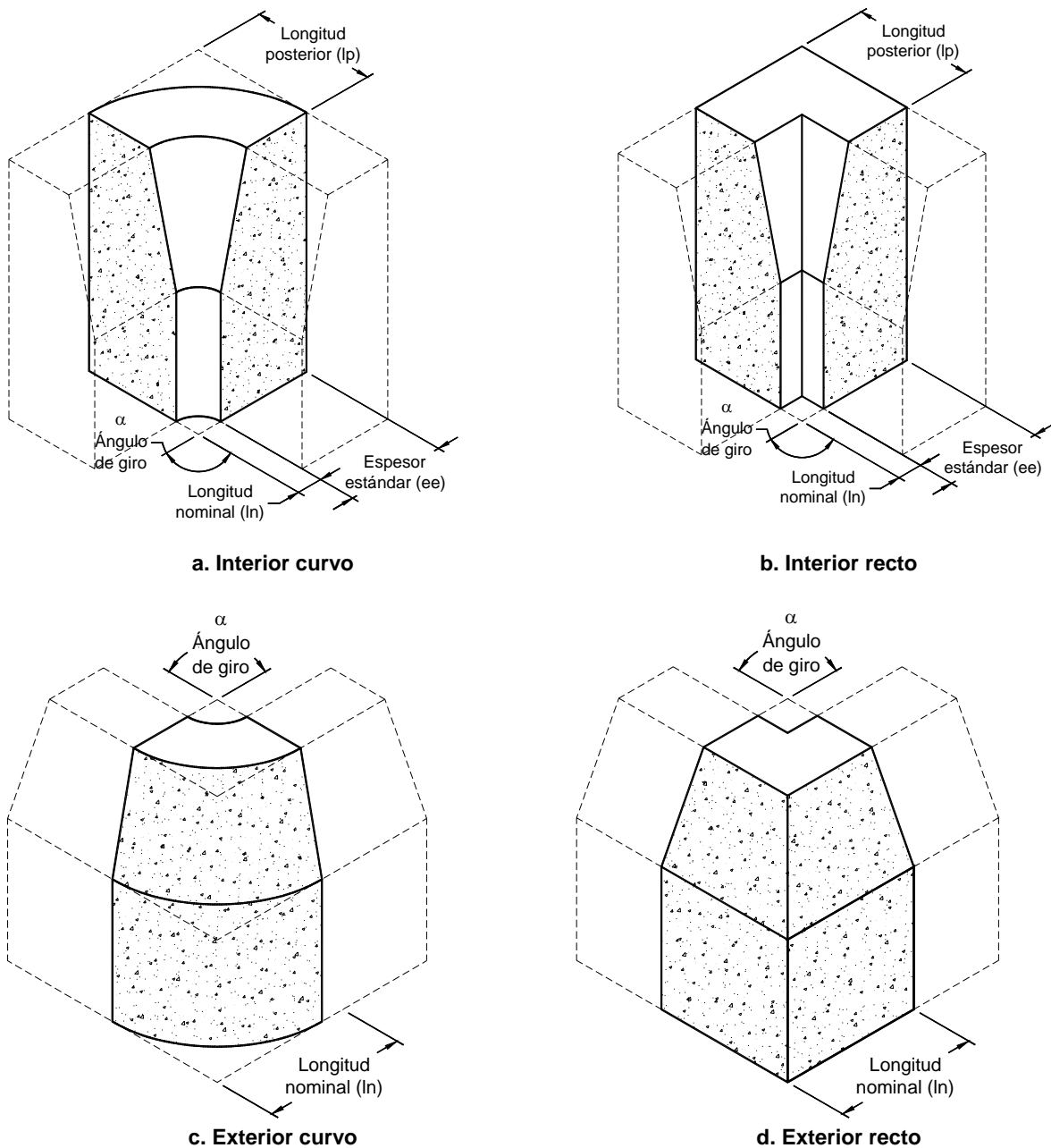


Figura 4. Unidades esquineras

4.1.3.2 La longitud nominal (l_n) de los lados o brazos de los bordillos esquineros exteriores debe ser múltiplo de 200 mm. La longitud posterior es igual a su longitud nominal más el espesor estándar. En los bordillos esquineros interiores, la longitud nominal (l_n) puede ser cero cuando la longitud posterior (l_p) sea igual al espesor estándar (ee) de los bordillos que conecta, Véase las Figuras 4c y 4d.

4.1.3.3 El ángulo de giro (α) de cada esquinero depende del giro que se quiera dar con ellos. Por lo general los esquineros interiores se diseñan para $\alpha_I = 45^\circ$ y 90° ; los esquineros exteriores para $\alpha_E = 45^\circ$, 90° y 135° . Sin embargo se deben tener sistemas diseñados para ángulos múltiplos de 30° .

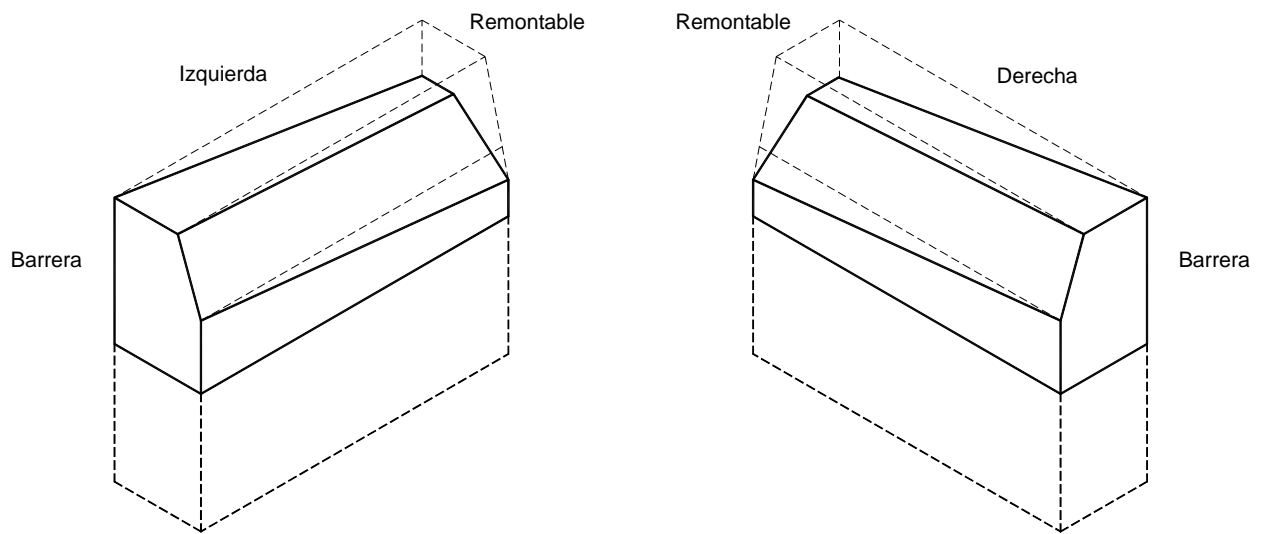
4.1.4 Transiciones

Unidades cuyo perfil cambia con su longitud y se deben usar para establecer continuidad entre bordillos con altura o perfil diferentes para evitar un cambio discontinuo en la superficie que interfiera en su desempeño o altere la seguridad del usuario.

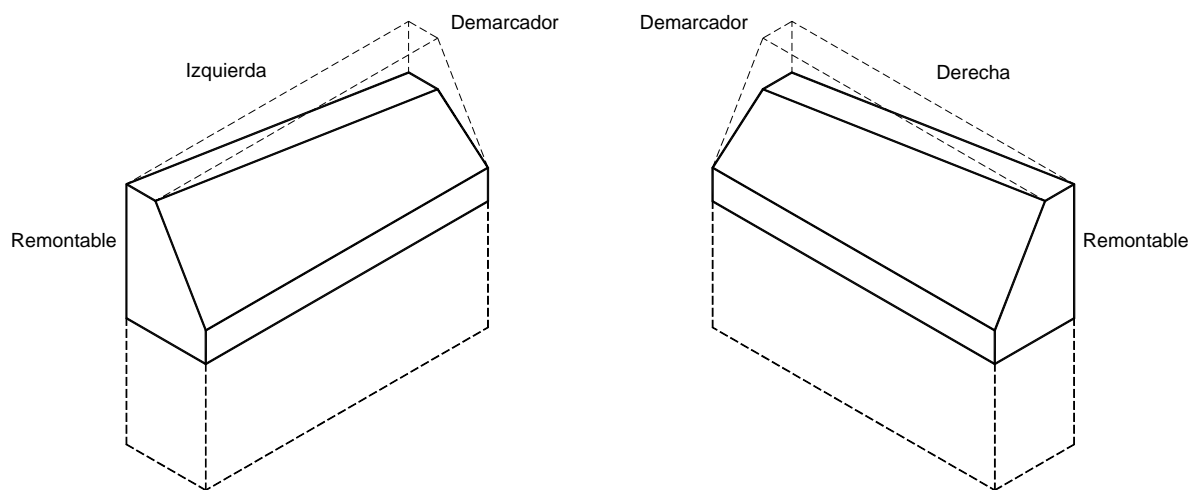
4.1.4.1 Transición de perfil. Son unidades diseñadas para cambiar tanto el perfil como la altura de servicio de un bordillo. Siempre se tiene una unidad derecha y otra izquierda, definidas por la dirección hacia la cual aumente su altura de servicio cuando se miran desde su cara frontal. Las más corrientes son la que sirven para pasar de un perfil barrera de 200 mm o 150 mm de altura de servicio a perfil remontable de 150 mm ó 100 mm de altura de servicio. Por ejemplo para la entrada a un garaje, véase la Figura 5a. También se deben utilizar transiciones para pasar de un perfil remontable de 150 mm ó 100 mm de altura de servicio a uno demarcado de 100 mm ó 50 mm de altura de servicio, véase la Figura 5b.

4.1.4.2 Transición de nivel. Son unidades diseñadas para cambiar sólo la altura de servicio de un bordillo, sin cambiar su perfil. Cuando las transiciones se emplean como bordillos de aceras, conformando rampas a lo largo de las mismas, es necesario que cumplan con las pendientes máximas definidas para la circulación de peatones y minusválidos sobre rampas, que están entre 1:10 y 1:12. Para estas pendientes, un desnivel de 50 mm se debe desarrollar en 500 mm y 600 mm respectivamente, bien sea con unidades prefabricadas o con tramos elaborados en el sitio.

- a) Transición de nivel, inclinada. Son las que modifican la altura del bordillo conservando la parte superior del perfil e inclinándolo en el sentido de la longitud del bordillo, véase la Figura 5c. Este tipo de transición implica contar con unidades o formaletas específicas para toda la longitud de la transición.
- b) Transición de nivel, cortada. Son las que modifican la altura del bordillo cortando la parte superior del perfil a medida que se disminuye la altura, véase la Figura 5d. Este tipo de transición se debe efectuar con unidades de igual perfil y con diferente altura de servicio o enterrando cada unidad con una profundidad de anclaje diferente.



