

1. APROXIMACIÓ A L'ESTUDI DE L'ESCORRENTIU EN XARXES DE CARRERS

1.1. Introducció

Quan es produeixen severos successos de precipitació en medi urbà, és comú que el sistema de drenatge quedi infradimensionat, en especial en aquelles ciutats que es troben en fase de creixement. D'aquesta manera, la xarxa de drenatge assoleix fàcilment la seva capacitat màxima, podent arribar fins i tot a funcionar a pressió en el cas que aquesta sigui subterrània. Aquest funcionament en càrrega pot suposar que l'aigua aflori pels imbornals als punts baixos de la xarxa, de tal forma que el sistema no només no aconsegueix la seva funció, sinó que suposa un augment de l'escorrentiu superficial en aquestes zones.

També es dona sovint el cas que els elements de captació de l'escolament generat per la pluja no estan correctament dissenyats ni disposats, de tal manera que sense estar els col·lectors al màxim de la seva capacitat, el sistema no és capaç de captar l'aigua que circula pels carrers. Tradicionalment aquest és un aspecte al que no s'ha donat la importància que mereix, centrant-se únicament els treballs en el procés pluja-escorrentiu i en el dimensionament dels col·lectors, però és de gran importància pel correcte funcionament de les xarxes de drenatge.

Sigui per un motiu o per l'altre, si aquesta situació afecta a una àrea gran de la ciutat l'escorrentiu als carrers pot augmentar fins a formar-se un gran corrent d'aigua que es mou pels carrers com si es tractés d'una xarxa de canals, amb calats i velocitats que poden ser una amenaça per la seguretat dels vianants i vehicles. Per tant, és important conèixer les condicions del flux en cada punt i a cada instant durant una tempesta d'un determinat període de retorn per conèixer quins són els indrets de la xarxa on cal actuar per tal de minimitzar els riscos. Cal tenir en compte que els carrers no es dissenyen per a la conducció de grans quantitats d'aigua, sinó que estan pensats per facilitar la circulació de vehicles i vianants.

També resulta interessant l'estudi del comportament de l'escorrentiu en xarxes de carrers des del punt de vista de la modelització del flux en un sistema de drenatge dual. El concepte de drenatge dual considera l'aigua generada per la pluja movent-se en dos plans paral·lels, un de subterrani format per la xarxa de drenatge convencional i un de superficial format per la xarxa de carrers. Ambdós plans es troben intercomunicats mitjançant els imbornals, que permeten un lliure intercanvi de flux en tot moment, en un sentit o en l'altre. Aquesta metodologia s'acosta més a la situació que realment existeix a les ciutats que no pas el tractament individual dels dos plans, i per tant permet una anàlisi més rigorosa del drenatge urbà. Des d'aquest punt de vista, no és necessari dimensionar els col·lectors per a períodes de retorn molt grans, però cal comprovar quina serà la situació als carrers per a aquests períodes. És a dir, si un sistema de drenatge subterrani és insuficient per conduir tota l'aigua generada en superfície durant un procés de precipitació, però es demostra que el flux als carrers no provoca calats o velocitats perilloses per a la seguretat, es compta amb una capacitat addicional del sistema proporcionada per aquesta conducció controlada de l'aigua pels carrers, evitant-se una costosa obra de rehabilitació.

Així les coses, és necessari estudiar quin és el comportament del flux a la xarxa de carrers per determinar els punts del sistema on cal actuar. Un element singular d'aquesta són els nusos o encreuaments entre carrers, on uns cabals procedents d'uns carrers d'entrada es divideixen

entre els diferents carrers de sortida. És fonamental per a conèixer la distribució de l'escolament a la ciutat (i per tant les característiques hidràuliques del flux a cada punt) establir els patrons de divisió de cabals als encreuaments.

1.2. Descripció d'una xarxa de carrers

No és l'objecte d'aquesta tesina l'estudi del flux a una xarxa de carrers, sinó que es limita a l'anàlisi del que succeeix a l'encreuament, però és important conèixer quines són les característiques del funcionament global d'una xarxa per tal d'enfocar correctament el problema.

