La validació de les obres en espais fluvials

Jesús Soler
Albert Sorolla

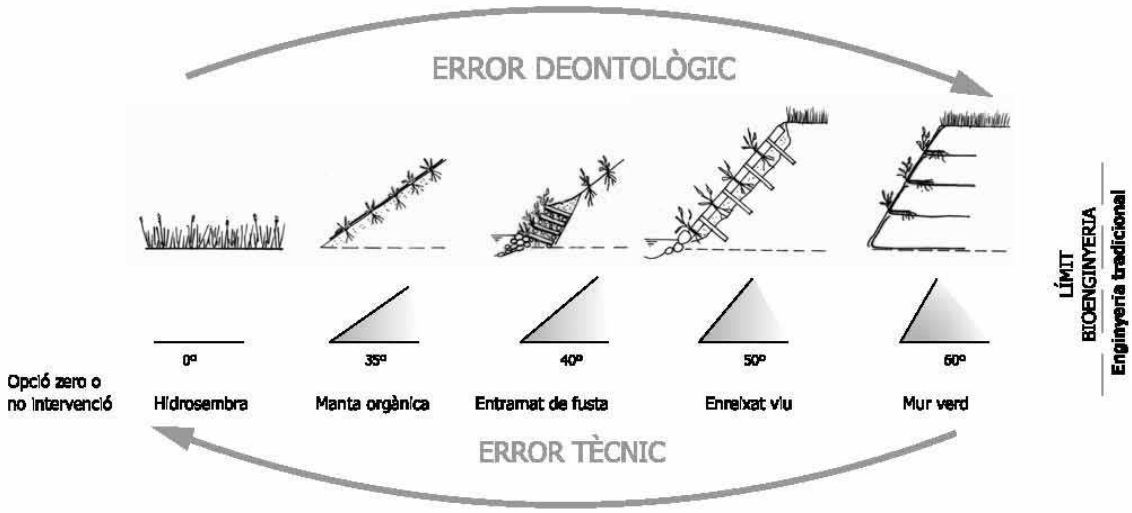
Des dels nostres inicis, la restauració i millora dels espais fluvials ha estat i continua sent un dels objectius principals de Naturalea, treballem en rius des de l'any 1994 i els nostres primers projectes van ser al Torrent de Colobrers (Sabadell) o a la desembocadura del riu Foix a Cubelles (Tarragona). Però la nostra cultura i capacitat tècnica han canviat i millorat molt durant aquests últims anys. El recent pas ha estat la creació d'un equip propi per validar les intervencions que realitzem al riu, utilitzant la tecnologia més moderna, de manera que, en ple segle XXI, ens és difícil actuar en un riu sense disposar de la màxima informació possible .

"Igual que no es pot fer un diagnòstic a un pacient sense una anàlisi de sang, tampoc podem actuar en un riu sense conèixer el seu comportament".

En el moment de plantejar una solució davant d'un problema d'erosió, una zona inundable o un deteriorament de l'estat ambiental del riu, moltes són les hipòtesis i opcions possibles per poder reduir, minimitzar o combatre els efectes d'una avinguda.

S'ha constatat la necessitat de que l'execució de qualsevol actuació en un espai fluvial respongui a les característiques del riu. Tota actuació que no respecti aquest principi està condemnada al fracàs. Per això és estrictament necessari el coneixement del comportament del riu enfront de les diferents avingudes que es poden ocasionar.

Afrontar el problema requereix d'una visió global o de conjunt, fugint de solucions tipus, que potser no aportin el resultat esperat, amb les corresponents pèrdues ambientals i econòmiques. Fins i tot una actuació que a priori sembla acceptable pot ocasionar efectes secundaris encara més grans que el problema inicial.



NTJ 12S PART 5

L'estudi de la problemàtica a tractar és essencial per no caure en els dos possibles errors: el tècnic i el deontològic. Tècnic en realitzar una solució que no resol els problemes de l'àrea, i deontològic en buscar una tècnica sobredimensionada en relació al problema real. Són moltes les sol·licituds que rebem sobre tractaments de talussos fluvials i on suggerim no intervenir o minimitzar la intervenció.

La validació hidràulica

Posem, per exemple, el cas d'una estructura lateral al marge d'un llit. Aquest marge pateix problemes d'erosió, i per estabilitzar-lo, es decideix protegir. Per això, la idea inicial plantejada és protegir el marge amb *Feixines vives*, que a llarg termini permetran la vegetació del talús i la seva consolidació.

