

DIRECCION NACIONAL DE VIALIDAD

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE INGENIERIA



ESCUELA DE GRADUADOS
INGENIERIA DE CAMINOS

Apuntes de
DISEÑO VIAL URBANO

Fuentes:

Diseño de Avenidas y Calles Urbanas

Ing. José D. LUXARDO

Las Carreteras Modernas

Dr. Ing. Erwin NEUMANN

COMPILACIÓN

FRANCISCO J. SIERRA
INGENIERO CIVIL — U B A

APUNTES SOBRE DISEÑO DE AVENIDAS Y CALLES URBANAS

A GENERALIDADES

. Las avenidas y calles urbanas cumplen tres funciones perfectamente definidas:

- servir al tránsito de vehículos mediante su calzada,
- servir al tránsito de peatones mediante sus veredas proveyendo acceso directo a las propiedades frentistas,
- servir al escurrimiento del agua de lluvia que cae sobre su superficie y las de las fincas frentistas conduciéndola hasta sumideros por donde pasan al sistema subterráneo de desagües.

. Dejaremos a un lado las consideraciones correspondientes al ancho total que deben tener las avenidas y calles, tarea específica de los urbanistas, para ocuparnos de las reglas que deben observarse en el diseño de los elementos.

Evidentemente, cuando estas reglas nos lleven a dimensiones de las partes incompatibles con el ancho disponible en un caso dado, habrá que aceptar soluciones intermedias e imperfectas cuya corrección futura sólo podrá hacerse cuando se amplíe el ancho de la calle por vía de legislación municipal.

. Las reglas que hemos aludido se refieren a:

1. Determinación del ancho de calzada.
2. Pendiente longitudinal de la calle.
3. Diseño geométrico de la sección transversal.
4. Tipo y diseño de cordones.
5. Diseño de veredas.
6. Intersecciones de calles.
7. Diseño y ubicación de elementos de desagüe.

cuya consideración en detalle pasamos a tratar.

B NORMAS DE DISEÑO

1. Determinación del ancho de calzada

. La determinación del ancho de calzada de una calle cualquiera debería basarse en la capacidad requerida para el tránsito, solución que normalmente está condicionada por el ancho total de la calle, y limitada por los recursos financieros disponibles.

. La apreciación de la capacidad requerida en una determinada calle plantea un problema sumamente complejo.

En realidad, la capacidad está limitada por la de las intersecciones, sobre cuya determinación la técnica vial actual sólo ha sondeado y establecido principios de solución para el caso particular de aquellas que cuentan con señalización automática, pero será aventurado extender sus conclusiones a todos los tipos de intersecciones de calles.

Por ello, y dando por sentado que las consideraciones referentes al ancho de calle y a los recursos disponibles son obvias, se prefiere dar normas de carácter general con respecto al dimensionamiento de su calzada en función del carácter de la calle.

. Para calles de muy escaso movimiento local en zona residencial suburbana se acepta un ancho mínimo de 5.50 m, de los cuales 3.00 m se destinan a la circulación, y 2.50 m a estacionamiento.

Este diseño se aplica comúnmente a las calles denominadas *cul de sac*, en cuyo extremo ciego se provee una superficie de maniobra para invertir la marcha, generalmente en forma de rotonda de dimensiones mínimas.

. Para calles residenciales comunes dentro de la ciudad, un diseño apropiado, a condición que la calle sea de una sola mano, es de 8.00 m de ancho, asignando 3.00 m para circulación y 2.50 m para estacionamiento a ambos lados.

. En zona comercial local puede adoptarse el diseño de calzada de 11.00 m de ancho, con dos vías centrales de circulación de 3.00 m cada una, y dos franjas para estacionamiento de 2.50 m cada una.

En la fijación de estos valores se tiene en cuenta la escasa velocidad de circulación del tránsito que permite aceptar un ancho de trocha relativamente reducido por una parte, y que no hace necesaria la separación física de manos por la otra.

. Para las avenidas urbanas, en las que sólo se tienen importantes volúmenes de vehículos de todo tipo, incluidos los de transporte público de pasajeros, sino también apreciable tránsito de peatones que obliga a balancear la distribución del ancho total entre ambas corrientes, no se pueden dar normas precisas excepto que el ancho de calzada debe ser como mínimo de 12.00 m excluida la zona de refugios o cantero central si los hubiese, valor que debe elevarse a 16.00 m cuando haya vías tranviarias.

La **Figura 1** ilustra la sección transversal de una conocida avenida de Buenos Aires.

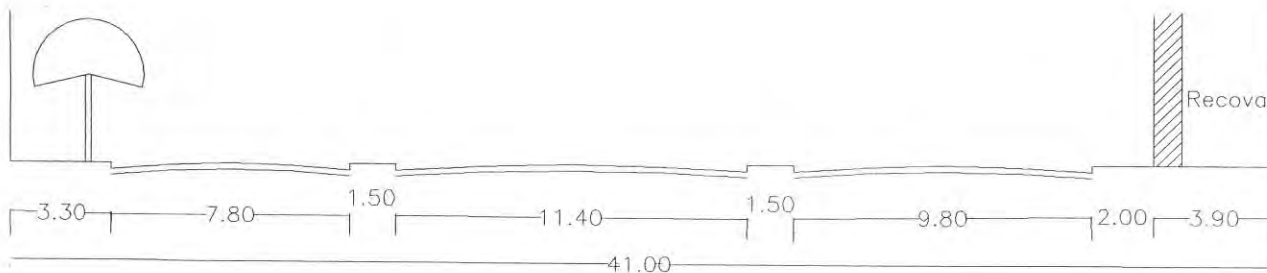


Figura 1. Tipo de avenida urbana: Leandro N. Alem, Buenos Aires

2. Determinación del perfil longitudinal de la calle

. En los pavimentos urbanos es menester determinar no sólo el perfil longitudinal del eje de la calzada, sino también el de fondo de cuneta y el de coronamiento de cordones, líneas que en la sección transversal de la Figura 2 corresponden respectivamente a los puntos A, B y C.

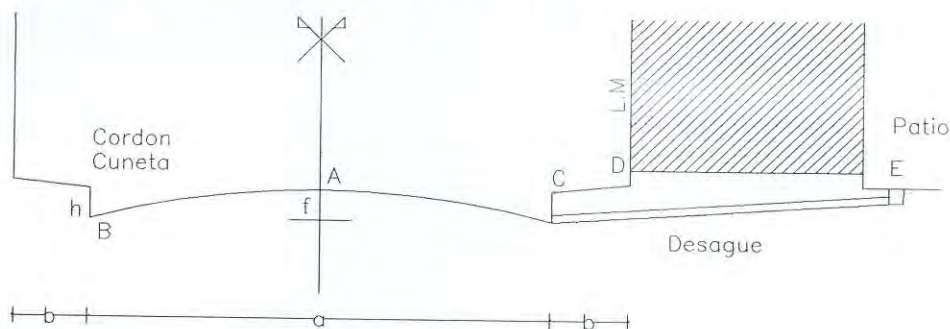


Figura 2. Sección transversal de una calle

. Estos perfiles están estrechamente relacionados entre sí, y aunque se trata siempre que sean paralelos, a menudo debe proyectárselos independientes dentro de ciertos límites. Estos límites corresponden a los valores máximos y mínimos que puede darse a la flecha f de la calzada en función de su ancho y tipo de pavimento, y a la altura h del cordón, dimensiones que expresan precisamente las diferencias altimétricas entre estas tres líneas.

. Dado que el campo de variación de los valores señalados es muy reducido, cualquier circunstancia que resulte determinante para uno de los perfiles, lo será para los demás. Así, una topografía relativamente accidentada será factor decisivo en la fijación de pendientes longitudinales máximas de la calzada; terrenos prácticamente horizontales exigirán la adopción de una pendiente mínima para el perfil longitudinal del fondo de cuneta; y la existencia de edificación particularmente de tipo comercial, con sus veredas, puede determinar la preminencia del perfil longitudinal del coronamiento del cordón.

. Las pendientes longitudinales máximas aceptadas comúnmente para calles en zonas comerciales son del orden del 4 %, teniendo en cuenta que una parte importante del tránsito de la calle estará integrado por camiones y por vehículos de transporte público de pasajeros. Para calles en zonas residenciales, donde será muy grande la preponderancia de automóviles, pueden aceptarse valores del orden del 7 %, aunque en casos extraordinarios se admite hasta el 10 %.

. Al fijar el valor de la pendiente máxima debe tenerse en cuenta también el tipo de pavimento a usar para apreciar el grado de seguridad que ofrezca contra el deslizamiento. Desde este punto de vista, se aconsejan los siguientes valores máximos:

Macadán bituminoso sin sellado	10 %
Hormigón	8 %
Carpeta asfáltica	5 %

. La pendiente mínima de la cuneta se fija lógicamente sobre la base de consideraciones hidráulicas. Dado que la cuneta tiene como función conducir el agua de lluvia hacia los dispositivos denominados sumideros que permiten la evacuación por el sistema subterráneo de desagüe, su pendiente de fondo debe ser suficiente para evitar el estancamiento de las aguas pluviales.

Los valores mínimos que se recomiendan con ese fin son de 0.3 % para pavimentos lisos, y de 0.4 % para pavimentos rugosos como el adoquín de granito.

. En terrenos muy llanos, a menudo se está obligado a fijar pendientes distintas para fondo de cuneta y eje de pavimento como medio para respetar el valor mínimo fijado a aquella. En tales casos, deberá adoptarse para la calzada una sección transversal de flecha mínima en correspondencia con los puntos altos del perfil longitudinal de la cuneta, que irá variando gradualmente hasta alcanzar la sección de máxima flecha en correspondencia con los sumideros.

. Por otra parte, debe tenerse presente que la pavimentación de una calle tiene efecto, en la mayoría de los casos, después de haberse desarrollado la edificación a su vera. Ello determina una relación vertical entre el punto B, fondo de cuneta indicado en la Figura 2, y el punto E, nivel de patio o fondo de las fincas, que haga posible el desagüe hacia la calzada del agua de lluvia que cae sobre ellas.

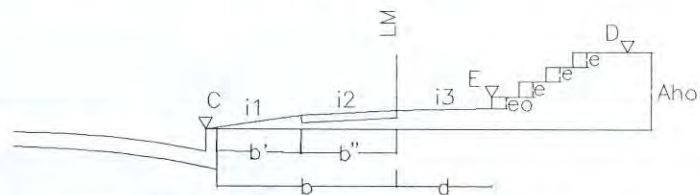
. Queda por considerar finalmente el perfil longitudinal de coronamiento de cordón.

El cordón forma parte de la cuneta con su paramento vertical, y delimita la vereda; ésta tiene su pendiente hacia la calzada para que el agua de lluvia pueda escurrir hacia la cuneta, por lo que es indispensable que el coronamiento del cordón permita ese escurrimiento.

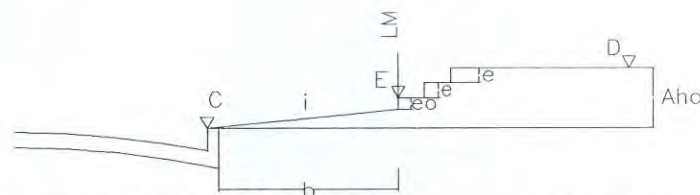
En otras palabras, el coronamiento debe constituir el punto más bajo en una sección transversal cualquiera de la vereda.

. Pero la vereda, cuya construcción previa se supone, tiene una definida relación con los niveles de piso de los edificios a los cuales sirve, siendo esa relación más o menos elástica según la zona de la ciudad en que esté ubicada la calle, así como según el tipo de edificación.

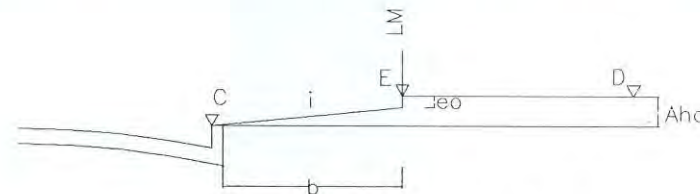
. Si llamamos C a la cota de cordón que nos proponemos determinar, y D a la cota de piso del edificio correspondiente a una determinada progresiva de la calle, pueden presentarse los casos que ilustra la **Figura 3**.



Caso a) Calle suburbana



Caso b) Calle urbana residencial



Caso c) Calle comercial

Figura 3. Relación entre cota de cordón y cota de piso

a. Si se trata de una calle suburbana, es corriente que el ancho b de vereda no esté totalmente pavimentado; habrá un ancho b' recubierto con césped, y un ancho b'' que llevará baldosas. En tales condiciones, será necesario fijar una pendiente i_1 comprendida entre el 4 y el 6 % para la zona de césped, y una pendiente i_2 con valores mínimos de 2 % y máximo de 4 % para la parte cubierta con baldosas, para asegurar un correcto desagüe. Además, si el edificio está retirado una distancia d desde la línea municipal, habrá que prever una pendiente $i_3 = 1$ % en el acceso por el jardín.

Finalmente se alcanzará el nivel de piso mediante un escalón de entrada de altura e_0 comprendida entre 4 y 10 cm y cuya cota E se designa corrientemente como *cota de umbral*, más un cierto número de escalones de altura e , corrientemente igual a 15 cm.

Si llamamos n al número de estos escalones, podemos calcular la diferencia de cotas entre los puntos C y D mediante la expresión:

$$\Delta h_0 = i_1 \cdot b' + i_2 \cdot b'' + i_3 \cdot d + e_0 + n \cdot e \quad (1)$$

. Supongamos ahora que la cota C hubiera sido determinada por otros factores, y que resultara una cierta diferencia de cotas $\Delta h_0'$ con el nivel del piso. Será menester averiguar en primer término si ese valor es igual o mayor que el que resultaría para Δh_0 calculado con las pendientes mínimas, con $e_0 = 4$ cm, y con $n = 0$. Si así ocurriera, se podrá alcanzar el valor $\Delta h_0'$ jugando con los valores de las pendientes y con el número de escalones.

Pero si la cota determinada para C implicara una diferencia $\Delta h_0'$ menor que la Δh_0 mínima calculada en la forma descrita, o, en caso extremo, si $\Delta h_0'$ fuera negativo; es decir, si el punto C estuviera por encima del punto D , se tendría un problema insoluble para el desagüe pluvial superficial de la propiedad privada hacia la calle, requiriéndose en tal caso la construcción de un sistema especial de desagüe.

b. Cuando la calle está ubicada en zona urbana residencial, se tendrá en general que la totalidad del ancho b de vereda estará pavimentado, y que los edificios tendrán sus frentes en coincidencia con la línea municipal. La diferencia de cotas entre los puntos C y D será, para estas condiciones:

$$\Delta h_0 = i_1 \cdot b + e_0 + n \cdot e \quad (2)$$

en la que la pendiente i deberá estar comprendida entre el 2 y el 4 %, siendo válidos para e_0 y e los valores dados precedentemente.

c. Para calles en zona comercial valen las mismas consideraciones hechas en el caso anterior, con la limitación de que debe evitarse en lo posible el agregado de escalones pueden afectar el valor comercial del inmueble. Podríamos escribir entonces para este caso:

$$\Delta h_0 = i_1 \cdot b + e_0 \quad (3)$$

. Como puede apreciarse, las condiciones para establecer la diferencia altimétrica entre los puntos C y D se tornan más rígidas a medida que aumenta la importancia de la calle, debiendo hacerse notar que para estos dos últimos casos es prácticamente inadmisibles que el punto C esté a mayor altura que el D .

Esto no sólo por el costo de las instalaciones que será menester construir para asegurar su desagüe, sino también por las indemnizaciones que seguramente habría que abonar por la pérdida de valor locativo o comercial de los edificios.