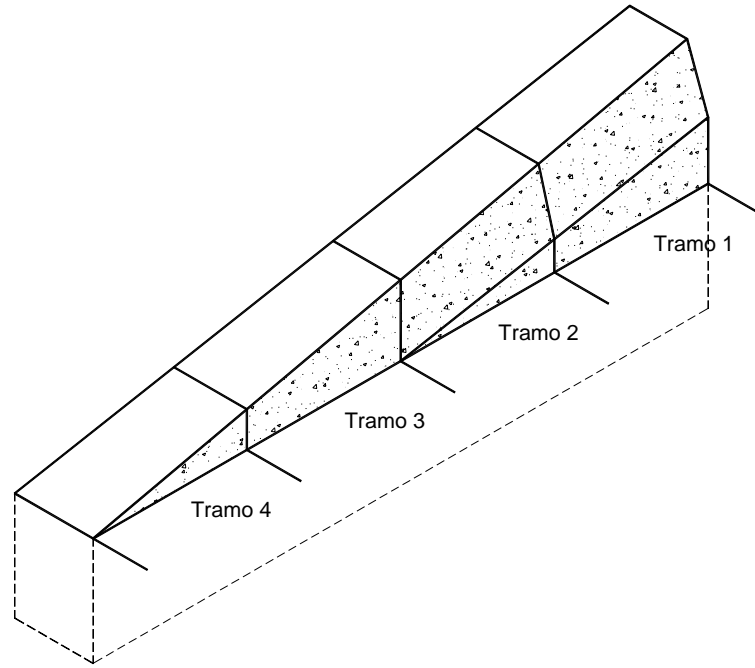
a. Transiciones de perfil (barrera-remontable/remontable-barrera)



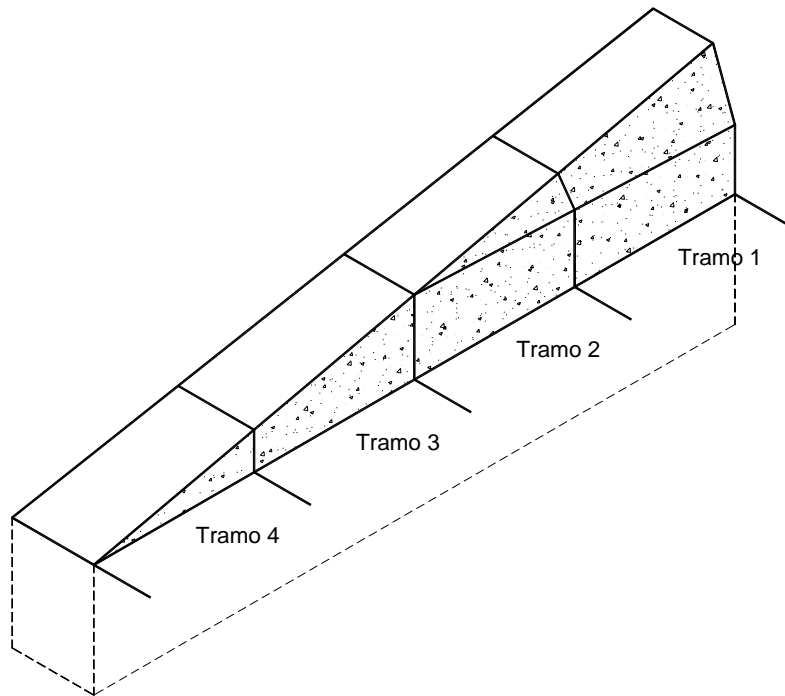
b. Transiciones de perfil (remontable-demarcador/demarcador-remontable)

Figura 5. Tipos de transiciones

Continúa...



c. Transiciones de nivel, inclinadas, para perfil barrera



d. Transiciones de nivel, cortadas, para perfil barrera

Figura 5. (Final)

4.2 TIPOS DE UNIDADES SEGÚN SU CONSTITUCIÓN

4.2.1 Unidades monocapa

Las elaboradas, en todo su volumen, con un solo tipo de concreto.

4.2.2 Unidades bicapa

Las elaboradas, en una sola operación, con un mayor volumen de un tipo de concreto y una capa de mortero especial, al menos, en las caras vistas. En las unidades elaboradas con dos mezclas, la capa superficial, coloreada o no, debe tener al menos 20 mm de espesor y se comporta monolíticamente en conjunto con la otra capa, tanto durante los ensayos como durante la vida útil de las unidades, véase la Figura 1. En las unidades destinadas para tráfico vehicular no se permite colocar la capa de mortero especial sobre las caras vistas después del fraguado inicial del concreto.

4.3 TIPOS DE UNIDADES SEGÚN SU MASA

4.3.1 Unidades macizas

Las que no tienen ningún tipo de perforación interior.

4.3.2 Unidades aligeradas

Las que tienen perforaciones (aligeramientos) en el sentido de su longitud, con el fin de reducir su masa. En cualquier sección transversal de la unidad, las perforaciones deben ser circulares y los tabiques que conformen contra las superficies de la unidad o entre las perforaciones deben tener un espesor mínimo de 40 mm, véase la Figura 1. Por lo general se tienen dos o tres perforaciones en los bordillos, una sobre otra agrupadas hacia la cara inferior.

4.4 TIPOS DE JUNTAS EN UNIDADES PARA BORDILLOS O CUNETAS

4.4.1 Juntas según su ancho y relleno

Se pueden tener juntas al tope, juntas con mortero y juntas selladas, tanto entre las unidades prefabricadas que conforman bordillos o cunetas, como entre bordillos y cunetas contiguos que conforman bordillos-cunetas. El tipo de junta lo debe determinar el diseñador, según los tipos de unidades y materiales de sello de que se disponga en el mercado y según la facilidad o no que se tenga de realizar el mantenimiento de dicho sello.

4.4.1.1 Juntas al tope

Cuando se utilicen juntas al tope, las unidades deben tener una longitud estándar múltiplo de 10 mm y ésta es al mismo tiempo la longitud nominal, véase la Figura 6a.

4.4.1.2 Juntas con mortero

Cuando se utilicen juntas con mortero, las unidades deben tener una longitud estándar igual a la longitud nominal menos 10 mm. Las juntas con mortero deben ir rellenas con un mortero acabado a ras con las caras de las unidades. Véanse las gráficas de la Figura 6.

4.4.1.3 Juntas con sellante

Cuando se utilicen juntas selladas se elaboran de igual manera que las juntas con mortero pero dejando una ranura de 20 mm de profundidad y del ancho de la junta (10 mm), para generar una cavidad en la cual se coloca el material sellante, que debe permanecer plástico por el tiempo determinado por el diseñador. Véanse las gráficas de la Figura 6.

4.4.2 Juntas, para bordillos, según su geometría

Se pueden tener juntas planas, macho-hembra (*machihembradas*) o doble hembra. El tipo de junta lo debe determinar el diseñador, según los tipos de unidades de que se disponga en el mercado, pero se deben seguir los siguientes lineamientos:

4.4.2.1 Juntas planas

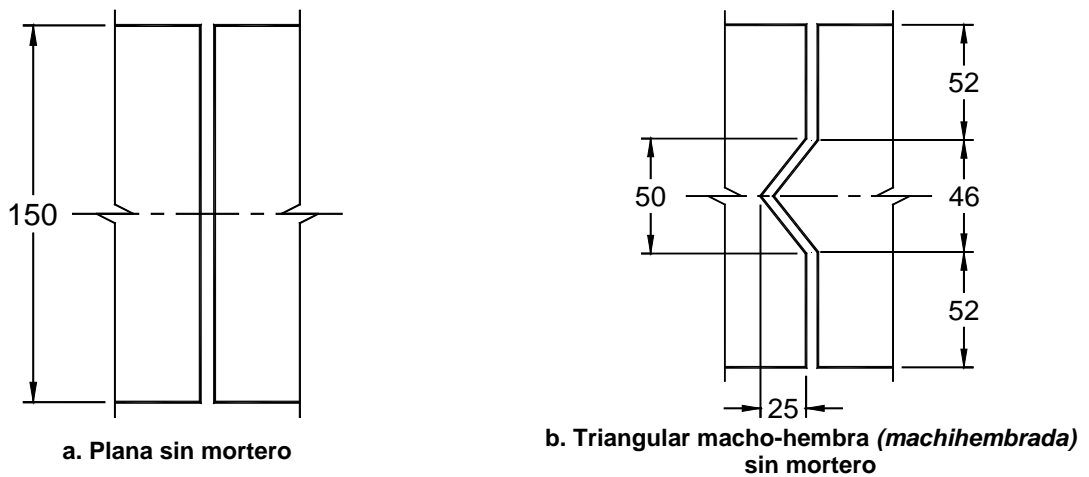
Las unidades que se unen mediante juntas planas, con o sin mortero, deben tener sus extremos planos.

4.4.2.2 Juntas macho-hembra (*machihembradas*)

En las unidades diseñadas para tener juntas macho-hembra (*machihembradas*), el extremo macho de cada unidad debe estar a la izquierda y el hembra a la derecha si ésta se mira desde su cara frontal. Las unidades macho-hembra (*machihembradas*) están diseñadas para que funcionen como junta al tope. El macho y la hembra pueden ser triangulares o semicirculares, tal como aparece en las Figuras 6b y 6c y su eje de simetría debe corresponder con la línea media del espesor estándar de la unidad.

4.4.2.3 Juntas doble hembra

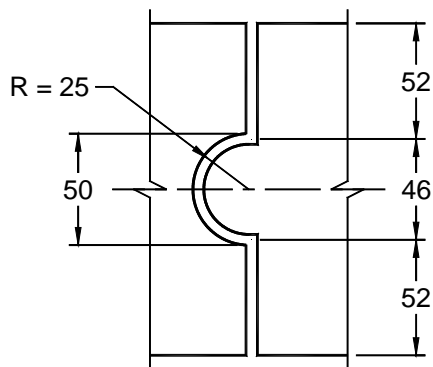
Las unidades doble hembra pueden tener juntas con mortero o selladas. Las hembras pueden ser triangulares o semicirculares, tal como aparece en las Figuras 6e y 6f y su eje de simetría debe corresponder con la línea media del espesor estándar de la unidad.



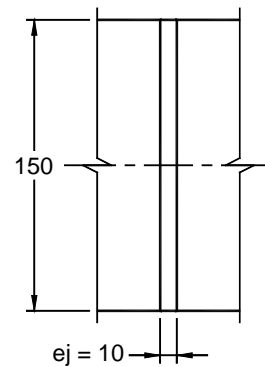
Medidas en milímetros

Continúa

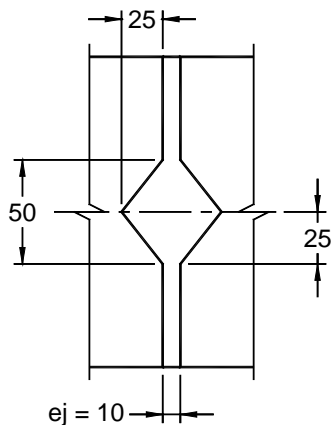
Figura 6. Juntas entre unidades para bordillos (vista en planta)



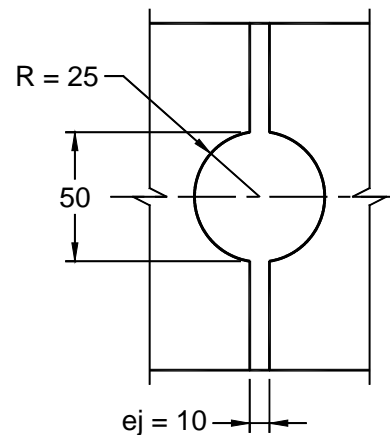
c. Semicircular macho-hembra
(*machihembrada*) sin mortero



d. Plana con mortero



e. Triangular doble hembra con mortero



f. Semicircular doble hembra con mortero

Figura 6. (Final)

5. REQUISITOS ESPECÍFICOS

5.1 MATERIALES

5.1.1 CEMENTANTES

Los materiales cementantes deben cumplir con las siguientes normas que les sean aplicables:

5.1.1.1 Cemento Pórtland, las NTC 121 y NTC 321.

5.1.1.2 Cemento Pórtland blanco, la NTC 1362.

5.1.1.3 Cemento hidráulico adicionado, la ASTM C595.

5.1.1.4 Cemento hidráulico especificado por comportamiento, la ASTM C1157.

5.1.1.5 Cenizas volantes y puzolanas naturales, calcinadas o crudas, utilizadas como adiciones minerales en el concreto de cemento hidráulico, la NTC 3493.

5.1.1.6 Escoria de alto horno granulada y molida para su uso en concreto y morteros, la NTC 4018.

5.1.2 Agregados

Los agregados deben cumplir con las siguientes normas:

5.1.2.1 Agregados de peso normal, NTC 174.

5.1.2.2 Agregados de peso liviano, NTC 4045.

NOTA 1 Como agregado, se permite el uso de concreto reciclado y de otros materiales que no afecten el desempeño de los bordillos, cunetas y topellantas, bajo los requisitos de esta norma. Con anterioridad al uso de los agregados que no estén cubiertos por las normas arriba indicadas, se debería determinar, mediante ensayos o por la experiencia documentada, que sean adecuados para su uso en el concreto, sin afectar la durabilidad y ningún otro material utilizado en este tipo de producto y de construcción.

5.1.3 Agua de mezcla

El agua de mezcla debe cumplir con NTC 3459.

5.1.4 Aditivos

Los aditivos deben cumplir con las siguientes normas según le sean aplicables:

5.1.4.1 Aditivos químicos para concreto, NTC 1299

5.1.4.2 Aditivos incorporadores de aire para concreto, NTC 3502.

5.1.5 Pigmentos

Los pigmentos deben cumplir con la NTC 3760.

NOTA 2 Con anterioridad al uso de los aditivos y cementantes que no estén cubiertos por las normas anteriores, tales como los repelentes de agua integrales, el sílice finamente molido y otros constituyentes de la mezcla. Se debería verificar, mediante ensayos o por experiencia documentada que sean adecuados para su uso en el concreto, que no afecten su durabilidad, ni a ningún otro material utilizado en o complementario a este tipo de obra.

