

1. OBTENCIÓ DEL CABAL DESITJAT

Com s'ha comentat en el capítol anterior el model a escala ha estat instal·lat al Laboratori de Mecànica de Fluïds al mòdul B0. Per tal d'obtenir unes mesures fiables és convenient conèixer amb precisió el cabal circulant.

El principi de funcionament del sistema és ben senzill: el laboratori disposa de tres bombes de diferents potències que bombegen l'aigua d'un gran dipòsit subterrani fins al punt més alt del laboratori. En els assaigs realitzats no s'han emprat cabals superiors als 100 l/s, per la qual cosa només ha calgut utilitzar la bomba de potència inferior. Aquesta aigua arriba a un primer compartiment i pot passar a un segon compartiment accionant una vàlvula elèctrica. Aquest segon compartiment disposa d'un sobreexidor triangular de llavi prim per on passarà l'aigua que circularà pel circuit per gravetat. Passat un cert temps el nivell d'aigua al segon compartiment arriba a estacionar-se per qualsevol grau d'obertura de la vàlvula, obtenint-se així un cabal constant.

Calibracions prèvies d'aquest aforador van permetre conèixer amb precisió la seva equació:

$$Q = 1.366 * (\Delta H + 0.0008)^{2.5} \quad (5.1.1)$$

On Q és el cabal en m^3/s i ΔH és la diferència entre la cota d'aigua suficientment lluny de l'aforador i el vèrtex de l'aforador triangular en metres. Tot seguit es mostren una fotografia del sobreexidor i un gràfic on es pot apreciar la seva corba d'aforament pel rang de cabals amb què s'ha treballat, és a dir, de 0 a 90 l/s.



Fotografia 5.1.1. Sobreexidor triangular de llavi prim emprat per regular el cabal.

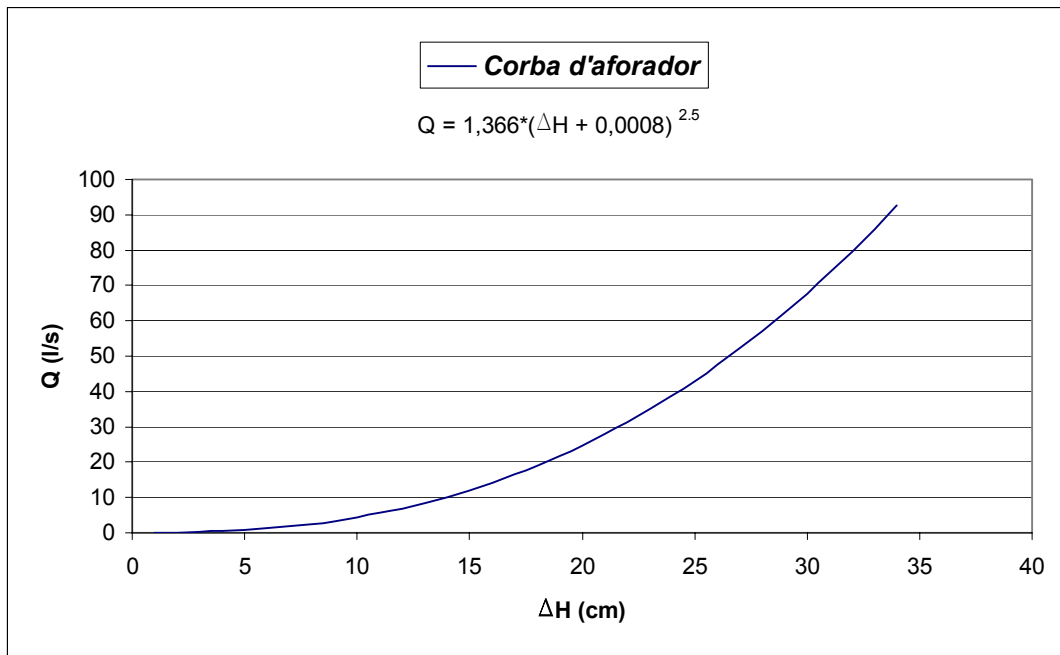


Figura 5.1.1. Corba d'aforador del sobreeixidor triangular instal·lat al mòdul B0.