. De todo lo expuesto se deduce que la determinación del perfil longitudinal del coronamiento de cordón es de capital importancia, quedando subordinados a él los perfiles longitudinales de centro de calzada y de fondo de cuneta, si no median los factores ya analizados que pudieran hacer prevalecer alguno de estos dos perfiles.

. Las relaciones altimétricas de los tres perfiles están dadas por la flecha f de la calzada y por la altura h del cordón, de cuyos valores nos ocuparemos en los apartados sucesivos, y si bien pueden no ser paralelos entre sí, es regla mantener ese paralelismo entre los perfiles correspondientes a cordón y centro de calzada para lograr un mejor aspecto del conjunto.

. Cuando se produce un cambio de pendiente, se identifican éstas en el perfil longitudinal del eje de calzada mediante una curva vertical cuya longitud mínima se calcula sobre la base de una baja velocidad de circulación, del orden de los 40 km/h, y bajo coeficiente de fricción.

La curva así calculada se aplica igualmente a los perfiles longitudinales de cordón y cuneta.

. Las curvas verticales cóncavas mejoran apreciablemente el aspecto de las calles, ocurriendo lo inverso con las convexas, lo que motiva la recomendación de los urbanistas de introducir un cambio planimétrico de dirección de la calle en correspondencia con esos puntos para disimular o anular el efecto adverso de esas curvas verticales.

Como es lógico, ello sólo puede hacerse en la etapa de planeamiento de un núcleo urbano y no en poblaciones existentes, con importantes desarrollos edilicios a lo largo de sus calles.

. Todos lo expresado respecto de los perfiles longitudinales se refiere a los tramos de calles comprendidos entre intersecciones o encrucijadas.

Es evidente que en el estudio del perfil longitudinal del eje de calzada debe tenerse e cuenta, además de todos los elementos considerados, los niveles de las calles transversales que cruzan o empalman con la que se estudia.

Pero como la zona de intersección presenta problemas muy particulares que obligan muy a menudo a quebrar la continuidad del perfil de la calzada a uno y otro lado de la intersección, se considera conveniente tratarla por separado.

3. Diseño geométrico de la sección transversal de la calzada

. Por razones de desagüe, la calzada se construye con sección transversal convexa.

La sobreelevación del centro de la calzada con respecto a los bordes, o sea la flecha de la curva que define su superficie, varía fundamentalmente en función de la pendiente longitudinal y del tipo de pavimento para un dado ancho de calzada.

Las razones son obvias. Con respecto a la pendiente longitudinal, imaginemos por un momento que sea nula y que hayamos aceptado para el pavimento una sección que tenga una pendiente transversal media del 3 %, que será la que recorrerá el agua de lluvia que caiga sobre el pavimento.

Si ahora suponemos que la pendiente longitudinal de la calle es del 4 % y mantenemos la misma sección transversal, el agua no recorrerá ni normal ni paralelamente al eje de la calzada, sino que lo hará longitudinalmente buscando la línea de máxima pendiente.

El valor de ésta, para el ejemplo supuesto, será aproximadamente igual a 5 %, lo que nos dice que si se había conceptuado suficiente la pendiente del 3 % para el escurrimiento del agua, se excede innecesariamente ese valor al mantener la sección transversal que corresponde a una calzada de pendiente longitudinal nula para una calzada de pendiente dada.

. En lo que se refiere al tipo de pavimento, los de textura lisa y superficie prácticamente impermeable requerirán menos pendiente transversal, y, consecuentemente, menor flecha, que los de textura rugosa y algo absorbente.

Por otra parte, cuanto mejor sea la calidad del pavimento, mayor será la resistencia a las deformaciones que tienda a producir el uso, conservándose más estable la pendiente transversal original.

. La necesidad de dar una forma convexa al pavimento se mantiene aun en zonas extremadamente secas, con muy escasos y ocasionales caudales a desaguar, porque no sólo resulta más conveniente la apariencia general, sino que facilita las operaciones de limpieza por riego.

. No se pueden dar normas rígidas sobre el valor de la flecha a adoptar en un caso dado, ni tampoco sobre la forma de la superficie de la calzada, por cuando no hay acuerdo completo entre los técnicos sobre estos puntos, de modo que nos referiremos a las prácticas corrientes sobre el particular sin darles el carácter de reglas invariables.

. Para la determinación de la flecha, existen una serie de fórmulas empíricas siendo posiblemente una de las más conocidas las de Rosewater que dan la flecha f en función del ancho a de la calzada y de su pendiente longitudinal i para pavimentos con carpeta asfáltica y para otros tipos de pavimentos.

Estas fórmulas son:

$$\text{Carpeta asfáltica} \quad f = \frac{a}{5000}(100-4i) \quad (4)$$

$$\text{Otros tipos} \quad f = \frac{a}{6000}(100-4i) \quad (5)$$

en las que la pendiente i está expresada en por ciento.

. Otra fórmula también muy usada es la que adoptó la ciudad de Wáshington para el diseño de sus calles, que expresa

$$f = \frac{a}{6300+50i^2} (100-4i) \quad (6)$$

en la que los términos tienen el mismo significado anterior. Esta fórmula es válida para pavimentos muy lisos, debiendo incrementarse la flecha en 2.5 cm cuando se la calcula para otros tipos de pavimentos.

. Finalmente, en la **Figura 4** se indica un gráfico usado en varias ciudades norteamericanas que da el valor de la flecha en función del ancho de calzada, tipo de pavimento, y pendiente longitudinal.

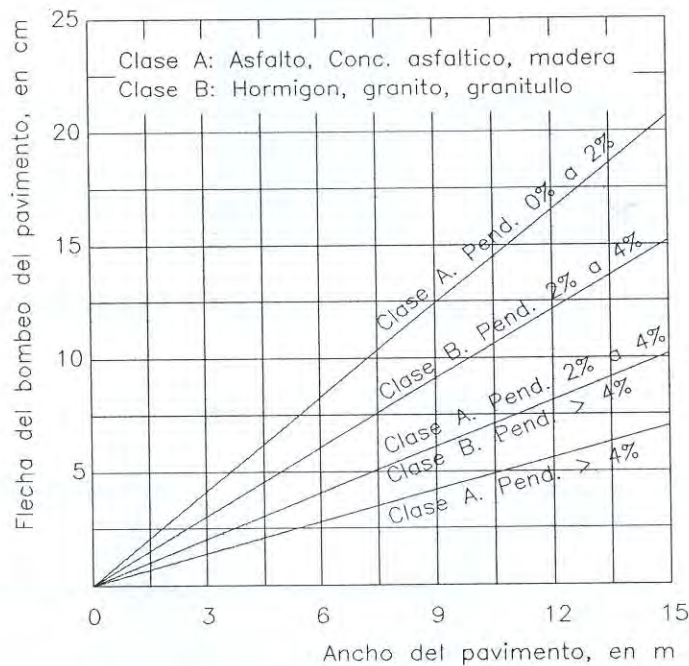


Figura 4. Bombeo de pavimento

. En lo que respecta a la forma de la superficie de la calzada, es práctica casi universal adoptar un perfil que responde a la parábola cuadrática. Pero deben distinguirse dos casos:

- cotas de ambos cordones iguales, lo que determina un *perfil simétrico* con respecto al eje de la calzada;
 - cotas de ambos cordones desiguales, en cuyo caso se tiene un *perfil asimétrico*.
- a. *Perfil simétrico*. El vértice de la parábola coincide con el eje del pavimento. Definido el valor de la flecha f , y conocido el ancho a , la ecuación de la curva es:

$$y = \frac{4f}{a^2} x^2 \quad (7)$$

como puede deducirse fácilmente observando la **Figura 5**.

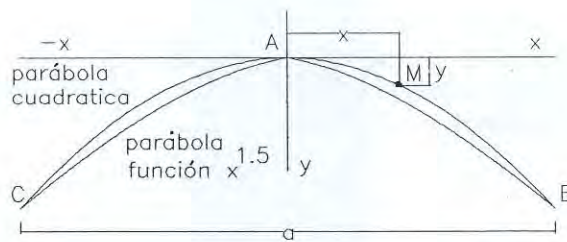


Figura 5. Sección transversal de la superficie de la calzada

Esta expresión permite calcular de inmediato la diferencia de cotas entre el centro de la calzada y un punto cualquiera M situado a la distancia x del eje.

- Por otra parte, si derivamos la expresión (7), tendremos:

$$y' = \operatorname{tg} \alpha = \frac{8f}{a^2} x \quad (8)$$

con la cual podemos determinar la inclinación transversal del perfil en cualquier punto.

. Esta práctica es correcta para calzadas de anchos inferiores a 15 m. Para anchos superiores, la aplicación de la fórmula descrita conduce a pendientes transversales prácticamente nulas en las proximidades del eje, por lo que se prefiere cambiar la expresión escrita transformándola en una parábola de ley:

$$y = k \cdot x^{1.5} \quad (9)$$

en la que la constante k se calcula para $x_{\text{máx}} = a/2$ e $y_{\text{máx}} = f$

$$k = f (2/a)^{1.5}, \text{ resultando en consecuencia:}$$

$$y = f (2/a)^{1.5} x^{1.5} \quad (10)$$

Con ello se logra forzar un poco la pendiente transversal en la zona central a expensas de una disminución en los bordes.

Esta pendiente transversal está dada por:

$$y' = \text{tg } \alpha' = 1.5 f (2/a)^{1.5} x^{0.5} \quad (11)$$

Si para un dado ancho de calzada deseamos conocer la abscisa común de los puntos de ambas superficies en los que las tangentes tienen igual inclinación, igualamos las expresiones (8) y (11) y operando llegamos a:

$$x_e = 9/32 a$$

En estos casos de calzadas anchas, conviene aumentar la pendiente transversal llevándola a un 5 % como mínimo en una faja de 1 m de ancho contigua al cordón, para hacer cómodamente practicable el cruce de la calzada por los peatones durante la lluvia.

En efecto, sea el caso de una calzada lisa de 15 m de ancho cuya pendiente longitudinal esté comprendida entre el 2 y el 4 % a la cual le corresponde un bombeo de 0.10 m según el diagrama de la **Figura 4**.

Si adoptamos el perfil de la parábola cuadrática, la pendiente transversal en la faja próxima al cordón será:

$$\frac{8f a}{a^2 \cdot 2} = \frac{4f \cdot 0.40}{a \cdot 15} = 2.7 \%$$

Quiere decir que bastaría un tirante de agua de 0.05 m para que el ancho del espejo fuera aproximadamente de 2.00 m; en cambio, con la pendiente aconsejada del 5 %, el ancho se reduce a 1.00 m que puede ser salvada fácilmente por el peatón.

Lógicamente habrá que reajustar el diseño de la sección transversal cuando se adopta este criterio, el cual se puede simplificar calculando la flecha que corresponde a un ancho de $(a-2)$ m, y sumándole el producto $i \cdot 1$ m para obtener la diferencia de cota entre centro de calzada y fondo de cuneta.

b. *Perfil asimétrico.* Cuando el nivel de los edificios situados de un lado de la calle es mayor que el de los situados en el lado opuesto, es preferible proyectar el cordón de ese lado más alto que el otro, resultando así una sección asimétrica.

Esta solución favorece el aspecto general de la calle, no introduce modificaciones sustanciales en el acceso a las propiedades frentistas, y simplifica el proyecto de las encrucijadas.

. La diferencia máxima admisible entre los niveles de ambos cordones en el caso que consideramos es igual al bombeo que le corresponde a una calzada de ancho doble al de la calzada en cuestión.

. La sección transversal se diseñará de la forma siguiente **Figura 6:**

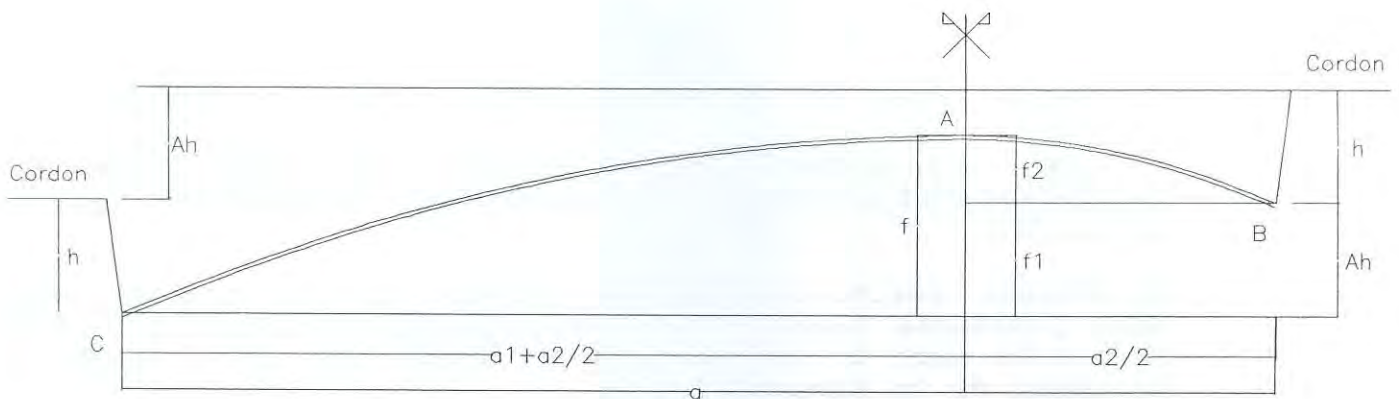


Figura 6. Sección transversal asimétrica de una calle

- Se determina el ancho del pavimento para el cual la diferencia Δh entre niveles de cordones sería la flecha correcta. A ese ancho lo llamaremos $2a_1$
- Si a es el ancho real del pavimento, se determina para la calzada ficticia de ancho $a - a_1 = a_2$ la flecha f_2 que le corresponde, y se toma como línea de coronamiento de la calzada la ubicada a la distancia $a_2/2$ medida desde el cordón más alto.
- Se completa el perfil trazando los arcos de parábola AC y AB , ambos con vértice en A y pasando por los puntos fijados como fondo de cuneta.

. Supongamos por ejemplo tener un ancho de calzada $a=15.00$ m; diferencia de altura de los cordones $\Delta h=0.15$ m; pendiente de la calle: 4 %, y pavimento de hormigón.

Del diagrama de la Figura 4 hallamos que para una flecha $f_1 = \Delta h = 0.15$ m corresponde un ancho $2a_1 = 14$ m.

Por lo tanto $a_1 = 7.00$ m y $a_2 = a - a_1 = 8.00$ m, ancho al cual corresponde una flecha de 0.09 m, según el mismo diagrama.

En consecuencia, el arco de parábola AB queda definido por $a_2/2 = 4.00$ m y por $f_2 = 0.09$ m; y el arco de parábola AC para $a_1 + a_2/2 = 11.00$ m y por $f_1 + f_2 = 0.24$ m, con lo cual puede calcularse cualquier punto del perfil.

4. Tipo y diseño de cordones

. El cordón que bordea al pavimento tiene como función definir netamente las superficies destinadas al tránsito de vehículos y al de peatones, sostener la vereda o cantero adyacente, y formar uno de los costados de la cuneta.

. La altura del cordón se fija con criterio estético, por economía, y sobre todo procurando hacer cómodo su ascenso por el peatón. Un valor corriente es de 0.15 m, no siendo excepcional llegar hasta 0.18 m.

. El diseño del perfil longitudinal del coronamiento del cordón ha sido considerado en el Apartado 2, al ocuparnos del perfil de la calle.

. La Figura 7 muestra algunos tipos de cordones y sus dimensiones.