5.2 REQUISITOS FÍSICOS

5.2.1 Requisitos geométricos

5.2.1.1 Perfiles

a) Perfiles para bordillos (conformados con unidades prefabricadas o elaborados en el sitio)

1) Perfil barrera

- Su función es generar un desnivel entre las superficies adyacentes, e impedir que los vehículos lo remonten o crucen, dentro de unos parámetros normales de circulación (velocidad, ángulo de incidencia, etc.). Es el perfil que deben tener todos los bordillos que vayan a estar en contacto con el tránsito vehicular, como en los bordes de las aceras, los separadores entre sentidos de circulación de vías urbanas, las delimitaciones de zonas verdes donde no se desee que entren los

vehículos y los topellantas cuando es imperativo que los vehículos no puedan pasar sobre ellos, por razones de seguridad.

- Está definido por el chaflán conformado por los 100 mm superiores de la cara frontal, que se inclinan 25 mm hacia atrás y que impiden que se dañen la llantas de los vehículos al rozar contra el bordillo, véase la Figura 7a.

NOTA 3 Las dimensiones (geometría) de un perfil no dependen ni del espesor estándar ni de sus alturas estándar o de servicio.

2) Perfil remontable

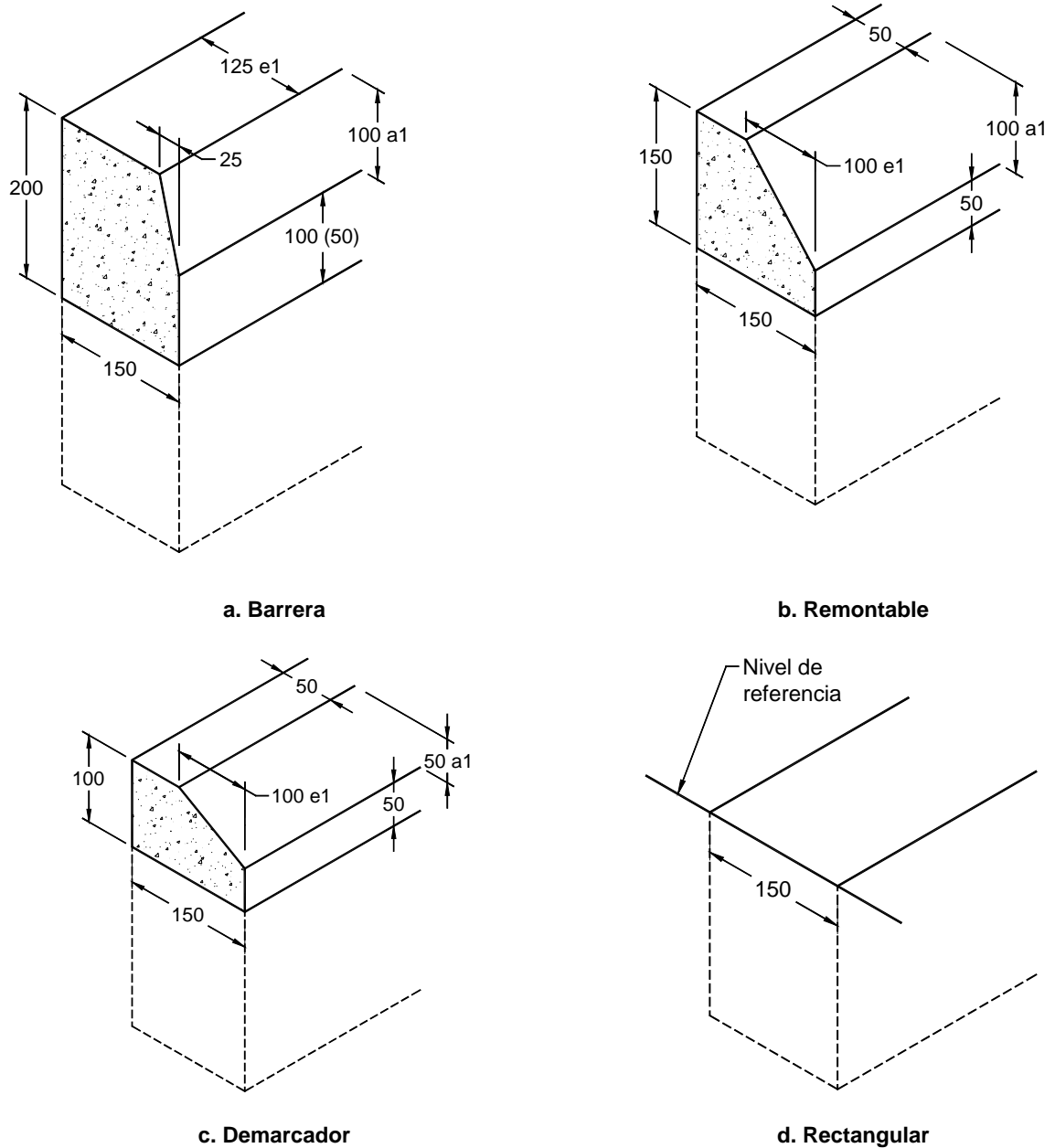
- Su función es generar un desnivel menor que el del perfil barrera y permitir que los vehículos lo remonten o crucen. Es el perfil que deben tener los bordillos que vayan a estar frente al acceso a garajes o estacionamientos a través de aceras, con algún grado de dificultad pero con eficiencia, sin hacer descender mucho el nivel de las mismas.
- Está definido por el chaflán conformado por los 100 mm superiores de la cara frontal, que se inclinan 100 mm hacia atrás y que impide que se dañen las llantas de los vehículos al montarse de frente u oblicuamente sobre él, véase la Figura 7b.

3) Perfil demarcador

- Su función es generar un desnivel menor que el del perfil remontable y debe permitir que los vehículos lo crucen con facilidad de manera que solo adviertan un cambio de uso de la vía, como al comenzar o terminar rampas, cambio en el rango de vías, intersecciones, cruces peatonales y en el límite entre las vías y los estacionamientos laterales o perpendiculares a ellas.
- Está definido por el chaflán conformado por los 50 mm superiores de la cara frontal, que se inclinan 100 mm hacia atrás, conformando una pendiente suave, véase la Figura 7c.

4) Perfil rectangular

- Su función es de servir de confinamiento, sin modificar el ángulo recto que forman las caras vistas. En presencia de tránsito vehicular solo se utiliza como confinamiento a nivel de la rasante, principalmente en pavimentos de adoquines y como elemento perimetral de algunas estructuras de drenaje, véase la Figura 7d.
- Para sus principales campos de aplicación, que son los usos no vehiculares, el paisajismo o como simple prefabricado, se deben modificar las aristas de la cara superior bien sea biselándolas o redondeándolas al tamaño deseado.

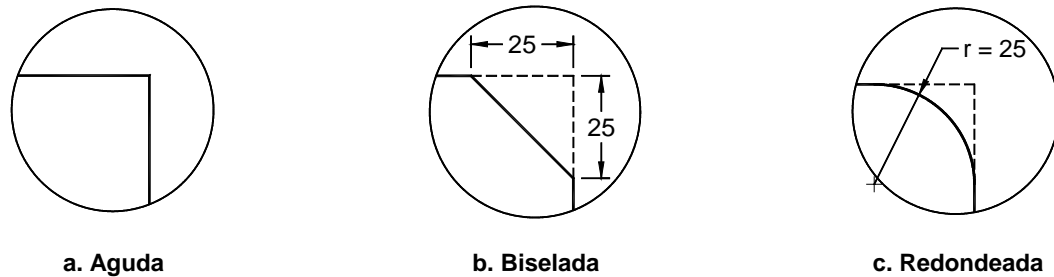


Medidas en milímetros

Figura 7. Tipos de perfiles para bordillos

5) Modificación de las aristas

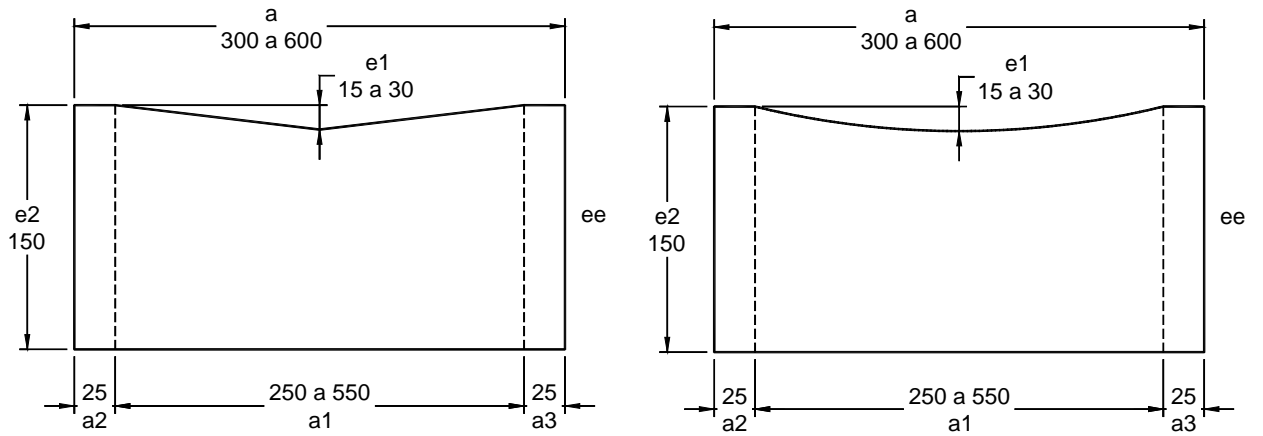
Cuando se tiene tráfico peatonal (escalones), la arista conformada por la cara superior y el chaflán de los perfiles anteriores, se debe modificar según se indica en la Figura 8, es decir, las proyecciones horizontal y vertical del bisel y el radio de la arista redondeada (r) deben ser de máximo 25 mm.



Medidas en milímetros

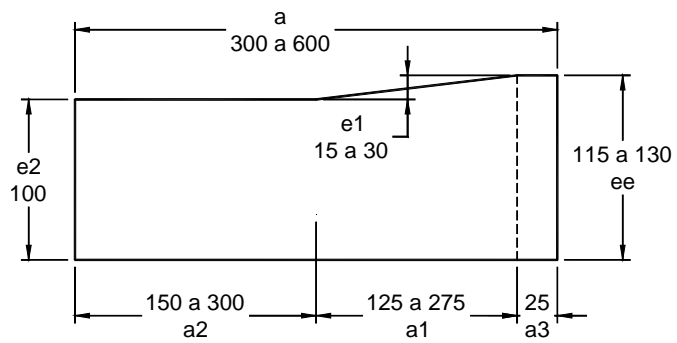
Figura 8. Tipos de aristas para perfiles prismáticos

- b) Perfiles para cunetas (conformadas con unidades prefabricadas o elaboradas en el sitio)
- 1) Los perfiles para cunetas, que se describen en esta norma, se formulan para vías urbanas, en las cuales los vehículos deben circular y estacionarse sobre ellas y donde no se requiere una capacidad hidráulica muy grande, por lo cual la pendiente transversal de su sección hidráulica está alrededor del 10 %, véase la Figura 9.
 - 2) Las cunetas de concreto tienen, un espesor mínimo de 100 mm; un espesor estándar (ee) que varía según su geometría; una profundidad de la sección hidráulica (e_1) que varía según el ancho estándar (a) de la cuneta, que a su vez varía entre 300 mm y 600 mm, en múltiplos de 100 mm; y un ancho efectivo (af) de la sección hidráulica.
 - 3) En los perfiles que se presentan en la Figura 9 y en las Tablas 1 al 3, se debe dejar una franja recta de 25 mm a uno o ambos lados, para proteger las aristas. Por lo anterior existen diferencias entre el ancho estándar y el efectivo.