Una xarxa de carrers es defineix com un conjunt de carrers de longitud finita amb diferents orientacions, que s'intersecten en diferents punts anomenats nusos o encreuaments. Cada carrer es divideix en diferents trams, delimitats pels nusos. Des del punt de vista del comportament hidràulic, s'hi distingeixen dos tipus d'elements: els carrers, on el flux es pot considerar unidimensional, i els encreuaments, on l'estructura del flux serà bi o tridimensional.

1.2.1. Descripció i tipologia dels carrers

Els carrers es caracteritzen per presentar una dimensió clarament dominant, i des del punt de vista hidràulic el seu funcionament serà similar al d'un canal, és a dir flux unidimensional en làmina lliure. Així, l'estudi del comportament del flux als carrers es pot resoldre mitjançant les equacions del moviment no permanent gradualment variat, anomenades equacions de les corbes de rabeig.

Els carrers es poden definir a partir d'un eix i una secció transversal característica que dependrà lògicament de molts aspectes.

Secció transversal

Les seccions dels carrers poden ser de moltes formes diferents, i de fet es presenten infinites tipologies dins d'una mateixa ciutat, però bàsicament consten d'una línia d'edificació, una vorera, una vorada i una calçada. La disposició d'aquests elements acostuma a ser simètrica respecte a l'eix, i la dimensió de cadascun dels elements, així com l'amplada total del carrer, pot ser molt variable. Aquesta disposició es pot apreciar esquemàticament a la figura 1-1.

La línia d'edificació és el límit entre la propietat pública i la privada, i coincideix normalment amb la façana d'algun edifici o algun altre element de divisió física. La vorera és l'element destinat a la circulació de vianants, i consisteix normalment en un mosaic construït amb panots o lloses de diferents dimensions i materials. La vorera està elevada respecte a la calçada, essent aquesta elevació també variable, normalment entre els 10 i els 20 centímetres. El límit entre la vorera i la calçada és la vorada, que sol estar formada per blocs de pedra o formigó prefabricat. També és comú trobar una fila d'arbrat a pocs decímetres de la vorada (i dins de la vorera). La calçada es la zona central, destinada al tràfic d'automòbils i vehicles en general, i es troba normalment recoberta de mescla bituminosa.

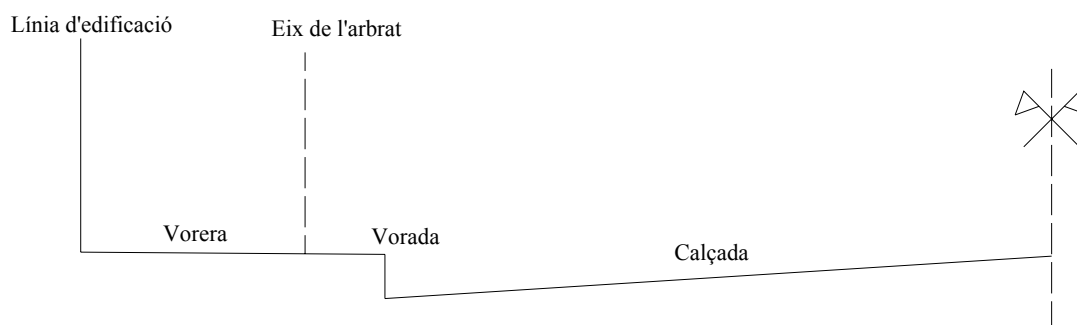


Figura 1-1. Secció transversal típica d'un carrer en una ciutat amb sistema de drenatge subterrani.

Es defineix com a relació d'aspecte la relació entre l'ample d'un carrer i el calat que hi circula, b/y . Tenint en compte que l'ample dels carrers serà de l'ordre de 10 a 20 metres, i que el calat serà en general de com a màxim un metre, obtindrem relacions d'aspecte en un rang de 10 a 100. En aquest sentit, cal remarcar que si bé el comportament del flux al carrer es modela com si es tractés d'un canal (amb una secció peculiar), les relacions d'aspecte amb què estem treballant són un ordre de magnitud superior a les que s'acostumen a trobar en canals.