El cordón de granito se emplea preferentemente para pavimentos de adoquín del mismo material, el de hormigón para pavimentos de hormigón, y el cordón cuneta para los distintos tipos de pavimentos asfálticos.

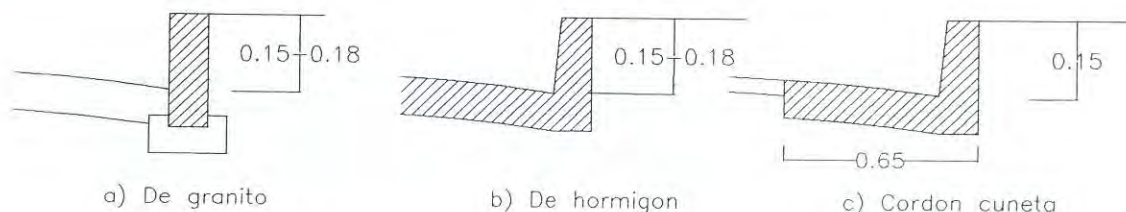


Figura 7. Tipos de cordones

5. Diseño de veredas

. Teóricamente, el ancho de vereda debe determinarse de acuerdo con el volumen del tránsito de peatones, asignando una capacidad de descarga de 1100 a 1500 personas por hora y por carril de 0.55 m de ancho.

Las dificultades inherentes a este tipo de estudio hace que, por regla, se prescindiera de ellos y se determinen anchos aconsejados por la experiencia.

Para zonas residenciales suburbanas se considera suficiente un ancho pavimentado de 1.50 m.

Para zonas residenciales urbanas bien desarrolladas, de 2.00 m a 2.50 m, y para zonas comerciales, entre 3.00 m y 9.00 m.

. Las veredas desaguan hacia las cunetas por encima de los cordones; la pendiente transversal que se les fija varía corrientemente entre el 2 y el 4 %, aunque es necesario a veces forzarla un poco, particularmente en las intersecciones. En tales casos debe procurarse no exceder del 6 % por razones de comodidad de los peatones.

. No es de práctica establecer el perfil longitudinal de vereda dado que puede considerarse como tal al fijado para el coronamiento del cordón.

6. Intersecciones de calles

. El estudio de la intersección de dos calles es simple en general desde el punto de vista planimétrico, pero delicado desde al punto de vista altimétrico, a tal punto que a menudo es necesario modificar las pendientes longitudinales de las calles en la zona de la intersección forzándolas antes de llegar a ella y reduciéndolas en ésta, para poder resolver los distintos problemas que plantean.

. El estudio planimétrico consiste en establecer el máximo radio de curvatura posible para la curva de empalme de los cordones de ambas calles.

Ello dependerá fundamentalmente de la existencia o no de ochavas en la línea de edificación, del ancho de las veredas, y del ángulo de encuentro de las calles, debiendo procurarse que la curva proyectada no reduzca sensiblemente los anchos mencionados.

No deberá descenderse de los 6.00 m, siendo aconsejable adoptar en lo posible 9.00 m por cuanto éste es el radio de la curva más cerrada que pueden describir las ruedas internas de los vehículos mayores, ómnibus y camiones.

. El estudio altimétrico debe considerar la seguridad para el tránsito automotor, la comodidad de los peatones, y la adecuada eliminación del agua de lluvia.

La cuestión de la seguridad para el tránsito automotor se presenta cuando al estudiar la intersección de dos calles con fuertes pendientes es necesario admitir peraltes negativos para algunos de los movimientos posibles de giro.

. En lo concerniente a la seguridad de los peatones, deberá procurarse no exceder la altura normal del cordón, pero sobre todo habrá que determinar con cuidado la altimetría del coronamiento de ellos en los tramos curvos de enlace entre los cordones de una calla y otra.

Esa altimetría definirá la pendiente transversal de la vereda, la cual deberá limitarse a un máximo del 6 %.

. En lo que se refiere a la eliminación del agua de lluvia, deben observarse las reglas siguientes:

- a. El escurrimiento del agua no debe impedir u obstaculizar seriamente el cruce de la calzada por los peatones, para lo cual deberá proyectarse la ubicación de los sumideros de manera tal que intercepten la corriente de agua antes del cruce.
- b. Se evitará que los vehículos estén forzados a cruzar corrientes de agua cerca de la línea de cruce de peatones.
- c. Las disposiciones que se adopten para guiar el agua de lluvia o forzarla a penetrar en los sumideros no deben disminuir el ancho de la calzada ni ofrecer depresiones acentuadas del pavimento.
- d. El desagüe debe estudiarse en forma tal que se evite la concentración de un gran volumen de agua en la zona de la intersección, a cuyo efecto será necesario en algunos casos disponer sumideros en puntos que permitan captar parte del agua antes de que llegue al cruce.

. La franja de pavimento que intercomunica las veredas a través del cruce es la que usan normalmente los peatones, y debe evitarse el paso del agua a través de ella.

Salvo evidentemente el escaso volumen producto del escurrimiento sobre la vereda contigua.

La **Figura 8** ilustra sobre la forma apropiada de ubicar los sumideros para obtener ese resultado.

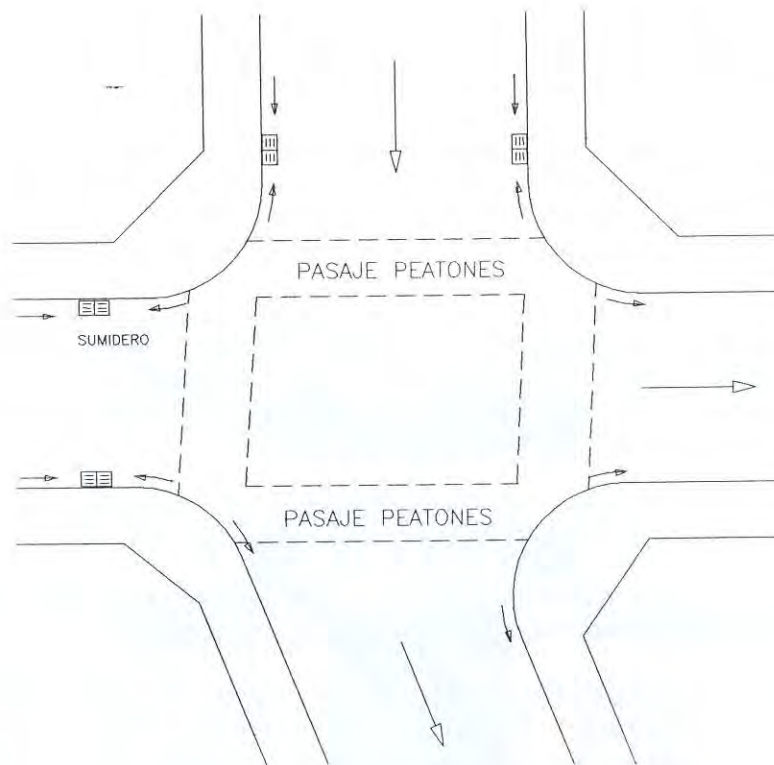


Figura 8. Esquema de desagüe en intersecciones de calles

. Veremos un poco más en detalle el estudio altimétrico de las intersecciones consideradas separadamente los casos en que las pendientes de las calles que se encuentran son iguales o menores que el 2 %, y las que son mayores.

a. Calles con pendientes iguales o menores que el 2 %.

En general se puede adoptar cualquiera de los dos criterios que se exponen a continuación.

• 1er. Criterio. Consiste en mantener invariable el perfil longitudinal de centro de calzada de ambas calles, absorbiendo las diferencias de cotas que se producen entre los cordones mediante perfil asimétrico, mediante variación en las alturas de los cordones, o mediante una combinación de ambos procedimientos.

Analicemos este criterio.

Supongamos tener la intersección de dos calles, Calle I y Calle II en la Figura 9. La primera con una pendiente $i_1=1\%$, y la segunda con $i_2=2\%$.

Admitimos que las características de las secciones transversales de las calzadas son:

• ancho de calzada	a_1	12.00 m
	a_2	10.00
• flecha parábola	f_1	0.15 m
	f_2	0.12
• ancho vereda	b_1	4.00 m
	b_2	3.00
• altura cordón	$h=h_1=h_2$	0.15 m
• radio curva enlace	$r=r_1=r_2$	6.00 m

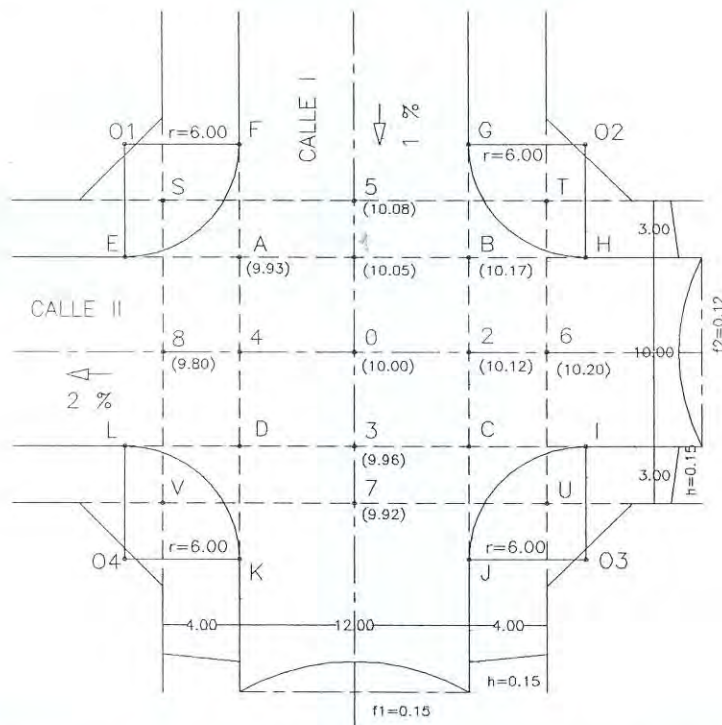


Figura 9. Estudio altimétrico de una intersección de calles

• Sea 0 el punto de intersección de los ejes de calzada al cual asignamos una cota arbitraria (10.00). Comenzaremos por distinguir dos áreas distintas de intersección.

La primera, definida por los puntos A, B, C y D, de encuentro de las líneas de cordones que llamaremos *área de líneas de cordones*.

La segunda, definida por los puntos S, T, U y V, de encuentro de las líneas de edificación que llamaremos *área de líneas de edificación*.

Ahora, partiendo del punto 0 calculemos las cotas de los ejes de calzada en correspondencia con los límites de las áreas mencionadas, obteniendo para los puntos 1, 2, 3, 4, y 5, 6, 7 y 8 las cotas que se indican en la figura.

. Consideremos el perfil transversal de la Calle I aplicado en el punto 1, pero con una inclinación del 2 %, que es la pendiente de la Calle II, aceptando que el perfil asimétrico resultante siga teniendo su coronamiento en correspondencia con el eje de la calzada.

Se obtiene así:

$$\text{Cota } A = \text{Cota } 1 - f_1 - a_1/2 \cdot i_2 + h = 9.93$$

$$\text{Cota } B = \text{Cota } 1 - f_1 + a_1/2 \cdot i_2 + h = 10.17$$

puntos ficticios ambos, por cuanto evidentemente no habrá cordón en correspondencia de ellos en el proyecto terminado.

Partiendo de *A*, determinamos la cota del punto *F* que es el comienzo de curva de cordón sobre Calle I sumándole a la Cota *A* el producto $r \cdot i_1$.

Sigamos analizando este sector y tomemos ahora el perfil de la Calle II aplicado en el punto 4 con una inclinación del 1 %. Se obtiene para *A* una nueva cota de 9.96 que nos permite calcular la del punto *E*, comienzo de curva del cordón sobre la Calle II, mediante resta del producto $r \cdot i_2$.

Conocidas las cotas de los puntos *E* y *F*, se puede calcular la de un punto cualquiera *Z* de la siguiente manera: se traza por *Z* la tangente a la curva que intersectará en *Z'* a la recta *AF* y en *Z''* a la *AE* a distancias *m* y *m'* respectivamente de los puntos *F* y *E*.

Se calculan las cotas de *Z'* y *Z''* y finalmente se obtienen por interpolación con las distancias $(n+n')$ y *n*, la cota del punto *Z*.

En forma análoga se calculan todos los puntos intermedios que se considere conveniente, en particular el que se encuentra sobre la prolongación de la diagonal *AO*.

. A continuación se determina la cota de fondo de cuneta en correspondencia con ese punto y se bosqueja un perfil tentativo para la semisección cuidando que tenga suficiente pendiente transversal en la zona inmediatamente próxima a la cuneta, que ofrezca una trayectoria suave y con peralte de signo positivo para los vehículos que giran por la trocha contigua al cordón, y que armonice adecuadamente el encuentro de los dos perfiles parabólicos.

. Como es evidente que con ese solo perfil no se resuelve el acotamiento del sector de la intersección bajo análisis, podrían estudiarse otros semiperfiles entre cordón y centro de calzada, pero el procedimiento será largo y engorroso por lo que se prefiere trabajar de la siguiente forma:

Se considera a la intersección como el encuentro de dos pavimentos de hormigón constituidos en sus tramos rectos por losas de 10.00 m de largo y alrededor de 3.00 m de ancho, las cuales se transforman en losas irregulares en la zona de intersección, diseñadas de manera que no presenten ángulos agudos en su perímetro y limitando la dimensión mínima de cada lado a 1.50 m por razón de resistencia de la losa, según puede apreciarse en la Figura 10.

La atenta consideración de esta figura permitirá analizar el criterio seguido en el acotamiento de los vértices de losas para la intersección en estudio.

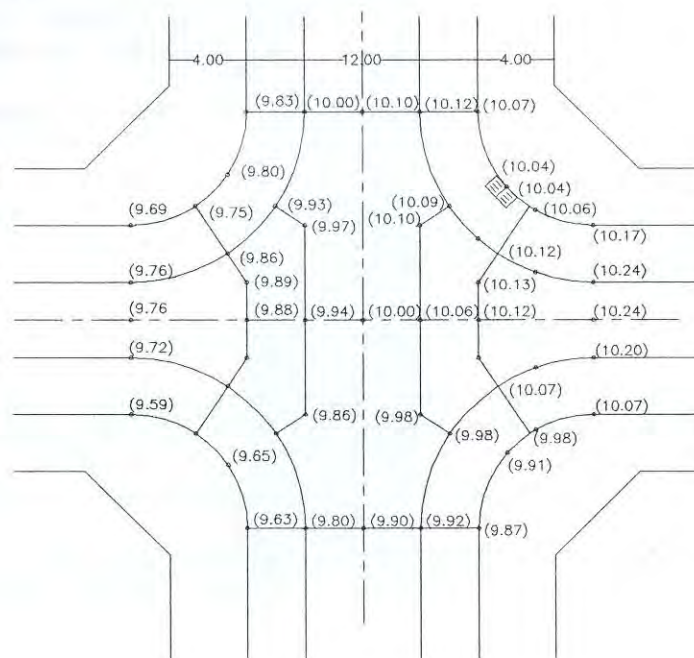


Figura 10. Acotamiento de una intersección de calles
Solución del desagüe con sumidero

. Esta división de losas carece evidentemente de sentido, desde el punto de vista constructivo, si los pavimentos no son de hormigón, pero sirve muy adecuadamente como sistema de coordenadas para ubicar los puntos cuyas cotas de determinan.

. Otro procedimiento de trabajo es el preconizado por Besson y consiste en estudiar la intersección mediante el empleo de curvas de nivel que se diseñan partiendo del acotamiento de las secciones normales de las calzadas en las entradas de la intersección, y del estudio de los perfiles diagonales. Este procedimiento es sin duda muy completo, pero de laborioso estudio, sólo justificable en intersecciones de altimetría muy complicada.