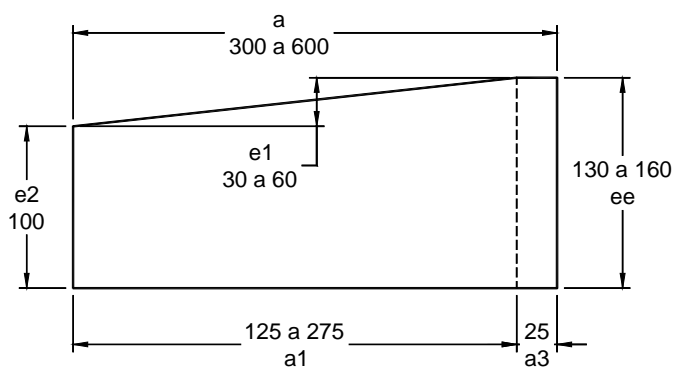


a. Triangular isósceles

b. Curva



c. Trapezoidal



d. Triangular rectangular

Figura 9. Tipos de perfiles para cunetas

Medidas en milímetros

Tabla 1. Dimensiones de los perfiles para cunetas

Perfil	Ancho estándar (a) mm	Ancho efectivo (af) mm	Profundidad (e _i) mm	Sección hidráulica mm ²	Espesor estándar (ee) mm
Triangular isósceles o curva (circular)	300	250	15	1 875	150
	400	350	20	3 500	150
	500	450	25	5 625	150
	600	550	30	8 250	150
Trapezoidal	300	275	15	3 188	115
	400	375	20	5 750	120
	500	475	25	9 063	125
	600	575	30	13 125	130
Triangular rectangular	300	275	30	4 125	130
	400	375	40	7 500	140
	500	475	50	11 875	150
	600	575	60	17 250	160

NOTA 4 Para efectos de cálculos de la sección hidráulica y la sección resistente de concreto, a las cunetas de perfil curvo (circular) se les asignaron los mismos valores que para las de perfil triangular isósceles, dada su similitud.

Tabla 2. Altura de servicio (as) para bordillos y aceras en función del perfil y el tránsito

Tránsito	Perfil			Topellantas mm
	Barrera mm	Remontable mm	Demarcador mm	
Vehicular corriente (predominantemente automóviles y buses, con algunos camiones)	150 ¹	100 ¹	50 ¹	150 ⁵
	200 ²	150 ²	100 ²	200 ⁶
Vehicular pesado (predominantemente buses y camiones, con algunos vehículos especiales)	250 ³	200 ³	100 ³	250 ⁵
	300 ⁴	200 ³	100 ³	300 ⁶
¹ Barrios residenciales, calles sin rutas de buses ni presencia de camiones; pocos peatones. ² Centros de ciudad, avenidas y arterias, velocidad alta; gran afluencia de peatones. ³ Terminales de transporte y patios de carga en industrias y comercio, con poca afluencia. ⁴ Terminales de transporte y patios de carga en puertos, industrias y comercio; con gran afluencia. ⁵ Con perfil remontable. ⁶ Con perfil barrera.				

Cuando se tienen bordillos enfrentados a pavimentos de concreto hidráulico, concreto asfáltico o a cunetas de concreto, la profundidad de anclaje debe ser como mínimo igual al espesor estándar del bordillo de la Tabla 3. Para el perfil rectangular, cualquiera sea su espesor, este debe ser menor de 150 mm.

Tabla 3. Espesor estándar (ee) de los bordillos según el tipo de tránsito, del perfil y del proceso de elaboración

Tipo de tránsito o de aplicación	Tipo de perfil	Proceso de construcción del bordillo	Profundidad de anclaje mínima (pa) mm	Espesor estándar mínimo (ee) mm
Paisajismo, peatonal	Rectangular	Unidades prefabricadas	150	50
			150	75
		Unidades prefabricadas o tramos elaborados en el sitio	150	100
			150	125
Vehicular, de liviano a pesado	Barrera, remontable, demarcador o rectangular ¹	Unidades prefabricadas o tramos elaborados en el sitio	150 ²	150
			250 ³	150
			300 ⁴	150
Vehicular, muy pesado o impacto	Barrera, remontable, demarcador o rectangular ¹	Unidades prefabricadas o tramos elaborados en el sitio	200 ²	200
			300 ³	200
			350 ⁴	200
<p>¹ Los bordillos rectangulares, en presencia del tránsito vehicular, se utilizan solo para confinamientos, a ras, de los pavimentos.</p> <p>² Frente a pavimentos de concreto asfáltico, de concreto hidráulico o cunetas de concreto.</p> <p>³ Frente a pavimentos con adoquines de 60 mm de espesor.</p> <p>⁴ Frente a pavimentos con adoquines de 80 mm o 100 mm de espesor.</p>				

Cuando se tienen bordillos frente a pavimentos de adoquines, la profundidad de anclaje se debe tomar a partir del plano superior de la base, por lo cual hay que agregarle, al espesor determinado en el párrafo anterior, el espesor de los adoquines y el de la capa de arena ya compactada. Se debe trabajar con 100 mm para adoquines de 60 mm de espesor y 150 mm para adoquines de 80 mm y 100 mm de espesor. El espesor estándar de los bordillos está determinado por el tipo de tránsito al que va a estar sometido y por el proceso de elaboración, véase la Tabla 3.

5.2.1.2 Tolerancias dimensionales

- a) Todas las unidades deben ser prismáticas. Las caras frontal y posterior de los bordillos pueden tener una inclinación que no supere los 4°, aumentando su espesor estándar hacia abajo.
- b) Las dimensiones reales de las unidades no deben diferir de las dimensiones estándar en más de 5 mm para la longitud y en no más del 3 mm para el espesor y la altura.
- c) Las caras vistas y la totalidad de la cara frontal de los bordillos o los lados de las cunetas, cuando van a estar en contacto con otros prefabricados, no se deben desviar del plano en más de 2 mm, en una línea recta, cuando su dimensión mayor sea por lo menos, 50 mm y en no más de 1 mm cuando su dimensión mayor sea menor de 50 mm.
- d) El alineamiento horizontal de un bordillo o cuneta no debe desviarse del de diseño en más de 15 mm, en ninguno de sus puntos, ni más de 3 mm en 3 m, cualquiera sea el sistema constructivo.
- e) El alineamiento vertical o nivel de la cara superior de un bordillo o cuneta, no debe desviarse del de diseño en más de 5 mm en ninguno de sus puntos.

5.2.2 Resistencia a la flexión

Los requisitos de resistencia a la flexión que deben tener los bordillos y cunetas se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Módulo de rotura mínimo ^A en MPa para bordillos y cunetas, según el método de elaboración

Unidades prefabricadas		Bordillos o cunetas elaborados en el sitio	
Promedio de 3 especímenes	Individual	Promedio de 3 especímenes	Individual
4,0	3,5	5,5	4,8

^A El módulo de rotura se ha especificado a los 28 d. Sin embargo, las unidades o el concreto se pueden utilizar a edades más tempranas, cuando exista un historial sobre la evolución de la resistencia de unidades o concretos de iguales características y éste indique que alcanzan dicha resistencia. Esto no exime de la verificación directa de la calidad de las unidades y concretos.

6. RECEPCIÓN, MUESTREO Y ACEPTACIÓN

6.1 UNIDADES PREFABRICADAS

6.1.1 Inspección visual y recepción de cada despacho

6.1.1.1 En el momento de despacho se deben tomar 10 unidades (que pueden ser de diferente tipo y dimensiones) y se inspeccionan por defectos físicos que se puedan notar a simple vista. Si se encuentra una o más unidades defectuosas en este grupo, se debe tomar una unidad por cada lote de 100 unidades o fracción y se inspeccionan. El número de unidades defectuosas en el segundo grupo, no debe superar el 5 % del total de unidades del despacho. Si es mayor, el productor puede inspeccionar la totalidad de las unidades y reemplazar las defectuosas a satisfacción del comprador.

6.1.1.2 Todas las unidades deben estar sanas y no deben tener fisuras, escalonamientos, embombamientos, desportilladuras ni cualquier otro defecto que interfieran con un proceso apropiado de colocación de la unidad o que perjudiquen significativamente la resistencia o su permanencia en la obra. Las fisuras menores, inherentes al método de fabricación o las desportilladuras menores que resultan de los métodos usuales de manipulación en el despacho y en la entrega, no son motivo de rechazo.

6.1.1.3 El color, textura y el acabado de las caras de las unidades, los debe especificar el comprador o los debe definir a partir del catálogo del productor. En ambos casos el productor debe entregar una muestra aprobada que conste de, al menos, dos unidades, que representen el intervalo de color, textura y acabado, aprobado como aceptable por el comprador. Esta muestra debe permanecer cerca del lugar de inspección para poder compararla con cada despacho y determinar la aceptación o no de las unidades.

6.1.2 Muestreo para verificación de los requisitos físicos

6.1.2.1 El tamaño del lote debe ser de 1 000 unidades, con iguales características de producción, forma y dimensiones.

6.1.2.2 Como muestra se deben tomar tres unidades por cada lote o fracción de lote, las cuales se utilizan para evaluar las dimensiones y posteriormente su módulo de rotura; y otras tres unidades que se conservan como muestra testigo.

6.1.2.3 Se debe facilitar, al comprador o a su representante, los medios para que inspeccione y tome las muestras, cuando las unidades se entregan en la planta de fabricación directamente de los lotes listos para su despacho.

NOTA 5 El momento del despacho al comprador puede ser en planta, cuando el comprador o su representante es quien transporta las unidades prefabricadas o también en el momento de descarga en el sitio de la obra cuando el fabricante o su representante es quien transporta las unidades.

NOTA 6 Como comprador se entiende cualquier institución o autoridad pública, sociedad o persona, que por medio de un contrato, adquiera unidades prefabricadas para bordillos o cunetas.

6.1.3 Aceptación

Si la muestra no cumple los requisitos de esta norma, se debe ensayar la muestra testigo. Si la muestra testigo no cumple con los mismos requisitos de esta norma, se debe rechazar el lote en su totalidad.

6.2 CONCRETO COLOCADO EN EL SITIO

6.2.1 Inspección visual y recepción de cada tramo de obra

6.2.1.1 Toda la masa de concreto debe estar sana y libre de fisuras, escalonamientos, abombamientos, desportilladuras u otros defectos que perjudiquen significativamente la resistencia o desempeño de la obra. Las fisuras o desportilladuras menores que resultan de los métodos usuales de construcción, no son motivo de rechazo.

6.2.1.2 El color, textura y acabado de las caras vistas deben ser especificados por el diseñador. El constructor debe disponer de una muestra aprobada como aceptable por el diseñador consistente en mínimo dos unidades, que representen los intervalos de color, textura y acabado. Esta muestra debe permanecer cerca del lugar de inspección como referencia para cada entrega y determinar así su aceptación o rechazo.

6.2.1.3 Se deben efectuar las mediciones necesarias para verificar el cumplimiento de los requisitos dimensionales de los bordillos y cunetas.

6.2.2 Muestreo para verificación de la resistencia a flexión

Se debe tomar una muestra consistente en 4 vigas por cada 25 m³ de concreto que se utilice o como mínimo por cada día de trabajo, de acuerdo el método especificado en la NTC 550 y se deben ensayar según la NTC 2871.

7. MÉTODO DE ENSAYO A FLEXIÓN DE LAS UNIDADES PREFABRICADAS, PARA DETERMINAR SU MÓDULO DE ROTURA

7.1 APARATO DE ENSAYO

7.1.1 La máquina de ensayo para la determinación de la resistencia a la flexión debe ser capaz de aplicar cargas de hasta 200 kN, con una precisión de 100 N y con una velocidad de carga que no supere los 20 N/s por cada 100 mm de ancho del espécimen.

7.1.2 Debe estar provista de un dispositivo para aplicación de carga por flexión, dotado de dos apoyos, que pueden ser cilindros de acero de 40 mm ± 0,5 mm de diámetro o dos perfiles de acero de 5 mm ± 1 mm de ancho. En ambos casos un apoyo debe ser horizontal y el otro debe estar montado en una rótula, de manera que no se induzca ninguna torsión por restricción en el movimiento del espécimen (puede ser un pivote que se incline sobre un eje alineado con el eje longitudinal del espécimen). La longitud de estos rodillos o perfiles debe ser, al menos, igual al ancho del espécimen.

7.1.3 La parte superior del dispositivo debe tener una rótula que garantice que la carga se aplicará axialmente sin inducir ningún esfuerzo de torsión en el espécimen. Su ancho debe ser de 50 mm y su longitud debe ser igual al ancho (a_e) del espécimen. La carga se debe transmitir a través de un listón de madera dura, de 50 mm de ancho, 25 mm de espesor y una longitud igual al ancho del espécimen.