Utilitzant el limnòmetre instal·lat en aquest segon compartiment podem conèixer amb precisió fins on ha d'arribar el nivell d'aigua per obtenir un cabal d'aigua concret. Malauradament determinar el grau d'obertura de la vàlvula que dona lloc a aquest nivell és una tasca feixuga que sovint requereix d'uns minuts i fins i tot de més d'una hora per cabals petits.

Per la precisió del sistema i la cura amb què s'han fixat els nivells d'aigua s'estima que en cap cas s'han comès errors superiors a 1 mil·límetre en la determinació d'aquests nivells. Tal i com s'aprecia en la gràfica per cabals petits aquests possibles errors en els nivells donaran lloc a errors relativament petits en la determinació dels cabals mentre que per cabals més grans l'error en els cabals augmenta. Per exemple, per un cabal de 10 l/s es pot haver comès un error de fins a 0.17 l/s mentre que per un cabal de 80 l/s l'error pot haver estat de fins a 0.6 l/s. Per altra banda resulta molt més fàcil assolir el nivell d'aigua per nivells elevats que per nivells reduïts perquè s'arriba més ràpidament a l'equilibri, amb la qual cosa és més probable assolir el nivell desitjat amb més precisió. Per tot el que s'acaba d'exposar, es pot concloure que les mesures estaran afectades per uns petits errors sempre inferiors al 2 % i que aquests hauran de ser tinguts en compte a l'hora de valorar les conclusions definitives.

L'aigua que passa pel model va a parar al dipòsit subterrani abans esmentat reincorporant-se així al circuit. Igualment l'aigua bombejada des del dipòsit que no accedeix al segon compartiment torna directament al dipòsit després de ser evacuada del primer compartiment gràcies a un sobreeixidor de llavi gruixut.

2. MESURES DE CALATS

La tasca principal realitzada al laboratori va consistir en mesurar els calats d'aigua existents en el model per diferents cabals. Aquesta recopil·lació de dades va ser prou exhaustiva com per permetre'n un correcte tractament amb posterioritat.

En primer lloc va ser necessari disposar d'una superfície horitzontal a la qual referenciar totes les cotes tal i com es va fer per mesurar el motlle de ciment (capítol 2). En la següent fotografia es pot observar com es van col·locar dos regles transversalment de tal forma que generessin una superfície totalment horitzontal. El moviment d'un tercer regle recolzat en els dos primers permet situar el limnímetre emprat per calcular els calats fàcilment sobre les coordenades (x,y) desitjades: en els regles transversals es van marcar amb llapis les coordenades x i en el regle longitudinal les coordenades y . D'aquesta manera els nodes marcats sobre el model amb pintura van caure en desús perquè estaven afectats per un cert grau d'imprecisió.



Fotografia 5.2.1. Dispositiu utilitzat per mesurar calats d'aigua.

Abans de començar a mesurar calats va caler mesurar les cotes del propi model no només per poder conèixer els calats d'aigua per diferència de lectures sinó també per garantir que la superfície del model es correspon amb la seva equació. Els resultats van ser més que acceptables.

Un cop comprovat que els calats transversalment no variaven es va procedir a mesurar els calats al llarg de l'eix longitudinal del model cada 6 centímetres per un rang de cabals ampli: de 0 a 50 l/s cada 2 l/s i a partir d'aleshores cada 5 l/s fins a un cabal de 90 l/s, que va ser el màxim que el sistema va permetre mesurar. Segons l'estudi realitzat en el capítol 7 el canal hauria de permetre la circulació de cabals lleugerament superiors als 100 l/s sense desbordar-se, però això no va ser possible. Realment el factor limitador no va ser la cota del canal, sinó les condicions hidràuliques que es donaven a l'interior de la tuberia que transportava l'aigua: per cabals superiors a 90 l/s el nivell d'aigua en el canal fluctuava per problemes d'anegament en la tuberia.