. Cuando una de las calles que se intersectan es mucho más importante que la otra, es aconsejable proyectar ambos cordones de la calle principal con una misma cota, y mantener su perfil transversal simétrico con respecto al eje de calzada. Desde luego, ello determina un quiebre en el perfil longitudinal de la calle secundaria, con cambio de pendiente a ambos lados de la intersección.

. 2do Criterio. Este criterio consiste en fijar igual cota a los puntos de intersección de líneas de cordones, los denominados A, B, C y D en la Figura 9, introduciendo quiebres en los perfiles longitudinales de ambas calles.

Cuando se trata de intersecciones de calles residenciales, este procedimiento no ofrece en general mayores dificultades. En cambio, suele ser de difícil aplicación en calles comerciales en razón de los niveles de piso de los negocios existentes, según se ha visto al analizar el perfil longitudinal de coronamiento de cordón.

a. Calles con pendientes mayores que el 2 %.

Si las calles que se intersectan tienen pendientes superiores al 2 %, es siempre necesario quebrar sus perfiles longitudinales en la zona de la intersección para evitar que las diferencias de cotas de cordones sea excesiva.

. El quiebre de pendientes puede hacerse en el borde del área de líneas de cordones, o en el borde del área de líneas de edificación.

El procedimiento, comúnmente aplicado en calles residenciales cuando las pendientes no exceden del 4 %, tiene la ventaja de introducir menores cambios en las pendientes longitudinales de las calles, pero generalmente provoca serios problemas con la altimetría de las veredas.

El segundo procedimiento se emplea en calles comerciales y en calles residenciales cuando las pendientes de éstas son superiores al 4 %.

En ambos casos se trata de que la pendiente que se adopte dentro del área de la intersección se la máxima posible que permiten las condiciones locales, para reducir el incremento de pendiente longitudinal de las calles fuera de la intersección.

En los casos en que las pendientes de las calles sean muy elevadas, o que el ángulo de encuentro de calles con fuerte pendiente sea muy agudo, el estudio altimétrico ofrece serias dificultades siendo aconsejable aplicar el método de Besson por cuanto ofrece una visión de conjunto del problema que facilita y orienta los sucesivos ensayos de acotamiento que forzosamente habrá que realizar para llegar a un solución satisfactoria.

7. Diseño y ubicación de los elementos de desagüe

. Los dispositivos destinados a recoger el agua de lluvia que escurre por las cunetas reciben el nombre genérico de *sumideros*, conocidos vulgarmente como *bocas de tormenta*.

Estas estructuras consisten en pequeñas cámaras construidas en mampostería u hormigón, que tienen una abertura superior provista de rejas por donde penetra el agua, y están conectadas en su fondo por conductor que la comunican con el sistema general de desagües.

. La distribución, número y capacidad de los sumideros tiene particular importancia en la eficiencia del desagüe. Cuando el estudio del perfil longitudinal de fondo de cuneta ha fijado la posición de los puntos bajos donde necesariamente habrá que ubicar un sumidero, se analiza la forma y dimensiones de la superficie de captación de éstos, es decir de las rejas, que deben establecerse en relación con el caudal afluente. En las zonas de manzanas regulares y uniformes, ese caudal es proporcional a la longitud del recorrido superficial y está en relación con las pendientes de las superficies que recorre el agua para llegar al lugar de captación.

. Para asegurar la eficiencia de los sumideros, especialmente la de aquellos que no están ubicados en los puntos bajos del perfil longitudinal de fondo de cuneta, se forma alrededor de la reja una depresión en el pavimento, llamada cubeta u hoyo, que se inicia a 2.00 m de los bordes de reja en el sentido longitudinal y a 1.00 m en el sentido transversal, y alcanza una profundidad de 0.07 m con respecto a la sección normal de pavimento en correspondencia con los bordes de reja, según puede apreciarse en la **Figura 11**.

En principio hay tres tipos de sumideros:

- . rejas horizontales
- . rejas verticales
- . rejas horizontales y verticales

cuyos esquemas pueden apreciarse en la **Figura 12**, no necesitando mayor explicación en cuando a su forma.

Sólo corresponde aclarar que las rejas horizontales son móviles, permitiendo retirarlas para efectuar la limpieza periódica del sumidero.

En el caso de sumideros de reja vertical solamente, hay que prever un acceso desde el nivel de vereda, el cual llevará una tapa de inspección.

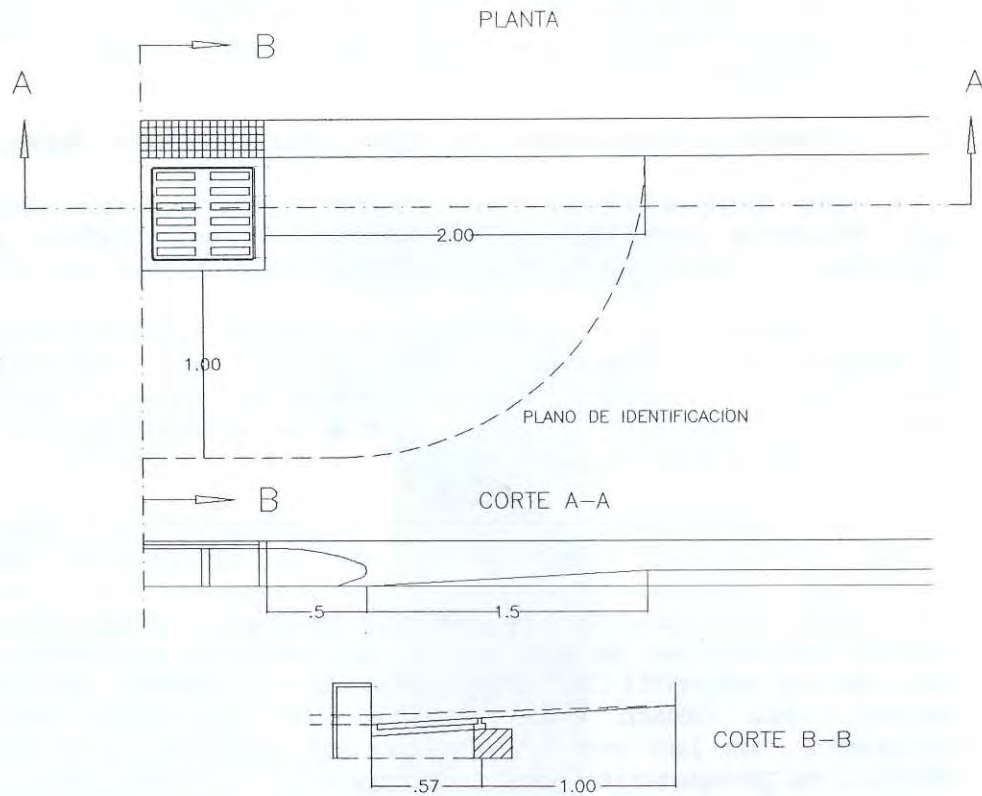


Figura 11. Detalle de la cubeta de un sumidero

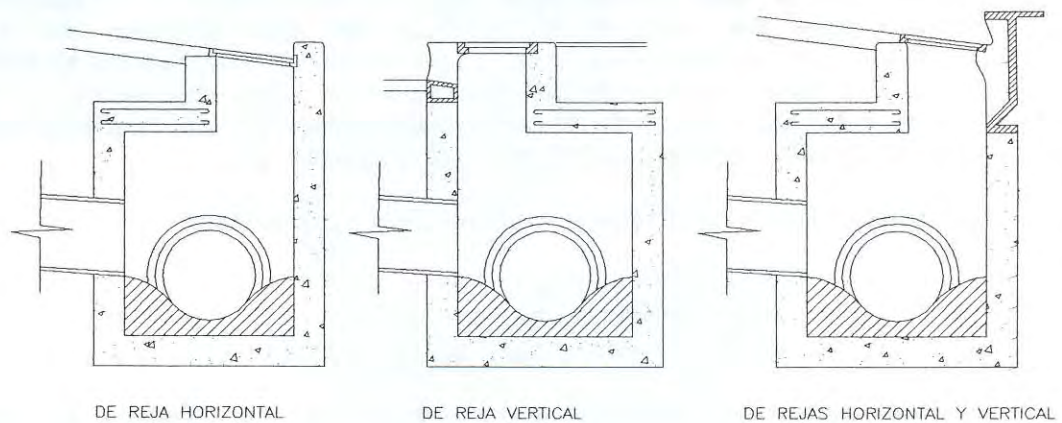


Figura 12. Esquemas de sumideros

. La reja horizontal tiene el inconveniente de detener las hojas y basuras arrastradas por el agua, lo que disminuye su sección útil. Por ello, sólo se aplica el tipo de reja horizontal cuando no es posible contar con la altura de cordón necesaria para la reja vertical, en cuyo caso se proyecta el sumidero con un número de rejillas mayor en dos al requerido por el caudal, previendo la anulación funcional de éstas por las circunstancias señaladas.

. La dimensión corriente de una reja horizontal es del orden de 0.50x0.50 m, estimándose que puede evacuar un caudal aproximado de 0,040 m³/seg, el cual variará según el valor de la pendiente longitudinal de la cuneta.

. Al considerar el diseño de las intersecciones se han fijado algunas normas para la ubicación de los sumideros, pero no debe olvidarse que son estructuras relativamente costosas y su empleo debe estar justificado por los caudales a desaguar. Si éstos son pequeños, se omitirán los sumideros en la intersección permitiendo que el agua escurra a través de una de las calles mediante prolongaciones de las cunetas denominadas *badenes*, cuya sección transversal debe ser cuidadosamente considerada en relación con el perfil longitudinal de la calle que atraviesa.

También es menester proyectar badenes cuando el sistema subterráneo de desagües no existe o esté muy alejado, en cuyo último caso el costo de las obras de conexión de los sumideros haría prohibitivo su uso.

. Sea la **Figura 13** un badén de ancho y profundidad h , constituido por tres arcos circulares AB , BD y DE , de igual radio R .

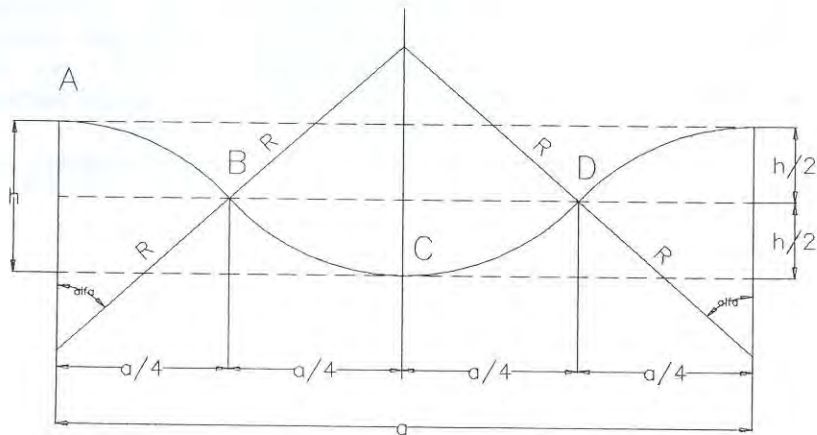


Figura 13. Detalle de las características geométricas de un badén

Calculamos R en función de a y h mediante las relaciones:

$$R \cdot \text{sen } \alpha = a/4$$

$$R(1 - \text{cos } \alpha) = h/2$$

Despejando $R \cdot \text{cos } \alpha$ en la segunda, elevando al cuadrado ambas expresiones y sumando se obtiene (Pitágoras):

$$R^2 = (a/4)^2 = (R-h/2)^2 = a^2/16 + R^2 - Rh + h^2/4$$

$$R = \frac{a^2 + 4h^2}{16h} \quad (12)$$

Al circular un vehículo de peso P a la velocidad v por la calle atravesada por el badén, el vehículo recorrerá el perfil de éste experimentando la acción de una fuerza centrífuga F que actuará prácticamente en sentido vertical, hacia arriba en los arcos AB y DE , y hacia abajo en el arco BD . Su valor está dado por:

$$F = m \cdot v^2/R = P/g \cdot v^2/R \quad (13)$$

Según los valores de v y R , la fuerza F podrá ser mayor, igual o menor que el peso P . En el caso de que F sea mayor que P , y supuesto el vehículo circulando de A hacia E , éste perdería contacto con la calzada en algún punto inmediatamente después de A , describiendo una trayectoria parabólica que terminará en impacto sobre un punto del arco CD o aun del DE , eventualidad que es absolutamente inadmisibles.

Si $F = P$, el sistema de suspensión y los ejes del vehículo estarán soportando un peso igual a $2P$ en el recorrido BD , situación también inaceptable porque corrientemente no se admite para esos elementos una sobrecarga accidental superior a $0.5P$; pero, teniendo en cuenta no sólo el aspecto mecánico sino también la comodidad de los pasajeros, se aconseja limitar el valor de la fuerza F a $0.25P$. Luego, reemplazando en la (13) tendríamos, transformando v m/Seg en V km/h:

$$F = 0.25P = P/g$$
$$v^2/R = P/9.81 \cdot V^2/3.6^2 \cdot R$$

$$R = 0.0315 V^2 \quad (14)$$

o bien

$$V = 5.64 \sqrt{R} \quad (15)$$

Corrientemente se fija un ancho de badén $a=3.00$ m y profundidades h comprendidas entre 0.07 y 0.10 m.

Reemplazando el primero de estos valores en la (12), obtenemos

$$R = 8.00 \text{ m}$$

el cual, llevado a la (15) da $V = 16$ km/h.

Esta velocidad es algo baja y los conductores arriesgan generalmente cruzar un badén de estas características a una velocidad apreciablemente mayor, del orden de los 30 km/h, con la consiguiente mayor sollicitación para la suspensión de sus vehículos, pero sin que experimentan una sensible incomodidad, según se ha comprobado por experiencias realizadas en las calzadas laterales de la Avenida General Paz.

Badenes más profundos, especialmente cuando no se ha tenido mucho cuidado en su diseño, provocan en los conductores la mala práctica de tomarlos sesgados, forma intuitiva de aumentar el radio de curvatura del badén, disminuyendo consecuentemente la intensidad de la fuerza centrífuga.

Desde luego, el badén obliga al quiebre del perfil longitudinal de la calle que atraviesa. Para ilustrar sobre este punto, se ha supuesto que la Calle I del ejemplo de la Figura 10 es de mucho mayor importancia que la Calle II y que, no existiendo posibilidad de proyectar sumideros, se ha previsto el desagüe en la intersección mediante un badén, desarrollándose en la Figura 14 el correspondiente acotamiento, así como el estudio del perfil longitudinal de la Calle II.

