



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

*Modelització mitjançant
dinàmica de fluids computacional
del Mòdul Hidromètric del segle
XIX de la Sèquia de Manresa*

Jordi Vives i Costa

ADVERTIMENT La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del repositori institucional UPCommons (<http://upcommons.upc.edu/tesis>) i el repositori cooperatiu TDX (<http://www.tdx.cat/>) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual **únicament per a usos privats** emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei UPCommons o TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a UPCommons (*framing*). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del repositorio institucional UPCommons (<http://upcommons.upc.edu/tesis>) y el repositorio cooperativo TDR (<http://www.tdx.cat/?locale-attribute=es>) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual **únicamente para usos privados enmarcados** en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio UPCommons. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a UPCommons (*framing*). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the institutional repository UPCommons (<http://upcommons.upc.edu/tesis>) and the cooperative repository TDX (<http://www.tdx.cat/?locale-attribute=en>) has been authorized by the titular of the intellectual property rights **only for private uses** placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading nor availability from a site foreign to the UPCommons service. Introducing its content in a window or frame foreign to the UPCommons service is not authorized (*framing*). These rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

Modelització mitjançant Dinàmica de Fluids Computacional del Mòdul Hidromètric del segle XIX de la Sèquia de Manresa

Tesi Doctoral

Programa de Doctorat de Recursos Naturals i Medi Ambient

Departament d'Enginyeria Minera, Industrial i TIC

Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa

Doctorant:

Jordi Vives i Costa

Directors de Tesi:

Dr. Juan José de Felipe Blanch

Dr. Esteve Peña Pitarch

2019

Universitat Politècnica de Catalunya

Abstract

The Cequia of Manresa is an open channel made in the 14th century to use it for irrigation, and that carries the water of the Llobregat river to the city of Manresa along their 26 km with such only 10.4 m of slope. The channel is operational even today, supplying water for domestic, industrial and agricultural uses to a population of 150 000 people.

In the year 1865, due to the conflicts between the interests of the industrial and irrigation supplies, was installed in the channel a hydraulic module by order of Queen Isabel II, with the purpose that the concession rate not exceeded 1000 liters per second.

The research aims to simulate, by computational fluid dynamics, the dynamic behavior of the hydraulic module to check the flow of regulation and its effectiveness.

Keywords: *Computacional Fluid Dynamics* (CFD), Finite Volume Method (FVM),

Modelització mitjançant
Dinàmica de Fluids Computacional
del Mòdul Hidromètric del segle XIX
de la Sèquia de Manresa

Jordi Vives i Costa

Universitat Politècnica de Catalunya

Introducció

La Sèquia de Manresa és un canal obert, construït durant el segle XIV, que actualment capta un cabal de 1250 l/s del riu Llobregat. La derivació s'obté mitjançant una resclosa situada als peus del Castell de Balsareny. Després d'un recorregut de més de 26 quilòmetres l'aigua arriba al terme de Manresa, a l'indret de l'Agulla. En aquest punt es parteix en dos braços que es despleguen sobre els vessants de Viladordis i del Poal. Ambdós braços distribueixen els cabals necessaris per satisfer 800 hectàrees de regadiu i també, a través seu, es subministra l'aigua per a usos domèstics i industrials a la ciutat de Manresa.

Des del segle XX l'aigua del canal també abasteix altres poblacions veïnes de la ciutat de Manresa que presenten dèficit hídric com: Sant Joan de Vilatorrada, Sant Martí de Torruella, Sant Salvador de Guardiola, Sant Fruitós de Bages, Santpedor i Castellnou de Bages. Això fa que, actualment, més de la meitat de la població de la comarca del Bages s'abasteixi de l'aigua procedent d'aquesta infraestructura hidràulica dissenyada i construïda fa més de sis-cents anys.

La Sèquia de Manresa és considerada l'obra hidràulica més important de la baixa Edat Mitjana a Catalunya. Ho és tant per la seva magnitud com per el nombre d'obres singulars que calgué construir. Certament, la seva construcció, en el segle XIV, va comportar l'aixecament d'una trentena d'aqüeductes per salvar els desnivells del terreny i d'una setantena de ponts per a donar pas a camins i conduir les aigües de l'escorrentia pluvial. A més, també es va realitzar l'excavació d'una galeria subterrània de 321 metres de llargada, la mina del Mas de les Coves. Tots aquests elements, per si sols, constitueixen singulars exponents de l'enginyeria i l'arquitectura medievals. Tanmateix, el que resulta més rellevant és el fet de que avui en dia encara constitueix una de les principals obres hidràuliques en servei a Catalunya.

Enunciat objectiu del treball i descripció del status questionis

Atenent al motius primigenis pels que fou concebuda la Sèquia de Manresa es constata que, malgrat que la ciutat de Manresa es troba solcada pel riu Cardener, aquest passa a una cota relativa molt baixa respecte els camps susceptibles de poder ser regats. A més, en aquesta zona no existien aqüífers que permetessin subministrar aigua amb pous artesianes. Per això quan, durant el període de l'any 1333 al 1337, la ciutat de Manresa patí una important sequera, el problema de la manca d'aigua es convertí en la principal preocupació d'una ciutat pròspera i en expansió, que necessitava satisfer una demanda creixent del recurs hídric. En aquest context els nous consellers de la ciutat, escollits l'1 d'abril de 1339, van plantejar al rei Pere III el projecte de construcció d'un canal per abastir d'aigua la ciutat. El rei Pere III va acordar concedir el privilegi i ho acompanyà amb una reducció d'impostos per poder fer front al seu finançament i poder així fer realitat el projecte.

Tanmateix, la història de la construcció de la Sèquia va resultar estar, des d'un inici, farcida de nombroses dificultats. El recorregut de la Sèquia havia de passar per dominis jurisdiccionals de Balsareny, Sallent, Santpedor i Sant Fruitós i de bon inici el projecte topà amb la forta oposició dels propietaris dels terrenys i amb el mateix bisbe de Vic; tots ells es negaven a pagar els impostos que els tocava si no podien tenir accés a l'aigua.

El bisbe de Vic, Galceran Sacosta, tenia sota la seva jurisdicció la parròquia de Sallent i comptava amb diversos molins fariners al pas del riu Llobregat pel seu terme. El temor del bisbe era que la derivació de les aigües cap a la Sèquia debilités el cabal del riu i, en conseqüència, minvés el benefici que li proporcionaven els molins. El conflicte amb la mitra portà a l'excomunió dels constructors de la Sèquia i a tota la ciutat de Manresa.

D'altra banda, diverses epidèmies de pesta negra també van causar demores en l'execució dels treballs. Per tot plegat, l'aigua va trigar 47 llargs anys a discórrer per l'interior de la ciutat fins quan, ja a l'any 1383, l'obra es va poder considerar acabada.

Aquestes circumstàncies han centrat l'interès de diversos cronistes i historiadors locals en diferents moments de l'història de la Sèquia de Manresa: en Magí Canyelles en el segle XVII (Canyelles 1680) i l'arxiver Joaquim Sarret i Arbós a inicis del segle XX (Sarret Arbós 1906) que, amb les seves investigacions, constitueixen la base del coneixement històric sobre el canal. Per un altre costat també es compta amb els plànols de la Sèquia i del regadiu de la ciutat de Manresa aixecats pel topògraf Marià Potó, a l'any 1867, per encàrrec de la Junta de la Sèquia (Gisbert i Traveria 2010).

Precisament aquesta darrera entitat, la Junta de la Sèquia, ha estat des dels inicis l'encarregada de l'administració de les aigües del canal i, en el decurs dels temps, ha generat un important fons documental. El fons documental de la Junta de la Sèquia constitueix també una de les principals fonts de dades, resultant ésser un recurs imprescindible per tal de bastir el constructo cronològic de l'esdevenir de la Sèquia de Manresa.

Un aspecte important a considerar és la importància estratègica que va tenir la construcció de la Sèquia tant social com econòmicament per a la ciutat, constituint-se en un catalitzador del desenvolupament primer agrícola, després artesà i finalment industrial, esdevenint un dels pilars que han possibilitat el creixement demogràfic i urbanístic de la ciutat de Manresa. Efectivament, en aquest sentit, cal destacar que la Sèquia de Manresa en un primer moment va esdevenir el precursor d'una productiva horta de regadiu; però en segon lloc va tenir un paper essencial en permetre la constant proliferació de petites indústries artesanes. Certament, aquestes indústries artesanes van poder utilitzar l'aigua en els seus processos i, així, al poder disposar d'uns cabals generosos i constants d'aigua, proliferaren els gremis d'adobers, blanquers i tintorers.

Els salts d'aigua generats en els desnivells dels braçals i en els desguassos del canal beneficiaren també altres activitats artesanes donat que aquestes van poder aprofitar els salts d'aigua per assegurar-se l'energia necessària moure els seus mecanismes, com és el

cas de fusteries i ferreries, a més del seu ús tradicional en l'accionament dels molins fariners.

Amb el pas del temps la Sèquia encara va jugar un important paper per Manresa esdevenint un catalitzador de la industrialització de la ciutat. Certament, amb l'arribada de la revolució industrial el canal adquirí un gran protagonisme a Manresa en l'ús pioner dels salts d'aigua que es formaven per les escorrialles de la Sèquia. Els cabals d'escorrentiu eren recollits pels dos torrents que flanquejaven la ciutat: el de Sant Ignasi i el dels Predicadors. A partir de l'entrada en servei del nou canal, els dos torrents van deixar de presentar un comportament estacional, fins aquell moment molt condicionat pels episodis de pluges i, a partir de les hores, la ciutat de Manresa va passar a disposar de dos petits cursos regulars d'aigua que, entrant per la part alta de la ciutat, la flanquejaven completament amb un descens important per, finalment, desembocar al riu Cardener.

Això significava la possibilitat d'una energia hidràulica que es presentava d'una forma molt atractiva i favorable per a la seva utilització. Justament era una energia que es configurava en nombrosos salts de petita potència. L'avantatge de disposar d'aquesta energia, molt distribuïda i tant propera a la ciutat, de seguida va ser utilitzada com a força motriu per l'accionament de tot tipus de maquinària, essent un banc de proves de múltiples tipus de màquines hidràuliques, precursors de les turbines, tot coincidint amb els inicis de la revolució industrial a Catalunya.

Així doncs, si bé en un principi la Sèquia fou concebuda únicament amb finalitats agrícoles, amb el temps va esdevenir un motor industrial i això provocà l'avidesa d'obtenir majors cabals per satisfer la creixent demanda de producció energètica. De seguida aparegueren les tensions entre els regants i els industrials de Manresa per l'aprofitament de l'aigua de la Sèquia, fins el punt que van quedar reflectides en la memòria que Marià Potó va redactar, acompanyant el seu treball d'amidament i reconeixement de la Sèquia el 1867, en el que s'apuntava el conflicte d'interessos pel control de l'aigua; posteriorment aquestes tensions han estat estudiades per Josep Oliveras (Oliveras 1986a) i Meritxell Gisbert (Gisbert i Traveria 2010). Al mateix temps, els antics molins fariners situats en el riu Llobregat es reconvertiren també en indústries i aquestes, especialment en èpoques estivals, ràpidament reclamaren el cabal d'aigua que els manllevava la Sèquia de Manresa. D'aquests conflictes naixé la necessitat d'establir un cabal de concessió i de regular de forma objectiva, mitjançant un Mòdul Hidromètric, aquest cabal.

Finalment, i a causa del creixement demogràfic, a la Sèquia encara se li reservava una darrera funció estratègica com a recurs de boca. Efectivament, el canal ha acabat resultant, sobretot a partir de la segona meitat del segle XX, el principal recurs per garantir l'abastament d'aigua potable a més de la meitat dels habitants de la comarca del Bages. En aquest sentit, cal destacar també que l'aigua de la Sèquia està lliure dels clorurs que presenten les conques del Cardener i del Llobregat degut a la contaminació per les activitats antropogèniques, això és justament així gràcies a la molt encertada decisió, ara vista com a premonitòria, de realitzar la captació a l'alçada de Balsareny, aigües amunt del que ha acabat essent una important zona minera d'extracció de sals potàssiques.

Els objectius de la recerca

Amb la investigació que comporta la modelització mitjançant la Dinàmica de Fluids Computacional del Mòdul Hidromètric del segle XIX de la Sèquia de Manresa, s'espera contribuir a:

- I. Verificar la hipòtesi de si el Mòdul Hidromètric instal·lat a la Sèquia de Manresa per a limitar el cabal màxim als 1000 l/s de la concessió efectivament complia amb aquesta finalitat.
- II. Ampliar el coneixement sobre els procediments que poden ser aplicats per a resoldre problemes fluidodinàmics de geometria i interacció fluid-estructura complexes a través de la modelització del problema i la seva simulació mitjançant la mecànica de fluids computacional.
- III. Ampliar el coneixement sobre el conjunt de la Sèquia de Manresa i així ajudar a entendre els vincles i les repercussions econòmiques i socials que aquesta ha exercit al llarg de la seva existència tant sobre la ciutat de Manresa com també sobre els municipis per on passa.
- IV. A partir dels resultats obtinguts, s'espera poder plantejar noves línies de recerca que ajudin a ampliar el coneixement sobre el mode d'operació del Mòdul Hidromètric de la Sèquia de Manresa en el seu context històric.

Metodologia emprada i lògica interna de la recerca

L'objectiu principal de la recerca és el de verificar si el Mòdul Hidromètric construït al segle XIX complia amb la seva funció de limitar el cabal que circulava per la Sèquia de Manresa al valor de la concessió, en aquella època establert en 1000 l/s, i retornar l'excedent al riu Llobregat mitjançant un desguàs.

Per a fer aquesta verificació es procedirà a construir un model numèric del Mòdul Hidromètric d'acord amb les dimensions i disseny del projecte original i les mesures preses sobre les estructures hidràuliques del mòdul que avui dia encara estan dempeus.

Sobre aquest model es faran diverses simulacions, mitjançant la Dinàmica de Fluids Computacional (CFD), en règim variable per a diversos cabals d'entrada i per visualitzar, gràfica i numèricament, els cabals de sortida i de desguàs, respectivament.

A continuació es procedirà a fer una validació analítica, d'acord amb les lleis de governança dels fenòmens de flux amb superfície lliure sobre els elements significatius del mòdul: el vessador central, el vessador de regulació, la comporta de fons del dipòsit de regulació i la vàlvula de descàrrega del desguàs automàtic.

Un cop validat el model es pretén fer un estudi comparatiu dels resultats obtinguts en la simulació numèrica i els resultats obtinguts analíticament per tal d'extreure'n les conclusions i promoure eventualment noves investigacions.

D'altra banda, el mètode emprat per a la recerca de les fons es basarà d'una banda en la consulta de les bases de dades electròniques de revistes científiques en l'àmbit de la

Mecànica dels Fluids i, en especial, de CFD; i de l'altra en l'escrutini de l'extens fons documental que la Junta de la Sèquia té dipositat en el Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font.

Una part de la metodologia inclourà el treball de camp, a partir del reconeixement sobre el terreny i la identificació d'aquelles estructures aparegudes en la documentació escrutada així com dels elements que es conserven i s'exposen en l'exposició permanent *La Sèquia i l'Aigua* del Museu de la Tècnica de Manresa.

Un altre punt important de la recerca es basarà en l'anàlisi cartogràfic i topogràfic. Amb aquest propòsit s'utilitzarà d'una banda el plànols de Marià Potó de 1867 com a referència més antiga, a més també de la ingent documentació tècnica generada en la segona meitat del segle XX com a conseqüència de les modificacions fetes en el traçat d'alguns trams del canal, així com l'aixecament topogràfic de l'estat actual. La majoria de modificacions realitzades sobre el traçat original han estat causades principalment pel problema de la subsidència del terreny com a conseqüència de l'activitat minera en el subsòl de Sallent i de Balsareny. Però per un altre costat també són la conseqüència de diferents afectacions de vies de comunicació modernes i el relativament més recent desenvolupament industrial i urbanístic, aquests últims sobretot en els termes de Sallent i de Santpedor.

Per a la elaboració de la tesi s'ha seguit les indicacions exposades per Umberto Eco a la seva obra "*Como se hace una tesi: técnicas y procedimientos de estudio, investigación y escritura*"(Eco 2000). Per a la redacció del text s'ha utilitzat com a referències les recomanacions exposades per Daniel Cassany en la seva obra "*Construir l'escriptura*" (Cassany 1999). Pel que fa al mètode aplicat alhora de citar les fonts s'ha seguit com a guia el treball de Gordon Harvey "*Como se citan las fuentes*" (Harvey 2001).

Descripció de l'articulació en capítols i conclusió central assolida

El contingut de la tesi s'articula en set capítols. El capítol primer té el propòsit de fer una aproximació tècnica i històrica de la Sèquia de Manresa, tot fent un repàs als fets i esdeveniments més importants així com una descripció detallada de la pròpia infraestructura i dels elements singulars que la conformen.

En el segon capítol es plantegen les qüestions aparegudes durant aquesta investigació. Qüestions que sorgeixen al voltant de com es va concebre el projecte, de com es va determinar la traça i sobre el com es va construir l'obra tenint en compte les limitacions pròpies d'una obra concebuda i executada en el segle XIV.