7.1.4 Un modelo de dispositivo de ensayo se muestra en la Figura 10.

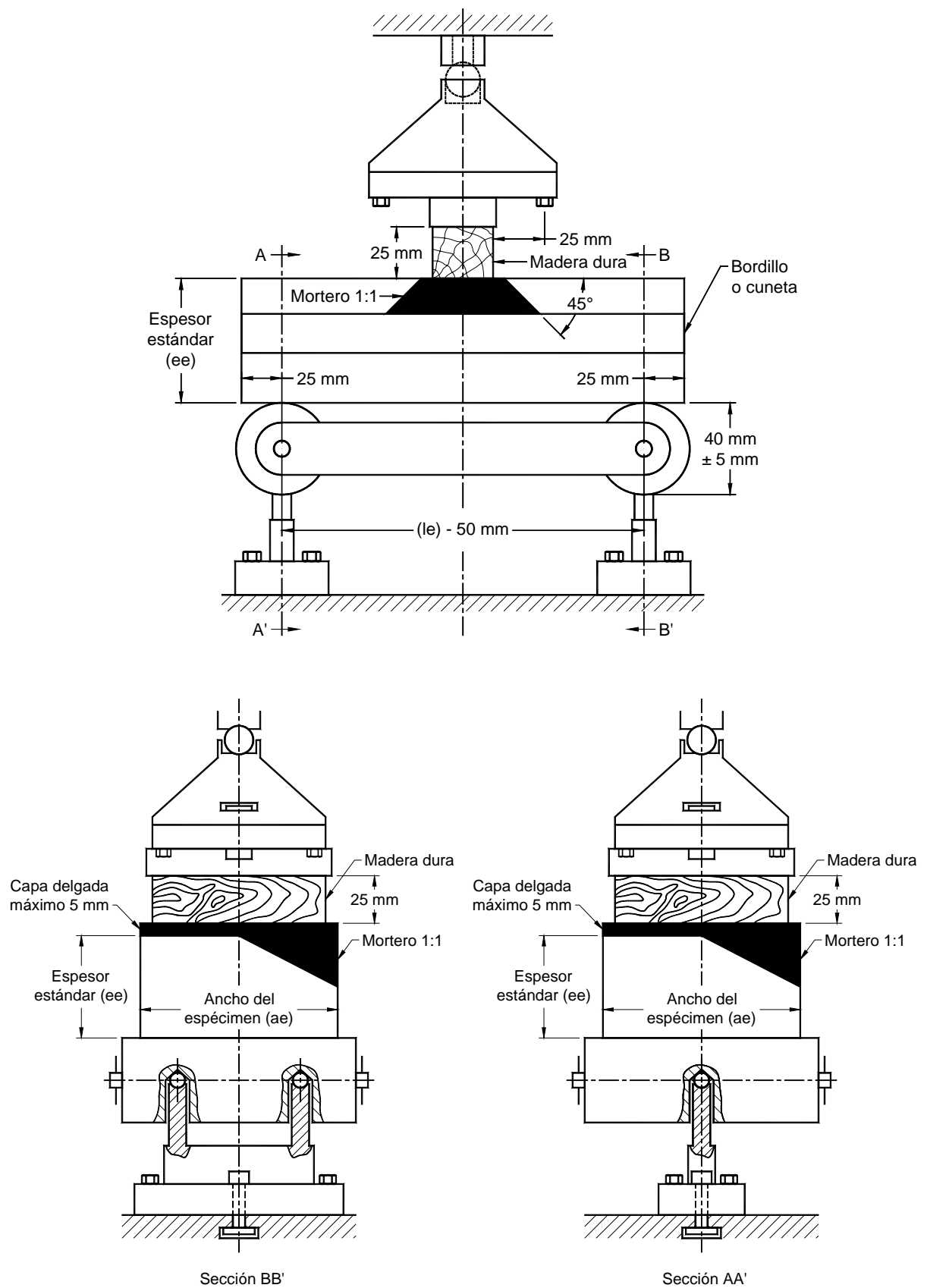


Figura 10. Dispositivo de ensayo para determinar la resistencia a la flexión de unidades (bordillos y cunetas) prefabricadas

7.2 PREPARACIÓN DEL ESPÉCIMEN

7.2.1 El espécimen de ensayo debe ser un bordillo o cuneta entero. El volumen que hace falta para completar la zona de aplicación de la carga, se debe completar con un mortero elaborado con una parte de cemento por una de arena fina, el cual debe tener 100 mm de ancho en el eje de aplicación de la carga y se debe abrir con un ángulo de 45 ° hacia abajo hasta llegar a la superficie del espécimen. Este mortero se debe prolongar con los mismos 100 mm de ancho y máximo 5 mm de espesor sobre toda el área de aplicación de carga, de manera que la madera se apoye, en su totalidad, sobre la superficie del mortero, la cual debe ser lo más plana posible y paralela a la superficie inferior del espécimen, tal como se coloca en la máquina para ensayo. El mortero debe aplicarse mínimo 24 h antes de realizar el ensayo.

7.2.2 Los bordillos se deben colocar girados 90° con respecto a su posición normal o sea asentados sobre su superficie posterior. Las cunetas se deben colocar en su posición normal.

7.2.3 La distancia entre los apoyos debe ser la longitud estándar del espécimen menos 50 mm, es decir el espécimen debe sobresalir de los apoyos, 25 mm a cada lado.

7.2.4 Cuando la longitud entre apoyos de las unidades rectas es menor que dos veces el espesor real, el ensayo a flexión puede inducir grandes distorsiones en el resultado. Si las unidades son macizas y tienen una altura real mayor que la separación entre apoyos se pueden fallar giradas 90° en el plano horizontal, de manera que su altura se convierta en su longitud. Si no se puede hacer esto, la calidad de estas unidades se evalúa colateralmente mediante la evaluación de otras de longitud mayor pero de iguales características de fabricación.

7.2.5 Las unidades curvas para bordillos se pueden fallar como si fueran unidades rectas, sin importar si se curvan hacia arriba o hacia abajo. Para esto se deben tomar las medidas necesarias para asegurar que no haya contacto de los extremos de las unidades con ninguna superficie. Para las unidades curvas también se aplican las restricciones en cuanto a separación entre apoyos definida para unidades rectas, pero las unidades curvas no se pueden fallar giradas, tal como se propone para las unidades rectas macizas.

7.2.6 Las unidades esquineras sólo se pueden evaluar a flexión cuando tengan brazos largos y su ángulo sea muy pequeño, con lo cual se pueden tratar de manera similar a las unidades curvas. De no ser así, la calidad de estas unidades se evalúa colateralmente mediante la evaluación de otras que sí se puedan ensayar y de iguales características de fabricación.

7.2.7 Las transiciones se pueden evaluar como una unidad recta, tomando como sección para el cálculo del módulo de rotura, la más pequeña de las dos que conforman sus extremos.

7.3 APLICACIÓN DE CARGA Y CÁLCULO DE RESULTADOS

7.3.1 Una vez colocado el espécimen en su lugar, se deben retirar las barras de fijación de los apoyos y se aplica la carga a una rata de aumento que no supere los 20 N/s por cada 100 mm de ancho (ae) del espécimen.

7.3.2 Cuando se ha alcanzado la carga máxima de rotura ($C_{m\acute{a}x}$) se debe tomar el valor con una precisión de 100 N y se calcula el Módulo de rotura de la sección (M_r) utilizando la fórmula que se enumera a continuación.

$$M_r = (MF \times c) / l_{xx}$$

en donde

Mr	=	Módulo de rotura
MF	=	Momento flector
c	=	Distancia de la última fibra al eje neutro.
I_{xx}	=	Momento de inercia.

Reemplazando el momento flector y la distancia de la última fibra al eje neutro para las unidades rectangulares la anterior fórmula se expresa en N/mm^2 (o en MPa, unidad equivalente) de la siguiente manera:

$$Mr = (C_{m\acute{a}x} * l_r * e_r) / (8 * I_{xx})$$

en donde

Mr	=	Módulo de Rotura (MPa, N/mm^2)
$C_{m\acute{a}x}$	=	Carga máxima (N)
l_r	=	Longitud real del espécimen (l_r) – 50 mm = Longitud entre los apoyos, (mm)
e_r	=	Espesor real de la unidad (mm)
I_{xx}	=	Momento de inercia (mm^4)

El Anexo B muestra un ejemplo para el cálculo del módulo de rotura para un bordillo típico.

7.3.3 Se deben tomar los valores de los módulos de rotura de cada uno de los tres especímenes de la muestra, se calcula el promedio (ambos valores con una aproximación de $0,1 N/mm^2$) y se comparan con los requeridos en la Tabla 4.

8. ROTULADO

Todas las unidades prefabricadas se deben marcar en la cara posterior o inferior, en bajo relieve (*huella*), con el número de esta norma precedido de las letras NTC, el nombre, marca o cualquier otro tipo de identificación del fabricante, las dos últimas cifras del año y las dos cifras del mes de fabricación, por ejemplo:

NTC 4109 ♦MRD S.A. 08-10.

ANEXO A
(Normativo)**SISTEMAS DE FUNDACIÓN Y SOPORTE**

Los bordillos, bien sean elaborados con unidades prefabricadas o con concreto colocado en el sitio, deben tener unas consideraciones especiales en cuanto a sus sistemas de fundación, tal como se presentan en la Figura A.1, para evitar hundimientos, desplazamientos laterales o volcamientos debido a los empujes de los vehículos que circulan sobre o al lado de ellos.

A.1 SISTEMAS DE FUNDACIÓN PARA BORDILLOS**A.1.1 Sobre la base del pavimento**

A.1.1.1 El bordillo debe estar debidamente fundado en la base del pavimento de concreto hidráulico o asfáltico si éste tiene, por lo menos, 100 mm de profundidad por debajo de la cara inferior del bordillo la cual está a su vez al menos 150 mm por debajo del nivel de referencia de la rasante o 150 mm por dentro de la base, en los pavimentos de adoquines. Si no existen 100 mm de espesor de base por debajo de la cara inferior, se debe construir una base de un espesor de 100 mm al bordillo de mortero con una proporción de una parte de cemento por cuatro de arena o de concreto pobre con un contenido de cemento de 120 kg/m³.

A.1.1.2 Cuando el bordillo tiene proyectado un contrafuerte y se está fundado sobre la base, ésta se debe prolongar hacia atrás del bordillo, al menos, 150 mm que tiene el contrafuerte en su base. Si el bordillo va a tener respaldo firme, la base puede terminar después de la cara posterior del bordillo. Véanse las Figuras A.1a y A.1b.

A.1.2 Sobre la subrasante o sub-base del pavimento

A.1.2.1 Cuando el bordillo se asienta sobre la sub-base del pavimento o sobre la subrasante o terreno natural, se debe construir una base de mortero o de concreto pobre, con las especificaciones y espesores del numeral A.1.1.1, que se extienda por el ancho del bordillo o que cubra el ancho del contrafuerte. Véanse las Figuras A.1c y A.1 d.

A.1.2.2 Cuando el bordillo es elaborado en el sitio, la longitud de la sección de la base se puede sumar a la del bordillo y colocarla monolíticamente. Esta es la práctica que se sigue en muchos lugares donde se construyen primero los bordillos y luego se coloca la base y la carpeta de concreto entre ellos.

A.2 SISTEMAS DE RESPALDO**A.2.1 Superficie rígida**

A.2.1.1 Cuando el bordillo hace parte de un andén, los vehículos lo empujan hacia la losa del andén por lo cual no necesita de ningún tipo de respaldo especial. Véanse las Figuras A.1b y A.1d.

A.2.1.2 Si el bordillo se elabora o se construye antes del relleno y la losa del andén debe estar bien empotrado y compactar el relleno con cuidado para evitar que el bordillo pierda su alineación vertical. Todos los rellenos se deben compactar con un equipo mecánico como placas vibrocompactadoras o pisones compactadores, a medida que van subiendo de nivel y hasta llegar al nivel donde se coloca el andén. La junta existente entre el bordillo y el andén se

debe construir de manera adecuada para que quede limpia, aunque puede ser una junta al tope. La junta se puede hacer más ancha (10 mm) y profunda (20 mm) y llenarla con un sellante elástico.

A.2.1.3 Si el bordillo se elabora monolíticamente con la losa del andén, se debe generar una junta que separe los dos volúmenes, de características dimensionales muy diferentes, insertando algún separador (varilla de madera, plástico o metal) o dejando una ranura ancha (10 mm) y profunda (20 mm) para ser llenada con un sellante elástico, en ambos casos coincidiendo con la junta que se genera si el bordillo hubiera sido prefabricado.