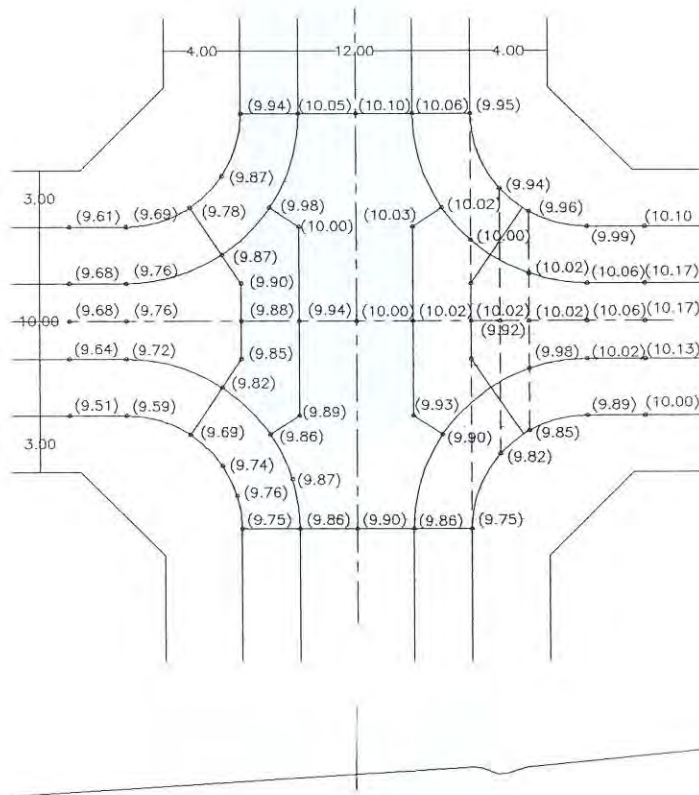
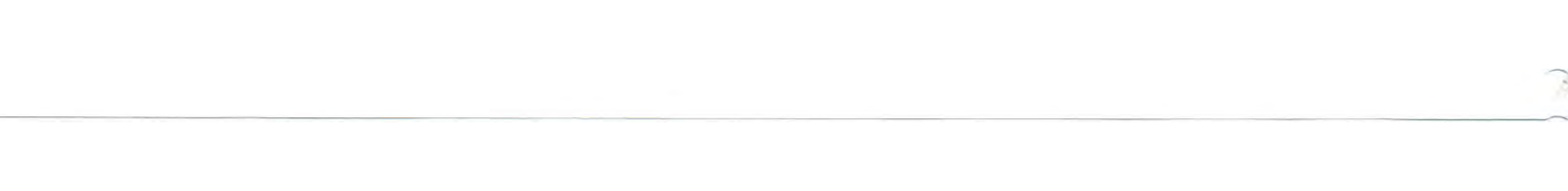


Figura 14. Acotamiento de una intersección de calles
Solución del desagüe con badén



APUNTES SOBRE TRAZADO TÉCNICO DE CALLES

CALLES URBANAS

. Sirven en primer lugar para la edificación, después para el tránsito. Este programa es el que fija las dimensiones de las calles. Toda casa debe tener acceso desde una calle pública. La edificación debe cumplir las prescripciones que señala la autoridad competente.

Según la legislación vigente en Prusia, los propietarios de los terrenos atravesados por calles deben cederlos gratuitamente y contribuir además a los gastos de urbanización (iluminación, alcantarillado, abastecimiento, luz). Con todas estas obligaciones aumenta el precio de los solares, y para que sean rentables es preciso construir edificios apiñados y de gran altura.

. Existen criterios muy diversos acerca de la participación en los gastos que deben corresponder a las Corporaciones y a los propietarios. Éstos se quejan generalmente de lo oneroso que resultan los gastos de urbanización, y como consecuencia, para que el capital rente lo debido, necesitan construir edificios masivos y de gran altura.

Por otra parte, las viviendas han de estar bien ventiladas y soleadas; y los patios interiores deben tener dimensiones suficientes. Todas estas consideraciones: sanidad, tránsito, economía, obligan a que los planes de urbanización hayan de escalonarse.

Las calles de las poblaciones pueden subdividirse en calles de tránsito o principales, callas residenciales, calles de viviendas aisladas, que, a su vez, pueden subdividirse en otras clases. En general, la anchura de una calle no debe ser inferior a 12 m.

La fracción de anchura innecesaria de momento para el tráfico se emplea en zona verde o de jardines. Sin embargo, estos jardines o zonas para que produzcan su efecto debe ser bastante amplios, por lo menos 3 m. La legislación de Prusia distingue entre alineaciones de jardín y de fachada.

. Con la idea de reducir al mínimo los gastos de urbanización, se han proyectado calles con calzadas de 3 m de anchura sin salida, pero que, al final, tienen una plazoleta de vuelta con un diámetro de 12 x 16 m. La longitud de estos callejones sin salida no debe pasar de los 60 m. A pesar de su economía, no son aconsejables en la era del motor. No resultan recomendables las calles con calzada de una vía que no consienten más tráfico en una dirección, ya que en los cruces con otras calles, los vehículos de la limpieza y del servicio de incendios no pueden maniobrar debidamente.

La anchura mínima del firme será de 4.50 m. Los caminos de acceso a las zonas residenciales de viviendas aisladas presentarán como mínimo un ancho de 4.50 m.

. Se ha intentado también obtener economías suprimiendo las aceras. Sin embargo, la calzada de circulación entre los jardines laterales debe tener por lo menos de 5 a 5.5 m de ancho, con una cuneta en medio o en un solo lado, **Figura 15**.

Modernamente se tiende a que el automóvil pueda tener acceso a las viviendas aisladas, evitando que se estacionen en los caminos cerrando el tránsito; en las calles estrechas se muy engorroso el acceso a almacenes y garajes.

. Escalonando la urbanización, las calles de viviendas aisladas pasan a ser calles de vecindad y comercio; la calzada se instala con 6 m de ancho más los andenes, suprimiendo los jardincillos, **Figura 16**. Estas calles secundarias desembocan en otras más anchas y de tráfico mayor.

. Una calle con dos carriles y otro para vehículos estacionados requiere una anchura de calzada de 8.50 m, **Figura 17**.

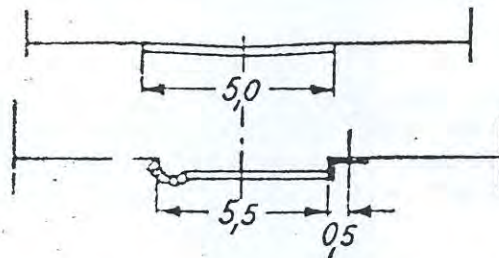


Figura 15. Calle de viviendas aisladas

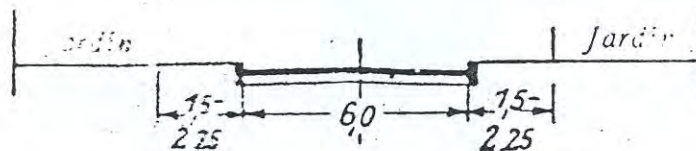


Figura 16. Calle de casas de vecindad

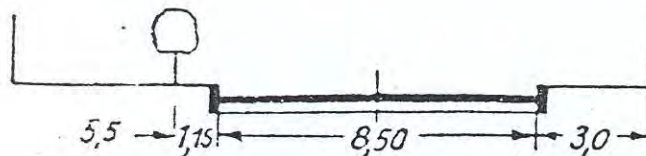


Figura 17. Calle de circulación

Las aceras son más anchas sobre todo cuando se instalan comercios con escaparates, y entonces hay que prescindir de los jardincillos en uno o en ambos lados.

En estas calles puede consentirse una altura de edificación de 10 m (3 plantas), de modo que la relación ancho de calle/altura de casa valga 1.45, con lo cual queda perfectamente garantizada la ventilación y soleamiento de las viviendas.

La instalación de jardincillos en un solo lado (por ejemplo, en sur) en calles que siguen la dirección este-oeste, mejora las condiciones.

. Conviene, para realizar escalonadamente los planes de urbanización, que se determinen de antemano las características de las calles y de las edificaciones, para que los propietarios sepan con exactitud la cuantía de las cargas que les corresponden en cada etapa; cuantía que, de ser posible, se fijará en función del metro lineal de fachada.

. En las calles de gran tránsito, la anchura mínima de calzada con doble línea de tranvía es de 12 m, **Figura 18**.

El aumento de dos carriles de circulación (uno para cada dirección) puede hacerse con 16.6 m, y si la línea de tranvía es independiente, con 20 m, **Figuras 19 y 20**

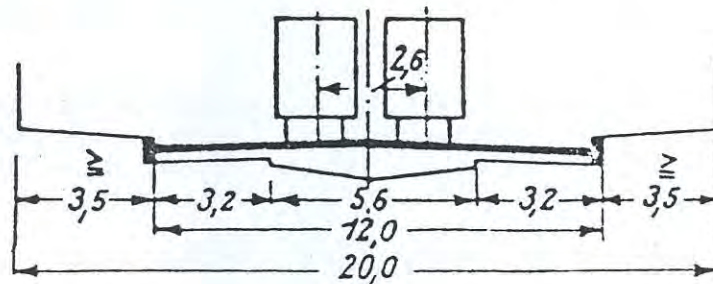


Figura 18. Calle urbana de circulación. Calzada de 12 m

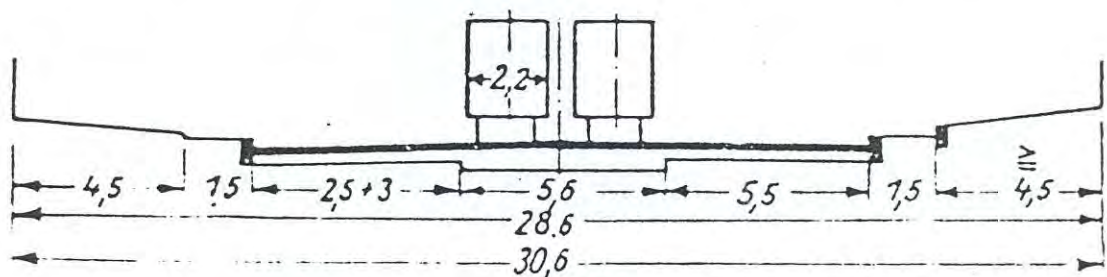


Figura 19. Calle urbana. Calzada de 16.6 m

Las anchuras totales de explanación, entre líneas de fachada, resultan así de 20 y 24 m; con pistas de ciclismo, 30.6 m.

La distribución de la Figura 19 es análoga a las de las carreteras de la Unión del Rhur.

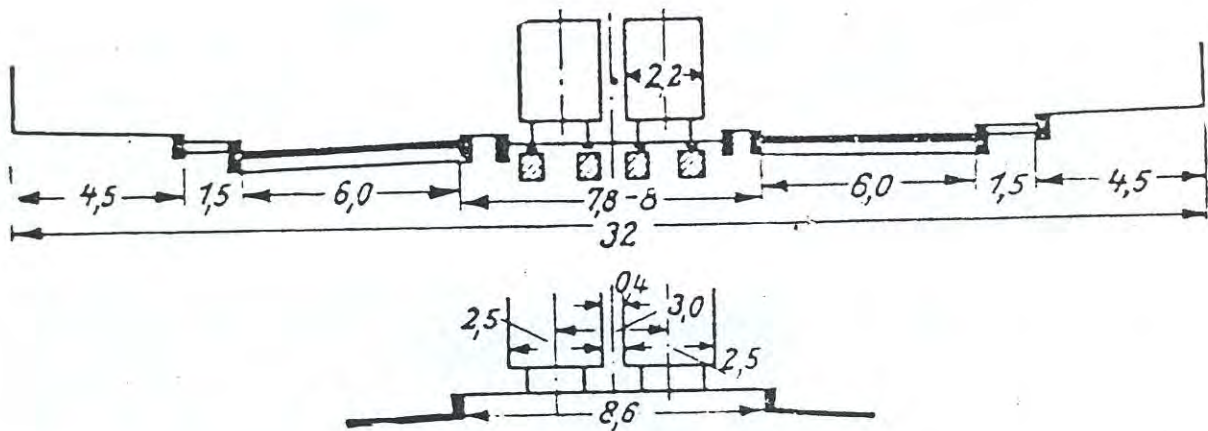


Figura 20. Calle urbana con línea de tranvía independiente

. En las calles amplias, el ancho de las aceras no se rige por el tráfico probable de peatones, sino por el número y clase de las tuberías de servicio que han de instalarse en el subsuelo.

. Las canalizaciones del alcantarillado que antes se instalaban por debajo de las veredas, se colocan actualmente en el centro de la calle, debido a su relativa gran profundidad, ya que están provistas de registros.

En las calles de vecindad y en las muy estrechas no hacen falta acometidas en cada casa, con lo cual se simplifican los servicios.

. La división de la calzada en dos direcciones por medio de un cantero central de separación (verde o andén) presente el inconveniente del poco rendimiento cuando la circulación se verifica eventualmente en un sentido.

Este caso es muy frecuente en las calles de acceso de las carreteras y en las del caso central urbano, donde a ciertas horas se producen tráficos de punta en una sola dirección.

En tales casos, por ejemplo, en una calzada de cuatro vías, no pueden ordenarse tres para el tránsito en un sentido, siempre que no haya separación de tráficos.

Sin embargo, la anchura correspondiente a cuatro vías es peligrosa para la circulación.

. Con seis vías de circulación pueden agruparse cada dos de ellas, resultando tres calzadas yuxtapuestas separadas por canteros.

PISTAS DE CICLISMO

. Estos caminos tienen una importancia especial. A veces se construyen como bandas adyacentes a la calzada y otras con explanación propia.

Para los ciclistas, el tránsito autom6vil es un riesgo muy grande.

La banda adyacente es un peligro cuando no est1 separada de la calzada por un cord6n.

En los pa1ses agr1colas no han falta bandas especiales, pues los ciclistas pueden circular por el borde de la calzada o por los paseos (banquinas).

En las zonas industriales se impone la construcci6n de pistas aut6nomas que deben ser lo m1s seguidas, y en todos los proyectos de carreteras debe examinarse si conviene o no separar este tr1fico especial.

Estas pistas no dar1n grandes rodeos, y es preciso que est1n unidas con los nudos de circulaci6n.

. En las Figuras 19, 20 y 22 se ve una banda a cada lado de la calzada para esta circulaci6n. En las zonas agr1colas se procura construir tales pistas al otro lado de la cuneta, Figura 22.

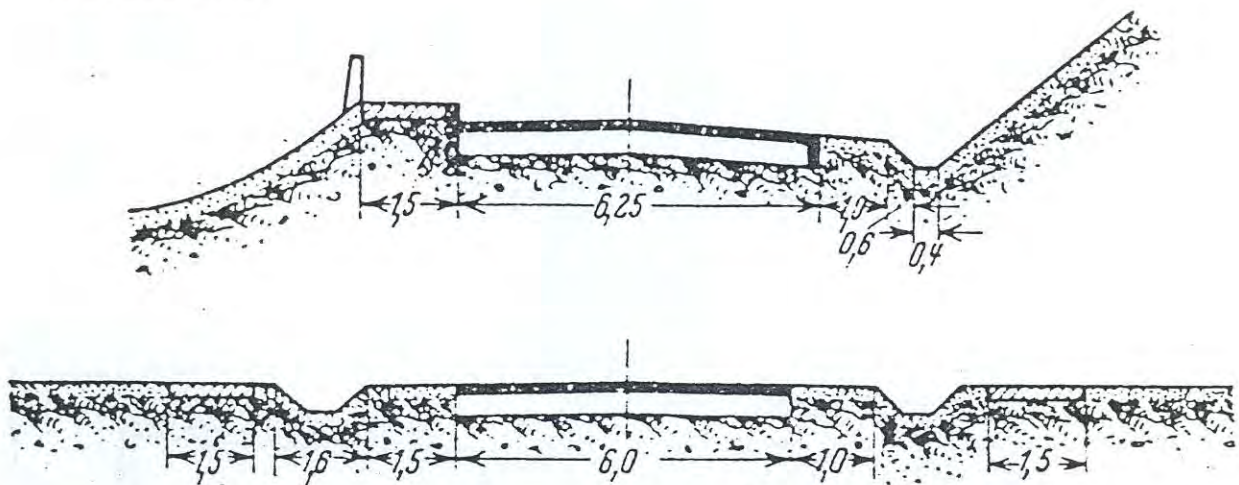


Figura 22. Perfil transversal de carretera con pista ciclista y sin ella

. Las pistas ciclistas son muy peligrosas en los cruces, que debe situarse en puntos estrat1gicos, o hacer pasos inferiores cuando el terreno se presta.