El tercer capítol estableix l'estat de l'art en l'àmbit de la Mecànica de Fluids sobre la caracterització del flux sota superfície lliure. Els conceptes i els principis estudiats per al cas de flux sota superfície lliure s'apliquen al cas de la Sèquia a través d'un estudi hidràulic del canal que s'ha fet a partir de les dades obtingudes en un recent aixecament topogràfic ad-hoc. Aquest capítol ha permès, a partir de les seccions i pendents obtingudes, discriminar els diferents trams del canal pel seu comportament hidràulic i s'ha procedit a determinar els valors normals i crítics de la velocitat i la profunditat de l'aigua així

com el cabal, el número de Froude, l'energia específica i altres paràmetres d'interès per a cada tram del canal.

En el quart capítol es dedica a aprofundir en el coneixement del Mòdul Hidromètric a partir de la memòria i plànols del projecte redactat l'any 1863 per l'enginyer Jaime de Castro i del treball de camp. Les dades presentades resulten essencials per poder reproduir amb fidelitat un model que pugui ser estudiat posteriorment des de un punt de vista del seu comportament fluidodinàmic.

En el cinquè capítol es desenvolupa la metodologia per a la verificació del funcionament del Mòdul Hidromètric a través de la simulació amb CFD i constitueix el nucli central sobre el que es sustenta la tesi. Una primera part del capítol es dedica a la metodologia emprada en la modelització numèrica. Una segona part concreta la parametrització del model i la calibració de les variables de contorn i inicials, d'entrada i de sortida, així com les variables temporals de control de la simulació. Finalment s'analitzen els resultats obtinguts amb la simulació numèrica i es comparen amb els resultats analítics aplicats al model físic d'acord amb els principis exposats en el tercer capítol amb l'objectiu de validar el model.

En el sisè capítol es relacionen els resultats obtinguts en la recerca i es contrasten amb les dades recopilades durant la investigació de les fonts documentals. S'analitzen aquests resultats per sustentar les hipòtesis sobre les quals s'intenta respondre a les preguntes i qüestions formulades en la present investigació.

En el setè i últim capítol s'enumeren les conclusions que es desprenen de la present investigació, d'acord amb els arguments elaborats a partir de les qüestions i hipòtesis plantejades, discutint i reflexionant tant sobre aquelles que han pogut estar confirmades com aquelles que en les que finalment no s'ha pogut sustentar aquesta confirmació. Al mateix temps també s'exposen en aquest capítol de conclusions l'emergència de nous interrogants o qüestions que queden plantejades per a possibles futures investigacions i noves línies de treball.

Recursos disponibles i lloc de desenvolupament de la tesi

Per a la consulta de fons documentals requerides per la present investigació s'ha comptat amb els següents recursos:

- I. Arxiu de la Junta de la Sèquia de Manresa.
- II. Arxiu Comarcal del Bages.
- III. Arxiu de l'Agència Catalana de l'Aigua.
- IV. *Boletín Oficial del Estado*.
- V. Biblioteca de la Universitat Politècnica de Catalunya.
- VI. Bases de dades de revistes electròniques (a través del servei Bibliotècnia de la UPC)

Els recursos informàtics que utilitzats per a la realització de la recerca han estat, en quan a hardware:

- I. Estació de treball amb CPU intel Core i7 i targeta gràfica MSI GTX 1050 TI 4GT LP (per a la modelització i simulació)
- II. Portàtil Apple MacBook Intel Core i7, per a la gestió documental i la redacció de la

tesi.

En quan a software i recursos web:

- I. Inventor Professional v.2016 de Autodesk, llicència acadèmica. Per al pre-procés.
- II. Flow3D v.11.2 de FlowScience®, llicència de recerca. Per al pre-procés i el *solver*.
- III. FlowSight de FlowScience®, llicència de recerca. Per al post-procés.
- IV. Numbers v.4.2 de Apple, llicència general. Per al tractament de les dades numèriques.
- V. Google Earth v.7.1.5.1557. Per informació geogràfica.
- VI. Garmin Basecamp 4.6.2, llicència general. Per el tractament de la informació geogràfica.
- VII. MathType 6.7c de Design Science Inc., llicència general. Per la redacció matemàtica.
- VIII. Matlab R2017a de MathWorks, llicència acadèmica. Per l'anàlisi matemàtic.
- IX. Mendeley en versió web i Mendeley v.1.17.10 d'escriptori. Per a la gestió documental.
- X. Mellel 4.0 de RedleX®, llicència general. Per a la redacció de la tesi.
- XI. Sente v.6 de Third Street Software, Inc, llicència general. Per a la gestió de les cites i la bibliografia en el document final.

Fonamentalment la recerca s'ha desenvolupat en els següents entorns físics (ordenats quantitativament en funció del temps ocupat):

- I. Laboratori de Màquines Tèrmiques i de Fluids de l'Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa.
- II. Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.
- III. Treball de camp al llarg del recorregut de la Sèquia de Manresa, en els termes de Manresa, Santpedor, Sant Fruitós de Bages, Sallent i Balsareny.
- IV. Seu de la direcció de l'empresa Aigües de Manresa.
- V. Museu de la Tècnica de Manresa.

Aclariments

A l'iniciar la redacció d'aquest text s'ha dubtat entre les opcions d'utilitzar el mot *Sèquia*, amb la grafia d'acord a la seva pronúncia amb accent obert, o la forma grafiada d'acord amb la pronúncia de l'accent tancat, és a dir *Séquia*. Val a dir que, a partir de l'any 2007, en la segona edició del Diccionari de la Llengua Catalana de l'Institut d'Estudis Catalans, es va establir com a forma normalitzada la segona opció. Tanmateix, finalment s'ha optat per mantenir la primera forma per respecte a la tradició manresana, que continua, malgrat tot, utilitzant aquesta grafia; també per fidelitat a les fonts consultades així com també a les pròpies institucions que n'ostenten el nom com, per exemple, la *Junta de la Sèquia de Manresa*.

Respecte a l'ús dels superíndexs, aquest s'utilitzen en l'obra per aclarir conceptes, afegir informació complementària o indicar suggeriments de lectura mitjançant les notes al peu de pàgina. Pel que fa als acrònims, s'ha optat, amb l'objectiu de facilitar la lectura i la compressió del relat, per detallar el nom complet en la primera ocasió que aquest és utilitzat en el text per, a partir de llavors, fer servir l'acrònim a partir de les seves inicials en tota la resta d'ocasions que aquest torna a aparèixer.

Agraïments

Vull expressar el meu agraïment a totes aquelles persones que han fet possible que aquesta tesi sigui una realitat.

En primer lloc vull agrair especialment l'ajuda i col·laboració que he rebut dels Directors de Tesi, el professor Dr. Juan José de Felipe Blanch, del Departament d'Enginyeria Minera, Industrial i TIC i el professor Dr. Esteve Peña Pitarch, del Departament de Mecànica, ambdós de l'Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa. Sense els seus consells i la seva amatent direcció aquesta tesi no hauria vist la llum.

També vull expressar el meu agraïment al Sr. Josep Alabern i Valentí, gerent de la Fundació Aigües de Manresa - Junta de la Sèquia, qui al llarg de la seva extensa carrera professional ha estat el tècnic que ha dirigit totes les obres realitzades a la Sèquia de Manresa i a l'Agulla des de l'any 1969, primer com a Director Tècnic de la Junta d'Aigües Potables de Manresa i després com a Director Gerent d'Aigües de Manresa, S.A. El Sr. Alabern compaginà aquests càrrecs també amb el de Secretari de la Junta de la Sèquia i això, combinat amb el seu anhel pel coneixement científic i la passió que desprèn per tot allò que envolta la història de Manresa, fa que sigui la persona qui més coneixement ha reunit sobre la Sèquia de Manresa; tant que aquesta tesi pot considerar-se, en bona part, obra seva. Com no pot ser d'una altra manera, jo no puc més que agrair infinitament la seva generositat, tant per les innombrables aportacions que ha fet a aquesta investigació, com per les facilitats que m'ha donat per poder accedir al Fons Documental i l'Arxiu Històric de la Junta de la Sèquia.

També vull manifestar el meu agraïment per la seva gentilesa, bona predisposició i paciència a la Sra. Mita Cases Torremorell, Secretària General d'Aigües de Manresa, S.A.; a l'Aura Planell, tècnica del Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font del Parc de la Sèquia de Manresa; al Dr. Sergi Grau, enginyer d'Estudis i Suport Tècnic d'Aigües de Manresa pel seu suport en l'estudi del Mòdul Hidromètric; també a l'Alba Subirana López i a Pilar Alonso Mallo, respectivament Directora i Conservadora del Museu de la Tècnica de Manresa per les facilitats ofertes per a la consulta dels fons documentals del museu.

El meu agraïment també a en Jofre Fitó Pintado i Aleix Casafont Trench per la seva tasca de camp en l'aixecament topogràfic del canal i al Dr. Lluís Sanmiquel Pera per la supervisió dels treballs i les seves valuoses aportacions en el camp de la geoinformació i la geomàtica.

Per últim, no vull oblidar-me d'agraïr a en Francisco Javier Lara Garachana, director de l'empresa *Simulaciones y Proyectos*, i a Adwaith Gupta, enginyer de CFD de la companyia *Flow Science* per haver facilitat una llicència de recerca del paquet de Dinàmica de Fluids Computacional *Flow3D* així com del visualitzador *FlowSight* per a la realització i posterior anàlisi de les simulacions numèriques dels diferents models del Mòdul Hidromètric.

Dedicat al meu pare:

"El Savi dóna vida, però no se n'apodera.

Actua, però no s'apropia.

Fa, però no cerca reconeixement.

No cercant-lo, no se li pot llevar."

(Del llibre de Tao).

Sumari

Introducció.....	7
Índex de les Taules	24
Índex de les Figures	26
Llistat d'Abreviacions	34
Notació	35

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval39

1.1. Els antecedents de la Sèquia de Manresa	41
1.1.1. Canals medievals anteriors a l'any 1338	42
1.2. El context històric: la Manresa del segle XIV	47
1.3. El projecte i la construcció de la Sèquia	52
1.3.1. L'escassetat d'aigua a Manresa.....	52
1.3.2. Els orígens del projecte	54
1.3.3. El finançament de les obres	55
1.3.4. El conflicte amb el bisbe de Vic.....	57
1.3.5. Les demores en la construcció	60
1.3.6. La finalització de l'obra.....	63
1.4. Personatges destacats en la història de la Sèquia de Manresa.....	63
1.4.1. Els consellers de la ciutat de Manresa i el rei Pere III.....	73
1.4.2. Els mestres de nivell i els mestres de pedra	75
I. Guillem Catà	75
1.4.3. Els estudiosos de la Sèquia de Manresa.....	76
I. Magí Canyelles	76
II. Marià Potó	76
III. Joaquim Sarret i Arbós	79
1.5. Descripció del traçat de la Sèquia de Manresa i dels seus elements singulars.....	84
1.5.1. El Traçat del Canal.....	86
I. Tram 1: De la Resclosa al Pont de Conangla	87
II. Tram 2. Del Pont de Conangla al Pont del Vilar	96
III. Tram 3: Del Pont del Vilar al Mas de les Coves	99
IV. Tram 4: Del Mas de les Coves al Pont del Riudor	104
V. Tram 5- Del Pont de Riu d'Or a l'Agulla	112

1.5.2. Les Obres Singulars de la Sèquia de Manresa.....	115
I. La Resclosa	115
II. La Mina del Mas de les Coves	121
III. Els Ponts i els Aqüeductes	122
IV. Els Pontarrons	131
V. Els Bagants	135
1.6. Característiques tècniques del canal	139
1.6.1. Morfologia del canal	139
I. Seccions de terra	139
II. Seccions de pedra	141
III. Seccions de formigó	141
IV. Seccions mixtes de formigó-terra i/o formigó-pedra	141
1.6.2. El Perfil Longitudinal	145
1.6.3. Els amidaments del canal fets al llarg de la seva història	149
1.6.4. Les Variants del Traçat.....	153
1.7. Influència dels factors externs al llarg de la història de la Sèquia de Manresa	157
1.7.1. Influència de l'Explotació Minera.....	158
1.7.2. Influència de la línia de Ferrocarril de Manresa a Guardiola de Berguedà	168
1.8. El Manteniment de la infraestructura.....	172
1.8.1. La protecció del canal	172
1.8.2. La Salvaguarda Reial	172
1.8.3. La repercussió de la Guerra Civil Catalana (1462-1472)	174
1.8.4. El fenomen del bandolerisme	176
1.8.5. La figura del Sequiaire	177
1.8.6. Les cases dels sequiaires.....	181
1.8.7. La neteja del canal.....	183
1.9. La gestió de l'aigua del canal	186
1.9.1. El regadiu.....	186
I. L'evolució del regadiu a Manresa	186
II. El reg amb artificis	187
1.9.2. La reserva d'aigua i la seva regulació.....	189
I. Els Dipòsits Vells	189
II. Els Dipòsits Nous	192
III. El Llac de l'Agulla	193
1.9.3. La qualitat de l'aigua	196
I. Els tractaments de purificació	196
II. El decantador a l'Agulla i els filtres tancats	200
III. Les ampliacions de la xarxa	200

1.9.4. La Sèquia i la indústria manresana.....	201
I. Els salts d'aigua de la Sèquia	204
1.9.5. Les pràctiques furtives de reg	217
I. Les trompes d'aigua per a reg	219
1.9.6. Els organismes i les entitats vinculades a la gestió del canal i de l'aigua.....	221
I. La Junta de la Sèquia de Manresa	221
II. L'assumpte de la propietat de la Sèquia	226
III. La Junta d'Aigües Potables de Manresa	228
IV. La Societat Anònima Aigües de Manresa	233
V. El Parc de la Sèquia	237

Capítol 2. Qüestions relatives a la construcció de la Sèquia de Manresa.....241

2.1. La concepció del projecte de la Sèquia de Manresa	243
2.1.1. La qüestió de l'elecció del riu Llobregat versus el riu Cardener.....	249
I. Les distàncies de la ciutat fins l'aigua	249
II. Possibles alternatives	251
III. Dificultat tècnica de les diferents alternatives	253
IV. La qüestió de la salinitat de l'aigua	264
V. La regularitat i la quantia de l'aigua	267
2.2. Tecnologies emprades en l'execució del traçat	271
2.2.1. Els instruments d'anivellació	271
2.2.2. Els errors d'anivellació associats als instruments	274
2.2.3. El càlcul del cabal a derivar	279
2.2.4. Unitats de mesura utilitzades en l'època de la construcció.....	280

Capítol 3. Caracterització del flux amb superfície lliure.....283

3.1. Introducció al flux amb superfície lliure	285
3.1.1. Aproximació unidimensional al flux amb superfície lliure.....	286
3.1.2. Classificació del flux amb superfície lliure.....	288
I. Atenent al número de Reynolds	288
II. Atenent al número de Froude	289
3.2. Propagació d'ones de superfície.....	290
3.3. Flux uniforme. Fórmula de Chézy.....	292
3.3.1. Pèrdua de càrrega en flux uniforme	296
3.3.2. Valors normals	296

3.4. Energia específica d'un flux.....	297
3.4.1. Flux crític	298
3.4.2. Variacions de l'energia específica	299
3.4.3. Pendent crític.....	299
3.5. Flux ràpidament variable: el ressalt hidràulic	301
3.6. Flux lentament variable.....	303
3.7. Estudi de les principals variables hidràuliques del canal	308
Capítol 4. El Mòdul Hidromètric de la Sèquia de Manresa.....	313
4.1. La limitació del cabal de la Sèquia de Manresa	315
4.2. Els primers litigis per limitar la dotació de cabal	316
4.3. El projecte de construcció del Mòdul Hidromètric de la Sèquia de Manresa	319
4.4. El projecte de l'any 1959 per la construcció d'un nou Mòdul Hidromètric	326
4.5. Fi de servei i noves dotacions	328
Capítol 5. Modelització mitjançant CFD del Mòdul Hidromètric	335
5.1. Introducció a la modelització mitjançant CFD.....	337
5.1.1. Fonaments de la Dinàmica de Fluids Computacional.....	337
5.1.2. Avantatges i inconvenients de la modelització numèrica.....	338
5.1.3. Modelització de fluxos amb superfície lliure.....	339
5.2. Metodologia aplicada en CFD	339
5.2.1. Metodologia emprada per a la modelització	339
5.2.2. Equacions fonamentals	341
I. Camp vectorial cinemàtic	341
II. Teorema del transport de Reynolds	342
III. Equació de conservació de la massa	343
IV. Equació de la conservació de la quantitat de moviment	343
V. Equació de conservació de l'energia	348
5.2.3. Discretització de l'espai i definició de les equacions algebraiques	349
I. Mètode de les diferències finites	349
II. Mètode dels volums finits	350