Totes aquestes dades apareixen adjuntes en l'annex 1. En la següent imatge s'aprecien qualitativament els resultats obtinguts en les mesures. Cada node de la superfície representada correspon a la cota d'aigua mesurada en la coordenada i pel cabal corresponents.

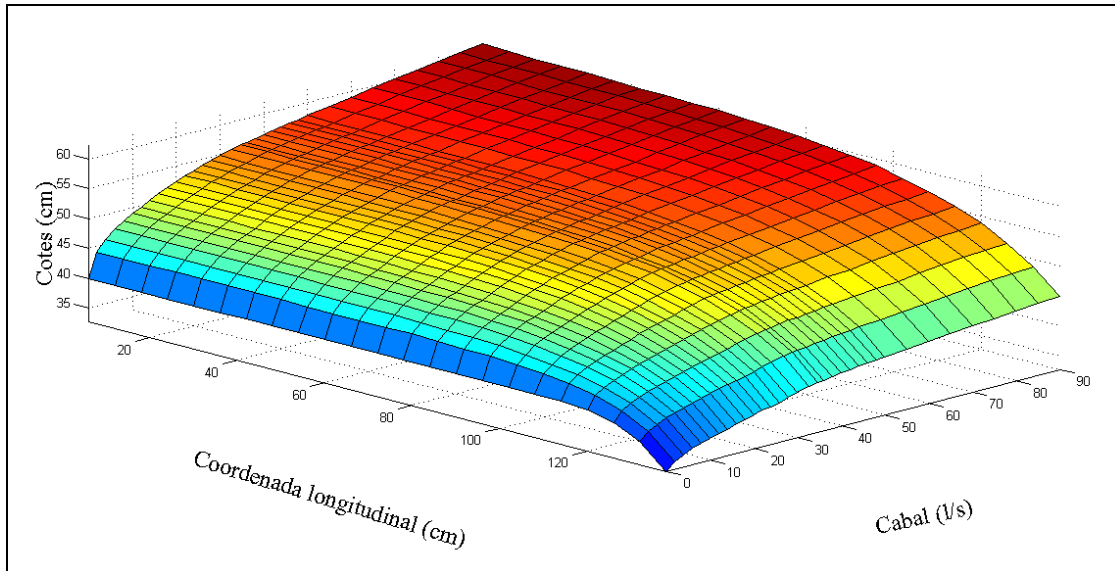


Figura 5.2.1. Representació gràfica de les mesures de calats realitzades en diferents punts de l'eix longitudinal i per diferents valors de cabal.

L'objectiu d'aquestes dades és estudiar-les amb el recolzament dels fonaments teòrics corresponents per tal de determinar si en algun punt de l'aforador és possible relacionar de forma fiable el calat d'aigua mesurat amb el cabal circulant. L'objectiu és obtenir una expressió del tipus

$$Q = f(h) \quad (5.2.1)$$

On Q és el cabal, h és el calat mesurat i f és una funció per ara desconeguda. Aquest estudi es realitza al següent capítol.

3. CORBES DE CABALS REFERÈNCIA

Un cop es va començar a assajar al laboratori, les característiques del fluxe van suggerir la possibilitat de fer una aportació singular a aquest possible aforador. Per cabals no superiors als 32 l/s s'observava clarament com part de l'aforador estava completament sec i que la frontera que separava aquest domini sec del domini cobert d'aigua de l'aforador era una corba molt suau i perfectament apreciable. En la següent fotografia es pot veure amb claretat aquesta corba frontera que separa el domini de l'aforador cobert per aigua del domini sec.