A.2.2 Contrafuerte

Cuando el bordillo no va tener un volumen rígido (losa o piso de concreto) que impida su volcamiento o desplazamiento ante el empuje de los vehículos, tan pronto se coloquen las unidades o desmolde el bordillo se le debe construir un contrafuerte con un concreto pobre (con un contenido de cemento de unos 120 kg/m^3), de forma triangular, cuya base, hacia atrás del bordillo, debe tener 150 mm de ancho y cuya altura debe llegar, por lo menos, hasta los $2/3$ de la altura estándar del bordillo. Este contrafuerte debe estar asentado sobre la misma base que tenga el bordillo (material de base para pavimentos o base de mortero), por lo cual ésta se extiende hacia atrás del contrafuerte por lo menos los 150 mm del ancho de la base del triángulo. Véanse las Figuras A.1a y A.1c.

A.2.3 Empotramiento

A.2.3.1 Sólo se acepta que el bordillo pueda funcionar empotrado en la base, como un voladizo, sin necesidad de respaldo de superficie dura o contrafuerte, cuando se trata de bordillos para confinamiento en medio de un pavimento o entre diferentes tipos de pavimentos. En este caso, el bordillo también debe estar enterrado dentro de la base del pavimento, al menos, 150 mm y ésta también debe tener, al menos, 100 mm más de espesor, véase la Figura A.1h.

A.2.3.2 Si no se tiene éste espesor, se le debe construir al bordillo una base de mortero (con una proporción de una parte de cemento por cuatro de arena) o de concreto pobre (con un contenido de cemento de 120 kg/m^3), con un espesor de 100 mm. Véase la Figura A.1i. Se debe recordar que para cualquiera de los casos anteriores, cuando se tengan pavimentos de adoquines, la profundidad de empotramiento se considera a partir del nivel superior de la base, no de la rasante del pavimento. Véanse las Figuras A.1g a A.1i.

A.3 SISTEMAS DE FUNDACIÓN Y SOPORTE PARA CUNETAS

Las cunetas deben estar colocadas sobre la base del pavimento, con un espesor de, al menos, 100 mm. Si este espesor es menor, se les debe generar una base de manera análoga a como se hace para los bordillos. Véanse las Figuras A.1e y A.1f.

A.4 CONSTRUCCIÓN DE BORDILLOS Y CUNETAS ELABORADOS EN EL SITIO CON FORMALETA FIJA

A.4.1 Juntas

Los bordillos y cunetas elaborados en el sitio, bien sea con formaletas fijas o deslizantes, deben tener tres tipos de juntas:

A.4.1.1 JUNTAS DE CONTRACCIÓN O DE CONTROL DE AGRIETAMIENTO

Deben estar distanciadas entre sí una distancia siempre igual, que no exceda 1,5 m. Estas juntas se deben hacer por medio de un corte en el concreto fresco o endurecido, con una profundidad entre 30 mm y 40 mm y un ancho entre 3 mm y 10 mm.

A.4.1.2 JUNTAS DE DILATACIÓN

Deben coincidir con las de estructuras adyacentes o subyacentes, como las juntas de puentes, pavimentos de concreto o se deben construir cada 100 m. Deben ser una discontinuidad total de la sección del bordillo o cuneta, perpendicular a su cara inferior y a su eje y tener entre 15 mm y 20 mm de ancho. Se debe generar mediante la colocación, entre dos tramos de concreto colocado en el sitio, de una o dos láminas que sumen dicho espesor; o por corte u otro sistema adecuado en los bordillos o cunetas elaborados en el sitio con formaleta deslizante.

A.4.1.3 JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN

Se deben construir de igual manera que las de dilatación, cuando haya que interrumpir la colocación del concreto por cualquier motivo, incluyendo la finalización de una jornada de trabajo.

A.4.2 Formaleta

A.4.2.1 Se debe diseñar para que sea segura y brinde el acabado requerido. Debe ser impermeable, rígida y ajustada para prevenir la pérdida de lechada o de mortero, cuando el concreto esté fresco; y de un material que no manche ni decolore el concreto. Su superficie no sufrir alabeo ni embombamiento y de generar, entre los planos que la componen, aristas limpias, sin escalonamientos, cordones u otro tipo de protuberancias.

A.4.2.2 Tanto la formaleta como sus soportes deben permanecer en la posición correcta, que permita mantener el perfil y el alineamiento de los bordillos y cunetas, para que estén dentro de las tolerancias especificadas. Ambos se deben diseñar para soportar las combinaciones más desfavorables del peso propio y del peso del concreto y del refuerzo; de la presión del concreto (especialmente la componente vertical, hacia arriba, en los planos inclinados) y las cargas de construcción; adicionalmente a las cargas dinámicas debidas a la colocación, la vibración y la compactación del concreto.

A.4.2.3 La longitud de los tramos de formaleta debe ser la indicada para el material y el sistema de manejo que se tenga. Si el alineamiento del bordillo o cuneta es curvo y es necesario utilizar tramos rectos, se deben utilizar tramos cortos, pero no deben ser de menos de 0,6 m.

A.4.2.4 La junta entre tramos de formaleta contiguos debe ser estanca y debe garantizar el alineamiento de las superficies. No es necesario hacer una junta en los bordillos o cunetas en cada junta entre tramos.

A.4.2.5 La formaleta se debe poder desarmar y retirar del concreto ya fraguado sin causarle ningún tipo de impacto o daño.

A.4.3 Fijación del concreto

Las formaletas se colocan sobre la base y se coloca el concreto, el cual se adhiere a la base (del pavimento o de mortero). Si el bordillo se elabora contra un pavimento existente, la formaleta de la cara frontal se debe colocar sobre el pavimento para no tener que hacer un ajuste con mortero. Si no se puede hacer así, se llena el espacio que quede después de retirar

la formaleta de la cara frontal con un mortero con las mismas características que el empleado para la base de mortero.

A.4.4 Transporte, colocación y compactación del concreto

A.4.4.1 La formaleta debe estar libre de cualquier material extraño y depósito o flujo de agua antes de colocar el concreto. En climas cálidos se debe proteger del sol para que no esté muy caliente en el momento de colocar el concreto. El concreto se debe transportar de la mezcladora a la formaleta, tan rápido como sea posible, sin que se segregue, pierda materiales o se contamine, manteniendo su trabajabilidad. Se debe depositar dentro de la formaleta lo más cerca posible de su destino final, para evitar que tenga que ser empujado, dentro de ella, con el vibrador.

A.4.4.2 En cuanto sea posible se debe colocar el concreto en un solo paso toda la altura del bordillo o cuneta. Si esto no es posible, especialmente en los bordillos, se busca que el empalme entre los tramos de colocación coincidan con las aristas.

A.4.4.3 Los requisitos de recepción, muestreo y aceptación están definidos en el numeral 6.2

A.4.4.4 El concreto se debe compactar con vibradores internos (de aguja), de manera continua, evitando el sobrevibrado o el arrastre de concreto con ellos. Si se utilizan vibradores externos (de formaleta), ésta y la localización de los vibradores se debe diseñar de manera especial para que toda la masa del concreto sea vibrada, compactada y se eviten irregularidades en la superficie.

A.4.5 Acabado

A.4.5.1 Se debe utilizar un desmoldante adecuado para el tipo de concreto y la superficie de la formaleta, que no produzca ningún tipo de decoloración o mancha en el concreto.

A.4.5.2 En las superficies desmoldadas solo se admiten pequeñas imperfecciones que se deben corregir inmediatamente se retire la formaleta. Para esto se remueven las protuberancias, se lava la superficie y se rellenan las depresiones más notables (hormigueros, agujeros, burbujas) con un mortero de cemento y arena fina, con un color lo más parecido posible al del concreto de la barrera, sin extenderse sobre la superficie sana. Está absolutamente prohibido el maquillado o esmaltado de la superficie. Una vez curado el concreto, se frota la superficie con un cepillo suave para darle más uniformidad.

A.4.5.3 Cuando se tenga tráfico vehicular, no se puede recubrir el bordillo o cuneta con capas delgadas de acabado, como morteros pulidos o lavados. Este tipo de acabado se debe hacer de manera integral a la unidad y corresponde a una unidad bicapa. Sólo se pueden tener acabados especiales por lavado con agua o ácido, chorros de agua o arena o acabados mecánicos que no debiliten la superficie.

A.4.6 Curado

A.4.6.1 La protección y el curado del concreto debe comenzar inmediatamente después de su compactación, para evitar el secado de las superficies expuestas, el lavado de la superficie por efecto de la lluvia o de corrientes de agua y un aumento muy grande de la temperatura interna del concreto.

A.4.6.2 El período de curado mínimo debe ser de 3 d para cemento Pórtland Tipo 3 (de alta resistencia inicial), 7 d para cemento Pórtland Tipo 1 y 14 d para cementos adicionados.

A.4.6.3 Como sistema de curado se aceptan: las formaletas dejadas contra el concreto; el recubrimiento de la superficie con una película impermeable de polietileno, bien sellada y ajustada a la superficie; la colocación de una membrana de curado por aspersión, que cumpla con la NTC 1977; el cubrimiento total de la superficie con un material absorbente que permanezca saturado; o la aplicación de agua sobre todas las superficies expuestas, sin que se presenten ciclos de humedecimiento y secado o la aplicación de agua fría a superficies de concreto calientes.

A.5 CONSTRUCCIÓN DE BORDILLOS Y CUNETAS, ELABORADOS EN EL SITIO CON FORMALETA DESLIZANTE

A.5.1 Equipo

A.5.1.1 El equipo a utilizar debe tener una formaleta deslizante que deje el concreto en su sitio, sin ejercer ningún tipo de empuje sobre él. Debe estar montado sobre llantas orugas o, eventualmente, rieles; tener vibradores de aguja internos para compactar el concreto en la parte del molde vecina a la tolva o vibradores de formaleta en las paredes del molde y un sistema de guía que permita mantener el alineamiento y nivel de los bordillos y cunetas.

A.5.1.2 Se acepta una tolerancia en la formaleta deslizante para las dimensiones del perfil especificado de $\pm 3\text{mm}$.

A.5.2 Preliminares

A.5.2.1 Antes de comenzar un contrato para la elaboración de bordillos o cunetas con formaleta deslizante, se debe construir un tramo de ensayo en el cual el contratista demuestre que la mezcla, la planta de producción del concreto, el equipo de construcción y los procesos de compactación y acabado del concreto, son los adecuados para producir bordillos o cunetas con la apariencia y con el perfil y el alineamiento indicados.

A.5.2.2 Durante el tramo de ensayo se debe evaluar la capacidad de la máquina para trabajar en curvas y pendientes y se puede aceptar como parte de la obra si el resultado es positivo.

A.5.2.3 Después de ejecutado el tramo de ensayo y aceptados los parámetros de la mezcla y los procesos de construcción, éstos no deben variar en todo el contrato.

A.5.3 Juntas

Véase lo referente a juntas en el numeral A.4.1 elaboración con formaletas fijas.

A.5.4 Fijación del concreto

Cuando se utilizan formaletas deslizantes, los niveles del molde de ambas caras de los bordillos o cunetas deben ir en el mismo plano o a desnivel, sobre la base o sobre el pavimento. Cuando sea necesario ajustar el bordillo al pavimento, se debe llenar el espacio que quede después de que pasa el molde con un mortero con las mismas características que el empleado para la base del mortero.

A.5.5 Transporte, colocación y compactación del concreto

A.5.5.1 Se debe comenzar por nivelar y alinear la rasante sobre la cual va a correr el equipo procurando que no tenga irregularidades mayores de $\pm 10\text{ mm}$, para evitar desviaciones del alineamiento o derrames de la mezcla.

A.5.5.2 Si se tiene un sistema de hilos de guía, se deben fijar en rectas como mínimo, cada 5 m y con separaciones menores en curvas.

A.5.5.3 Si los bordillos o cunetas se van a elaborar directamente sobre el terreno, éste se debe preparar con anticipación mediante la nivelación, sellado y compactación de la superficie. Algunos equipos de gran tamaño pueden ejecutar esta labor anticipada y coordinadamente con la colocación del concreto. Se debe tener especial cuidado con irregularidades que sobresalgan de la superficie porque pueden impedir el avance de la formaleta deslizante.

A.5.5.4 Los requisitos de recepción, muestreo y aceptación están definidos en el numeral 6.2.

A.5.5.5 El concreto premezclado se le debe suministrar directamente a la tolva de la máquina con una velocidad de descarga baja y un desplazamiento lento, acorde con el de la máquina. La cantidad de concreto que se traiga en cada camión mezclador se debe determinar teniendo en cuenta la distancia al punto específico de la obra, el tamaño de la sección y el tiempo que demora en descargar el concreto, por la velocidad de la máquina.