III. Mètode dels elements finits	352
5.2.4. Generació de la malla	352
5.2.5. Modelització de la turbulència.....	354
I. Model de la longitud de mescla de Prandtl	356
II. Model de turbulència k-lpsilon	357
5.3. Parametrització del model mitjançant el software Flow3D	359
5.3.1. Mètodes de càlcul i algoritmes utilitzats	361
I. Sistema d'equacions i paràmetres específics	361
II. Metodologia de càlcul del software Flow3D	362
III. L'algoritme FAVOR™	365
IV. El mètode VOF	366
V. Dissipació energètica	367
VI. Models de turbulència aplicables	369
5.3.2. La interface gràfica	371
5.3.3. Definició del problema a modelar.....	372
5.3.4. Geometria i domini computacional.....	373
5.3.5. Procediment	379
5.3.6. Configuració del mallat.....	380
5.3.7. Definició de les propietats dels components fluids i sòlids del model.....	386
5.3.8. Definició del model físic.....	389
5.3.9. Definició de les fronteres del model	391
5.3.10. Definició de les variables d'entrada, de sortida	394
5.3.11. Definició de les condicions inicials.....	397
5.3.12. Definició dels baffles de mesura.....	398
5.3.13. Calibració de les variables de control temporals i de sortida	400
5.3.14. Simulacions prèvies d'ajust del model	404
5.3.15. Post-procés i anàlisi dels resultats de la simulació	417
I. Anàlisi gràfic dels resultats de la modelització	419
II. Anàlisi dels resultats numèrics de la modelització	433
5.4. Validació del model.....	443
5.4.1. Obtenció analítica dels cabals de regulació del Mòdul Hidromètric	443
I. Característiques dimensionals del Mòdul Hidromètric	443
II. Anàlisi dels fluxos de regulació d'acord amb el projecte original	443
III. Resultats obtinguts analíticament sobre el model físic	444
5.4.2. Anàlisi comparatiu entre els resultats analítics i els obtinguts amb la modelització numèrica	444
I. Conclusions sobre l'anàlisi comparatiu	446

Capítol 6. Resultats	449
6.1. Resultats obtinguts en la revisió dels fons documental existent	451
6.2. Resultats obtinguts a partir l'estudi hidràulic del canal.....	452
6.3. Resultats obtinguts a partir de la simulació numèrica del Mòdul Hidromètric.....	453
Capítol 7. Conclusions.....	455
7.1. Primers objectius de la investigació	457
7.1.1. Preguntes formulades en la investigació.....	457
7.2. Revisió dels resultats en relació a les hipòtesis i la formulació de postulats	458
7.3. Aportacions del treball.....	459
7.4. Limitacions	460
7.5. Formulació de noves preguntes i recomanacions per a futures investigacions.....	461
Resum Cronològic.....	463
Índex Analític	467
Índex Onomàstic	473
Índex Toponomàstic.....	475
Referències.....	479
Apèndix	493
Publicacions originals.....	621

Índex de les Taules

Taula 1.1. Carrers de la ciutat en al·lusió a personatges, elements o fets relatius a la construcció de la Sèquia de Manresa.....	65
Taula 1.2. Ponts de la Sèquia de Manresa.	128
Taula 1.3. Relació dels 71 Pontarrons de la Sèquia de Manresa.	133
Taula 1.4. Pendent mitjà dels principals trams de la Sèquia de Manresa.	147
Taula 1.5. Agrupació dels principals trams de la Sèquia atenent al grau del seu pendent mitjà.	148
Taula 1.6. Pendent dels principals elements singulars a partir de les cotes de la solera del caixer del canal de la Sèquia de Manresa.	148
Taula 1.7. Relació de despeses efectuades per la Junta de la Sèquia a causa de la subsidència de Sallent.	164
Taula 1.8. Evolució del nombre de propietaris en funció de les dimensions dels terrenys des de l'any 1931 fins el 1951.	187
Taula 1.9. Repartiment de l'aigua de la Sèquia en funció dels usos l'any 1857.	205
Taula 1.10. Aprofitaments hidràulics ja establerts a principis del segle XIX en el torrent de Sant Ignasi i que estaven en funcionaven l'any 1864.	209
Taula 1.11. Salts existents al torrent dels Predicadors a la segona meitat del segle XIX.	209
Taula 1.12. Concessions d'aprofitaments hidràulics per la Junta de la Sèquia a partir de 1859.	210
Taula 1.13. Nombre d'abonats en el conjunt d'usuaris de la Sèquia de Manresa agrupats per municipis.....	235
Taula 1.14. Consums anuals d'aigua en usos urbans agrupats per municipis.	236
Taula 1.15. Consums anuals d'aigua urbans en funció del tipus d'abonats agrupats per municipis.	237
Taula 2.1. Aqüeductes romans. Comparació dels principals paràmetres.	248
Taula 2.2. Relació de les rieres i torrents que travessa la Sèquia de Manresa des de Balsareny fins a l'Agulla.	260
Taula 2.3. Relació de les rieres i torrents que hauria de superar un hipotètic canal que prengués l'aigua del Cardener.	260
Taula 3.1. Valors experimentals del factor n de Manning i de la rugositat absoluta per canals artificials.....	295
Taula 3.2. Valors experimentals del factor n de Manning i de la rugositat absoluta per canals excavats en terra.	295
Taula 3.3. Valors experimentals del factor n de Manning i de la rugositat absoluta per canals naturals.	296
Taula 3.4. Classificació dels ressals hidràulics en funció del número de Froude.	302

Taula 5.1. Relació de les seccions de mallat que componen el domini.	383
Taula 5.2. Valors de les principals variables de control del Mòdul Hidromètric per les simulacions prèvies d'ajust del model.	395
Taula 5.3. Valors de les principals variables de control del Mòdul Hidromètric per la sèrie de simulacions final.	398
Taula 5.4. Resultats mesures baffle 1: làmina sobre vessador central.....	405
Taula 5.5. Resultats mesures baffle 2: sortida canal.	406
Taula 5.6. Resultats mesures baffle 3: vessador lateral.	406
Taula 5.7. Resultats mesures baffle 4: desguàs comporta de fons de la primera arqueta de regulació.	407
Taula 5.8. Resultats mesures baffle 5: sortida vàlvula de regulació.	408
Taula 5.9. Comparació dels cabals volumètrics obtinguts numèrica i analíticament per a la secció (d), corresponent a la vàlvula de descàrrega.	445
Taula 5.10. Comparació entre els cabals volumètrics obtinguts amb la simulació numèrica i analíticament per la secció (a), sobre el vessador central.....	446
Taula 7.1. Cronograma dels fets més destacats relatius a la Sèquia de Manresa.	463

Índex de les Figures

Figura 1.1. Vista oriental de la ciutat de Manresa. Gravat del geògraf Bernat Espinalt i Garcia, nat a Santpedor, fet l'any 1783.....	49
Figura 1.2. Fotografia en paper albúmina de la vall del torrent de Sant Ignasi, amb el Pont Vell en primer terme. Presa l'any 1860 per Charles Clifford.....	51
Figura 1.3. Imatge actual de la resclosa sobre el riu Llobregat, als peus del castell de Balsareny.....	61
Figura 1.4. Imatge del Llibre Verd de Manresa que es conserva a l'Arxiu Comarcal del Bages.	62
Figura 1.5. Plànol dels carrers de Manresa que fan referència a personatges i fets relacionats amb la construcció de la Sèquia.	66
Figura 1.6. Pintura de 1909 del pintor Francesc Cuixart de la Plaça de la Reforma en el que apareix davant la Seu el monument als iniciadors de la Sèquia projectat per Alexandre Soler i March.	67
Figura 1.7. Escultura obra de Josep Clarà coneguda com La Ben Plantada de la Plaça Bonavista de Manresa, monument als iniciadors de la Sèquia.	68
Figura 1.8. Escultura realitzada l'any 1977 per Jordi Garcia dedicada a la Misteriosa Llum. Es troba situada al Parc de l'Agulla.....	69
Figura 1.9. Placa sobre monòlit en reconeixement a Josep Maria Vives, impulsor del Parc de l'Agulla, obra de l'artista Jaume Soldevila, de l'any 1982.	70
Figura 1.10. Imatge del monument commemoratiu de la Sèquia i la Misteriosa Llum a la plaça dels Infants de Manresa.	71
Figura 1.11. Detall del mateix monument amb el plànol de la Sèquia i les dates 21 de febrer 1345/1982.....	72
Figura 1.12. Escultura realitzada l'any 1977 per Jordi Garcia dedicada a la Misteriosa Llum. Es troba situada al Parc de l'Agulla.....	73
Figura 1.13. Estàtua del Rei Pere III, el Cerimoniós. Obra de Ramon Majà, 1989.....	74
Figura 1.14. Portada de l'estudi fet per Marià Potó l'any 1867, consistent en el reconeixement i amidament de la Sèquia de Manresa.	78
Figura 1.15. Retrat de Joaquim Sarret i Arbós.....	79
Figura 1.16. Josep Alabern i Valentí.....	82
Figura 1.17. Traçat de la Sèquia de Manresa.....	85
Figura 1.18. Imatge de La Resclosa dels Manresans.	88
Figura 1.19. Imatge de la caseta de les comportes adjacent a la resclosa.	89
Figura 1.20. Detall de l'escut de la ciutat de Manresa amb la data de construcció, l'any 1890, de la caseta de les comportes de la captació.	90
Figura 1.21. Imatge d'una fita de terme amb l'escut de la ciutat de Manresa, al fons el pont de Santa Maria.....	92

Figura 1.22. Caseta que conté el Mòdul Hidromètric.	93
Figura 1.23. La fàbrica del Molí, amb el canal que alimenta la seva turbina. Aquí la Sèquia passa soterrada.	95
Figura 1.24. Aqüeducte del Mal Pas, a Balsareny.	98
Figura 1.25. La Sèquia i al fons la muntanya artificial de l'escombrera de la mina La Botjosa, a Sallent.	102
Figura 1.26. La Sèquia al seu pas per el Mas de les Coves.	103
Figura 1.27. Imatge d'un bagant amb coberta, dels molts que es troben al llarg del traçat.	106
Figura 1.28. La Sèquia davant l'Ermida de Santa Maria de Bell-lloc.	107
Figura 1.29. El Roure Gran batent-se sobre la Sèquia al seu pas per Sallent.	108
Figura 1.30. La Sèquia en les proximitats del Mas i l'Ermida de Sant Iscle.	113
Figura 1.31. Imatge via satèl·lit de l'indret proper al Castell de Balsareny on es troba la resclosa que capta l'aigua del riu Llobregat i la deriva cap a la Sèquia de Manresa.	116
Figura 1.32. Planta de la resclosa de captació i primer tram de la Sèquia al terme de Balsareny en l'aixecament topogràfic de 1956.	119
Figura 1.33. Planta i secció transversal de la resclosa de captació de l'aigua de la Sèquia al terme de Balsareny.	120
Figura 1.34. Entrada de la Sèquia a la mina del Mas de les Coves.	122
Figura 1.35. Aqüeducte de Conangla.	124
Figura 1.36. Aqüeducte del Vilar a Sallent, actualment fora de servei a causa de la subsidència del terreny.	126
Figura 1.37. L'aqüeducte de Bonegues.	127
Figura 1.38. Aqüeducte del Mas de les Coves.	129
Figura 1.39. Aqüeducte anomenat Pont Llarg, sobre un dels braços de la Sèquia, situat en el camí de Juncadella.	130
Figura 1.40. Imatge d'un petit pontarró que fa les funcions de passera.	131
Figura 1.41. Pontarró que canalitza aigües pluvials per evitar que aquestes acabin dins la Sèquia.	132
Figura 1.42. Imatge del Pontarró Estret.	135
Figura 1.43. Bagant del Teula, sobre el braçal de Viladordis.	136
Figura 1.44. Reconstrucció d'un antic ullal a l'exposició permanent sobre la Sèquia del Museu de la Tècnica de Manresa. Aquests tipus de bagants són els més antics i es remunten a l'època de la construcció del canal.	137
Figura 1.45. Bagant d'època moderna format per comporta rectangular metàl·lica amb accionament per manivela amb reductor mecànic.	138
Figura 1.46. Secció típica excavada directament al terra.	140
Figura 1.47. Secció rectangular de terra o de pedra, caracteritzada per la seva irregularitat.	140
Figura 1.48. Secció rectangular de formigó, amb parets rectes i ben escairades.	141
Figura 1.49. Secció mixta de terra i formigó, normalment present en corbes pronunciades.	142
Figura 1.50. Tram del canal excavat al terra, al seu pas per Santpedor.	143

Figura 1.51. Tram del canal excavat al terra, buit per facilitar les tasques de manteniment i neteja.	144
Figura 1.52. Presència abundant d'algues en el fons del canal.....	145
Figura 1.53. Perfil del traçat de la Sèquia de Manresa.....	149
Figura 1.54. Placa al carrer Puigterrà de Dalt de Manresa, commemorativa de l'acanament fet per en Magí Canyelles el 1680; restaurada el 1980 per la Junta de la Sèquia.	150
Figura 1.55. Comparació dels l'aixecaments topogràfics en l'entorn de l'Agulla fets els anys 2016 (esquerra) i 1956 (dreta). Es pot observar com a l'any 1956 encara no s'havia construït el llac artificial.....	152
Figura 1.56. Comparació dels l'aixecaments topogràfics en l'entorn del Mas de Sant Iscle fets els anys 2016 (esquerra) i 1956 (dreta). Es pot observar identificar la invariabilitat de la traça.	154
Figura 1.57. Comparativa entre el traçat original, representat encara amb l'aixecament topogràfic de l'any 1956, i el traçat actual. Les imatges corresponen al tram conegut com "el tomb xic", al sud de l'escombrera de les mines de Sallent.....	155
Figura 1.58. Soterrament de la Sèquia quan passa pel costat de l'escombrera de les mines de Sallent.....	158
Figura 1.59. Croquis explicatiu dels efectes de la subsidència sobre el pont del Vilar fet pel geòleg Valentí Masachs el 1954.....	159
Figura 1.60. Fotografia dels sequiaires per les festes de la Llum de 1957, la imatge forma part de l'exposició permanent de la Sèquia del Museu de la Tècnica de Manresa.	178
Figura 1.61. Uniforme del sequiaire mostrat a l'exposició permanent de la Sèquia del Museu de la Tècnica de Manresa.	180
Figura 1.62. Casa del sequiaire a Santpedor, prop de l'aqüeducte de Riu d'Or.	182
Figura 1.63. Vestigis de la sínia de cal Canyelles, en la derivació de Viladordis.....	188
Figura 1.64. Dipòsits Vells de Manresa.	190
Figura 1.65. Vàlvula i boia reguladora procedent dels dipòsits vells. Forma part de l'exposició permanent sobre la Sèquia del Museu de la Tècnica de Manresa. Va ser instal·lada l'any 1865.	191
Figura 1.66. Estany artificial de l'Agulla.	193
Figura 1.67. Retrat fotogràfic d'en Alexandre Soler i March.	196
Figura 1.68. La ciutat de Manresa entre 1861 i 1862 presa per Robert P. Napper per a Francis Frith.	203
Figura 1.69. Plànol de la ciutat de Manresa de entre 1880 i 1885. En vermell està la traça del torrent dels Predicadors.....	207
Figura 1.70. Detall de l'interior de la turbina Francis de la fàbrica Sanmartí. Es pot apreciar el mecanisme que acciona els àleps orientables del distribuïdor.	212
Figura 1.71. Turbina Francis procedent de la fàbrica Sanmartí, construïda a Ohlo (EUA) l'any 1875.....	212
Figura 1.72. Vista del pontarró conegut com a Salt dels Gossos, al torrent de Sant Ignasi l'any 1900. Comunicava els carrers de Sant Marc i de Mossèn Bosch.....	214
Figura 1.73. Minicentral hidroelèctrica del Salt de les Hortes de Viladordis.	216
Figura 1.74. Aixecament d'acta pel notari Benito Paricio Barril a petició de la Junta de la Sèquia davant la troballa d'un canal de reg fortiu en un dels marges de la Sèquia.	218