. Se construyen tambi1n pistas de ciclistas para acceso a plataformas de vistas de paisaje u otros sitios de recreo.

. Las pendientes deben ser moderadas, sobre todo cuando exceden de cierta longitud. No es aconsejable que pasen del 5 % en terreno ondulado y si son largas, del 3 %, con lo cual puede mantenerse todav1a una velocidad de 10 km/h.

La calzada central se dedica unas veces a una dirección, otras a la contraria, acomodándose al tránsito.
En las horas de circulación uniforme cada calzada lateral y un carril de la central se destinan a cada dirección.

La regulación del tránsito necesita personal adecuado. Éste puede evitarse, por lo menos en parte, haciendo que los canteros de separación queden reducidas a cordones móviles que pueden elevarse y bajarse mecánicamente.

Este dispositivo se ha aplicado en Chicago a una calle de ocho vías con 3.6 km de longitud.

Entre cada dos vías hay un larguero de separación de 48 cm de ancho (en total tres largueros) que se levantan y bajan por medio de prensas hidráulicas con una velocidad de 32 km/h.

Las grandes vías de circulación requieren a veces anchuras de calzada que exceden las mencionadas. Así, la calle E.O., de gran tránsito en Berlín, tiene calzada de anchura indicada en la **Figura 21**, o sea, para cada carril de circulación 3.625 m de ancho. Las dos direcciones están separadas por un cantero de 4 m.

En general, debe evitarse los atascos construyendo calles de rodeo que eludan, en lo posible, el cruce directo de los tráficos que tantos conflictos provoca. La ejecución de grandes arterias de circulación trae consigo un efecto de atracción sobre el tránsito, y esto exige anchuras considerables de calzada.

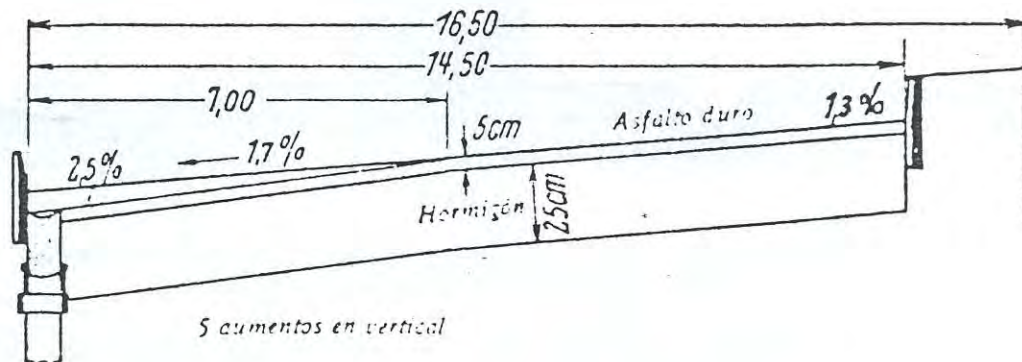


Figura 21. Calle de salida. Anchura total, 33 m

La realización de estas arterias de gran circulación es el problema más importante que tienen hoy planteado nuestras ciudades, pues no sólo hay que atender al tráfico establecido, sino a su encauzamiento hacia las autopistas y a los núcleos de las poblaciones.

CURVAS Y CRUCES DE CALLES

. En las calles urbanas, las curvas deben estudiarse con gran cuidado cuando se trata de vías de tránsito o circulación en las que se desarrollan velocidades considerables.

Lo mismo puede decirse de plazas que sirven para guiar o regular la circulación.

En estos casos, las normas alemanas prescriben que la mitad de la fuerza centrífuga quede absorbida por el peralte, y la otra mitad por el rozamiento.

En las calles urbanas es muy importante el desagüe, por lo cual la inclinación transversal (bombeo) debe ser suficiente y adecuada al sistema de pavimento.

Si la inclinación transversal en una curva tiende a aumentar la fuerza centrífuga, debe hallarse la velocidad máxima compatible con la seguridad.

Hay que buscar una solución intermedia que tenga en cuenta los problemas de desagüe y de circulación.

En las curvas, la inclinación debe ser única y no en forma de tejado a dos aguas.

Cuando las bandas de circulación son dos, separadas por bermas intermedias, debe rehundirse el borde interno de la banda exterior. La inclinación transversal no ha de superar el 6 %. La Figura 23 indica la sección de una calle de circulación con cantero central elevado, en recta y en curva (de trazos).

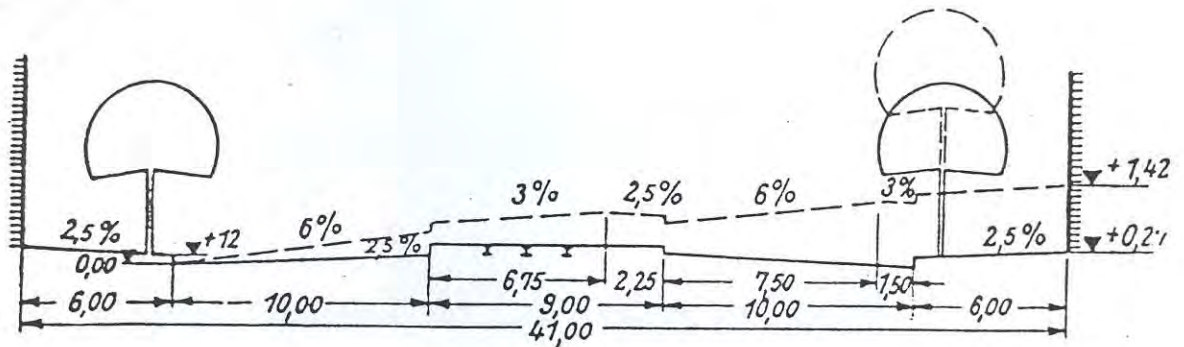


Figura 23. Calle de tránsito con cantero central elevado

. Las calles en curva no se utilizan en los planes modernos de urbanización para vías de gran tránsito.

Para los cruces de calles se emplea adecuadamente el anillo de distribución (rotonda).

En éste, los vehículos circulan siempre en su sentido (o sea, en planta, el opuesto a las agujas del reloj)

Estos anillos deben tener suficiente diámetro para que se mantenga una velocidad regular.

Si desembocan en el anillo más de cuatro calles, el diámetro debe ser mayor para facilitar las entradas y salidas.

Para el recorrido en curva es conveniente absorber parte de la fuerza centrífuga con una inclinación del 6 %. El agua de lluvia afluye en este caso hacia el centro de la plaza.

Para reducir el área de recepción de la lluvia puede darse al bombeo una inclinación contraria en una zona de 3 m, que puede utilizarse como parada de vehículos, o, por lo menos, una banda de 1.50 m de anchura.

De este modo, los andenes desaguan fácilmente en el arroyo y, además, a la entrada del anillo, los vehículos atraviesan una zona con una inclinación transversal que sirve de tránsito a la general del anillo, **Figura 24.**

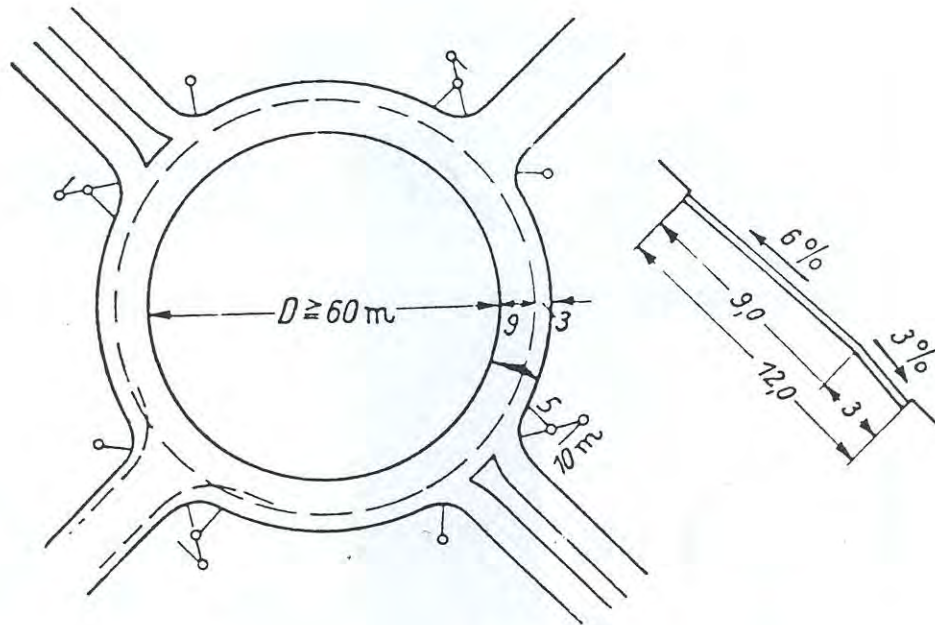


Figura 24. Anillo de distribución (rotonda)

Las dimensiones del anillo deben ajustarse a las reglas siguientes:

- El diámetro debe ser grande, en el supuesto de velocidades básicas de consideración, y tanto mayor cuanto más calles desembocan en él, para facilitar las entradas y salidas. Se consideran recomendables las dimensiones indicadas por AASHTO 94.
- La anchura de calzada depende del número de calles que desembocan y de su banda de circulación (carril). Las normas AASHTO indican los valores recomendables en función del número de calles que afluyen, y del número mínimo y máximo de bandas de circulación.

Arcos de enlace

. Según las normas alemanas, el retranqueo de las tangentes alcanza del valor 0.30 m para una inclinación transversal del 8 %. Según esto y teniendo en cuenta que las inclinaciones transversales nunca deben pasar del 6 %, no hace falta disponer en las calles de arcos de enlace, a no ser que se hagan sobreanchos. De todos modos, cuando el bombeo es pronunciado, se nota mucho la falta del arco de enlace con su peralte.

. En las confluencia de dos calles, el trazado en planta del cordón de las veredas se redondea para hacer cómodo el tránsito de vehículos y de peatones. El radio de redondeo suele ser más pequeño que el radio mínimo de circulación de los vehículos, por lo cual, en general, es imposible que éstos circulen pegados a las aceras. Casi siempre necesitan un suplemento de anchura en la banda de circulación (carril) de entrada a las calle más estrecha, o también se tolera que al hacer el desvío el vehículos invada parte de la banda de circulación (carril) en sentido contrario. Por esta razón, las calzadas de las calles más estrechas deben tener por lo menos 4.5 m.

. Como indica la **Figura 25**, los vehículos recorren el radio mínimo cuando desvían hacia la derecha; el desvío a la izquierda encuentra más espacio tratándose de calles de doble carril, que son las más corrientes.

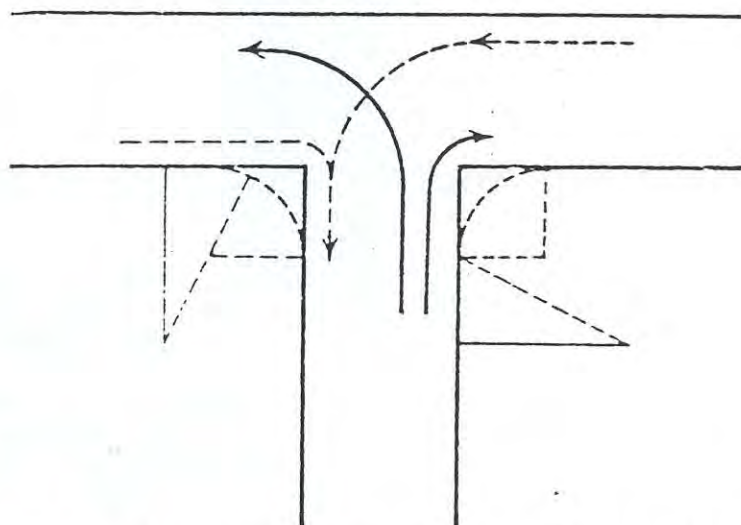


Figura 25. *Intersección en T de dos calles*

. Teóricamente, el recorrido en curva empieza cuando el eje posterior alcanza el origen del arco (pues de otro modo el vehículo se metería en la acera), por lo que, en caso de vehículos de gran longitud entre ejes, su parte anterior invade con exceso el carril que le corresponde al desviar a la derecha.

Para facilitar la maniobra, es práctico disponer arcos de transición o enlace. El radio mínimo de 10 m para que los vehículos grandes puedan desviar pegados a la vereda es excesivo, pues con ese radio la anchura de los andenes quedará muy reducida en las curvas, y esto sería incómodo y peligroso para los peatones que cruzan la calle. Por lo tanto, es necesario adoptar una solución intermedia.

El problema queda resuelto, con la mayor perfección posible, adoptando un arco de enlace como se indica en la **Figura 26**. Cuando los andenes son anchos, el problema no presenta dificultades; pero si son estrechos, no es posible resolverlo satisfactoriamente.

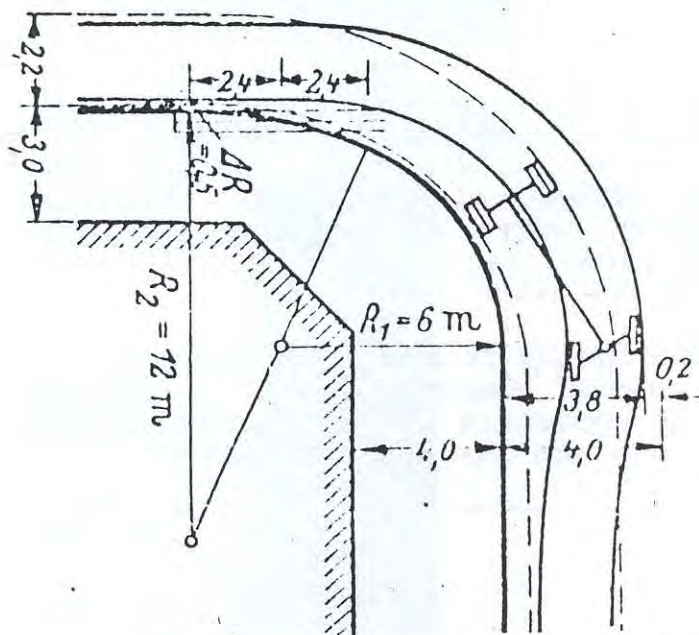


Figura 26. Redondeo y transición en andenes

- . En la **Figura 27** se indica la disposición de los arcos de enlace en el cruce de una calle ancha con otra estrecha. La anchura mínima de calzada para doble carril es 8 m.
- . En las normas alemanas se propone el redondeo de calzada y veredas con arcos carpaneles de tres radios en la proporción 8:5:3, o bien 4:2:1 para ángulos centrales de 30° . Las curvas que resultan difieren muy poco de las dibujadas en la **Figura 27**. Sin embargo, ha de advertirse que el mínimo de anchura de calzada para que puedan efectuarse estas maniobras es de 4 m, y mejor aún de 4.5 m cuando la circulación ha de hacerse de un modo, si no rápido, por lo menos corriente.

Con anchos de calzada muy exigüos, como algunos que admiten las normas, no está garantizada debidamente la posibilidad de tales maniobras.

En las entradas de parques, garajes, patios, almacenes, etc., debe cuidarse este problema de las anchuras.