Ara bé, el primer que ens preguntem és: disposem d'alguna dada hidràulic per validar aquesta solució? Si la resposta és negativa, la idoneïtat d'aquesta actuació queda suspesa en l'aire, dins d'un núvol d'incertesa. Igual que no es pot fer un diagnòstic a un pacient sense una anàlisi de sang, tampoc podem actuar en un riu sense conèixer el seu comportament. Pel que, dins dels mitjans i dades disponibles, hem de conèixer les característiques del riu. Segons la complexitat del tram, convindrà un tipus d'estudi més o menys precís. Aquí és on entra la tasca del tècnic, que diagnostica i desenvolupa el nivell adequat per a cada situació. Tornant a l'exemple anterior, suposem que en aquest cas, gràcies a una estació d'aforament propera, disposem d'un cabal de partida. A partir d'una anàlisi hidràulic preliminar, en règim permanent, obtenim unes velocitats i tensions de pas d'aigua en un episodi d'avinguda extraordinària, però de caràcter anual, molt superiors als valors límit d'una *Feixina viva*. Pel que, d'haver-se construït, aquesta no hagués complert l'objectiu per al qual es va plantejar. Es decideix construir una escullera.

El transport de sediments

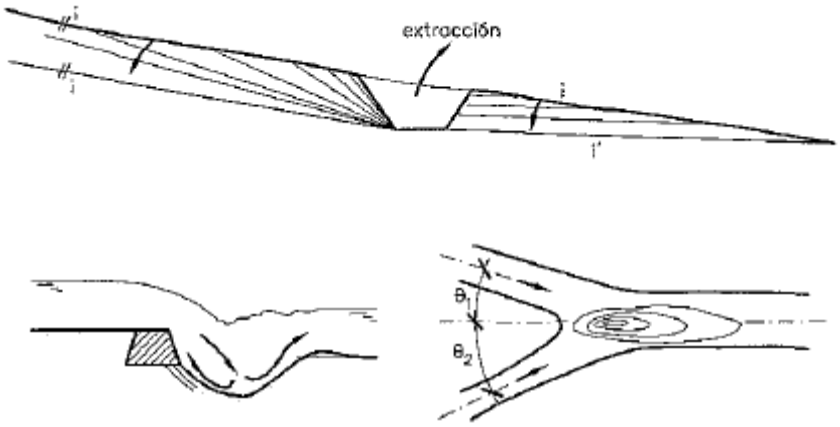
Al cap del temps i després d'una forta avinguda, es constata que l'escullera ha bolcat. Segons els estudis hidràulics, les velocitats i tensions no eren en cap cas superiors als límits de resistència de l'escullera. El nivell del llit de la llera es manté aproximadament en la mateixa cota. Què ha passat doncs?

Si observem la fotografia adjunta veiem una escullera desmuntada. Aquesta escullera probablement s'ha dissenyat atenent els valors obtinguts en l'estudi hidràulic, probablement s'ha executat correctament però aquesta escullera es recolzava sobra la cota de la llera actual.

El que ha passat respon a un fenomen anomenat erosió general transitòria, en el qual el llit del riu ha baixat a mesura que el cabal de l'avinguda creixia (erosionant), per després recuperar la seva cota inicial a mesura que el cabal disminueix (sedimentació). Abans i després tenim similars imatges, però enmig s'ha produït un fenomen que afecta l'actuació. Si bé és cert que el càlcul de l'erosió general transitòria és molt indeterminat (fins i tot hi ha rius on passa al revés), en aquest cas no s'ha tingut en compte i l'obra ha fracassat.

Solució finalment aportada amb uns ciments de 1.2 metres per sota de la cota del llit, que és la cota estimada a partir d'un càlcul de l'erosió general transitòria.

Són múltiples els efectes que pot generar la nostra intervenció al riu: erosions locals a piles de ponts, descens excessiu del pendent del riu en el cas de travesses mal dimensionades, incisió del riu a causa d'un estrenyiment en una canalització, erosió aigües avall o al marge oposat causa de la "protecció" o "rigidització" d'un tram. Els anteriors exemples pretenen il·lustrar el fet que un riu és un mitjà amb un flux bifàsic, format per aigua i sediments. Tractar només l'aspecte purament hidràulic, encara que obtinguem informació valuosa i imprescindible, és insuficient, tant en fenòmens locals com a gran escala.