Fotografia 5.3.1. Dominis coberts per aigua i sec en el model a escala per un cabal proper als 20 l/s.

Per qualsevol altre sistema d'aforador existent en l'actualitat aquestes corbes que separen els dominis sec i cobert d'aigua són difícilment distingibles les unes de les altres per cabals propers. Generalment serien línies rectes paral·leles les unes a les altres i molt properes entre sí, de tal forma que fàcilment es podrien cometre petits errors d'apreciació visual que suposarien grans errors en l'estima del cabal. Per aquest motiu no és una pràctica habitual marcar els cabals directament a l'aforador en el nivell corresponent.

En la següent fotografia s'observen aquestes línies que han estat anomenades **corbes de cabals referència** per cadascun dels cabals mesurats, és a dir, cada 2 l/s fins al valor màxim on existeix aquesta corba, 32 l/s. La seva execució ha estat tan senzilla com fer-hi passar el cabal referència corresponent i traçar la corba amb un llapis.



Fotografia 5.3.2. Corbes de cabals referència traçades i mesurades sobre el model reduït.

Imaginem per un instant que l'aforador en qüestió es troba ja en funcionament amb les seves corbes de cabals referència dibuixades. Sense necessitat d'utilitzar els mètodes d'aforament que es determinaran en el capítol següent i que permeten un coneixement molt precís del cabal, aquest es pot avaluar de forma aproximada senzillament considerant les dues *corbes de cabals referència* més properes. Una de les avantatges d'aquest mètode és que no és precís cap coneixement tècnic per tal de conèixer-ne el cabal, qualsevol persona que s'apropi a l'emplaçament de l'aforador pot obtenir-ne ràpidament una lectura. En canvi quan es requereix molta més precisió sí cal emprar les eines d'aforament que es desenvolupen amb posterioritat.

Una vegada dibuixades amb precisió les corbes de cabals de referència i havent verificat que realment corresponen als cabals indicats es va procedir a mesurar les seves coordenades en planta (x,y). Es van mesurar aquestes coordenades d'un nombre finit de punts suficient com per traçar-hi una corba prou suau. No es va considerar oportú mesurar els valors de coordenada z dels punts ja que aquests són donats directament per l'equació de la superfície $f(x,y)$ trobada al capítol 2. Les coordenades dels punts corresponents als diferents cabals apareixen detallats a l'annex 1.

Aprofitant la semblança dinàmica de Froude existent aquestes coordenades poden ser directament aplicables a un hipotètic aforador semblant geomètricament respecte el model estudiat amb una raó de semblança qualsevol λ_L . Supposem un aforador geomètricament semblant amb una amplada de B metres. Aleshores, la raó de semblança adoptarà el següent valor:

$$\lambda_L = B / 1 = B \quad (5.3.1)$$

Segons les deduccions efectuades en el capítol 3 l'escala de cabals per una semblança de Froude com la que ens ocupa serà la següent:

$$\lambda_Q = \lambda_L^{5/2} = B^{5/2} \quad (5.3.2)$$

I en conseqüència la corba de cabal de referència corresponent a un cabal Q' en el model, dibuixada a escala sobre la superfície del prototipus correspondrà a aquest valor de cabal Q :

$$Q = Q' * B^{5/2} \quad (5.3.3)$$

Evidentment quan els cabals de referència Q' emprats en el model a escala tenen un valor exacte o són múltiples d'un valor sencer (com ha estat el cas d'aquest model reduït), els seus valors semblants Q en principi no ho seran. És a dir, els valors de cabal pintats a l'aforador real no seran valors exactes però seran igualment útils a l'hora d'estimar el cabal circulat. Quan l'amplada B de l'aforador a construir sigui considerable és possible que les 16 corbes de cabals de referència no siguin suficients per tenir una bona estima del cabal. Aleshores es podrien dibuixar noves corbes corresponents a diferents cabals circulants i determinar els valors d'aquests cabals gràcies al mètode d'estimació de cabal del capítol 6. Gràcies a aquesta metodologia podríem contrastar la bondat de les 16 corbes dibuixades amb antelació i conèixer així si el procés constructiu ha estat prou acurat.