A.5.5.6 Adicionalmente a lo expuesto referente a las juntas, la junta de construcción realizada al final de una jornada de trabajo se debe cepillar con un cepillo de alambre y humedecer antes de reiniciar la colocación del concreto en la jornada siguiente.

A.5.6 Acabado

A.5.6.1 Una vez sale el concreto de la formaleta deslizante, se debe dar dos pasadas con una llana, a todas las superficies, primero en sentido vertical y luego en el horizontal. Si persiste alguna irregularidad en las superficies o aristas, se procede de la misma manera como se corrigen las imperfecciones en barreras elaboradas con formaletas fijas, pero sin lavar la superficie antes de iniciar el proceso o retrasándolo hasta que se haya iniciado el fraguado.

A.5.6.2 Tampoco se aceptan manchas o decoloraciones producidas por el material de la formaleta deslizante.

A.5.6.3 Véase lo referente a acabados especiales en el literal A.4.5 elaboración con formaletas fijas.

A.5.7 Curado

Se deben seguir las mismas recomendaciones formuladas para bordillos o cunetas elaborados con formaletas fijas, excepto que no se puede dejar la formaleta en contacto con el concreto como sistema de curado.

A.6 ELABORACIÓN DE BORDILLOS Y CUNETAS CON UNIDADES PREFABRICADAS

A.6.1 Calidad de las unidades

Los requisitos de recepción, muestreo y aceptación están definidos en el numeral 6.

A.6.2 Fijación del concreto

Las unidades prefabricadas se colocan siempre sobre un mortero de nivelación, con características similares a las que se indicaron para el mortero de base, de aproximadamente 10 mm de espesor; y con este mismo mortero se llenan las separaciones que queden contra la estructura del pavimento o contra los cortes que se han hecho en terrenos vecinos.

A.6.3 Colocación y acabado del concreto en planta

A.6.3.1 El concreto se compacta mediante vibradores internos de aguja o externos de formaleta, para lo cual se debe verificar la efectividad de los últimos y el adecuado diámetro y frecuencia de los primeros.

A.6.3.2 Los moldes deben ser impermeables, rígidos y de un material que no manchen ni decoloren el concreto. Sus superficies no deben sufrir alabeo ni embombamientos y deben generar, entre ellas, aristas limpias (preferiblemente redondeadas), sin escalonamientos, cordones u otro tipo de protuberancias.

A.6.3.3 Se debe utilizar un producto desmoldante adecuado que no produzca ningún tipo de decoloración o mancha.

A.6.3.4 Sólo se admiten pequeñas imperfecciones que se deben corregir inmediatamente se retire la formaleta. Para esto se deben remover las protuberancias, se lava la superficie y se rellenan las depresiones más notables (hormigueros, agujeros, burbujas) con un mortero de cemento y arena fina, con un color lo más parecido posible al del concreto de la barrera, sin extenderse sobre la superficie sana (maquillado o esmaltado de la superficie), lo cual está absolutamente prohibido, pues origina una superficie débil, poco durable. Una vez curado el concreto, se debe estregar la superficie con un cepillo suave para darle más uniformidad.

A.6.3.5 Cuando las unidades vayan a estar en contacto con el tráfico vehicular, no se puede recubrir el bordillo o la cuneta con capas delgadas de acabado, como morteros pulidos o lavados. Este tipo de acabado se debe hacer de manera integral a la unidad y corresponde a una unidad bicapa. Sólo se pueden tener acabados especiales por lavado con agua o ácido, chorros de agua o arena o acabados mecánicos, que no debiliten la superficie. Estos procedimientos se deben efectuar una vez se han corregido las imperfecciones por los procedimientos descritos en el numeral anterior y el mortero ha endurecido lo suficiente.

A.6.4 Curado

Una vez desmoldadas y reparadas, las unidades se deben someter a uno de los siguientes tipos de curado:

A.6.4.1 Aplicación de un compuesto de curado que impida que se pierda humedad. En el momento de aplicación del compuesto, las superficies deben estar húmedas y el concreto debe tener una temperatura que no difiera en más de 6 °C de la temperatura atmosférica.

A.6.4.2 Curado acelerado, mediante la aplicación de vapor a baja presión o calor radiante (de hidratación) en una atmósfera húmeda.

A.6.4.3 Curado húmedo, manteniendo todas las superficies húmedas, a lo largo de 4 d, mediante el recubrimiento del concreto con un material saturado de agua o por el riego o aspersión de agua; o cubriendo la superficie húmeda con una película plástica impermeable, que selle la atmósfera alrededor del tramo de barrera.

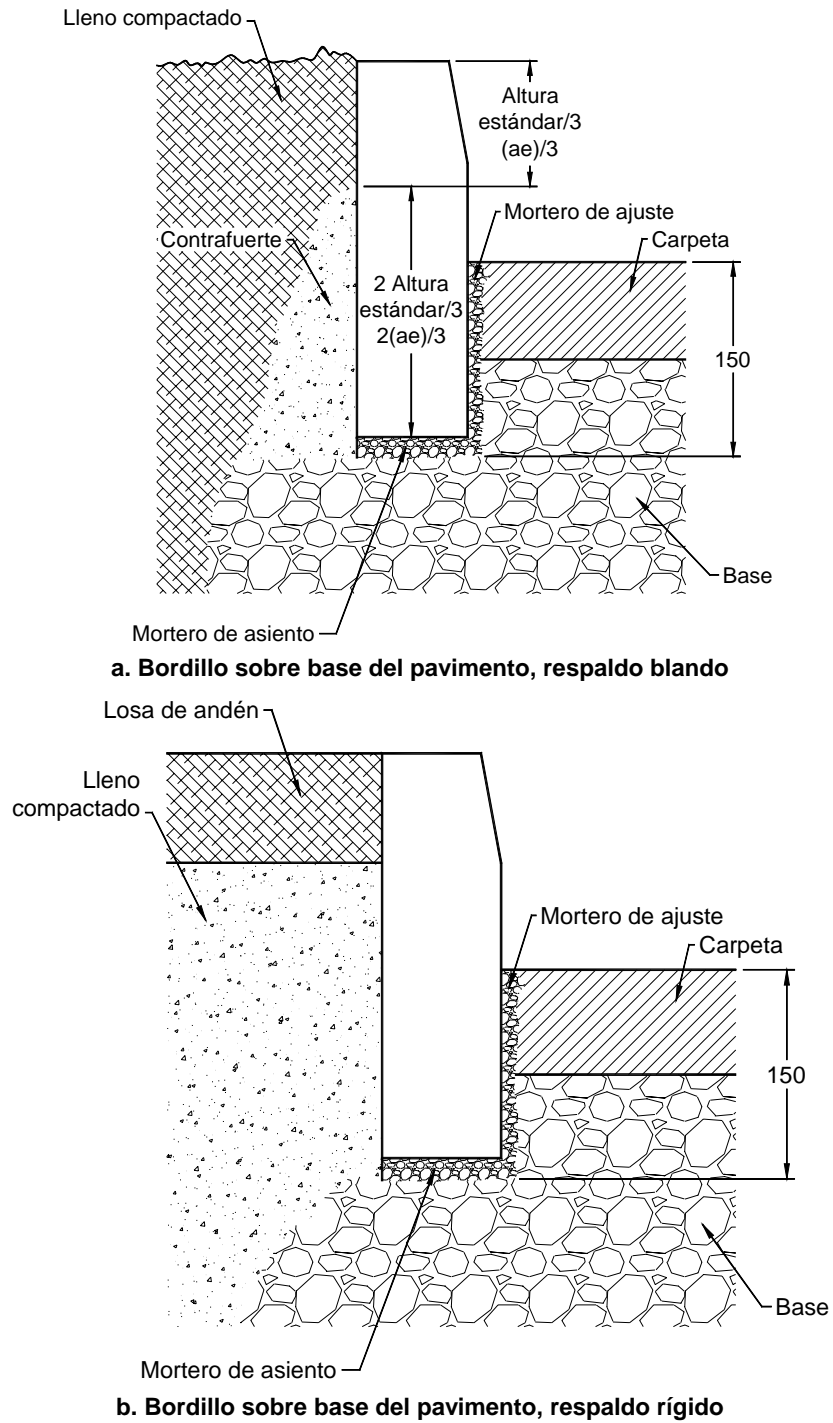
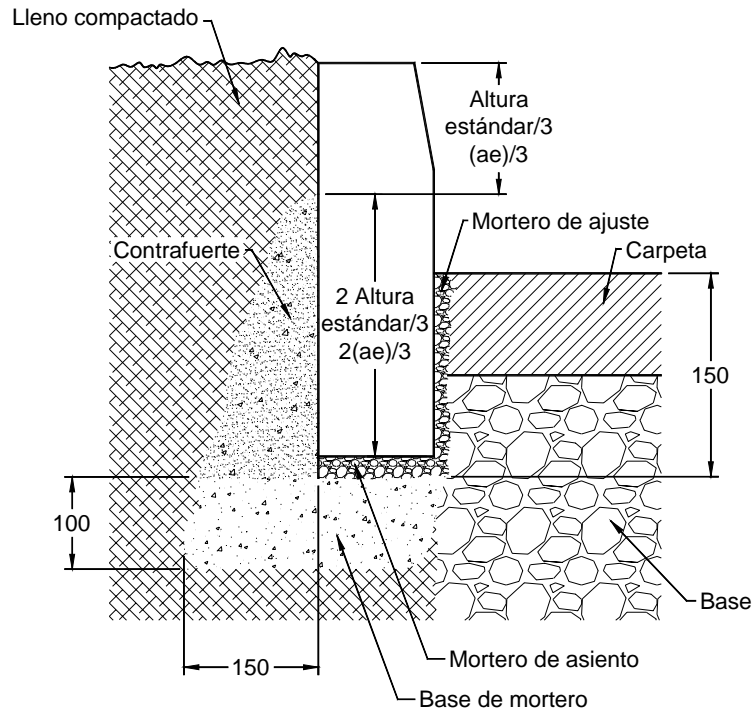
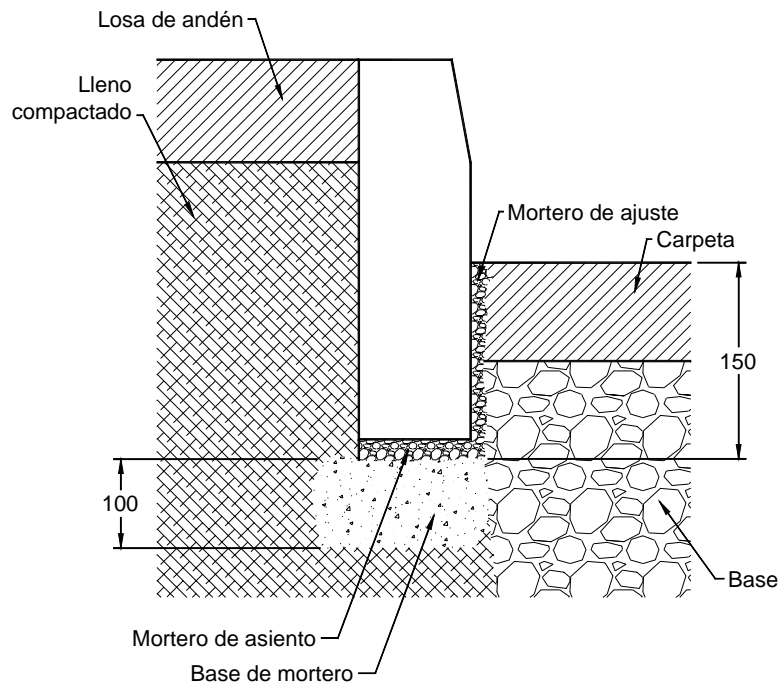


Figura A.1. Sistemas de fundación y soporte para bordillos y cunetas

Continúa...