Figura 1.75. Trompa d'aigua de mostra permanent sobre la Sèquia del Museu de la Tècnica de Manresa. Aquest sifó, un cop encebat, servia per extreure aigua del canal sense haver de perpetrar cap intervenció sobre les seves parets o fons.....	220
Figura 1.76. Rebuts per import de 25 pessetes emesos a compte de plomes d'aigua l'any 1888.....	229
Figura 1.77. Títol de propietat de 1/2 ploma emés per la Junta d'Aigües Potables l'any el gener de 1947 per import de 2,500 pessetes.....	232
Figura 2.1. Partidor de cabal, en forma d'agulla, instal·lat en el canal Tormos de Benimàmet, València. Aquest element divideix el cabal en dos parts iguals.	244
Figura 2.2. Distàncies més curtes en línia recta des de la plaça Major de Manresa fins l'aigua del riu Cardener (color verd) i la del riu Llobregat (color blau).....	250
Figura 2.3. Comparativa de les distàncies en línia recta des del punt d'una hipotètica derivació de l'aigua del Cardener (color verd) i la derivació de Balsareny de la Sèquia de Manresa (color blau) fins l'Agulla de Manresa.	252
Figura 2.4. Comparativa de les distàncies en línia recta des del punt d'una hipotètica derivació de l'aigua del Cardener (color verd) i la derivació de Balsareny de la Sèquia de Manresa (color blau) fins el carrer Puigterrà de Manresa (el punt a on l'aigua entrava a la ciutat).	253
Figura 2.5. Vista comparativa del traçat alternatiu prenent l'aigua del riu Cardener (en color verd) respecte el traçat de la Sèquia de Manresa (en color blau) que la pren del Llobregat.....	255
Figura 2.6. Mapa que mostra l'orografia del terreny per on discorre la Sèquia de Manresa.	257
Figura 2.7. Mapa que mostra l'orografia del terreny per on hauria de discorre l'hipotètic traçat alternatiu per derivar l'aigua del riu Cardener fins a l'Agulla	258
Figura 2.8. Mapa geològic de la conca del riu Llobregat.....	262
Figura 2.9. Mapa geològic de la conca del riu Cardener.....	263
Figura 2.10. Salinitat a les conques dels rius Cardener i Llobregat, en mg Cl/litre, dades de l'any 2005.....	266
Figura 2.11. Fonts del Llobregat, a 1295 m d'altitud, en el terme de Castellar de n'Hug.....	269
Figura 2.12. Disseny d'una groma segons un exemplar trobat a les ruïnes de Pompeia.	273
Figura 2.13. Còpia del segle XIX del conegut com a Atles Català, de l'any 1375, de Cresques Abraham i el seu fill Jafudà Cresques.	278
Figura 3.1. Tipus de flux amb superfície lliure.....	286
Figura 3.2. Secció mullada i perímetre mullat per al càlcul del radi hidràulic d'una secció.	288
Figura 3.3. Anàlisi de la propagació d'una ona superficial. A l'esquerra flux variable . A la dreta s'obté flux estacionari al fixar el sistema inercial de referència sobre la ona.	290
Figura 3.4. Flux uniforme.....	292
Figura 3.5. Representació de l'energia específica en funció de la profunditat y.....	297
Figura 3.6. Ressalt hidràulic.	301
Figura 3.7. Balanç energètic entre dues seccions per a un flux lentament variable.	303
Figura 3.8. Perfils de corbes de rabeig. Font:	307

Figura 4.1. Vista superior del Mòdul Hidromètric dissenyat per l'enginyer Jaime de Castro l'any 1963.	321
Figura 4.2. Seccions de les arquetes de regulació del Mòdul Hidromètric dissenyat per l'enginyer Jaime de Castro l'any 1863.	321
Figura 4.3. Imatge satèl·lit de l'emplaçament del Mòdul Hidromètric respecte la resclosa de captació, sota el Castell de Balsareny.	323
Figura 4.4. Balancí del mecanisme original de regulació del Mòdul Hidromètric a l'arribada al Museu de la Tècnica de Manresa.	328
Figura 4.5. Canonada de descàrrega, vàlvula circular i accionament de la vàlvula que formaven part del mecanisme de regulació del Mòdul Hidromètric a l'arribada al Museu de la Tècnica de Manresa.	329
Figura 4.6. Museïtzació del mecanisme de regulació del Mòdul Hidromètric al Museu de la Tècnica de Manresa, flotador (reproducció), balancí, vàlvula circular i canonada de descàrrega.	329
Figura 4.7. Estructura del Mòdul Hidromètric que es conserva avui dia com l'original. Es pot observar les l·lindes que delimitaven el vessador central, actualment desmantellat.	330
Figura 4.8. Interior de la caseta del Mòdul Hidromètric. Es poden observar el vessador lateral, protegit per una reixa, i les dos arquetes de regulació. En primer terme l'arqueta on hi ha la comporta de fons, en segon terme l'arqueta on es situava el flotador, al fons l'espai on es situava la canonada de descàrrega.	331
Figura 4.9. Vista general del l'estructura del Mòdul des de la seva entrada. A l'esquerra de la imatge hi ha l'edifici que acull els dipòsits de regulació. Sobre la paret de l'edifici hi ha situat un sensor de nivell.	332
Figura 4.10. Bagant de derivació de l'excés de cabal accionat per motor elèctric i comandat a distància.	332
Figura 4.11. Detall d'una regla limnimètrica situada en una de les parets de l'estructura del Mòdul Hidromètric.	333
Figura 5.1. Tensions generades sobre un element infinitesimal de fluid en moviment.	344
Figura 5.2. Discretització d'un domini unidimensional amb 5 nodes.	349
Figura 5.3. Discretització del domini unidimensional en cel·les contigües en el cas del mètode per volums finits.	351
Figura 5.4. Elements presents en una malla.	353
Figura 5.5. Exemple de malla estructurada en 2-D.	353
Figura 5.6. Exemples de malles no estructurades en 2-D: a) triangular; b) quadrilàtera.	354
Figura 5.7. Notació del mallat.	363
Figura 5.8. Notació de les variables en una cel·la de la malla.	364
Figura 5.9. Esquema de l'algorisme FAVOR™.	365
Figura 5.10. Objectes reals (esquerra) i discretització amb malles rectangulars (dreta).	366
Figura 5.11. Funcionament del mètode VOF.	367
Figura 5.12. Teoria de la capa límit de Prandtl per a placa plana.	368
Figura 5.13. Perfil de velocitats dins la capa límit laminar (esquerra) i perfil de velocitats dins la capa límit turbulent (dreta).	368
Figura 5.14. Variabilitat de la velocitat en funció del temps per a flux turbulent.	369

Figura 5.15. Procés de construcció de la geometria.....	372
Figura 5.16. Redefinició progressiva del mallat.	373
Figura 5.17. Model geomètric del Mòdul Hidromètric amb els dispositius de regulació.	374
Figura 5.18. Interface de l'algoritme FAVOR™.....	377
Figura 5.19. Vista 3D del mecanisme de regulació del Mòdul abans d'aplicar el suavitzat mitjançant l'algoritme FAVOR™.	378
Figura 5.20. Vista 3D de les parets laterals del model del Mòdul on s'observa l'efecte de l'escalat, en les zones de xamfrans.	378
Figura 5.21. Perspectives del model geomètric del Mòdul Hidromètric.	379
Figura 5.22. Procés de configuració del mallat.	382
Figura 5.23. Detall del diferent grau de definició de les celles en funció de les diferents regions de mallat.	384
Figura 5.24. Interface per configurar les regions excloses del domini (Domain Removing).	384
Figura 5.25. Exclusió del mallat de les regions que no intervenen en el problema.....	385
Figura 5.26. Interface de selecció de materials en el menú Model Setup/ Fluids.....	386
Figura 5.27. Interface del programa Flow3D per a la configuració de les característiques dels elements de la geometria del model.	387
Figura 5.28. Interface de selecció de materials.....	388
Figura 5.29. Interface per a la definició dels paràmetres del model físic.	389
Figura 5.30. Interface d'activació dels paràmetres físics: acceleració de la gravetat.	390
Figura 5.31. Interface de configuració dels paràmetres del model de turbulència.	391
Figura 5.32. Interface de configuració de les condicions d'entorn a partir de les fronteres dels blocs de malla.	393
Figura 5.33. Definició de les fronteres del sistema en el model.	393
Figura 5.34. Interface del programa Flow3D per a la definició de les condicions de contorn.	394
Figura 5.35. Interface per la configuració de les condicions de contorn de una superfície. En aquest cas s'imposa el valor de pressió.....	396
Figura 5.36. Interface de configuració de les condicions inicials.....	397
Figura 5.37. Interface de configuració dels baffles per a la mesura de les variables.....	399
Figura 5.38. Interface de configuració dels Baffles de mesura.	400
Figura 5.39. Interface Model Setup/ Output, de selecció de les variables temporals de control de la simulació.	402
Figura 5.40. Interface Model Setup/ Numerics, per a la configuració dels paràmetres de gestió dels algorismes de calcul de la solució.	402
Figura 5.41. Finalització de la simulació M19-1000 i visualització des de la pantalla de control.	405
Figura 5.42. Valors i línia de tendència del cabal volumètric de la làmina lliure sobre el vessador central (Baffle 1).....	410
Figura 5.43. Valors i línia de tendència del cabal de sortida del mòdul (Baffle 2, situat al tram del model corresponent al tram de canal de sortida).	410

Figura 5.44. Valors i línia de tendència del cabal de la làmina d'aigua sobre el vessador lateral de regulació (Baffle 3).	410
Figura 5.45. Valors i línia de tendència del cabal de sortida per la comporta de fons de la primera arqueta de regulació (Baffle 4)	411
Figura 5.46. Valors i línia de tendència del cabal de sortida de la vàlvula del mecanisme de regulació (Baffle 5).....	411
Figura 5.47. Comparació dels cabals volumètrics mesurats en els 5 baffles per un cabal d'entrada de 1000 litres/segon.	412
Figura 5.48. Comparació dels cabals volumètrics mesurats en els 5 baffles per un cabal de 900 litres/segon.	413
Figura 5.49. Comparació dels cabals volumètrics mesurats en els 5 baffles per un cabal d'entrada de 800 litres/segon.	413
Figura 5.50. Comparació del cabal volumètric mesurat sobre el vessador central per als cabals d'entrada de 1000, 900 i 800 l/s.....	415
Figura 5.51. Comparació del cabal volumètric mesurat a la sortida del Mòdul per als cabals d'entrada de 1000, 900 i 800 l/s.....	415
Figura 5.52. Comparació dels cabals volumètrics mesurats sobre el vessador lateral per als cabals d'entrada de 1000, 900 i 800 l/s.	416
Figura 5.53. Comparació dels cabals volumètrics mesurats en el desguàs de regulació per als cabals d'entrada de 1000, 900 i 800 l/s.....	416
Figura 5.54. Pantalla de configuració de la presentació dels resultats de la simulació. En aquest cas mostra la selecció per visualització 3D.	418
Figura 5.55. Interface de l'aplicació FlowSight per al tractament gràfic dels resultats obtinguts amb la simulació.	419
Figura 5.56. Perspectiva (llera dreta) de la làmina d'aigua del model M19-1200, imatge obtinguda per l'instant $t=110$ s de la simulació.	420
Figura 5.57. Perspectiva (llera esquerra) de la làmina d'aigua del model M19-1200, imatge obtinguda per l'instant $t = 110$ s de la simulació.	420
Figura 5.58. Elevació de la superfície lliure al llarg de les diferents seccions del Mòdul Hidromètric.....	421
Figura 5.59. Detall del flux en les immediacions del vessador central, incloent el ressalt hidràulic que es forma aigües avall.....	421
Figura 5.60. Vista superior del Mòdul Hidromètric, per $t = 240$ s, quan el cabal d'entrada és de 1400 litres per segon.....	422
Figura 5.61. Vista posterior del Mòdul Hidromètric, per a $t = 240$ s, quan el cabal d'entrada és de 1300 litres per segon.	423
Figura 5.62. Visualització de la trajectòria d'unes partícules al llarg del seu flux a través del Mòdul Hidromètric, per el model M18-1000.	423
Figura 5.63. Visualització de la trajectòria d'unes partícules al llarg del seu flux a través del Mòdul Hidromètric, per el model M18-900, vista en perspectiva.....	424
Figura 5.64. Visualització de la trajectòria d'unes partícules al llarg del seu flux a través del Mòdul Hidromètric, per el model M18-900, vista superior.....	424
Figura 5.65. Representació gràfica de la evolució, entre $t = 0$ i $t = 130$ s, de la simulació per un cabal d'entrada de 1300 litres per segon, vista en perspectiva posterior.	426

Figura 5.66. Seqüència gràfica que mostra quan l'aigua comença a penetrar a la primera arqueta a través del vessador lateral, a partir de $t = 56$ s. i fins a $t = 210$ s, quan el cabal d'entrada és de 1100 litres per segon.....	427
Figura 5.67. Representació gràfica de l'evolució, entre $t = 0$ s i $t = 130$ s, de la simulació amb un cabal d'entrada de 1300 litres per segon, vista superior.....	428
Figura 5.68. Representació gràfica de la evolució, entre $t = 0$ i $t = 151.4$ s, de la simulació per un cabal d'entrada de 1500 litres per segon, vista en perspectiva. Per $t = 151.4$ s, s'observa el desbordament de la primera arqueta.	429
Figura 5.69. Vista perspectiva anterior del mòdul amb la visualització de les línies de corrent per a l'instant $t = 170$ s per a un cabal d'entrada de 1200 litres per segon.	430
Figura 5.70. Vista perspectiva posterior del mòdul amb la visualització de les línies de corrent per a l'instant $t = 170$ s per a un cabal d'entrada de 1200 litres per segon.	431
Figura 5.71. Detall de la vista superior del mòdul amb la visualització de les línies de corrent per a l'instant $t = 170$ s, per a un cabal d'entrada de 1200 litres per segon.	432
Figura 5.72. Cabals volumètrics de sortida per un cabal de entrada de 1000 litres per segon, cas (1).	434
Figura 5.73. Cabals volumètrics de sortida per un cabal d'entrada de 1100 litres per segon, cas (2).	435
Figura 5.74. Cabals volumètrics de sortida per un cabal d'entrada de 1200 litres per segon, cas (3).	436
Figura 5.75. Cabals volumètrics de sortida per un cabal d'entrada de 1300 litres per segon, cas (4).	437
Figura 5.76. Cabals volumètrics de sortida per un cabal d'entrada de 1400 litres per segon, cas (5).	438
Figura 5.77. Cabals volumètrics de sortida per un cabal d'entrada de 1500 litres per segon, cas (6).	439
Figura 5.78. Comparació dels models (2), (4) i (6). Cabals volumètrics a través de la comporta de fons, secció (c).....	440
Figura 5.79. Comparativa dels diferents models. Cabal volumètric de sortida a través de la vàlvula automàtica de descàrrega secció (d).	441
Figura 5.80. Comparació dels diferents models. Cabal sobre el vessador central, secció (a).	442

Llistat d'Abreviacions

ACA	Agència Catalana de l'Aigua
ACBG	Arxiu Comarcal del Bages
AJSM	Arxiu de la Junta de la Sèquia de Manresa
BC	<i>Boundary Conditions</i>
BDH	Biblioteca Digital Hispánica
BOE	Boletín Oficial del Estado
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CAME	Companyia Anònima Manresana d'Electricitat
CDAHCF	Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font
CFD	<i>Computational Fluid Dynamics</i>
CONGIAC	Consorci per a la Gestió Integral de l'Aigua a Catalunya
EPSEM	Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa
ICGC	Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya
IEC	Institut d'Estudis Catalans
FAVOR™	<i>Fractional Area/Volume Obstacle Representation</i>
FDM	<i>Finite Difference Method</i>
FEM	<i>Finite Element Method</i>
FVM	<i>Finite Volume Method</i>
LES	<i>Large Eddy Simulation</i>
MTM	Museu de la Tècnica de Manresa
RENFE	<i>Red Nacional de Ferrocarriles Españoles</i>
RNG	<i>Renormalization Group Method</i>
RTT	<i>Reynolds Transport Theorem</i>
STL	<i>Stereo Lithography</i>
UAB	Universitat Autònoma de Barcelona
UERSA	Unión de Explosivos Río Tinto Sociedad Anónima
UPC	Universitat Politècnica de Catalunya
VC	Volum de Control
VOF	<i>Volum of Fluid</i>

Notació

\dot{m}	Cabal màssic.
ρ	Densitat.
ε	Rugositat absoluta.
ε_T	Dissipació d'energia turbulenta
γ	Pes específic.
∇	Operador nabra.
ϕ	Propietat conservativa del fluid.
σ	Tensió superficial.
τ	Tensió tallant.
τ_{ij}	Tensor d'esforços.
ν	Viscositat cinemàtica.
μ	Viscositat dinàmica.
a	Acceleració.
A	Àrea.
A_h	Àrea de l'orifici de descàrrega.
b	Amplada del canal.
C_d	Coeficient de descàrrega per a vessador rectangular.
E	Energia.
E_c	Energia crítica.
f	Coeficient de fricció.
F	Força, fracció fluïda.
Fr	Número de Froude
g	Acceleració de la gravetat.
h	Entalpia específica.
H	Alçada de làmina. Alçada de càrrega sobre un orifici.
H_f	Pèrdua de càrrega en un ressalt hidràulic
H_L	Pèrdua de càrrega per una longitud L.
K_d	Coeficient de descàrrega per a un orifici.
L	Longitud.
m	Massa.
n	Coeficient de Manning.
P	Pressió normal. Perímetre.
q	Cabal per unitat d'amplada.
Q	Cabal volumètric. Calor.
Re	Número de Reynolds.
R_h	Radi hidràulic.
s	Pendent de la línia d'alçades totals.
s_0	Pendent del canal.
Sh	Font entàlpica.

T	Temperatura.
u	Velocitat en la direcció x .
u_0	Velocitat de sortida per a una alçada de càrrega donada.
v	Velocitat en la direcció y .
V_c	Volum de control.
W	Treball.
w	Velocitat en la direcció z .
y	Profunditat. Profunditat local.
y_c	Profunditat crítica.
y_n	Profunditat normal.