Alguns tipus d'erosió. A dalt, erosió a llarg termini a causa d'una extracció. A baix, erosió en una caiguda (esquerra) i erosió per una confluència (dreta). *Ingeniería de Rios (Juan Pedro Martín Vide)*

La geometria d'un riu evoluciona. El riu és un element "viu", en continu moviment. Fins i tot la nostra intervenció pot fracassar per no haver observat amb suficient detall la pròpia dinàmica del riu. Aquest es veu afectat per nombroses variables que el fan estar en desequilibri. Es donen processos a llarg termini, de sedimentació-erosió, que modifiquen el seu pendent i cotes del llit. Per tant, la fotografia actual no és invariable, i pot canviar en el futur. I aquest pot dependre de molts factors: obres actuals o passades que han modificat el seu equilibri, la futura impermeabilització del territori a causa de la urbanització, o l'augment de la torrencialitat, donant-se cabals cada vegada majors en episodis més freqüents.

La impermeabilització del territori fruit de la urbanització també està generant canvis en les dinàmiques fluvials. Com podem veure a la taula adjunta, anem incrementant la probabilitat de rebre unes pluges fortes. Un cabal que abans es podria generar extraordinàriament pot esdevenir un fet ordinari que transforma el llit del riu.

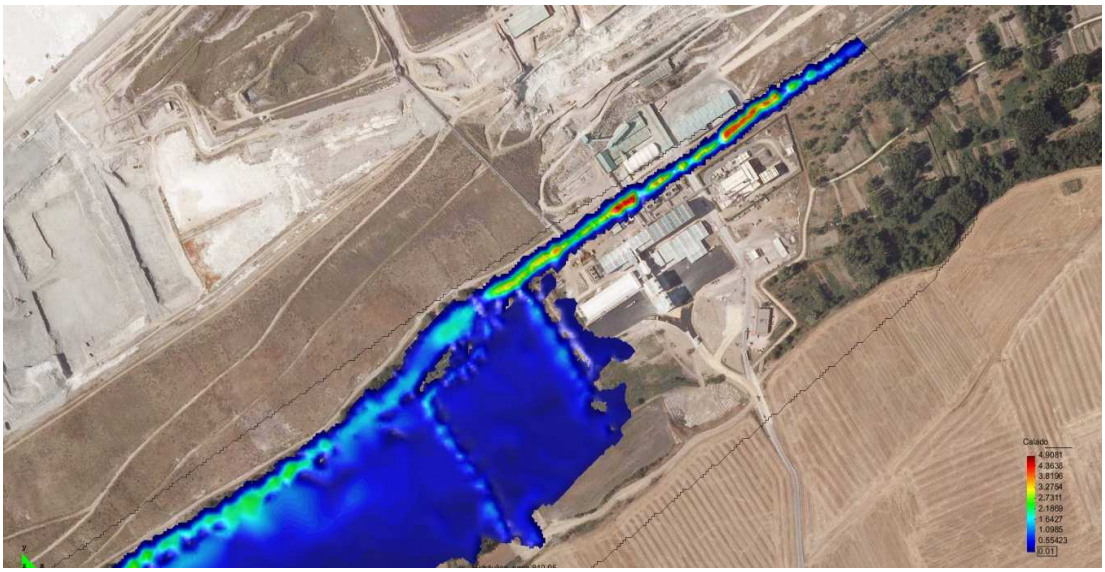
Q(m^3/s)

T (anys)	TYPSA	Cànoves	a Cardedeu	abstraient urbe	%	duplicació urbe	%
5		17	15	10	-32	22	49
10		31	28	21	-27	38	35
25		57	51	39	-23	65	27
50	77	80	72	56	-22	89	24
100	105	108	98	78	-21	118	21
200		140	127	102	-20	151	19
500	184	190	172	140	-19	201	16

Resum de cabals obtinguts en diferents períodes de retorn en àrees d'estudi en relació a la urbanització.
PROJECTE BÀSIC DE RECUPERACIÓ MEDIAMBIENTAL DE L'ENTORN FLUVIAL DEL RIU MOGENT.
Consorci per a la defensa de la Conca del Besós. Naturalea 2001