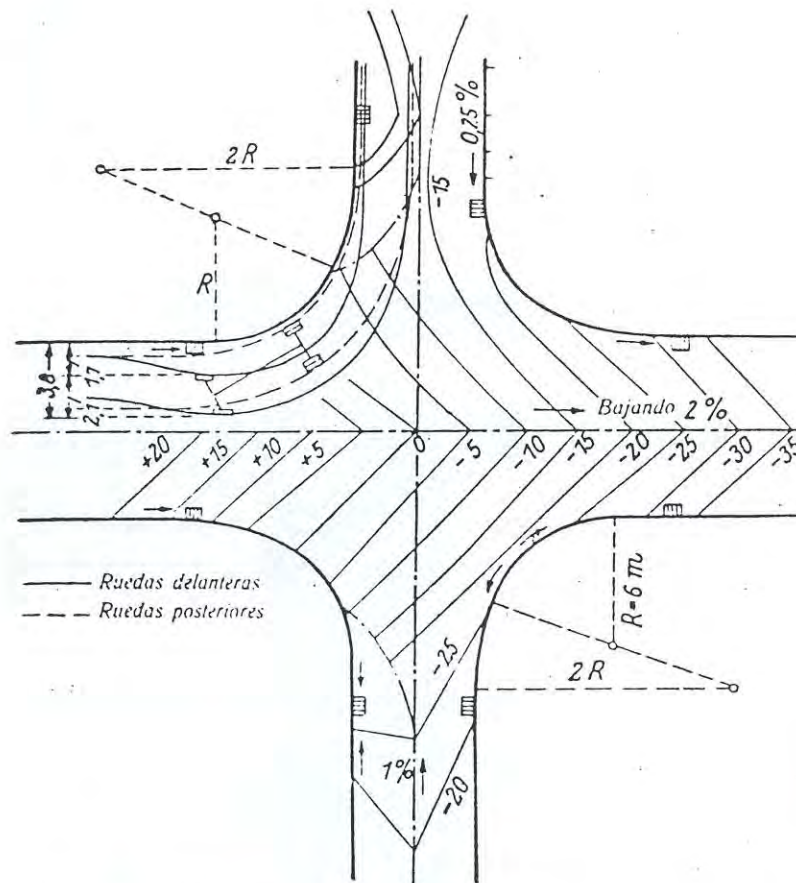


Figura 27. Proyecto de cruce de calle con arcos de transición en las veredas

. La observación de las huellas que dejan los coches da idea exacta de las trayectorias que recorren las ruedas. En las plazas puede verse la circulación después de una ligera nevada, y en los cruces de calles es fácil la observación después que una calle ha sido regada.

. El examen de las huellas permite deducir las curvas efectivas que describen las ruedas de los vehículos en las curvas y arcos de transición, así como la influencia que tienen las pequeñas desviaciones que efectúan los conductores a un lado y otro. Este estudio tiene un gran interés para el detalle de la disposición y dimensiones de las calzadas.

. Con ángulos muy agudos en que la desviación de los vehículos se acerca a los 180° , la circulación se realiza (sin maniobra) con el radio mínimo de 10 m. El redondeo con radios menores no tiene objeto, la calzada queda ensanchada inútilmente y el cruce de calle para los peatones es incómodo y peligroso, Figura 28.

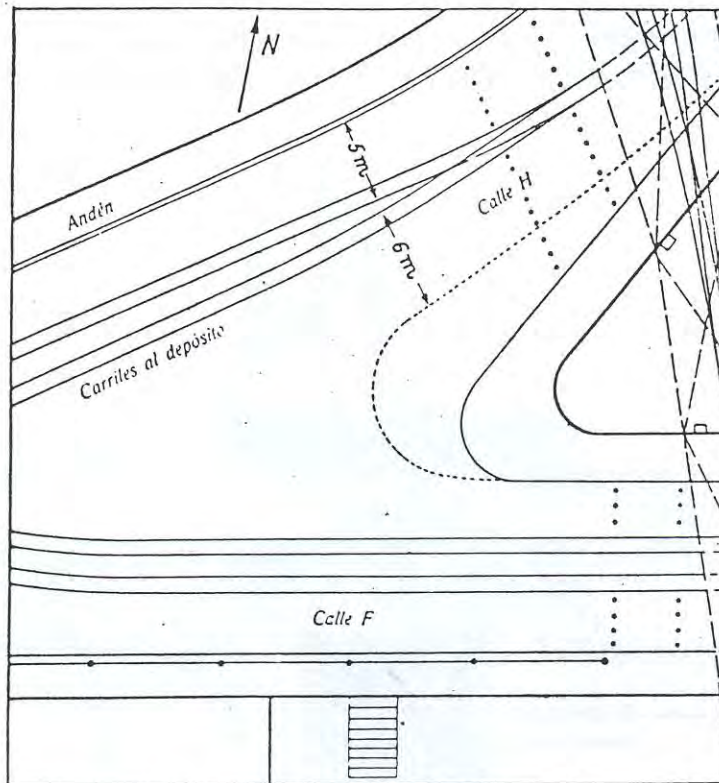


Figura 28. Redondeo en ángulos agudos

. La forma en embudo de la calle H es completamente inútil, el exceso de calzada no se aprovecha por los vehículos y para los peatones el paso es más peligroso. El redondeo señalado con puntos es la solución más conveniente.

PENDIENTES LONGITUDINAL Y TRANSVERSALES

. Toda carretera o calles cuidadosamente proyectada debe tener alguna pendiente longitudinal e inclinaciones transversales para el desagüe. La magnitud de estas pendientes es muy variada, existiendo además cierta relación entre ambas.

. Debe huirse de la horizontal; la pendiente mínima debe ser 0.5 %.

. La pendiente longitudinal de cunetas de calles no debe ser menor de 0.4 % (por excepción. 0.3 %). Si la pendiente natural no basta, se adopta la disposición de la **Figura 29** con pendientes y contrapendientes, en cuyos puntos bajos se instalan los sumideros.

La anchura de la cuneta así modificada queda limitada a una zona estrecha, que se enlaza con la calzada por medio de una superficie alabeada.

Según las normas DIN 1991, la inclinación transversal en los puntos altos es de 1:55 (1.8 %), y en la entrada del sumidero 1:35 (2.86 %) con pavimentos de asfalto.

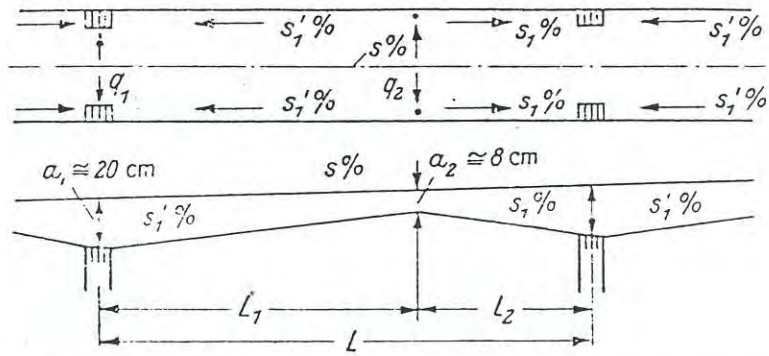


Figura 29. Pendientes de cuneta, en calles con menos de 0.4 %

. De ese modo, en una banda estrecha adyacente a la vereda, queda una superficie que presenta elevaciones y depresiones que es inadecuada para la circulación a velocidades apreciables y hace que los vehículos, al recorrerla, experimenten oscilaciones verticales.

Por estas razones, el trazado horizontal de las calles es desfavorable y debe evitarse a toda costa.

Otro inconveniente que presenta la disposición obligada de la Figura 29, en caso de tramos horizontales, es la altura adicional del escalón para pasar de la calzada a la vereda. La altura mínima no debe ser menor de 8 cm, y la máxima no ha de exceder de 20 cm.

. Con las notaciones de la Figura 29, la situación de los puntos altos o de divisoria de aguas siendo $s_1 = s'_1$ se deduce de

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{s_1 + s}{s_1 - s}$$

. El perfil longitudinal de la cuneta tiene forma de diente de sierra. La distancia entre sumideros es:

$$L = B \cdot (q_1 - q_2) \frac{s_1}{s_1^2 - s^2}$$

B es la anchura de la calzada.

. Si se toma como punto de partida las alturas mínima y máxima de los escalones del cordón, se tiene

$$L = \frac{2\Delta a \cdot s_1}{s_1^2 - s^2}$$

donde $\Delta = a_1 - a_2 = 0.20 - 0.08 = 0.12 \text{ m}$

. Si el ancho de calzada es considerable, es fácil destinar los carriles centrales al tránsito veloz, dejando los adyacentes a las veredas para el tránsito lento o detenido. En estas condiciones es sencillo adaptar la superficie ondulada de la Figura 29 a esta banda de circulación.

. Un procedimiento para evitar el dispositivo de la Figura 29 y, por lo tanto, para que la inclinación transversal de la calzada y pendiente longitudinal de la cuneta sea uniforme, es formar la cuneta detrás del cordón debajo de la vereda. El dispositivo se indica en la Figura 30. Consiste en numerosos sumideros que permiten la entrada del agua a un canalillo (en la figura de forma ovoide) que conduce el agua a los puntos bajos situados en los sumideros principales comunicados con la alcantarilla. Dando al canalillo dimensiones suficientes es eficaz para grandes lluvias, incluso en tramos horizontales. El cordón y el canalillo pueden formar una sola pieza, que se fabrica en taller, como se señala en la Figura 30 (normas DIN 1201, tubos de hormigón, longitud 1 m, juntas de solape de medio espesor). Esta construcción, que es sencilla y económica, supera los inconvenientes indicados, y, al impedir el estancamiento del agua, resulta favorecida la conservación del pavimento.

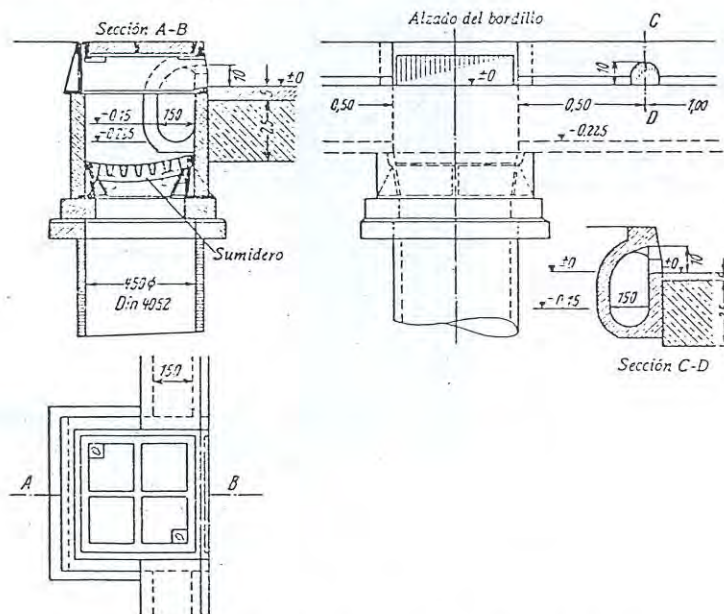


Figura 30. Sumideros y cordones

. De todos modos, es recomendable dar mayor inclinación transversal a la banda adyacente a la vereda en una anchura $B/8$, siendo B la anchura de calzada, siempre que se trate de un carril de estacionamiento o de circulación lenta. La inclinación transversal quebrada no sólo es un inconveniente para la circulación, sino para la construcción, siempre que en ésta se empleen máquinas modernas (aplanadoras, apisonadoras, acabadoras).

. La disposición transversal de las calzadas en tramos corrientes no origina dificultades especiales, aun en caso de fuertes pendientes longitudinales; en cambio, en los cruces y bifurcaciones de carreteras y calles, se presentan problemas de detalle bastante delicados de resolver, sobre todo si el cruce se refiere a calles de distinta pendiente, pues hay que contar con el redondeo de cimas y depresiones, además del desagüe.

. La **Figura 31** indica la unión de una calle secundaria (en el papel, de abajo a arriba) con una principal (que va de izquierda a derecha con pendiente).

La solución adoptada consiste en respetar el bombeo de la calle principal y en modificar el de la calle secundaria, pasando de las dos vertientes a otra única, cuya pendiente sea igual a la de la calle principal.

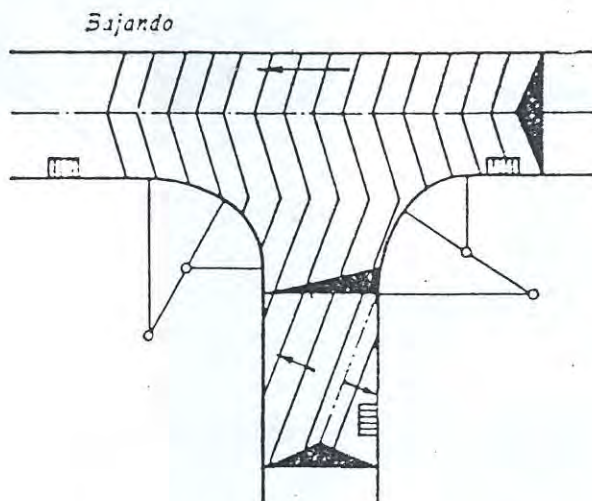
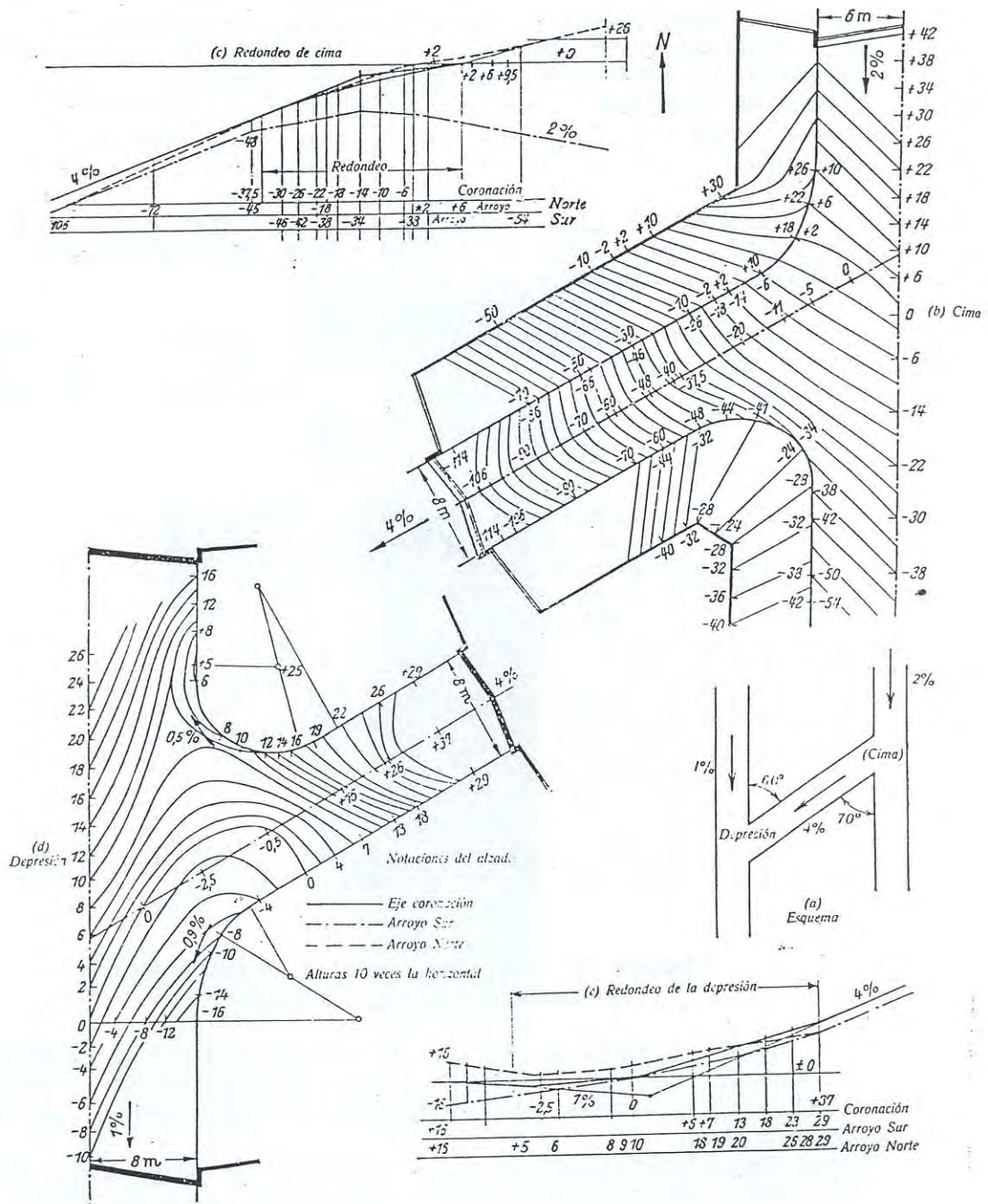


Figura 31. Enlace de calle secundaria y principal con pendientes

. Otro ejemplo es el que se ilustra en las **Figuras 32 y 33**. Se trata de unir dos calles principales, sensiblemente paralelas y ambas con pendiente, por medio de otra calle secundaria.