*" En les altures obriré rius i fonts al mig
de les valls; obriré estanys d'aigua al
desert i aiguaneixos en les terres
seques " (Isaïes, 41:18)*

Capítol 1

La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

1.1. Els antecedents de la Sèquia de Manresa

Les primeres grans obres hidràuliques de la humanitat van ser protagonitzades per l'antiga civilització mesopotàmica, al voltant de l'any 4000 aC (Ciriacono 1998). Les valls dels rius Tigris i Eufrates varen protagonitzar aleshores, gràcies als beneficis de la irrigació de grans extensions, el desenvolupament d'una societat sedentària, rica i poderosa (Charpin 2002).

Les característiques de la vall del Nil al seu pas per Egipte, una vall àmplia i sense presència d'afluents, juntament amb els importants cabals que es manifestaven en èpoques de crescudes, no permetien als egipcis la construcció de preses de regulació (González Tascón, Velázquez Soriano, & González Presmanes, 2008). Tant sols estava al seu abast la construcció de canals de reg i estudiar el comportament de les crescudes per tal d'alimentar aquests canals i irrigar el màxim de terra possible.

Efectivament, el riu Nil va vertebrar durant mil·lenis la vida de l'antic Egipte gràcies a les seves crescudes regulars que alimenten una extensa xarxa de canals de regadiu. La retirada de les fèrtils aigües després de la crescuda iniciava un fabulós esclat de la vida vegetal i animal. Per poder estimar la importància de les collites i aprofitar els períodes més favorables per la navegació, els egipcis van idear uns aforaments, anomenats *nilòmetres*¹, dotats de marques graduades que indicaven el nivell de l'aigua del Nil.

Una de les obres hidràuliques més importants del món antic de les que es té constància és la del gran llac Meris durant el regnat del faraó Amenemhet III. El llac Meris era una gegantina llacuna natural, en aquella època de unes dimensions aproximades de uns 50 quilòmetres de llargada i 20 quilòmetres d'amplada, i que es trobava connectat amb el riu Nil a través d'un canal. Observant que el llac es comportava com un dipòsit regulador, van emprendre la construcció d'una presa dotada de comportes que regulava la quantitat

1. Els *nilòmetres* estaven formats per un pou ampli i profund de carreus que es trobava excavat en un dels marges del riu (generalment sempre en el marge de llevant) dotat amb unes escales que permetia descendir per observar el nivell de l'aigua al seu interior. També tenia un pilar central, de forma cilíndrica, amb una escala gràfica i graduada en colzes i dits egipcis. A la illa de Elefantina, al sud de Tebas (Egipte), es conserva un *nilòmetre* que va ser construït amb aquesta finalitat.

d'aigua que entrava des de el riu i permetia derivar un gran cabal cap a els canals de regadiu (Kuhrt 1995). A més, es construï un canal artificial de drenatge del llac per poder cultivar les terres fertilitzades del fons de la llacuna i recuperades cada nova temporada.

A la península Ibèrica, l'obra hidràulica més antiga de la que es té constància és la del jaciment anomenat *Marroquies Bajos*, prop del lloc on avui hi ha la ciutat de Jaén. La descoberta, mitjançant excavacions arqueològiques, ha permès reconèixer una extensa xarxa de canalitzacions que recollia l'aigua de les abundants deus que brollaven al peu de les muntanyes. Es creu que l'obra s'inicià cap el 2500 a.C. i que va estar en servei continuadament durant quatre segles (Zafra de la Torre, Hornos Mata, Castro López, & López, 1999).

A Grècia es van construir els aqüeductes de Troia, de Samos i de Mègara. Tales de Milet, considerat el primer filòsof, va enunciar al segle VI aC que el principi de totes les coses era l'aigua (Vancamp 1997).

L'imperi romà va desenvolupar una civilització sobre la base d'implantar elements sustentadors en el territori; elements com les colònies i les ciutats, així com també les vies que les interconnectaven entre elles i amb la gran metròpoli. La creació d'infraestructures d'abastament d'aigua era un dels pilars fonamental de la romanització dels espais urbans, tal i com ja va deixar escrit Plini el Vell (Romano 1994): "són les aigües les que fan les ciutats".

Al llarg dels anys, els romans van anar deixant arreu constància de la seva elevada capacitat constructiva i, particularment, del seu domini de l'abastament d'aigua fins a les grans urbs. Urbs com l'important capital de província Tàrraco o la mateixa Barcino, topònim amb el que es va nomenar des de Roma a la colònia que, amb el pas del temps, esdevindria l'actual capital catalana. Els aqüeductes, les termes i les xarxes de clavegueram que construïren profusament, són exemples de la importància que els romans donaven a l'aigua. Així, tot havent passat dos mil·lennis, ens trobem amb nombrosos vestigis encara dempeus, com en els casos emblemàtics i propers de l'aqüeducte de Segovia o el de Tarragona. A Barcelona existeixen diverses restes que evidencien les capacitats del romans en el domini de l'aigua; per exemple, l'existència d'unes termes públiques donades a la ciutat l'any 125 per Lucius Minici Natali, situades sota el que actualment és la plaça de Sant Miquel.

1.1.1. Canals medievals anteriors a l'any 1338

Durant la invasió dels àrabs de la península ibèrica es despertà l'interès d'aquests per les antigues infraestructures d'irrigació construïdes pels romans. No obstant, aquests primers canals responien més a les necessitats urbanes d'aprovisionament d'aigua que a

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

pròpiament finalitats agrícoles (Caucanas 2002). Efectivament, el mateix rec Regomir o, com es va dir més tard, el Rec Comtal, és un exemple de l'extensió durant el segle XI tant per terra com en forma subterrània de les canalitzacions romanes (Cuvillier 1984; Verhagen, Posluschny, Danielisová, & European Association of Archaeologists. Annual meeting (15th : 2009 : Riva, 2011). Certament, l'any 960, a la ciutat de Barcelona el compte Mir va fer reconstruir un antic regadiu romà, que es va començar anomenant Regomir, de la derivació de "Reg de Mir".

Així doncs, les primeres tribus invasores no tenien una cultura sedentària sinó que majoritàriament es tractava d'un poble nòmada de no cultivadors. Donat el seu caràcter invasor tendien més a l'espoli i a l'obtenció del benefici immediat que no pas a la inversió de temps i diners per a l'obtenció de rèdits a mig i llarg termini. Malgrat tot, amb poc temps, a mida que el seu poder s'assentava van dedicar molts esforços a reconstruir i a ampliar els canals de regadiu d'origen romà (Latorre i Piedrafita 1995).

Gran part de l'activitat en la construcció de preses en l'edat mitjana en el llevant peninsular va consistir en la restauració de les antigues preses romanes. En les preses que s'utilitzaven per abastar les sèquies de l'horta valenciana, algunes de les quals tenien aquest origen romà, els musulmans van afegir-hi comportes per llevar els fangs (Glick 1992). D'aquesta forma, a banda de l'al-Àndalus, s'establiren les hortes de Múrcia amb les sèquies del riu Segura (la de l'Alquibla al nord i la de l'Aljúfia al sud), també les hortes de València i les d'Oriola. En el riu Xúquer, el més cabalós del llevant peninsular, fóren molt notables els canals de regadiu. Els agricultors musulmans hi construïren una important sèquia² que permetia regar les terres baixes d'Alzira; i quan Jaume I conquistà la ciutat, l'any 1242, va manar ampliar-la ambiciosament, habilitant el regadiu a les terres altes de la ciutat³ (Gual Camarena 1979).

Durant la baixa Edat Mitjana a Catalunya existia una llarga tradició en la construcció d'obres hidràuliques per a abastament de les ciutats i viles i també, sobretot, per a l'abastament de molins fariners. Efectivament, malgrat les evidències d'una forta regressió en quasi tots els camps de l'enginyeria i l'arquitectura en època visigòtica en front al món clàssic romà hi va haver, però, una excepció molt important, que va ser altra que la difusió

2. Jaume I el Conqueridor (1208-1276) parlava de la *Cequie Antiqua* referint-se a aquesta sèquia musulmana i en contraposició amb la *Cequie Nove Algezire* que ordenà construir a partir de 1242. Les obres de la nova sèquia d'Alzira es prolongaren com a mínim fins l'any 1263 i a l'any 1273 es promulgaren les primeres ordenances que regulaven el seu funcionament.

3. Els recs valencians medievals es complementaven amb sínies que, propulsades per les mateixes aigües, elevaven l'aigua a una canal superior i això permetia regar terres més altes que, d'altra manera, eren inaccessibles per al reg.

imparable dels molins fariners accionats per rodes hidràuliques on els avanços van ser molt notables.

L'expansió de la construcció de molins fariners comportava la construcció de molts assuts i canals artificials que eventualment podien servir per derivar aigües cap a terres de cultiu. Amb el temps, la conjunció entre la construcció de molins i la irrigació de terres resulta evident. Així comença a aparèixer, al costat de la referència a l'existència d'algun molí, també referència a "ínsules". La "ínsula" feia referència, tant a Catalunya com també a Itàlia (Martí 1987), a les terres adjacents a un canal i que eren irrigades per aquest. Per exemple, el 14 de febrer de l'any 988, Oliba, comte de Besalú i del Cerdanya, cedeix a l'abadia de Sant Miquel de Cuixà els molins i " *et aqua unde molant et villa Bazonis vigetur*" (Caucanas 2002).

Entre els segles IX i XI Caucanas documenta fins a 58 abastaments hidràulics al Rosselló. La forta corrent de l'hidraulisme monàstic procedent de França a través de l'expansió de les ordres, especialment la del Cister conflueix amb la presència abundant a tot el llevant peninsular de infraestructures hidràuliques basades en la tradició de l'hidraulisme andalusí (Barceló, Kirchner, & Navarro, 1996). Malgrat tot, els estudis sobre l'hidraulisme feudal són molt menys abundants i els seus resultats molt més escassos que no els dels fets sobre l'hidraulisme andalusí (Kirchner, Oliver, & Vela Palomares, 2002).

Els monestirs de Ripoll, Cuixà i Canigó foren líders en l'establiment de contactes amb l'Europa al nord del riu Loira, havent establert, especialment el primer, estretes relacions amb l'abadia de Fleury, reconeguda pel seu important escriptori i la biblioteca on es recollia profusament part de la tradició del coneixement oriental (Glick 1992).

A la ciutat de Girona trobem documentat el Rec Monar en un pergami de data 11 de novembre de l'any 998 (Fernández Ordóñez 1986). En ell es parla de la sèquia que partint de Montfullà regava les hortes de Girona. Etimològicament la paraula sèquia és d'origen àrab, prové de الساقية (as-Saqyha) i aquest de سقيا (Sqya), que significa "rec". Segons el diccionari català-valencià-balear d'Antoni M. Alcover i Francesc B. Moll, una sèquia és una excavació llarga i estreta, sovint revestida de pedra o de rajoles, que serveix per a conduir aigua d'un riu o torrent, sia per abastir poblacions, sia per a regar, per a moure molins, etc.

El diccionari Alcover-Moll també defineix *sèquia mare* o *sèquia major* a una sèquia més ampla, que pren l'aigua directament del riu i la transmet a les sequioles per repartir-la als terrenys de regadiu. En un text del segle XIII apareix la cita: "*La cèquia de la ayga dels molins qui ven a Barcelona, manam que negum hom no y toc per negun temps...*". A la crònica número 67 de Jaume I es cita: "*Metem los aragoneses d'una part e els cathalans de l'altra e la cèquia era en mig...*" (Alcover & Moll, 1980). Tanmateix, el cronista Baltasar Ortiz de Mendoza en la seva obra manuscrita titulada "*Claridad de la Acequia de la Vila de*

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

Elche" a l'any 1589, proposa una argument etimològic diferent, que la paraula sèquia deriva de l'expressió "*on ella (l'aigua) és guiada*" o bé "*se guia*" segons recull Thomas F. Glick a "*Irrigation and Society in Medieval Valencia*" (Glick 1996).

El Rec Monar apareix anomenat al llarg del segle XI en diversos documents sota el nom de *Regum Commitale*⁴. L'any 1358 aquesta sèquia va ser venuda en subhasta pública pel rei Pere IV el Cerimoniós a Berenguer de Riera⁵. El Rec Monar capta l'aigua al marge dret del riu Ter en el terme municipal de Bescanó, en un recorregut de 6.130 metres discorre d'est a oest per terres dels termes de Bescanó, Salt, Santa Eugènia de Ter⁶ i Girona. La seva funció era el regadiu de l'horta gironina i la d'abastir l'energia dels molins que s'hi trobaven en el seu curs; actualment rega unes 300 hectàrees de cultius i els molins van ser reconvertits en turbines per subministrar l'energia a quatre indústries tèxtils.

A la ciutat de Lleida es va construir la Sèquia de Fontanet i la d'Almenar a l'any 1151, i més tard, a l'any 1180 el canal de Pinyana.

Pel que fa al cas del Canal Reial de Puigcerdà, àmpliament estudiat per Helena Kirchner (Kirchner et al., 2002), les referències més antigues són de l'any 1260, on en diversos documents ja s'esmenten l'estany, el canal⁷ l'horta i els molins de Puigcerdà. Consta doncs que abans de la concessió reial de l'any 1318, la vila de Puigcerdà ja comptava amb molins en funcionament, a més d'una important horta; tot i que el paper d'aquesta en el disseny de l'estructura hidràulica era secundari ja que es primava la dotació del molins reials per damunt de la irrigació.

La concessió feta en data 5 de setembre de 1318 pel rei Sanç a la Vila de Puigcerdà de certs drets d'ús de l'aigua del canal a canvi de 420 lliures, 270 de les quals seran pagades pels que tinguin terres irrigables i la resta serà pagada per la Universitat⁸ de Puigcerdà. En la concessió s'establien un seguit de condicions:

- a. Els habitants de la vila podran fer tres orificis a la paret del Cabal, de secció rodona i amb un diàmetre equivalent al d'un gros turonès de

4. En al·lusió als comtes de Girona i Barcelona.

5. La subhasta es va celebrar el dia 9 d'agost de 1358 segons consta en referències de l'Arxiu Municipal de Girona.

6. El municipi de Santa Eugènia de Ter va ser annexionat a la ciutat de Girona l'any 1958.

7. S'esmenta amb el nom de *Regerium de Rigolisa* el que Helena Kirchner identifica com el mateix reg de Puigcerdà.

8. El terme Universitat s'utilitza en el sentit de la comunitat d'habitants.

- plata⁹. Els tres orificis es situen en tres llocs concrets del Canal Reial que porta l'aigua als molins reials de la vila de Puigcerdà.
- b. La Universitat de Puigcerdà no pot prendre aigua a l'espai comprès entre els dos primers molins fariners i el tercer.
 - c. Amb l'aigua obtinguda amb els tres orificis de 2.65 centímetres de diàmetre, els habitants de la vila podran regar horts, prats i altres predis o destinar-la a altres usos que creguin convenients.
 - d. Quan els moliners derivin l'aigua del canal abans d'entrar als molins els habitants de la vila podran aprofitar aquesta aigua.
 - e. L'aigua que s'escapi del canal per defecte de la seva obra, pot ser aprofitada pels homes de la Universitat.
 - f. un cop l'aigua del canal hagi passat pels molins drapers inferiors del rei, els homes de la Universitat podran regar segons la seva voluntat.
 - g. Els homes de la vila podran prendre aigua del canal a qualsevol lloc amb gerres i altres recipients per a usos propis sense deteriorar el canal.
 - h. Els habitants de la vila són dispensats de pagar els censos que solien prestar per l'aigua del canal.
 - i. Els pagaments de drets reials sobre dit canal els són perdonats.
 - j. Els qui contravinguin les condicions precedents pagaran una multa de 10 sous de Barcelona.

Aquest tipus de regulació tant precisa, amb les mides concretes dels orificis de les parets, es troba també al Roselló, on el rei Jaume III atorga als habitants de Tuïr la possibilitat de prendre aigua del canal a través d'un ullal de 6.89 centímetres de diàmetre practicat a una de les parets del canal (Caucanas 1992).

Així és que, quan es va construir la Sèquia de Manresa durant el segle XIV, tant els poders com la mateixa població tenien, amb tots aquests exemples, molt assumida la importància que representava poder comptar de forma segura i mantinguda en el temps amb un recurs tan vital com l'aigua per a la riquesa, salubritat i estabilitat que comportava a les seves ciutats. En aquella època forçosament es comptava amb suficients coneixements tècnics per a portar a bon terme aquest tipus d'obra pública. Amb tot, la Sèquia de Manresa constitueix l'obra hidràulica més important de la baixa Edat Mitjana en terres de la Catalunya administrativa actual, ja sigui per la seva magnitud ja sigui tenint en compte l'elevat nombre d'obres singulars que calgué construir.

9. *Turonensis argenti*, de diàmetre equivalent a 2.65 centímetres.