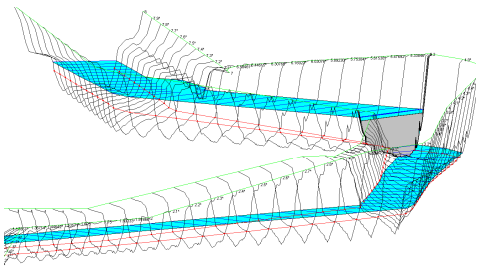
A més, a això cal afegir les característiques particulars dels rius mediterranis, en forma de rambles o torrents, amb fenòmens torrencials que causen un augment considerable dels nivells d'aigua, associats a elevades càrregues de transport de sediments, en comparació amb el nivell teòric calculat com aigua clara, sense transport de sediments. (*Martín Vide, JP, 2003*)

Els models de simulació



Simulació dels calats per una avinguda en el model 2D IBER.

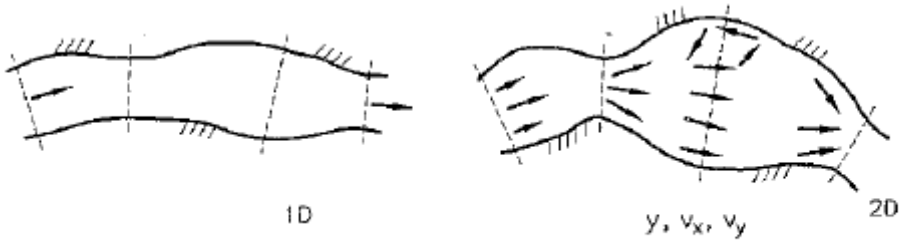
La determinació de tots aquests factors no és una tasca senzilla, i molt menys precisa. En la majoria de casos la disponibilitat de dades és francament escassa. És aquí on la tasca de les persones amb criteri tècnic en hidrologia, hidràulica i transport de sediments és imprescindible. Seva és la responsabilitat de realitzar el diagnòstic més concret possible, interpretant les dades existents i les proporcionades pels diferents models de simulació, basant-se en el coneixement i l'experiència (un dels valors imprescindibles en hidràulica). Perquè no hem d'oblidar que un model hidràulic, o hidrodinàmic, és precisament això, un model. Mai s'ha de confondre amb la realitat. Del model s'extreuen dades (molt valuosos) que, confrontades amb la resta de paràmetres, permeten interpretar la realitat i extreure conclusions per a trobar la millor solució al problema que es planteja.



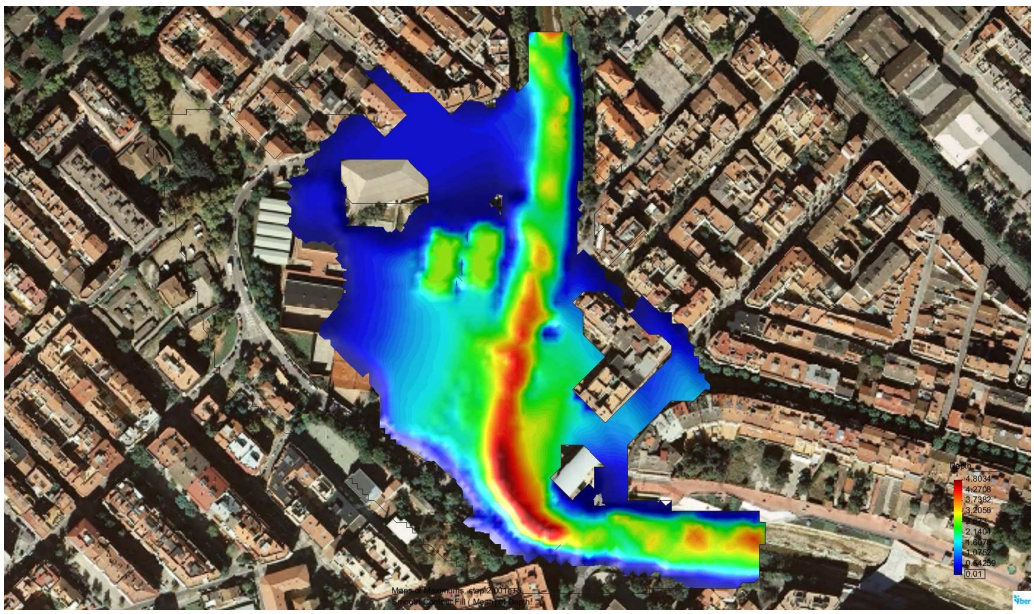
A això ha ajudat l'avanç en les eines de simulació, sens dubte gràcies a l'aparició de codis de càlcul de dominis públics i amigables.

