

1. APROXIMACIÓN AL ESTUDIO DE LA ESCORRENTÍA EN REDES DE CALLES

1.1 Introducción

Normalmente las calles no se diseñan para conducir el agua de lluvia en grandes cantidades sino que se diseñan para facilitar la circulación de automóviles y vehículos en general. Suelen estar preparadas sin embargo, para conducir una pequeña cantidad de agua, principalmente la que se genera en la misma calle a causa de la lluvia, y evacuarla en el transcurso de un corto trayecto mediante rejas e imbornales.

El crecimiento de las ciudades ha dado lugar a un aumento de la impermeabilización del terreno así como una disminución de la rugosidad en el mismo, que en conjunto dificulta la captación natural del agua de lluvia a través del terreno de manera natural. Este crecimiento urbano ha provocado que los sistemas de evacuación de la escorrentía superficial hayan quedado mayoritariamente infradimensionados, así como los colectores que transportan y evacúan dicha agua, lo cual conlleva que para sucesos de tormenta medios, la red de colectores tenga un funcionamiento a presión cuando debiera ser en lámina libre. Este funcionamiento en carga ocasiona que en puntos bajos de la red el agua aflore por los imbornales, con lo cual el sistema no sólo no funciona como sistema de evacuación, sino que además es capaz de retornar agua a la calle dando lugar como consecuencia final a un aumento de la escorrentía superficial.

Tradicionalmente el estudio de la escorrentía en redes de calles se ha centrado en la transformación lluvia-escorrentía así como en la evacuación de esta agua una vez captada a través de colectores, sin centrarse en su captación pues se ha dado por hecho que ésta se producía a través de las rejas e imbornales de manera casi automática. Sin embargo, los problemas que se han generado en el transcurso de los años han puesto de manifiesto que este hecho no es así, por lo que otro motivo del aumento de la escorrentía es la insuficiente importancia que se le ha dado a las obras de drenaje en la urbanización de calles. Este desconocimiento de la captación de escorrentía ha provocado que en muchas ocasiones se haya desembocado en la filosofía de colocación de rejas por densidad espacial, es decir, colocación de un número determinado de rejas en función del número de hectáreas a urbanizar, sin parar a pensar el tipo de reja a colocar ni su distribución la cual en algunas ocasiones atiende más a requisitos estéticos que funcionales. En consecuencia, ya en superficie se produce un mal funcionamiento de la captación de agua.

Se podría plantear una solución a estos problemas que pasara por la ampliación de los colectores o del número de rejas. Sin embargo, dadas las enormes dimensiones de estas actuaciones las molestias ocasionadas a la población, tanto transeúntes como vehículos, son en general demasiado graves para llevarlas a la práctica.

Todo ello ocasiona, bien sea por unos motivos u otros el aumento del flujo de agua en las calles que puede llegar a transformarse en una gran corriente de agua cuyos calados y velocidades pueden llegar a ser peligrosos para la seguridad de peatones y la circulación de automóviles. Por esta razón es importante conocer los calados y velocidades máximas que pueden alcanzarse en las calles en relación con una tormenta de un determinado período de retorno. Además, esta información puede ayudar en gran medida a localizar las zonas donde podría ser necesario un redimensionamiento del sistema de drenaje y dónde sería más urgente o prioritario.

El estudio de la escorrentía en redes de calles también resulta interesante como ayuda para poder complementar la modelación del flujo en un sistema de drenaje pluvial. De esta manera, surge el concepto de drenaje dual, que considera el agua generada por la lluvia moviéndose en dos planos paralelos, uno subterráneo formado por el sistema de drenaje convencional soterrado y uno superficial formado por la red de calles, ambos interconectados por medio de las bocas de tormenta o imbornales y donde se permite el libre intercambio de flujo entre ambos planos y en todo momento. Esto es lo que sucede realmente, por lo

tanto, una modelación de este tipo permitiría un análisis más riguroso del drenaje urbano. Utilizando este concepto, si un sistema de drenaje es insuficiente para conducir toda la es correntía que se genera en superficie, pero se demuestra a través de la modelación del flujo en las calles que el agua que no entra en el sistema produce calados y velocidades que no superan ciertos límites impuestos como criterios de diseño, o que la duración de la situación no es importante, sería posible contar con una capacidad adicional del sistema que brindaría esa conducción controlada del agua por las calles, pudiéndose evitar quizá una costosa obra de rehabilitación.