1.2. El context històric: la Manresa del segle XIV

La Dra. Helena Kirchner ens apunta que els sistemes hidràulics no poden ser compresos fora del seu marc històric (Kirchner et al., 2002), també la Dra. Carme Miró assenyala la que a l'hora d'iniciar l'estudi d'un element hidràulic és preferible no fer-ho des de la individualitat de l'element mateix, sinó com a apart d'un conjunt més complex, on els paràmetres socioculturals i econòmics han d'estar integrats (Orengo & Miró i Alaix, 2013). Per comprendre perquè es va projectar i començar a construir una infraestructura de l'envergadura de la Sèquia de Manresa, en la primera meitat del segle XIV, resulta plenament convenient investigar els motius que van conduir als dirigents d'una societat com la de la ciutat de Manresa a prendre aquesta determinació.

En l'època de la seva fundació, en el segle IX, Manresa estava situada en una terra de frontera entre els cristians i els àrabs. De fet, en el segle X va ser conquistada i destruïda pels àrabs. Més endavant, en el segle XI, Manresa va adquirir una gran importància degut fonamentalment al seu enclavament estratègic. La seva situació permetia respondre a finalitats militars i també de repoblació del territori.

Fou d'aquesta forma que la ciutat emprengué un fort desenvolupament. Aquest desenvolupament es va veure reforçat per l'impuls que van voler donar-li d'una banda Ramon Berenguer I, comte de Barcelona i de l'altra l'abat Oliva, bisbe de les diòcesis de Vic i de Manresa. Ambdues personalitats van promoure i ajudar a la construcció de l'església de Santa Maria en el Puigcardener, on ja hi havia hagut un assentament ibèric, així com van procedir a la fortificació de la ciutat creant el primer cercle de muralles que protegirien tant el mercat com els edificis del seu voltant.

Durant els segles següents Manresa començà a créixer i a enriquir-se, tot encaminat-se cap al que serà el seu "gran segle", el segle XIV, justament el segle durant el qual es portaria a terme la construcció de la Sèquia de Manresa.

Efectivament, els historiadors quan es refereixen a Manresa parlen del segle XIV com "el gran segle", ja que va representar un període d'esplendor en tots els àmbits: creixement demogràfic i econòmic i, en conseqüència un important desenvolupament urbanístic que feu créixer la ciutat i la convertí en una de les places més destacades de la Catalunya interior.

Durant els segles XIII i XIV, la ciutat de Manresa, com moltes altres ciutats i viles de Catalunya, estava en plena transformació. Ja en el tombant del segle XIII i XIV s'havia construït el Pont Vell ¹⁰sobre el riu Cardener aprofitant els basaments d'un pont romànic del segle XII. Però sorprèn que durant el segle XIV foren moltes les obres que s'emprengueren a Manresa, tot tenint en compte que la població difícilment superava els cinc mil habitants. En aquest sentit l'historiador Joaquim Sarret i Arbós¹¹ apunta que la Manresa del segle XIV constava de uns vuit-cents veïns de contribució, el que vol dir que podien suposar una xifra total de quatre o cinc mil habitants (Sarret Arbós 1906).

Si que es constata el fet que l'economia basada en l'agricultura s'havia obert a un comerç molt important, de la mà de la multiplicació de les activitats artesanies. D'aquesta forma, la Manresa del segle XIV es va anar configurant com una societat molt organitzada, ja que es va dotar poc a poc d'un important conjunt de confraries o gremis de menestrals, artesans i mercaders.

Durant tota la edat mitjana la ciutat va continuar progressant i creixent, fent que les muralles haguessin de ser enderrocades i tornades a construir de forma ampliada fins a un total de quatre vegades. Gràcies a tots aquests factors Manresa va aconseguir tenir una destacada importància religiosa i comercial, esdevenint el principal centre de mercat de tota la comarca. La ciutat va sobresortir tant per les seves produccions agrícoles, com per les variades activitats artesanies i especialment per desenvolupar un gran potencial comercial.

La generació de riquesa impulsà que els manresans, malgrat comptar només amb entre quatre i cinc mil habitants, emprengueren, durant el segle XIV, nombrosos i costosos projectes que avui dia encara constitueixen els signes d'identitat de la ciutat. Són construccions d'aquest període la Col·legiata Basílica de Santa Maria, important temple gòtic conegut popularment com la Seu, les esglésies del Carme, de Sant Pere Màrtir, de Sant Miquel, de Santa Llúcia, el convent de Sant Pau, els monestir de Santa Clara i el de Valldaura, també la construcció d'un nou pont sobre el Cardener, anomenat El Pont Nou i, és clar, la mateixa Sèquia.

10. A la figura 1.2 de la pàgina 51 es pot veure una fotografia presa l'any 1860 del Pont Vell. La imatge ens permet conèixer com era el pont originàriament, ja que fou dinamitat i parcialment destruït en les acaballes de la Guerra Civil; posteriorment fou novament reconstruït.

11. L'historiador i arxiver municipal manresà Joaquim Sarret i Arbós (1853-1935) va estudiar tota la documentació dels arxius de l'ajuntament de Manresa així com molts altres arxius notariais i parroquials per documentar-se per a la elaboració de una de les seves obres més emblemàtiques, que per encàrrec de l'ajuntament es va centrar mono-gràficament en el mateix objecte d'aquesta tesi, ens referim al l'obra que porta per títol "*La Céquia de Manresa*" que va veure la llum l'any 1906.



Figura 1.1. Vista oriental de la ciutat de Manresa. Gravat del geògraf Bernat Espinalt i Garcia, nat a Santpedor, fet l'any 1783. Font: (B.D.H. 2016).

La figura 1.1 mostra un document excepcional que ens il·lustra sobre com era l'estructura de la ciutat de Manresa l'any 1783. I el que és més interessant és que la imatge ens mostra gairebé tal i com era la Manresa del segle XIV. Es tracta d'un gravat en fusta realitzat pel geògraf Bernat Espinalt i Garcia¹².

12. Bernat Espinalt i Garcia, geògraf, nat a Santpedor, el 1778 era Oficial del Correo General de Madrid i el 1784 passà a ser Administrador principal del correu de València. Va ser l'autor de la cèlebre i extensa obra, publicada entre 1778 i 1795 en 14 volums: *El Atlante español ó Descripción general Geográfica, Cronológica, é Histórica de España, por Reynos, y Provincias: De sus ciudades, Villas, y Lugares más famosos: de su Población, Rios, Montes, &c. Adornado de estampas finas, que demuestran las Vistas perspectivas de todas las Ciudades: Trages propios de que usa cada Reyno, y Blasones que les son peculiares. En ella aporta gravats descriptius, com el de la figura 1.1, acompanyats d'un compendi de mapes amb coordenades de latitud i longitud, així com distàncies,*

El dibuix explica perfectament com estava estructurada la ciutat a partir de les seves muralles defensives. Es pot apreciar amb claredat com Manresa encara conservava el seu caràcter medieval gairebé inalterat des del segle XIV. A primera vista destaquen sobretot la presència d'un gran nombre d'edificis religiosos, ja siguin esglésies o bé convents, i tant a dins de les muralles com al voltant de la ciutat. Aquest és el cas dels nombrosos hospitals¹³ que solien establir-se extramurs, i que donaven lloc a la confluència a Manresa de diverses ordres religioses.

En la mateixa figura també es pot apreciar un dels braços de la Sèquia. Concretament correspon a l'anotació que en el gravat es mostra amb el nombre 16. A més, es troben representats els molins que apareixen amb la notació 15 i que es mostren instal·lats sobre el torrent de Sant Ignasi¹⁴.

Manresa va conservar l'estructura emmurallada de la ciutat fins ben entrat el segle XIX, quan amb la revolució industrial i la captació de la població del camp com a mà d'obra per a les fàbriques la ciutat tornà a expandir-se cercant espais més amplis i poligonals i l'obertura de grans avingudes.

notícies històriques , culturals i fins i tot llegendes.

13. Com el que acolliria al pelegrí malalt Sant Ignasi de Loiola l'any 1522, quan la Sèquia ja feia 150 anys que donava riquesa a la ciutat.

14. El torrent de Sant Ignasi antigament era conegut amb el nom de torrent de Mirable, va ser després de l'estada del Sant a Manresa, en la primera meitat del segle XVI, que la població va canviar-li el nom.

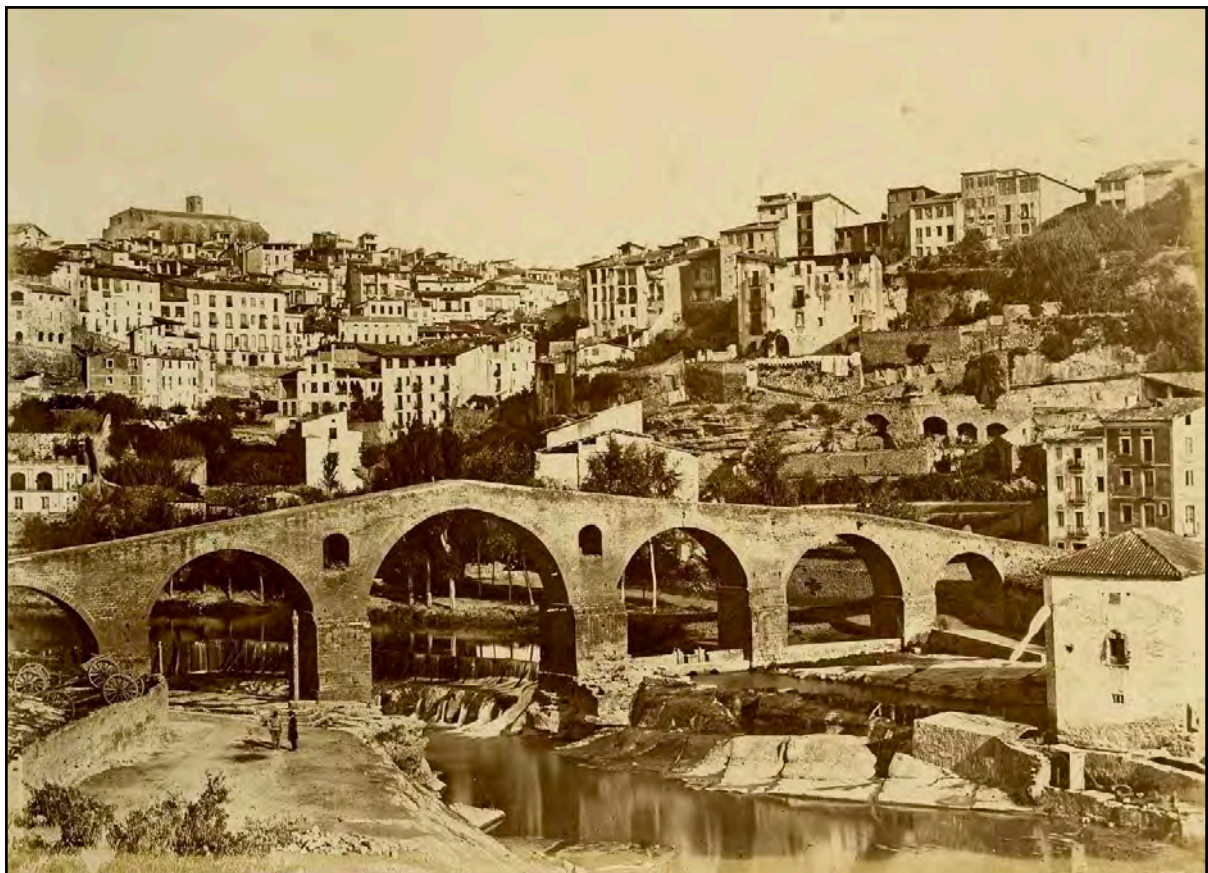


Figura 1.2. Fotografia en paper albúmina de la vall del torrent de Sant Ignasi, amb el Pont Vell en primer terme. Presa l'any 1860 per Charles Clifford. Font: (B.D.H. 2016).

A la figura 1.2 es pot veure una fotografia de la part sud de Manresa. La imatge es va prendre l'any 1860 en paper albúmina, el seu autor és el fotògraf Charles Clifford. La imatge ens permet conèixer com era el Pont Vell originàriament. A les acaballes de la Guerra Civil, concretament el 24 de gener de 1939 fou dinamitat en la retirada republicana, enderrocant-se les principals arcades, havent-se reconstruït posteriorment. A la mateixa fotografia podem observar l'església del Carme sobresortint dalt del turó, senyorejant sobre la vall formada pel torrent de Sant Ignasi.

1.3. El projecte i la construcció de la Sèquia

1.3.1. L'escassetat d'aigua a Manresa

L'escassetat d'aigua és una constant de la comarca del Bages i, en particular, de la ciutat de Manresa. Certament el Bages està solcat per dos rius però això contrasta en el fet que és una de les zones del territori català on la pluviometria és més baixa.

Si s'analitzen les precipitacions de la conca del Llobregat en el seu conjunt s'aprecia que la zona del Prepirineu rep precipitacions d'entre 1200 i 1600 litres/m³ d'aigua anuals. En canvi, a la zona de la Depressió Central, la pluviometria decreix progressivament fins que en arribar al Pla del Bages és on es donen les precipitacions menys importants de tota la conca del Llobregat.

El mínim de precipitació s'observa en la zona per damunt de Manresa, delimitada per Callús, Santpedor, Cabrianes i Balsareny, on la pluviometria es situa en 600 litres/m³ d'aigua anuals. Molt a prop, a l'extrem sud de la comarca, quan el Llobregat ja és punt d'entrar a la comarca veïna del Baix Llobregat, es registren pluviositats més elevades com els 900 litres/m³ d'aigua anuals de Montserrat. O també a la comarca veïna del Vallés Occidental, amb 840 litres/m³ d'aigua anuals registrats de mitjana a Sant Llorenç del Munt (Valentí 2001).

Aquesta baixa pluviometria ha condicionat d'antuvi el tipus de cultius que es poden desenvolupar en el territori amb un clar perjudici de l'horta, que degut al curt cicle de creixement de les plantes i a l'alta exigència d'aigua que aquestes requereixen, implica la necessitat de importants, freqüents i regulars aportacions d'aigua.

Quan als cursos d'aigua subterranis més importants presents a la comarca del Bages cal destacar principalment els aqüífers al·luvials del riu Llobregat. Malgrat que per la seva magnitud aquestes aigües podrien resoldre el problema de l'escassetat de l'aigua en totes aquelles poblacions que li són adjacents, presenten greus problemes de contaminació per clorurs, ferro i manganès. Tanmateix, en l'actualitat les poblacions de Sallent, Balsareny, Navàs i Artés s'aprofiten d'aquestes aigües subàlvies (2001).

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

A l'extrem est de la comarca del Bages, altres poblacions ara pertanyents a la nova comarca del Moianès, com Moià, l'Estany i Calders, i fins i tot de la comarca d'Osona, com Collsuspina es beneficien de l'aqüífer de Moià, que és constituït per calcàries eocèniques.

Molt a prop de Manresa també es troben surgències d'aqüífers per fissuració de les roques homogènies, per exemple a la Font Calda de Navarcles o, més lluny, les fonts cabaloses de Monistrol de Calders, que formen part del mateix sistema càrstic.

L'aqüífer de la Segarra, constituït per roques calcàries oligocèniques intercalades entre potents formacions d'argiles dona lloc a importants cabals que abasteixen les poblacions de Fonollosa, Aguilar de Segarra i Sant Mateu de Bages.

Per un altre costat, els conglomerats del massís de Montserrat i els de la serra de Sant Llorenç del Munt donen lloc a abastaments de poblacions com Monistrol de Montserrat i Marganell d'una banda i de Rellinars i Mura de l'altra.

Però en la zona central de la comarca, la que correspon a l'àmbit de Manresa, és on es donen els aquífers pobres. Aquests suposen més d'un 70 % de la superfície de la comarca i estant constituïts per diverses petites intercalacions de gresos i de conglomerats dins d'una potent formació argilosa. A més, presenten pous negatius i amb elevat contingut de clors i de sulfats.

En aquesta zona central també són presents les aigües subterrànies salinitzades. Algunes d'elles són d'origen natural i els seus aquífers estan relacionats amb els nivells més alts de la formació salina, com per exemple les aigües que es troben en els municipis de Fals, Callús i Santpedor. D'altra banda, les que tenen l'origen no natural són les relacionades amb els esorrentius de les escombraries de les mines de potassa o dels rius contaminats per els productes de la depuració del mateix mineral i de la resta d'activitats extractives de l'indústria minera. Es troben exemples d'aquestes aigües salinitzades en aquífers situats a les rodalies dels rius Llobregat i Cardener, com també en alguns indrets de Sallent, Súria, Callús i Santpedor.

Així doncs, la baixa pluviometria juntament amb un escenari migrat pel que fa a la presència d'aqüífers importants dibuixen una realitat d'escassetat de recursos hídrics a la ciutat de Manresa que, de ben segur, deuria comportar frustració als seus habitants. Aquesta frustració deuria ser especialment profunda en els pagesos, més si aquests comparaven la seva situació amb la de pagesos de altres territoris no massa allunyats i que resultaven ésser molt més afortunats pel que fa a la disponibilitat d'aigua. En el segle XIV, i potser ja molt abans, és més que probable que aquest tema, el de l'escassetat de l'aigua, també fos un dels principals motius de preocupació de les autoritats de la ciutat, tal i com

es va fer palès en el relat dels fets ocorreguts entre l'any 1333 i 1337 i que es descriuen en l'apartat 1.3.2.