Pendents

Els carrers acostumen a presentar tant pendents longitudinals com transversals. El longitudinal és generalment constant al llarg de cada tram de carrer, comprès entre dos encreuaments. D'aquesta manera, l'esmentat pendent queda definit per la cota dels encreuaments que delimiten el tram de carrer estudiat i la longitud d'aquest. Com és lògic, el pendent longitudinal pot presentar un ampli rang de valors, depenent de la topografia del terreny on s'ubica la ciutat. En general, el flux en condicions de règim lent (al qual es limita aquest estudi) només es donarà en carrers amb pendent molt baix o nul.

El pendent transversal es materialitza mitjançant una elevació de la part central de la calçada, i té l'objectiu de permetre l'evacuació de l'escorrentiu cap als laterals d'aquesta, per afavorir la circulació dels vehicles per la calçada en condicions de seguretat i facilitar la recollida de l'aigua mitjançant els imbornals. Normalment aquest pendent no sol superar el 2%. La vorera també acostuma a presentar un lleuger pendent transversal cap a la vorada, amb idèntica finalitat.

1.2.2. Descripció i tipologia dels encreuaments

Es defineix com a encreuament de carrers el lloc físic que és comú a dos o més carrers. Si es consideren únicament els encreuaments de dos carrers, aquest queda definit en planta per la intersecció d'ambdós. D'aquesta manera l'encreuament resultarà una superfície quadrangular amb dimensions iguals a l'ample dels dos carrers que hi conflueixen. En general els dos carrers presentaran, si bé no el mateix ample, si un ordre de magnitud similar. Des del punt de vista del comportament hidràulic, l'encreuament és un element com a mínim bidimensional –i possiblement tridimensional–, ja que l'aigua circula en diferents direccions sense restriccions físiques de cap tipus. Així, el flux que circula pel carrer d'una manera unidimensional deixa de fer-ho a l'arribar a l'encreuament, donat que es troba amb una altra

corrent que arriba en una altra direcció, produint-se aleshores fenòmens de xoc, mescla i després divisió.

Lògicament, existeix un nombre il·limitat de tipologies d'encreuaments de dos carrers, ja que són molts els factors que el defineixen, com ara l'angle que formen els carrers, l'ample d'aquests, l'existència de xamfrans, etc. No és possible realitzar una anàlisi exhaustiva de la influència de cadascun d'aquests factors, però és important comentar les diferents característiques que pot adoptar un encreuament per plantejar correctament l'estudi.

Classificació dels encreuaments segons la direcció del flux

En funció de la direcció que prengui el flux en cadascun dels trams de carrers que hi conflueixen, es poden classificar els encreuaments en tres grans grups:

- Convergent: el flux entra per tres carrers i surt per un.
- Divergent: el flux entra per un carrer i surt per tres.
- Convergent i divergent: el flux entra per dos carrers adjacents i surt pels dos restants.

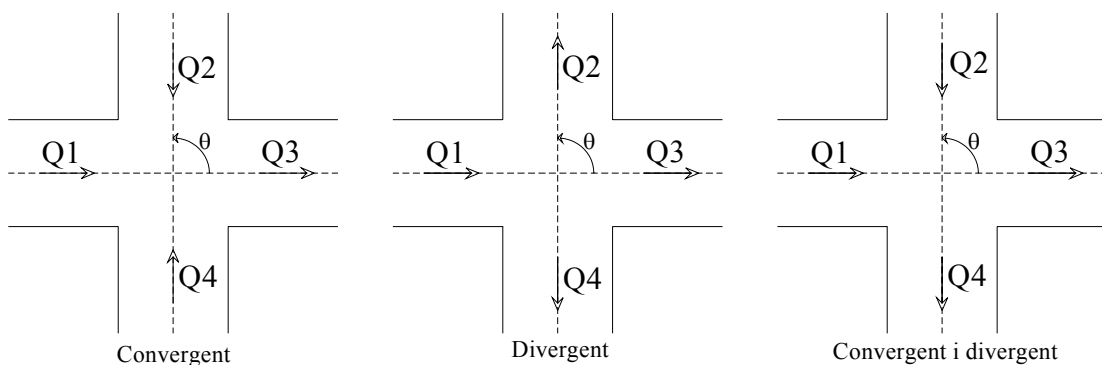


Figura 1-2. Esquema de les diferents tipologies d'encreuaments segons la direcció del flux.