1.2 Descripción de una red de calles

Una red de calles es un grupo de calles de longitud finita, que por tener distintas direcciones se intersectan dando lugar a los cruces de calles. Desde un punto de vista hidráulico, en una red de calles se distinguen dos tipos de elementos, las calles por un lado, y los cruces por el otro. El flujo en las calles puede considerarse unidimensional, mientras que en los cruces el flujo puede tener una estructura en general bi o tridimensional.

A la hora de estudiar su comportamiento hidráulico, en principio las calles pueden definirse como conductos que funcionan en lámina libre (con una longitud como mínimo, un orden de magnitud superior a su ancho) con una determinada sección transversal y pendiente longitudinal y transversal.

Las secciones de las calles generalmente están compuestas por los elementos: línea de edificación, acera, eje de arbolado, bordillo y calzada, con una disposición de estos elementos simétrica con respecto al eje de la calzada, como se muestra en la figura 1.1, aunque las dimensiones de los mismos puedan variar o incluso alguno de ellos faltar.

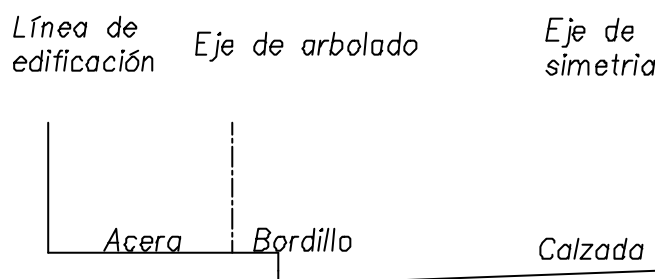


Figura 1.1: Sección transversal típica de una calle en una ciudad

En este estudio se llamará calle al espacio comprendido entre líneas de edificación y se entenderá como ancho de calle, a la distancia entre líneas de edificación. Sin embargo, si la forma de la sección así lo exigiera, podrá definirse un ancho de calle activo que será el ancho que se considera que contribuirá activamente a la conducción del agua. Esto sucederá, por ejemplo, cuando las aceras se encuentren muy elevadas con respecto a la calle o se considere que el calado en ellas será muy pequeño comparado con el que se produzca sobre la calzada. En esta circunstancia, el ancho de calle será la distancia entre bordillos.

1.3 Descripción de los cruces de calles

Se define como cruce de calles el lugar físico que es común a dos o más calles. En la presente tesina se considerarán sólo los cruces de dos calles, de modo que el cruce de calles puede delimitarse en planta por la intersección de ambas calles. En este caso el cruce será una superficie de forma cuadrangular pues

estará formado por dos calles en ángulo recto cuyas aristas tienen la longitud del ancho de las calles que lo forman. De cara al estudio hidráulico, el cruce será considerado como un elemento bidimensional, ya que permitirá la circulación del agua sobre toda su superficie en cualquier dirección.

1.3.1 Clasificación de los cruces de dos calles

Según la dirección que tenga el flujo en cada uno de los tramos de calles que están conectados al cruce y haciendo una analogía con la clasificación de Yen (1986) para uniones de conductos de alcantarillado podemos clasificar los cruces en:

- Convergentes: el flujo entra por tres calles y sale por una (figura 1.3(a)).
- Divergentes: el flujo entra por una calle y sale por tres (figura 1.3(b)).
- Convergente y divergente: el flujo entra por dos calles adyacentes y sale por las otras dos (figura 1.3(c)).