Com hem esmentat amb anterioritat, per a una anàlisi preliminar podem utilitzar un càlcul del calat normal (tècnicament flux en làmina lliure permanent uniforme). Afortunadament, aquest ja no és el pas definitiu. D'aquí, s'ha passat al càlcul en règim permanent gradualment variat i règim variable en 1D (amb models com Hec-Ras, per exemple). En ells, s'assumeix una sola direcció del flux.

En l'actualitat, i cada vegada amb més freqüència, s'imposen els models en 2 dimensions (amb models com IBER), que permeten avaluar el comportament del riu obtenint variables com la velocitat, amb les dues direccions del pla horitzontal, calat o tensions, així com mapes de risc. Aquests models permeten simular amb precisió trams o zones meandrificades, planes d'inundació, estuaris, on el comportament del flux no és en una sola direcció. Si bé hi ha moltes situacions en què no cal arribar a aquest nivell d'estudi, la seva amigabilitat i eficàcia empenyen al seu ús. Aquests models numèrics (basats en les equacions d'aigües someres) són molt demandats per les pròpies administracions. En resum, disposem d'un ventall molt ampli d'eines i nivells a l'hora de crear un model, però la tasca és escollir l'instrument apropiat i sobretot, una correcta interpretació de les dades obtingudes.



Esquema de model en 1D i 2D. *Ingeniería de Rios (Juan Pedro Martín Vide)*



Tram d'actuacions proposades en un espai fluvial i la posterior simulació amb el model 2D IBER

El seguiment de les obres

No obstant això, aquesta validació no es queda només en el full de planificació. Ni tampoc en l'execució. Dos rius amb similars característiques poden tenir comportaments totalment diferents. És a dir, que un cop planificat el tipus d'obra a realitzar a partir de totes les dades hidrodinàmics obtingudes així com de l'experiència en anteriors intervencions, i que aquesta s'executi (suposem que de forma correcta), és imprescindible realitzar un seguiment del comportament de l'actuació al llarg del temps. Això ens permet observar la tendència i corregir, o fins i tot modificar l'obra actual. Són per això preferibles petites actuacions programades i monitoritzades, sent prou flexibles per anar adaptant i corregint la solució en cada moment que sigui necessari. D'aquesta manera, la probabilitat d'èxit és molt més gran, i sens dubte és la manera d'aprendre i acumular coneixement del riu en qüestió davant futures actuacions.

El paper que juguem en la validació de les obres

Disposem d'eines suficients per determinar, o almenys advertir, tendències en el comportament d'un riu, des de la fase de planificació, passant per l'execució i durant el seu manteniment. Entendre el riu com un element "viu", en continu moviment, fruit d'un flux bifàsic (aigua i sediment), escollir els mètodes de simulació i càlcul adequats amb les dades disponibles per a la validació (tasca de l'expert) i avaluar aquesta obra amb seva monitorització i posterior seguiment, així com vetllar perquè tot el procés anteriorment descrit es compleixi (tasca de l'administració), fan que la nostra actuació tingui l'èxit desitjat i esperat.

Afortunadament, tant l'administració, tècnics d'entitats competents en matèria d'aigua, així com els propis executors, cada vegada són més conscients de la necessitat de la validació rigorosa. Aquesta conscienciació és imprescindible a l'hora de realitzar un millor i més eficient diagnòstic, proposta i validació de qualsevol intervenció en l'àmbit fluvial.

Bibliografia

Martín Vide, J.P. (2002) Ingeniería de ríos. Edicions UPC, Barcelona.

Chow, V.T. Hidráulica de Canales abiertos. Ed. McGraw-Hill

Martín Vide, J.P. (2003) Criterios de calculo hidráulico de las rieras de las arenas y rubí, en condiciones torrencials

García Nájera, J.M. Principios de hidráulica torrencial. Ministerio de Agricultura, Madrid 1962

HEC (2002). HEC-RAS (River Analysis System). Hydraulic Reference Manual. Hydrologic Engineering Center (HEC). United States Army Corps of Engineers (USACE). Davis (California).

FLUMEN (2010). IBER Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas. Manuel de referencia hidráulico.

Fernando Magdaleno. Manual de técnicas de restauración fluvial. CEDEX. Ministerio de Fomento.

http://www.naturalea.eu