En la següent figura s'ha dibuixat en planta un aforador de B metres d'amplada amb les seves *corbes de cabals referència* i el valor al que corresponen. Cal dir que aquestes corbes només han pogut ésser mesurades a un costat del model perquè l'altre presentava problemes considerables d'accés. Malgrat tot, s'ha aprofitat la simetria real del model (sobradament contrastada per tots els assaigs realitzats) a fi d'estendre les mesures efectuades a la meitat no estudiada.

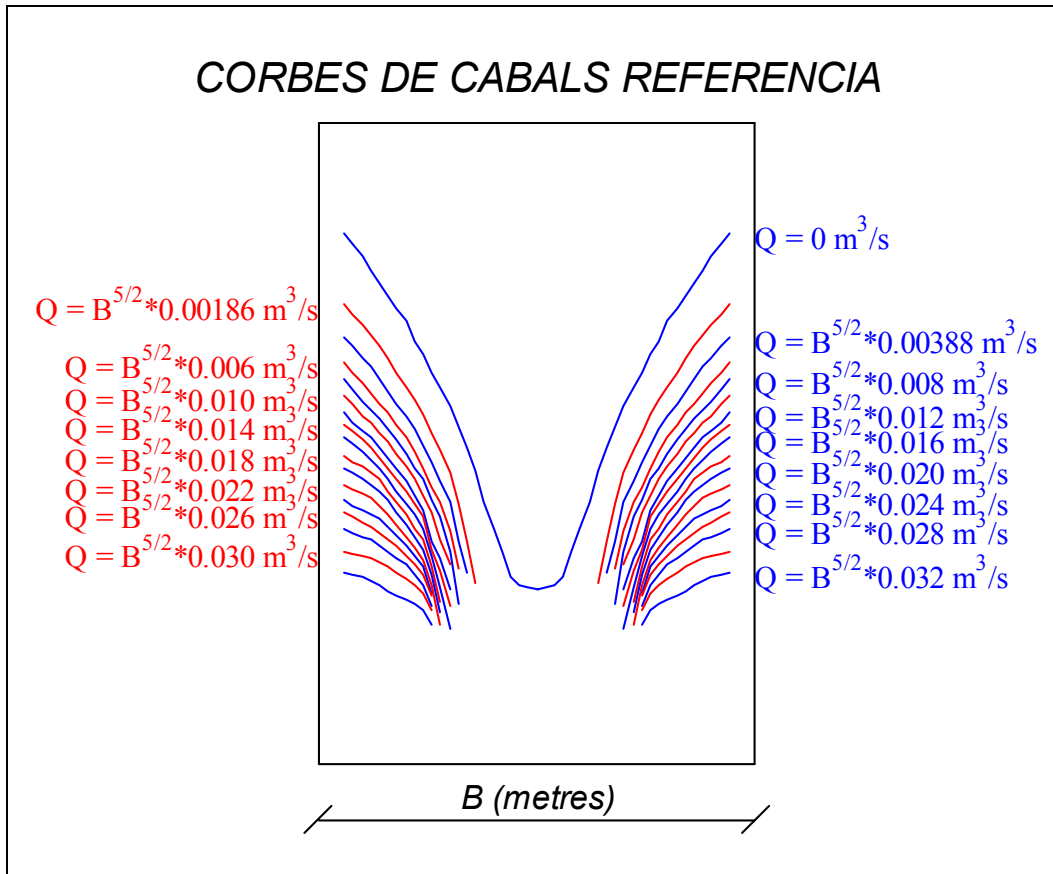


Figura 5.3.1. Planta d'un aforador d'amplada arbitrària B metres amb les corbes de cabals referència corresponents dibuixades.