La construcció de canals per abastir aigua per als molins era bastant ordinària però no ho era tant la seva construcció per a la irrigació de terres. Tanmateix, sembla que el cas de la Sèquia de Manresa no va ser una excepció aïllada, ja que el 29 de setembre de 1346, el rei d'Aragó Pere III dona una suma de mil lliures de Barcelona per ajudar a la construcció d'un canal per portar aigua del Tech des de Boulou fins a Argelès (Caucanas 2002), a una distància aproximada de quinze quilòmetres.

1.3.2. Els orígens del projecte

L'any 1333 fou conegut a Manresa com *lo mal any primer*. Va ser el primer d'un període de quatre anys d'extrema sequera a la zona de Manresa, amb conseqüències molt negatives pel que fa als cultius. La situació es va fer encara més insostenible a partir de 1336 i s'agreuà encara més a inicis de 1337, moment en que les collites de cereals van ser tan minses que resultaren insuficients per a abastir la població de la ciutat.

La conseqüència directa d'aquesta carestia va ser que la població començà a patir fam. En aquest escenari, la ciutat de Manresa entrà en un període d'empobriment generalitzat, amb un increment de malalties i, finalment, també un important despoblament.

Els consellers de la ciutat van reaccionar pensant que, davant aquesta situació, calia fer una gran peregrinació al santuari de Nostra Senyora de Montserrat. Malgrat fer-se aquesta peregrinació, sembla ser que no va comportar cap millora en la meteorologia. La situació ens la descriu molt bé l'historiador Joaquim Sarret i Arbós: "Les terres continuaven seques, els camps sense cultivar, els arbres fruiters ressecs per l'ardor del sol, els ceps no donaven raïms... i molts ciutadans van haver d'abandonar la seva pàtria i hisenda buscant refugi a altres poblacions" (Sarret Arbós 1906).

El dia 1 d'abril de 1339 es van escollir els nous consellers de la ciutat i sembla ser que aquest portaven ja la idea de la construcció d'un canal per portar l'aigua del Llobregat fins a Manresa per tal de donar una solució definitiva a la sequera, de forma que la ciutat pogués comptar amb un sistema de regadiu permanent per tenir sempre més les collites assegurades independentment de la climatologia.

Per poder fer front a la magnitud del projecte aviat es van adonar que la riquesa de la ciutat potser no seria suficient i, a més, calia afrontar el repte amb les corresponents garanties legals, raó per la qual van decidir demanar permís al rei per començar la construcció i, al mateix temps, la seva ajuda econòmica. En aquells temps, Manresa era ciutat reial, això implicava una dependència directe del rei, sense que es tingués que donar compte a cap altre senyor que no fos aquest.

Es van designar dos síndics que van viatjar a Barcelona, on el dia 29 de maig de 1339 van presentar el projecte, al mateix temps els consellers van buscar mestres en l'art d'anivellar per poder valorar la viabilitat tècnica de l'obra i determinar el punt on s'havia de captar l'aigua del riu Llobregat.

El juny de 1339 l'infant Jaume i el bisbe de Vic van visitar Manresa i els consellers van aprofitar la ocasió per explicar de nou el projecte. El dia 23 d'agost del mateix any el rei Pere III finalment va concedir el privilegi de la construcció del canal, juntament amb una reducció dels impostos de la ciutat per poder finançar l'obra. El rei donava plena llibertat als constructors per establir el punt de derivació de les aigües i també per delimitar els llocs per a on havia de fer-se el traçat de la Sèquia, en el ben entès de indemnitzar els danys i perjudicis que es poguessin causar a tercers a conseqüència de la seva construcció.

1.3.3. El finançament de les obres

Les reduccions fiscals concedides pel rei fixaven que la ciutat només hauria de pagar 5.000 sous anuals en concepte de quèstia¹⁵ durant els següents deu anys i, passats aquests, s'establí que l'import de la quèstia seria de 12.000 sous anuals i es contemplava també la cessió a la ciutat de Manresa de tots els drets i rendes que pogués originar la Sèquia un cop aquesta entrés en funcionament. El rei va facultar als consellers manresans amb la capacitat per gravar amb impostos indirectes les vendes del mercat, amb la finalitat de que aquests podessin obtenir recursos pel finançament de l'obra així com pel seu posterior manteniment.

El rei Pere III també va establir que tothom qui pretengués prendre aigua de la Sèquia per a qualsevol ús, llevat del rentar o beure, hauria d'obtenir prèviament el permís dels representants manresans o de qui aquests hagueren designat com a administrador.

La figura d'aquest administrador o encarregat de supervisar l'ús de l'aigua del canal fou anomenat sequiaire. Es va establir que el càrrec s'elegiria cada any, essent escollida la persona que hauria d'ocupar-ne el càrrec per part dels consellers i jurats de la ciutat, d'acord amb l'avinentesa del batlle reial. Dins les funcions pròpies del sequiaire s'estipulava la supervisió i manteniment del rec així com el cobrament dels drets d'ús a tots aquells que agafessin l'aigua per a regar.

15. La quèstia era un impost directe que la ciutat pagava al rei i que no consistia en cap quantitat fixe sinó que depenia de les necessitats del monarca, podent oscil·lar per el cas de Manresa entre els 10 000 i els 20 000 sous anuals.

En el privilegi concedit, el rei el condiona a que totes les concessions són a canvi de la construcció de la Sèquia i que, en el cas de que aquesta no es fés o no s'acabés en la seva totalitat, caldria pagar els impostos habituals afegint aquells que s'haurien estalviat durant el temps d'aplicació de les rebaixes fiscals.

Els treballs preparatius a la construcció començaren immediatament després de l'obtenció del privilegi reial el mateix estiu de l'any 1339. El primer que es va fer va ser la determinació del traçat i els treballs d'anivellament dels llocs per a on havia de passar el canal; aquesta feina es va encarregar al mestre del nivell de Barcelona Guillem Catà i als germans Simó i Pere de Rodener.

El 9 d'octubre es va signar el contracte amb els mestres d'obres a qui s'encarregava la construcció sota la supervisió del mestre major Guillem Catà; aquests contractistes eren Pere Molins, Guillem de Monistrol, Martí i Bartomeu Alerigues, Francesc Ricolf, Pere Ubach, Arnau Ferran i Arnau Mach.

En el contracte s'especifica que l'obra haurà de ser completada en un termini de cinc anys. Es detallava també que la construcció començaria en terme de Balsareny, concretament la resclosa de derivació es construiria davant del molí de Mateu de Villalonga. També es diu que l'obra finalitzarà amb la seva arribada al terme de Manresa a l'indret conegut com el coll de les Oliveres, a la partida del Guix.

Quan al pressupost de l'obra, en el contracte s'especifica que l'import total de la construcció es fixava en 130 000 sous, deixant a part la suma necessària per a la calç que fos requerida. Es diu que la calç seria proporcionada per la ciutat als constructors a mida que aquesta anés fent falta.

Per fer front a aquesta xifra tant elevada la ciutat comptava amb el diferencial generat per la reducció d'impostos de la quèstia que el rei reduïa a 5000 sous anuals. Això vol dir que la resta de la quèstia que es venia recaptant anualment per al rei ara es destinaria a les obres de la Sèquia, aquesta quantitat es pot xifrar en uns 10 000 sous anuals.

D'altra banda també es comptava amb els ingressos excepcionals proporcionats per els impostos indirectes¹⁶ sobre alguns productes del mercat. En aquest sentit, es coneix que el 20 d'agost de 1339, tant sols tres dies abans de la obtenció oficial del privilegi, ja es van establir unes primeres impositcions. També es coneix que pocs mesos després, el 27 de desembre de 1339, fou precís crear-ne unes de noves per augmentar la quantitat

16. Els impostos indirectes sobre el mercadeig rebien el nom de *impositcions*. Aquest impost no només el pagaven els ciutadans manresans sinó que també s'aplicava a tots els visitants forans que compraven els productes al mercat de Manresa.

recaptada. Al final la recaptació per aquest concepte podia situar-se entre els 30 000 i els 40 000 sous anuals (Torras i Serra 2002).

1.3.4. El conflicte amb el bisbe de Vic

Si bé en un principi el finançament de les obres semblava anar ben encarrilat, gràcies a la reducció de la quèstia i l'aplicació de les imposicions, molt aviat van sorgir nombrosos problemes amb la rebel·lió del pobles i dels senyors de les jurisdiccions veïnes que acusaven d'abusives les imposicions que s'aplicaven per finançar la Sèquia.

Ja en el mateix mes de setembre de 1339 el bisbe de Vic, Galceran Sacosta¹⁷, i els habitants de Santpedor van iniciar diversos plets per la negativa a pagar les esmentades imposicions en el mercat. Però el conflicte més important el provocà el bisbe de Vic com a senyor jurisdiccional del terme i de la parròquia de Sallent¹⁸, quan a finals de 1340 es va negar a permetre el pas de la Sèquia per Sallent.

Entre els arguments esgrimits pel bisbe hi havia el de que la construcció del canal afectava moltes més terres de la seva propietat de les que inicialment s'havia dit i pactat i, especialment, el preocupava que la derivació de l'aigua del riu Llobregat a Balsareny causés un detriment en el rendiments dels molins fariners¹⁹ que el bisbat tenia aigües avall, quan el riu passa ja per Sallent. Aquests molins proveïen de farina la vila de Sallent així com també les parròquies properes d'Artés i de Castelnou de Bages, també sota la jurisdicció del bisbe. Cal tenir present que els molins proporcionaven al bisbat unes importants rendes anuals i que el bisbe temia veure com aquestes es reduïen per culpa de la construcció de la Sèquia.

L'oposició ferma del bisbat provocà en un seguit de negociacions infructuoses que acabaren en una escalada de la tensió. Les discussions es traduïren en amenaces i insults portant entre l'abril i maig de 1341 a la redacció de dos decrets per part del bisbe en els que establia l'entredit i l'excomunió.

El decret d'excomunió anava adreçat exclusivament als consellers de la ciutat i a aquells que treballessin a les obres del canal, d'altra banda, el decret d'entredit implicava la suspensió de tots els sacraments i de tota la litúrgia en el territori de la ciutat i parròquia de

17. Galceran Sacosta, nascut a Tavertet, fou el bisbe de Vic entre 1328 i 1345.

18. La paraula *sallent* significa salt d'aigua o cascada, etimològicament prové del llatí *saliente* (del part.pres. de *salire*, "saltar").(Alcover & Moll, 1980); tanmateix un document de l'any 980 indica que el topònim de Sallent prové de *ipso castro saliente*, és a dir, "pedra que surt de la terra".

19. El riu Llobregat travessa el terme de Sallent formant cinc salts naturals d'aigua. Aquests desnivells van ser aprofitats d'antuvi per l'accionament dels molins.

Manresa; això implicava de facto la separació dels habitants de Manresa de l'Església i de la seva participació en qualsevol acte que aquesta realitzés: els manresans es van veure privats de rebre sagraments, de rebre sepultura eclesiàstica, de ser enterrats en terreny sagrat, a banda de poder assistir a oficis, ni a misses ni processons. Els temples manresans van celebrar les misses a porta tancada i els ciutadans que volien assistir a missa, malgrat l'entredit, van haver de desplaçar-se als temples de les parròquies veïnes.

Tanmateix els obrers de la Sèquia continuaren els treballs de construcció malgrat l'entredit i l'excomunió, simultàniament els síndics de la ciutat i els seus procuradors a instàncies dels consellers manresans s'adreçaven al rei, a l'arquebisbe de Tarragona, al Sant Pare i al mateix bisbe amb l'objectiu d'arribar a un acord que fés que aquest aixequés l'entredit i l'excomunió.

Malgrat totes les pressions el conflicte s'enquistà sense trobar cap sortida fins que amb la mort del bisbe, l'any 1345, el succeí Miquel de Ricomar, que després de prendre possessió del càrrec, el dia 12 de maig de 1345, va acceptar les contrapartides i compensacions ofertes per la ciutat.

En aquest punt cal esmentar l'aparició de la llegenda al voltant del miracle de la Misteriosa Llum. Segons explica aquesta llegenda el 21 de febrer de 1345 una llum resplendent procedent de la muntanya de Montserrat penetrà per una finestra de la façana de l'església del Carme; i, segons explica el relat, un cop dins el temple la llum es va situar sota la clau de volta de l'absis central. En arribar a aquest punt, la llegenda continua explicant que la llum de sobte es dividí en tres esferes lluminoses que es repartiren entre la capella de la Santíssima Trinitat, la de Sant Salvador i el mateix absis central. Finalment, la llegenda continua explicant que al cap d'un temps les tres esferes de llum es reuniren de nou i la llum sortí de l'església en direcció cap Montserrat.

La llegenda sobre la Misteriosa Llum de Manresa aparegué a final de l'edat mitjana i es va veure potenciada entre els segles XVI i XVII pels frares del mateix convent del Carme. La tradició interpreta que amb aquest miracle Déu es posava al costat de la ciutat amb el seu enfrontament amb el bisbe de Vic i suposava un clam per a que es produís l'aixecament de l'entredit. La tradició manresana explica que el bisbe, en tenir coneixement del miracle, va voler corregir la seva actitud però que ja no hi va ser a temps doncs moria el dia 5 d'abril de 1345.

El fet és que Miquel de Ricomar entomà de nou les negociacions amb els representants de la ciutat de Manresa. En aquesta ocasió les negociacions van ser encapçalades d'una banda pel jurista Ramon Saera²⁰ i de l'altra per l'abat del monestir de Sant Pere de Besalú

20. Ramon Saera, jurista, va ser fiscal de la Vegueria i Batllia de Manresa per ordre de Jaume II. Considerat un dels manresans més il·lustres del segle XIV. Era una persona molt influent i gaudia

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

que actuava com a vicari general del bisbat de Vic. Els negociadors van redactar els capítols de la concòrdia entre la ciutat de Manresa i el bisbat de Vic. El 19 de novembre de 1345 es signava a Vic els capítols de la concòrdia en els que cada part acceptava els drets de l'altra.

Els drets quedaven definits en el cas de la ciutat de Manresa en el dret de la construcció de la Sèquia per terres de Sallent, en el reconeixement de l'ús exclusiu de l'aigua per al regadiu de Manresa podent agafar l'aigua que calgués per a aquest fi sense cap limitació. A més, el bisbe absolia i anul·lava l'entredit contra la ciutat i aixecava l'excomunió dels consellers i dels treballadors.

En la concòrdia es reconeixia al bisbat el dret d'obtenir 5000 sous com a compensació pels danys i despeses ocasionades al bisbe a causa dels plets i processos generats per culpa de les obres, a més d'una compensació per valor de 8000 sous per a sufragar la construcció d'un nou molí²¹. Es contemplava que aquest nou molí s'havia d'instal·lar dins la Sèquia al seu pas per Sallent. A més, també es reconeixia la plena jurisdicció del bisbe damunt la Sèquia en tot el tram del seu pas en el terme de Sallent.

En la concòrdia es deia que la població de Sallent podria utilitzar l'aigua de la Sèquia per a ús de boca i també per a abeurar el bestiar però en cap cas per a regar, com tampoc es permetia cap instal·lació molinera que a banda de l'acordada amb el bisbe.

Un altre aspecte important recollit en la mateixa concòrdia era la absoluta prohibició de derivar l'aigua de la Sèquia ja sigui mitjançant la pràctica de forats o recs, si bé si que s'acceptava poder omplir basses prop de la Sèquia mitjançant portadores o cubells. En el document s'especifica que a les basses es podria amarrar lli o cànem però que no poden ser utilitzades per al reg.

El document també preveia que s'indemnitzés els homes del bisbat i als propietaris dels molins dins el terme de Sallent pels danys i pèrdues que la derivació del cabal d'aigua pogués provocar en el seu rendiment, tanmateix en cap lloc s'especificava cap quantitat específica per aquest concepte.

d'una bona posició econòmica, com es desprèn del seu testament i de l'inventari dels béns mobles que féu el seu fill. El seu germà Berenguer també exercia d'advocat a Vic.

21. Aquest molí prenia l'aigua a través del bagant del torrent de l'Oller. L'aigua derivada de la Sèquia baixava fins a la resclosa de Cal Ramon i, des d'allà, després de passar per la casa Torres i Amat, arribava fins a la zona de les Culleres, on hi havia l'anomenat molí del Bisbe (Alert, Huguet, & Cossetània Edicions, 2014).

El 12 de juny de 1346 el Papa d'Avinyó, Climent VI, va ratificar l'esmentada concòrdia per tal de donar la solemnitat de la màxima autoritat eclesiàstica reconeguda tant per la ciutat de Manresa com pel rei Pere III a més, és clar, del bisbe de Vic.

1.3.5. Les demores en la construcció

Un cop la ciutat es va deslliurar de l'entredit i l'excomunió semblava que es podria concentrar els esforços en la finalització de les obres però aquestes es van veure de nou sotmeses a tota mena de contratemps.

L'obra ja havia patit diversos endarreriments, com el causat per l'emmalaltiment del mestre Guillem Catà l'any 1342 o el brot de pesta bubònica²² que va provocar una gran mortaldat²³ de entre els mesos de juny i agost de 1348.