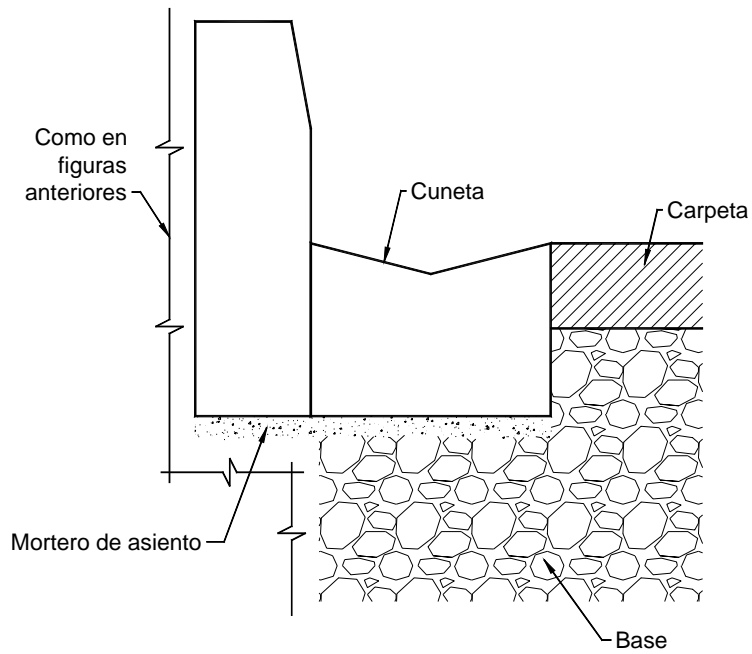
c. Bordillo sobre base de mortero, respaldo blando



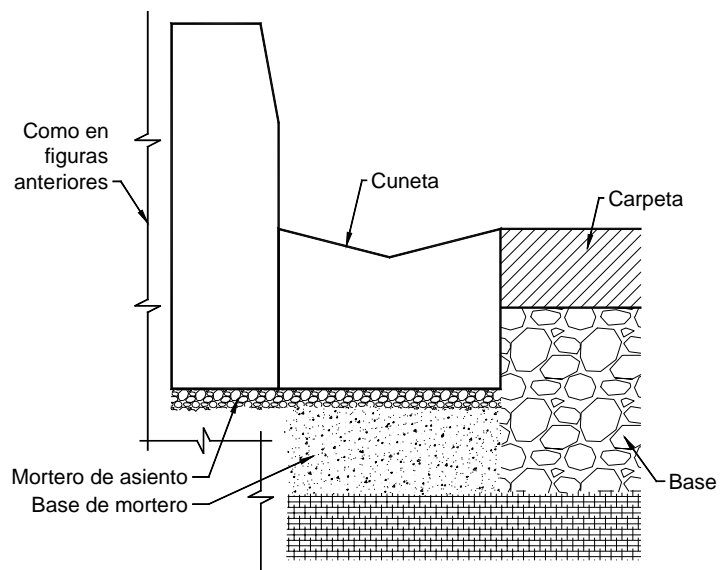
d. Bordillo sobre base de mortero, respaldo rígido

Medidas en milímetros

Figura A.1. (Continuación) Sistemas de fundación y soporte para bordillos y cunetas



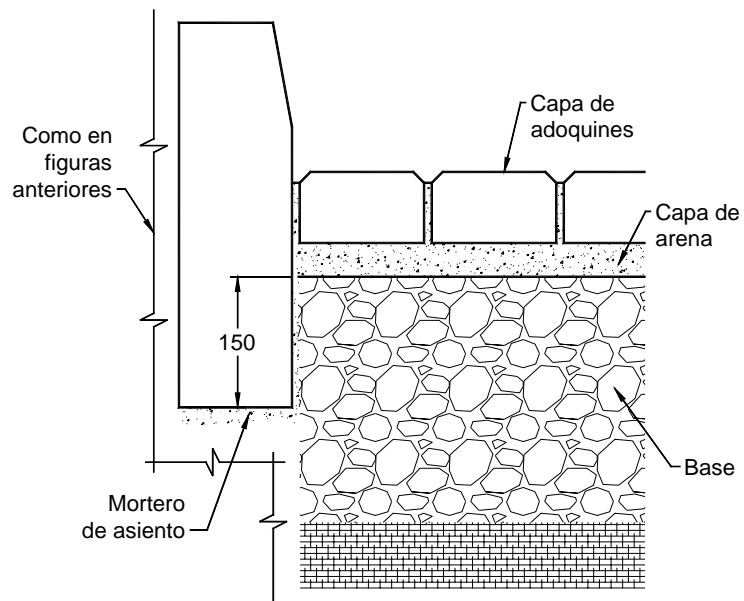
e. Cuneta sobre base del pavimento



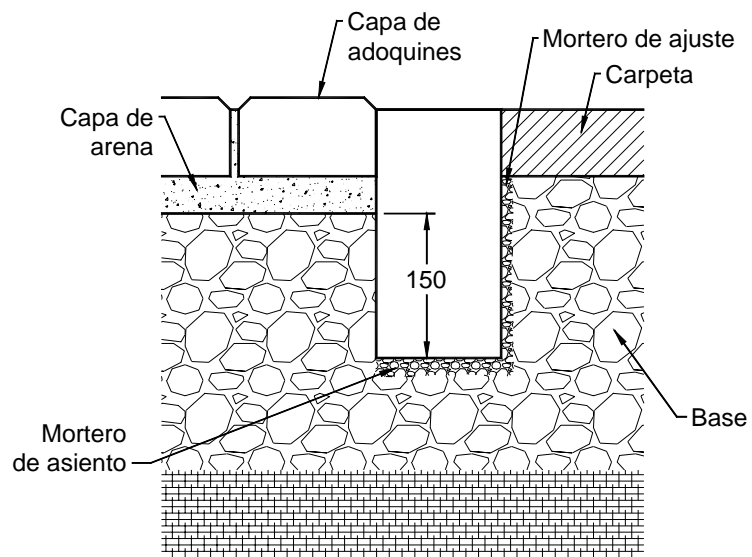
f. Cunetas sobre base de mortero

Medidas en milímetros

Figura A.1. (Continuación)



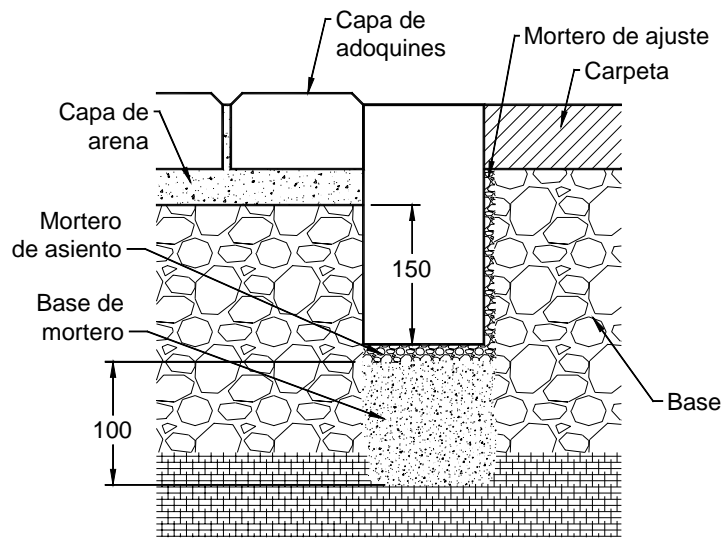
g. Profundidad de empotramiento en pavimentos de adoquines



Medidas en milímetros

h. Confinamiento entre pavimentos sobre base del pavimento

Figura A.1. (Continuación)



Medidas en milímetros

i. Confinamiento entre pavimentos sobre base de mortero

Figura A.1. (Final)

ANEXO B
(Informativo)

CÁLCULO DEL MÓDULO ROTURA DE ELEMENTOS PREFABRICADOS

En el ensayo a flexión del sardinel referencia A10 del IDU² que se presenta en la Figura B.1 se obtuvo una carga máxima de 73 100 N con una longitud del ensayo fue 750 mm.

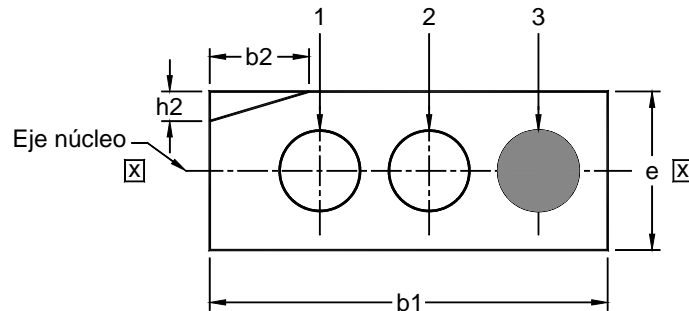


Figura B.1. Ensayo a flexión del sardinel referencia A10 del IDU

Para el cálculo del módulo de rotura se requiere conocer el momento de inercia con relación al eje perpendicular a la aplicación de carga y aunque existen diversos programas que calculan el momento de inercia en relación con el eje xx, a continuación se presenta el calculo detallado realizado con las fórmulas de momento de inercia para las secciones geométricas que conforman el sardinel:

	Sección	Fórmula	b ¹ (mm)	e (mm)	Área (mm ²)	a (mm)	I _{xx} (cm ⁴)
X		$\frac{1}{12}bh^3$	500	200	100 000		333 333 333


	Sección	Fórmula	b ² (cm)	h ² (cm)	A (cm ²)	a (mm)	I _{xx} (mm ⁴)
Y		$\frac{1}{12}bh^3$	100	50			1 041 667
		$I_{xx} = l + Aa^2$			2 500	8,33	1 215 278


	Sección	Fórmula	r ¹ (cm)		Área (cm ²)	a (cm)	I _{xx} (cm ⁴)
Z		$\frac{1}{4}\pi r^4$	50		7 853 79		4 908 619
							4 908 619

Continúa...

² IDU. Instituto de Desarrollo Urbano de Bogota D.C. www.idu.gov.co

(Continuación)

	Sección	Fórmula	r ¹ (cm)		Área (cm ²)	a (cm)	I _{xx} (cm ⁴)
U		$\frac{1}{4} \pi r^4$	50		7 853 79		4 908 619
							4 908 619

	Sección	Fórmula	r ¹ (cm)		Área (cm ²)	a (cm)	I _{xx} (cm ⁴)
V		$\frac{1}{4} \pi r^4$	50		7 853 79		4 908 619
							4 908 619

NOTA El valor de a corresponde a la distancia entre el centro de gravedad de cada sección y el eje neutro del sardinel localizado en $\frac{e}{2}$.

Se considera que las perforaciones se encuentran centradas en el eje neutro.

Inercia de la sección xx = X-Y-Z-U-W

Inercia de la sección xx = 317 392 199 mm⁴

Reemplazando en la fórmula $M_r = C_{m\acute{a}x} * I_r * e_r / (8 * I_{xx})$ (Véase el numeral 7.3.2)

se obtiene lo siguiente: $M_r = 73\ 100 * 750 * 200 / (8 * 317\ 392\ 199) = 4,32\ \text{MPa}$

ANEXO C
(Informativo)

BIBLIOGRAFÍA

AENOR. Bordillos y ríogolas prefabricados de hormigón. Definición, clasificación, características, designación, marcado y control de recepción. Madrid, 1991. 17p (UNE 127-025-91).

AENOR. Bordillos y ríogolas prefabricados de hormigón. Comprobación dimensional. Madrid, 1991. 4p (UNE 127-026-91).

AENOR. Bordillos y ríogolas prefabricados de hormigón. Determinación del coeficiente de absorción de agua. Madrid, 1991. 2p (UNE 127-027-91).

AENOR. Bordillos y ríogolas prefabricados de hormigón. Determinación de la resistencia a flexión. Madrid, 1994. 4p (UNE 127-028-91).

AENOR. Bordillos y ríogolas prefabricados de hormigón. Determinación de la resistencia a flexión. Madrid, 1994. 1p (UNE 127-028-94, 1a. Modificación).

British Standards Institution. Precast Concrete Flags, Kerbs, Channels, Edgings and Quadrants. Part 1. Specification. London, 1994. 20p (BS 7263: Part 1:1994).

British Standards Institution. Precast Concrete Flags, Kerbs, Channels, Edgings and Quadrants. Part 2. Code of Practice for Laying. London, 1990. 9p (BS 7263: Part 2: 1990).

British Standards Institution. Machine Laid in Situ Edge Details for Paved Areas. Code of Practice. London, 1980. 8p (BS 5931:1980).

Deutsche Institut fur Nurmung. Concrete Kerbs. Berlin, 1982. 5p (DIN 483 - 08.81).

Japanese Standards Association. Concrete Curbs. Tokyo, 1987. 7p (JIS A 5307-1987).

Standard Association of Australia. Concrete Kerbs and Channels (Gutters) - Manually or Machine Placed. North Sydney, 1987. 12p (AS 2876-1987).

Madrid Mesa, Germán Guillermo y Blanca Helena Zapata M. Elementos Complementarios de las Vías: Bordillos - Versión preliminar. Medellín, ICPC, 1993. 32 p (Documento 5-368-1275).