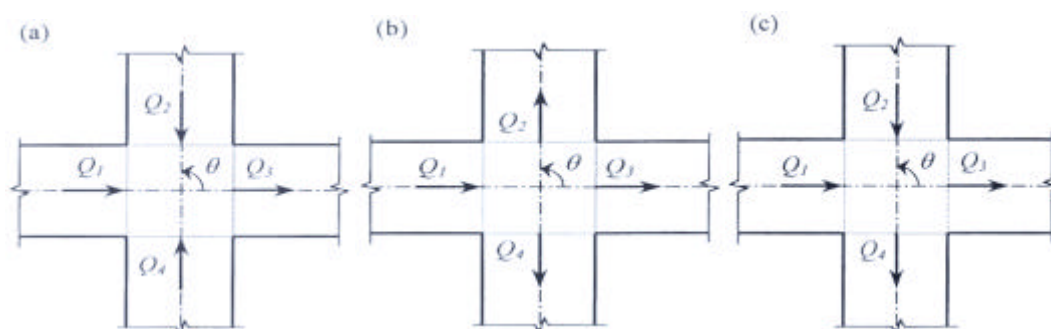


Figura 1.3: clasificación de cruces de dos calles en función de la dirección de flujo en ellas.
 (a) convergentes, (b) divergentes y (c) convergentes y divergentes.

En este trabajo se afrontará el estudio de únicamente este último tipo de cruce por ser el más representativo de nuestras ciudades, dejándose las tipologías restantes para un estudio posterior.

Bifurcaciones o uniones en "T"

Las bifurcaciones y uniones pueden ser consideradas como casos especiales de cruces de dos calles, definidos como cruces de dos calles en los cuales una de las calles comienza o termina en el mismo cruce. Las bifurcaciones se dan cuando el flujo entra al cruce por una calle y sale por dos (figura 1.4(a)) y las uniones cuando el flujo entra por dos calles y sale por una (figura 1.4(b)).

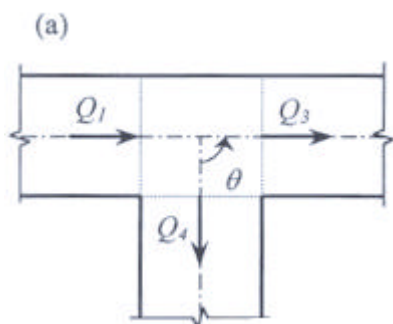


Figura 1.4(a): bifurcaciones en "T"

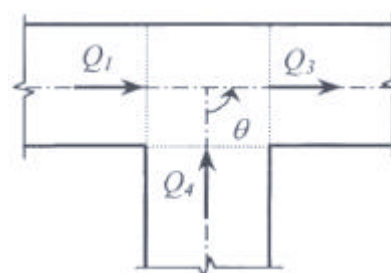


Figura 1.4 (b): uniones en "T".

1.3.2 Características geométricas de los cruces

La planta de un cruce de calles en el caso más simple estará formada en las esquinas por ángulos rectos, tal como se muestra en las figuras anteriores, lo cual da lugar a que la superficie del cruce sea un cuadrilátero. No obstante, en algunas ciudades las esquinas de los cruces están formadas por chaflanes para permitir una mejor visibilidad a los vehículos circulantes. Esto daría lugar a una superficie del cruce octogonal (aunque no es el caso aquí estudiado).

La sección transversal del cruce será similar a la de las calles, excepto por el hecho de que generalmente existe un ensanchamiento por el redondeo de la esquina de la calzada.

El alzado del cruce es más complejo debido a que en el cruce confluyen dos secciones con pendientes transversales y longitudinales diferentes. Si una de las calles tiene más importancia que la otra, el cruce suele adoptar la geometría de ésta, mientras que si ambas son de igual magnitud, la topografía es más compleja. No obstante, se verá que la importancia de la pendiente del cruce en el estudio es secundaria, por lo que se podrán hacer una serie de simplificaciones.