D'altra banda, les bifurcacions i unions en T també poden ser considerades com a casos especials d'encreuaments de carrers, amb la peculiaritat que un dels dos carrers acaba o comença al mateix encreuament. Les bifurcacions es donen quan el flux entra al nus per un carrer i en surt per dos, i les unions quan el flux entra per dos carrers i en surt per un. És interessant considerar també aquests tipus d'encreuament, donat que, com es tractarà més endavant, la major part de la bibliografia es refereix a estudis sobre unions i bifurcacions de canals.

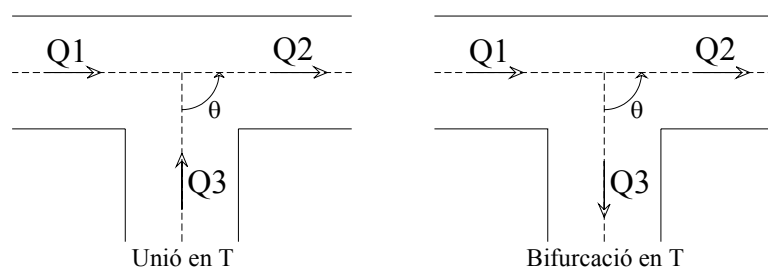


Figura 1-3. Esquema de les unions i bifurcacions en T.

Planta

L'encreuament de carrers en si està format per la intersecció dels dos carrers que hi conflueixen. Per tant, generalment la planta del nus presentarà forma quadrangular, amb costats iguals als amplex dels carrers. En moltes ocasions, les cantonades no estan formades per angles rectes, sinó que es disposen xamfrans o suavitzacions que faciliten una major visibilitat al conductors d'automòbils, a més de permetre mantenir l'amplada de vorera quan el voral es troba retallat per facilitar el gir. En situacions més estranyes, es poden tenir al mateix encreuament combinacions de cantonades amb i sense xamfrà.

Secció transversal

Generalment la secció transversal a l'encreuament manté els mateixos elements i característiques que la dels carrers que hi conflueixen. Sovint la vorera es troba retallada per afavorir el gir dels vehicles, sobretot en els casos en què es disposen xamfrans, augmentant així l'amplada de la calçada. Està clar que la secció transversal de l'encreuament tindrà una gran influència sobre el comportament en quant a distribució de cabals d'aquest, però és impossible plantejar un estudi exhaustiu donada la gran varietat de possibilitats que presenta; per aquest motiu més endavant es realitzaran simplificacions al respecte.

Pendents

L'encreuament és l'espai comú entre dos carrers que presenten en general pendents longitudinals diferents. A més, cadascun dels carrers que hi conflueixen presentarà en la seva secció uns pendents transversals. Com a conseqüència d'aquests factors, la topografia de la superfície de l'encreuament pot ser molt complexa.

Quan un dels carrers té una importància superior que l'altre, en general es manté a l'encreuament la secció del primer, per tal que el canvi de pendent que suposa l'encreuament no afecti als conductors que circulen per aquesta via preferent (per la qual es suposa que circulen més vehicles). Així, en el carrer secundari la secció longitudinal seria de l'estil de la mostrada a la figura 1-4, mentre que en el sentit del carrer principal no existiria alteració del pendent. També s'acostuma a mantenir el criteri de no permetre grans pendents en un encreuament per afavorir el pas dels vianants, de manera que si els carrers presenten pendent elevat el nus es mantindrà horitzontal. Quan els dos carrers són d'una importància semblant, l'encreuament pot tenir una topografia més complexa per tal de facilitar el tràfic en els dos sentits.

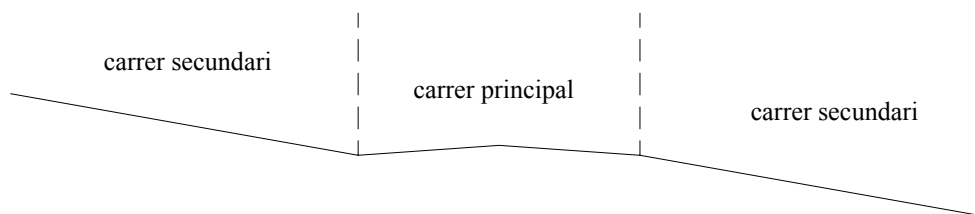


Figura 1-4. Secció longitudinal del carrer de menor importància al pas per l'encreuament.