Ésta debe ser (en planta) oblicua a las dos, para que su pendiente resulte aceptable; sus ángulos de ataque son: 70° para la calle superior, 60° para la inferior; las pendientes de las calles principales son: 2 % la superior, 1 % la inferior, todo ello como queda indicado en la **Figura 32 (a)**. En los planos de urbanización sólo se dan los datos relativos al eje de la calle.

Por lo tanto, el primer problema que se presente es el del redondeo de la cima de unión con la calle superior y de la depresión en la calle inferior (**Figuras 32 b y e, y 33 d, e**). Se ha supuesto que el radio de redondeo (en alzado) es $R = 500$ m.



Figuras 32 (arriba) y 33 (abajo). Unión de dos calles principales paralelas por medio de una secundaria; todas con pendientes

Mirando ahora la Figura 34 se ve que suponemos que el eje de la secundaria penetra en las principales hasta un cuarto de la anchura de calzad ($B/4$) y que en estos puntos terminan los arcos de redondeo.

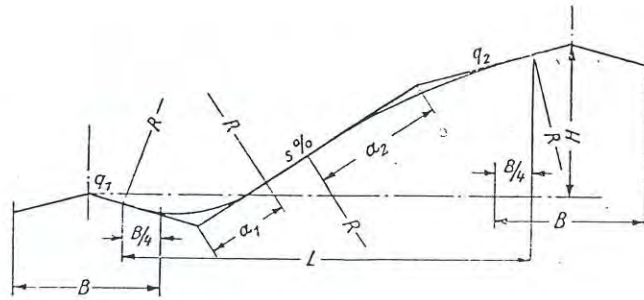


Figura 34. Pendiente de la calle secundaria

Siendo H el desnivel entre ejes de las calzadas principales y L su distancia en proyección, R el radio de redondeo y q la inclinación transversal de las calzadas principales, la pendiente s de la secundaria es:

$$s = (1/2R)(L \pm \sqrt{L^2 - 4R[H + q\{Rq + B_1/4 - B_2/4\}]})$$

para $B_1 = B_2$ es

$$s = (1/2R)(L \pm \sqrt{L^2 - 4RH - 4R^2q^2})$$

En casos complicados, las superficies de calzada resultan en formas alabeadas. Para definir las, lo mejor es dibujar la superficie con curvas de nivel con equidistancia vertical de 2 ó 5 cm. Dibujadas estas curvas, su simple inspección es suficiente para delatar las zonas en que no basta la pendiente, o donde se producen elevaciones u hoyadas. También destacan las zonas de curvatura desigual. Para poder leer rápidamente las pendientes, conviene establecer previamente el diagrama de la Figura 35 a la escala de dibujo, ya que permite deducir de la distancia entre curvas cuál es la pendiente transversal.

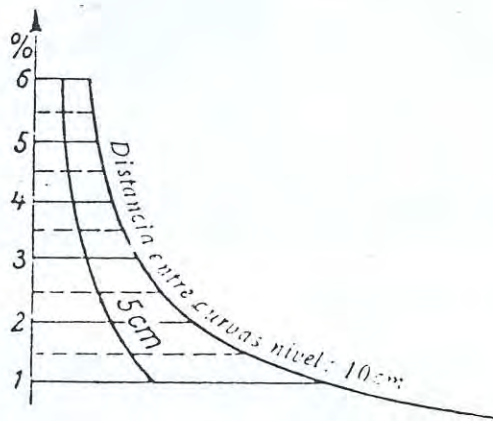


Figura 35. Diagrama para deducir la pendiente transversal

La unión o cruce de calzadas es siempre un problema delicado. Si la calzada de la calle secundaria no penetra en las principales, la solución es la indicada en la Figura 31.

Si, por el contrario, la calzada secundaria penetra en las principales, en la unión se producen unas limahoyas que es preciso diluir, porque son peligrosas para el tránsito y desagradables a la vista.

. Para facilitar los enlaces de calzada en los cruces, es útil moderar tanto las pendientes longitudinales como las transversales y elegir convenientemente los radios de redondeo.

La disposición que debe darse a las aceras en los cruces de calles presenta también sus dificultades, sobre todo en las esquinas de las edificaciones que dan a las dos calles.

. El alzado del cordón de las veredas debe acomodarse a las pendientes de las calzadas.

El cordón en alzado es un helicoides y no hay más remedio que tolerar una variación de altura de escalón en toda la longitud de la vuelta que da la vereda.

Esta altura puede oscilar entre 8 y 20 cm. Una zona crítica es la del ángulo agudo de la calle secundaria en la Figura 32. La solución es la ya indicada de variar la altura del escalón desde 10 cm y pequeña inclinación transversal hasta 20 cm con mayor pendiente transversal.

La pendiente de las aceras no excederá del 3.5 %.

CRUCES DE CALLES

. Los cruces de calles presentan problemas especiales, principalmente cuando las calles tienen pendientes distintas, y más aún cuando existen líneas de tranvía que requieren un trazado regular sin inflexiones fuertes, ni en planta ni en alzado.

Un ejemplo de cruce es el de la Figura 27.

Otro es el de la Figura 36, donde se han trazado las curvas de nivel (equidistancia vertical 5 cm) y que permite ver directamente las condiciones de pendiente y desagüe. Como el agua circulará normalmente a las curvas de nivel, el plano señala los puntos de acumulación donde se instalarán los sumideros. Al proyectar estos planos se tendrá siempre en cuenta la posibilidad de su ejecución; por lo tanto, tienen que estudiarse con sumo cuidado sin perder ningún detalle y de modo que tanto la pendiente longitudinal como las transversales se acomoden al tránsito y procuren un desagüe eficaz.

PENDIENTES DE LAS VEREDAS

. En la regulación y modernización de calles que tienen ya construidas entradas para las edificaciones, almacenes o tiendas, el trazado de las veredas presenta a veces grandes dificultades. En otros casos se parte como base de las entradas de los edificios, y admitiendo cierta variación de la altura del escalón que forma el cordón, se fija el alzado de éste, procurando que en lo posible sea paralelo al eje de la calzada.

Generalmente, en las obras de modernización hay que reducir el bombeo, facilitándose así los trabajos. Además, suele moderarse la pendiente longitudinal.

Cuando las edificaciones quedan hundidas respecto a la calzada, se pueden construir aceras de alivio limitadas por muros que sostienen aquella. Si las diferencias de cota no son muy grandes, se procura el acceso directo a los edificios sin recurrir a esa solución.

Por ejemplo, en la Figura 36, el bloque de edificios situado en la parte inferior derecha queda algo hundido con relación a la calzada. Para que el acceso sea directo, se ha dado a la calle una sola inclinación transversal; el cordón saliente permite que la acera quede rehundida; su inclinación transversal va en caída hacia los edificios, y para evitar que el agua penetre en ellos o que corra a lo largo de los zócalos, se dispone una cuneta o badén, señalado en la figura con línea de trazos.

Claro está que estas cunetas o badenes son tan solo un recurso forzado y deben llevar sumideros planos de rejilla para recoger las aguas.

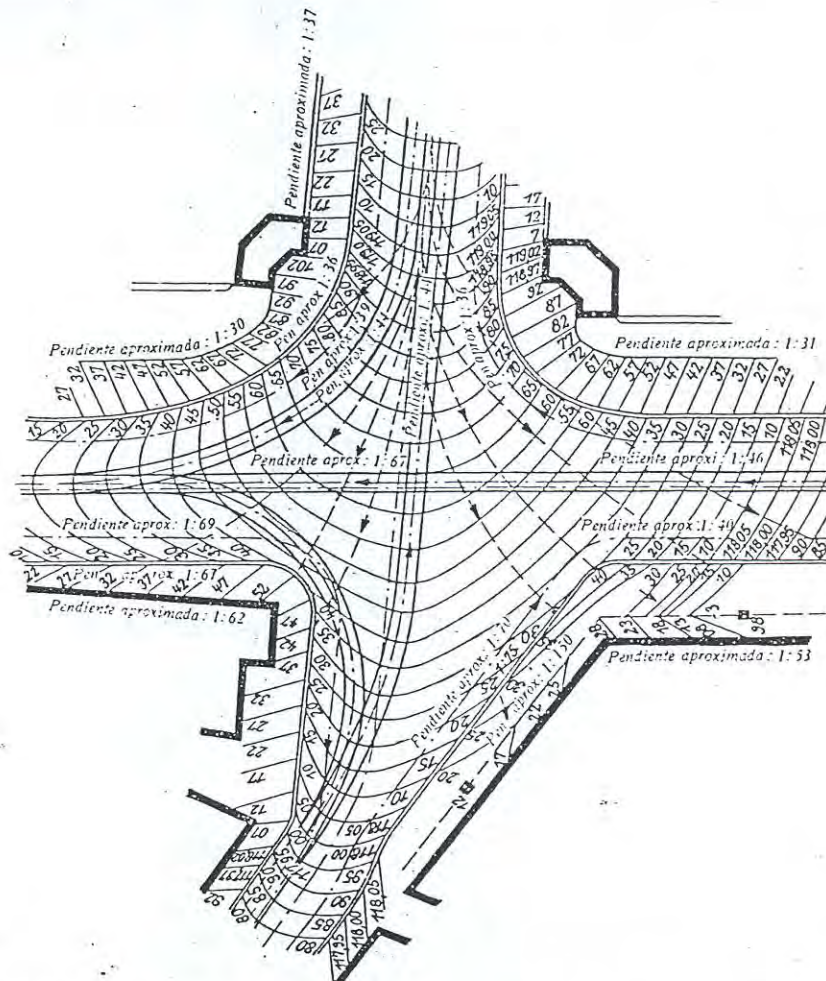


Figura 36. Pendientes de calzada y veredas en un cruce de calles

. La seguridad del tránsito de los peatones por las veredas debe considerarse en dos aspectos diferentes: el del peatón que cruza la calzada y el del que sigue circulando por la vereda. En ambos casos conviene que la inclinación transversal no se exagerada, pues hay que prevenir el peligro de resbalamiento sobre suelo mojado en caso de heladas. Tal peligro es mayor para el peatón que pasea por la vereda y da la vuelta a una calle lateral, debido al cambio de dirección en la velocidad.

. Otro motivo de incomodidad, e incluso de riesgo para el peatón que pasea por la acera es el de las entradas de coches a edificios o garajes, a través de la vereda. El escalón del cordón con 12 a 20 cm de altura es demasiado alto para ser salvado por los autos. Incluso reducido a 6 cm no evita el inconveniente, sobre todo si el ángulo de entrada es algo agudo. La entrada en ángulo requiera anchuras muy grandes y, por lo tanto, el vehículo debe tomar una dirección que se acerque a los 90° , sobre todo teniendo en cuenta la curva que describe el eje posterior. La reducción de la altura del cordón trae como consecuencia que la pendiente longitudinal del paso (normal a la calzada) debe forzarse hasta nivelarse con la vereda. Cuando es ancha, el problema no presenta dificultades. Cuando es estrecha, todo el paso queda rehundido con relación a la vereda, y para evitar escalones, lo que se hace es disponer de planos inclinados cuya pendiente (en sentido el eje de la vereda) no debe pasar del 5 %. La solución indicada en la **Figura 37** reúne todas las condiciones apetecibles, con tal que haya espacio suficiente.

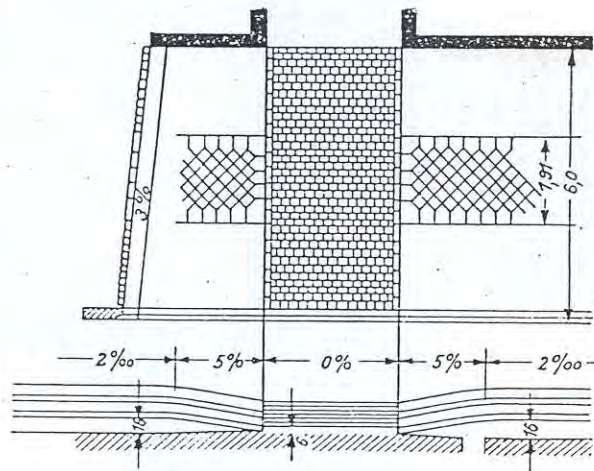


Figura 37. Paso de coches a través de la vereda

. El problema es mayor si el garaje o parque sólo es accesible mediante una pendiente longitudinal en bajada, que naturalmente va en desacuerdo con la pendiente transversal de la vereda. Según las ordenanzas, estos accesos quedan prohibidos de no adoptar precauciones especiales.

PLAZAS

. Las plazas de gran extensión presenten dificultades típicas motivadas por el desagüe, cuestión sobre la que daremos algunas indicaciones.

De un modo general pueden idearse dos soluciones: una, hacer que el centro de la plaza permanezca elevado y que en todas partes la pendiente baje del centro a la periferia, con lo cual las aguas se eliminarán por los sumideros situados en los cordones de las veredas inmediatas a los edificios.

Otra solución, recíproca de la anterior, consiste en hacer que la pendiente baje de la periferia al centro, colocando en esta zona central los elementos de desagüe.

La primera solución es la más sencilla; la segunda es la que reúne mejores condiciones estéticas. Se admite como regla práctica fundamental que una plaza con inclinación bajando hacia la zona central presenta un mayor atractivo estético: la plaza resulta más despejada, los edificios más airesos y la vista general más amplia y comprensiva para el espectador que entra en la plaza.

Adoptando esta solución, debe aceptarse para el centro una zona de reposo, por ejemplo, un estanque o fuente, un monumento o jardincillo, como lo hicieron en sus tiempos los arquitectos y artistas de la Edad Media, del Renacimiento y del Barroco.

Las dificultades de desagüe en las plazas grandes se ponen de relieve en muchos casos particulares, por ejemplo, en la Plaza de San Pedro, en Roma.

La zona central de las plazas de reunión o desfile debe encontrarse bastante expedita, y la solución consiste en establecer en el sentido del eje varios conductos paralelos de salida de aguas (con sus correspondientes rejillas), dando al pavimento las inclinaciones pertinentes para que el agua acuda a esos puntos.

Compilación:

Ing. Francisco J. SIERRA
La Paz, setiembre 97

Fuentes:

Ing. José D. LUXARDO
Diseño de Avenidas y Calles Urbanas
Apuntes de Clases de Vialidad Urbana

Dr. Ing. Erwin NEUMANN
Las Carreteras Modernas
Editorial Labor