Tanmateix, un dels retards més importants el causà la destrucció de la resclosa per un aiguat ocorregut l'any 1350, veure els detalls d'aquest episodi a la pàgina 117. Efectivament, aquest esdeveniment va fer esclatar un conflicte latent entre Guillem Catà i els consellers de la ciutat ja que el primer al·legava que la construcció no s'havia realitzat segons les seves indicacions, la negativa de Guillem Catà a refer la resclosa malmesa va desembocà en un plet que tornà a paralitzar les obres. El fet és que el contracte de Guillem Catà com a mestre major de l'obra s'esgotà i s'optà per rellevar-lo per Arnau Martor, el juliol de 1350.

22. La pesta bubònica afectà tota Europa entre els anys 1347 i 1350. A Manresa es va conèixer amb el nom de la *mala bussanya*.

23. Es calcula que a Manresa i al Bages l'epidèmia de la pesta bubònica comportà la mort de més de la meitat de la població.



Figura 1.3. Imatge actual de la resclosa sobre el riu Llobregat, als peus del castell de Balsareny. Imatge presa el juny de 2016.

Cal pensar que aquells van ser uns temps de desànim generalitzat, d'una banda causat per la gran davallada de la població a causa de l'epidèmia de pesta. Aquest fet repercutí econòmicament, resultant una important minva dels impostos recaptats. A aquest fet calia afegir que l'any 1349 s'havia acabat el termini dels deu anys d'aplicació del privilegi per el qual la ciutat només pagava 5000 sous anuals de quèstia enlloc dels 12 000 que li pertocaven.

Així és que, davant la nova situació, els consellers de la ciutat es van reunir el dia de Sant Sebastià, el 20 de gener de 1354, en el convent del Carme, davant la impossibilitat de fer efectiu el pagament dels 12 000 sous anuals que el rei els reclamava i van decidir enviar dos síndics per demanar al rei que reduís la quèstia a una quantitat sensiblement menor per tal de que aquesta pogués ser satisfeta i mantenir la despesa necessària per a la finalització de la Sèquia. Sorpren la rapidesa amb la que s'actuava en aquells temps, donat

que just vuit dies després, el 28 de gener, el rei va acceptar concedir noves exempcions fiscals a la ciutat de Manresa.

Les noves mesures pactades amb el rei suposaven establir en només 7000 sous anuals enlloc dels 12 000 anteriors els que la ciutat de Manresa hauria de lliurar al monarca el dia de Nadal, tot assimilant a aquest import la quèstia amb el sequiatge. Al mateix temps es deixava ben clar que no s'aplicaria, sota cap concepte, cap altre tipus de tribut.



Figura 1.4. Imatge del Llibre Verd de Manresa que es conserva a l'Arxiu Comarcal del Bages. Font: (A.C.B.G. 2016), data d'accés 09/03/2016.

Els problemes financers continuaren força temps; l'any 1363 l'elevat deute públic que pesava sobre la ciutat posava en perill la continuïtat de les obres que es feien a la ciutat i, especialment, la construcció de la Sèquia. Davant aquesta possibilitat els consellers de la ciutat van proposar al rei que els permetés executar la venda de les jurisdiccions de Súria, Castelladral, Castellar i Seguers, en possessió de la ciutat des de l'any 1360. El rei acceptà la venda en data 8 de març de 1363 segons es conserva en el Llibre Verd²⁴ de Manresa sota la condició de que l'integritat dels diners obtinguts amb les esmentades vendes fos destinat a l'obra de la Sèquia exclusivament (Torras i Serra 1998). Gràcies a fer efectives

24. El Llibre Verd de Manresa és un cartulari manuscrit amb tapes de fusta revestides amb vellut de color verd, fet que dona nom al llibre, veure figura 1.4. Redactat entre la segona meitat del segle XIV i l'any 1902 en compliment d'un privilegi atorgat pel rei Pere el Cerimoniós l'any 1358 pel qual la ciutat podia encarregar a un notari la còpia de tots els privilegis en un llibre, de manera que la còpia tindria la mateixa validesa legal que els originals. Comprèn un total de 194 documents sencers i dos fragmentaris; el més antic és de l'any 1217. Es conserva a l'Arxiu Comarcal del Bages.

aquestes vendes s'obtingueren prou diners per a continuar la construcció, que s'allargarien encara vint any més.

1.3.6. La finalització de l'obra

En data 4 d'agost de 1376 es van redactar unes ordenances sobre l'ús que es podia fer de l'aigua per de la Sèquia per al regadiu; aquest fet indicava que ja s'utilitzava per el canal per a la funció pel que va ser concebut, ni que fos aquest parcialment acabat, ja que consta que entre els anys 1376 i 1377 encara es treballava en els braçals que haurien de poder portar l'aigua cap els murs de la ciutat i cap a les partides del Guix i de Viladordis.

En un altre document de 1380 es fa esment de obres que encara es feien a la Sèquia donant per fet que aquesta ja estava en funcionament proporcionant aigua per el reg de l'horta de Manresa. Tanmateix, sembla ser que l'aigua no entrà dins les muralles fins entre l'any 1382 i 1383 quan finalment ho feu pel portal de la Planeta i el carrer del Carme, repartint l'aigua del riu Llobregat per tots els indrets de la ciutat medieval a través d'una xarxa de petits recs, després de quaranta quatre anys d'esforços la ciutat resolía definitivament²⁵ el seu principal condicionant.

1.4. Personatges destacats en la història de la Sèquia de Manresa

La ciutat de Manresa està en deute amb els precursors de la Sèquia. Hi està pels enormes beneficis obtinguts des de la seva entrada en servei, al segle XIV, fins al dia d'avui. La consciència col·lectiva manresana té present aquest deute i al llarg dels anys aquesta gratitud ha quedat palesa en diversos tipus de manifestacions.

La primera mostra de la importància que la ciutat de Manresa dona a la construcció de la Sèquia és la mateixa Festa Major d'Hivern, que es celebra actualment cada 21 de febrer²⁶ i que és coneguda com la Festa de la Misteriosa Llum de Manresa.

Existeix una primera al·lusió històrica de la celebració que data de l'any 1536. La festa té un sentit religiós d'acció de gràcies a la Santíssima Trinitat pel restabliment de la pau entre la

25. Avui dia la ciutat de Manresa, a la que cal afegir les poblacions de Sant Joan de Vilatorrada, Santpedor, Sant Fruitós de Bages, Castellnou de Bages, el Pont de Vilomara i Sant Salvador de Guardiola, continua abastint-se de l'aigua que li proporciona aquesta important infraestructura medieval.

26. Des de el segle XVII i fins al segle XIX es celebrà el segon diumenge de quaresma.

ciutat i el bisbe Galceran Sacosta, arran del conflicte d'interessos amb motiu de la construcció de la Sèquia de Manresa.

La segona mostra de reconeixement la trobem tot l'any a través del nomenclàtor de les vies públiques. Certament Manresa té diversos carrers que han estat batejats amb topònims relatius a noms de persones i fets relacionats amb la construcció de la Sèquia i de les circumstàncies que l'envoltaren. A la taula 1.1 de la pàgina 65 s'en fa una relació i a la figura 1.5 de la pàgina 66 es mostren la seva situació sobre el plànol de la ciutat.

Entre els primers carrers que fan referència a la Sèquia destaquen el carrer Cap del Rec, el de la Canaleta i el Canal, que s'anomenen així des de el s. XVI, i que indiquen els llocs pels quals l'aigua del canal entrava a la ciutat. Per acord de ple municipal l'any 1882 es va donar nom al carrer de la Llum i al carrer de la Sèquia. El carrer de la Sèquia porta aquest nom en referència al principal braçal que es dirigia cap al carrer Puigterrà per entrar a la ciutat. Aquest baixava des del Coll de Lomar i creuava l'actual passeig Pere III mitjançant un aqüeducte. Aquest aqüeducte salvava el desnivell del torrent dels Predicadors, que es cobrí entre finals del s.XIX i primeries del s.XX i donà lloc al passeig Pere III. Aquest baixador que desembocava a l'aqüeducte és l'actual carrer de la Sèquia.

L'any 1883 es va posar el nom de Saclosa al vell camí del Pujolet, en homenatge a fra Romeu Saclosa, frare llec del convent del Carme a qui tradicionalment se li atribuïa el projecte de la construcció del canal. Arran dels estudis de Joaquim Sarret i Arbós es coneixia que l'autèntic autor de l'obra era Guillem Catà. Amb aquest nom es batejà un dels carrers del barri de Puigberenguer que segueix la traça d'un dels braços del canal.

A partir de l'any 1977 es dedicà també el nom dels consellers de l'any 1339 a sis carrers en un nou sector urbà situat al nord de l'Avinguda de les Bases de Manresa, els nous carrers s'anomenaren: Bertran de Castellbell, Bernat de Sallent, Berenguer Canet, Pere Vilella, Jaume Amergós i Jaume d'Arters. Els coneguts a Manresa com a "iniciadors de la Sèquia" ja tingueren, entre 1932 i 1939, dedicats altres carrers tot substituint el nom tradicional que aquests havien tingut fins llavors.

El carrer Balsareny, en el barri de Puigberenguer, segueix igualment el traçat d'un dels braços del canal i és un clar homenatge al poble on s'anà a cercar l'aigua en el segle XIV i d'on, des de aleshores, aquesta arriba permanentment per a regar la ciutat.

També trobem el passatge dels Dipòsits Vells, en honor dels primers dipòsits d'aigua potable construïts l'any 1861.

El conflicte entre el bisbe Galceran Sacosta i Manresa per la construcció de la Sèquia en terres sallentines, de la seva jurisdicció, portà molts maldecaps als manresans. La disputa durà cinc anys fins que s'arribà al pacte de concòrdia acordat l'any 1345 entre el bisbe Miquel Ricomà i la ciutat representada per l'advocat Ramon Saera. Tant el Bisbe Ricomà

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

com Ramon Saera tenen un carrer en honor seu, també remet a aquest pacte el mateix carrer de la Concòrdia. Fins i tot el papa que donà el vist-i-plau a l'acord, el papa Climent VI, té dedicat un carrer com a reconeixement a la seva intervenció per a que s'acabés el conflicte.

Taula 1.1. Carrers de la ciutat en al·lusió a personatges, elements o fets relatius a la construcció de la Sèquia de Manresa. Font: https://www.manresa.cat/docs/docsArticle/4241/doc_contingut_4054.pdf Data d'accés: 18 de maig de 2016.

Carrers de Manresa en al·lusió a personatges relatius a la Sèquia de Manresa	
Carrer de Berenguer Canet	Carrer de Bertran de Castellbell
Carrer de Bernat de Sallent	Carrer de Jaume Amergós
Carrer de Pere Vilella	Carrer de Jaume d'Arters
Carrer de Ramon d'Iglésias	Carrer del Bisbe Ricomar
Carrer de Ramon Saera	Carrer de Climent VI
Carrer de Guillem Catà	Passeig de Pere III
Carrers de Manresa en al·lusió a elements o fets relatius a la Sèquia de Manresa	
Carrer de la Canal	Carrer del Cap de Rec
Carrer del Carme	Carrer de la Concòrdia
Carrer de la Llum	Carrer de Montserrat
Carrer de la Sèquia	



Figura 1.6. Pintura de 1909 del pintor Francesc Cuixart de la Plaça de la Reforma en el que apareix davant la Seu el monument als iniciadors de la Sèquia projectat per Alexandre Soler i March. Font: (Lacuesta 2009).

A banda de carrers i places la ciutat de Manresa també ha dedicat monuments commemoratius als personatges i fets relacionats amb la construcció de la Sèquia. Per exemple, a la figura 1.6 es presenta una pintura a partir del projecte de la plaça de la reforma dissenyada per l'arquitecte Ignasi Oms i Ponsa, realitzada a l'any 1909 per el pintor Francesc Cuixart (Lacuesta, Balañà, & Cuspinera, 2009). En la pintura es pot observar el monument als iniciadors de la Sèquia que va ser projectat per l'arquitecte Alexandre Soler i March²⁷. Estava previst que el monument es construís davant la Basílica de la Seu en l'explanada que s'alça a mode de mirador de la vall del riu Cardener al seu pas per Manresa; tanmateix, aquest monument no s'arribà a construir mai.

Si que es va realitzar, l'any 1977, un monument dedicat als iniciadors de la Sèquia; en aquest cas ens referim a l'escultura de Josep Clarà coneguda com a La Ben Plantada, i que es troba situada a la Plaça de la Bonavista. Es tracta d'una figura femenina de bronze,

27. L'arquitecte Alexandre Soler i March va tenir un paper important a l'inici del s.XX en la implantació d'un sistema de tractament i depuració de l'aigua de la Sèquia per a consum de boca, per a més informació veure la pàgina 196.

amb una alçada de dos metres, mig nua que s'alça damunt d'un podi davant d'un petit estany d'aigua en un espai arquitectònic que juga amb els diferents nivells de la plaça, tal i com observar-se en la figura 1.7.



Figura 1.7. Escultura obra de Josep Clarà coneguda com La Ben Plantada de la Plaça Bonavista de Manresa, monument als iniciadors de la Sèquia. Font: (I.E.C. 2015) Data d'accés: 8 de maig de 2016.

La Ben Plantada és un rellevant exponent de l'art noucentista, s'inspira en l'ideal de dona descrita en l'obra *La Ben Plantada*, d'Eugeni d'Ors. El monument té tota una història de vicissituds darrera seu degut a que alguns cercles objectaven que podria ofendre la moral.

Fóu l'any 1956 quan la Junta de la Sèquia decidí construir un monument dedicat als iniciadors de la Sèquia i, amb aquest propòsit, van crear una comissió. La comissió va decidir sol·licitar l'assessorament del Cercle Artístic de Manresa. Aquesta institució va fer la proposta de incloure una figura femenina de mida natural de l'escultor olotí Josep Clarà. La nuesa de l'escultura va comportar certs problemes d'acceptació per part de les autoritats ja que aquestes, en ple franquisme, no admetien aquestes expressions, ni que fossis artístiques, i menys exposades a la via pública.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

Per fi, l'any 1958, es va adquirir l'estàtua; però aquesta va estar dinou anys guardada en un espai de l'Ajuntament fins que a l'any 1977, un cop mort el dictador Franco, es va emplaçar definitivament a la via pública.

El mateix any 1977 es va fer també l'escultura dedicada a la Festa de la Misteriosa Llum que es pot veure a la figura 1.8 . És obra de Jordi Garcia i es troba situada en el Parc de l'Agulla. Està formada per una peça plana i vertical de ciment en la que hi figura el resplendor d'una llum, el perfil de Montserrat, unes ones en representació de l'aigua i un arbre que creix gràcies a aquesta.



Figura 1.8. Escultura realitzada l'any 1977 per Jordi Garcia dedicada a la Misteriosa Llum. Es troba situada al Parc de l'Agulla. Font: (2015) Data d'accés: 8 de maig de 2016.



Figura 1.9. Placa sobre monòlit en reconeixement a Josep Maria Vives, impulsor del Parc de l'Agulla, obra de l'artista Jaume Soldevila, de l'any 1982. Font: (2015) Data d'accés: 8 de maig de 2016.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

Al Parc de l'Agulla es va alçar, l'any 1982, un monòlit en forma de columna truncada amb una placa de bronze amb una dedicatòria per a l'advocat Josep Maria Vives i Llambí²⁸, personalitat qui es considera el creador del Parc de l'Agulla a Manresa. L'obra és un treball de Jaume Soldevila Ribera. Tal i com es pot observar en la figura 1.9 de la pàgina 70, en la placa hi són representats un mapa de la Sèquia, el perfil de la muntanya de Montserrat i un text amb les paraules *La Llum 21 febrer* i els anys 1345 i 1982.

L'any 1982 es va fer un nou monument dedicat, en aquest cas, a la Misteriosa Llum i a la Sèquia i que es pot veure a la Plaça dels Infants de Manresa. El monument fou promogut per l'empresa Aigües de Manresa per commemorar la construcció de la Sèquia i la llegenda de la Misteriosa Llum. Es tracta d'una estructura arquitectònica més relleu de l'autor Jaume Soldevila. Està realitzat amb pedra, bronze i formigó i consta de dos blocs adossats; tal i com es pot veure en la figura 1.10 en un d'ells es representa en forma de relleu el mapa de la Sèquia. En l'altre bloc hi ha el perfil de la muntanya de Montserrat i les dates 21 de febrer 1345/1982.



Figura 1.10. Imatge del monument commemoratiu de la Sèquia i la Misteriosa Llum a la plaça dels Infants de Manresa. Font: (2015). Data d'accés: 8 de maig de 2016.

28. Josep Maria Vives i Llambí fou el segon president de l'Orfeó Manresà a la postguerra i li donà un gran relleu. Candidat a les eleccions municipals de 1979 per l'Ajuntament de Manresa. Diputat provincial de Barcelona. Se'l considera l'impulsor del Parc de l'Agulla.



Figura 1.11. Detall del mateix monument amb el plànol de la Sèquia i les dates 21 de febrer 1345/1982. Font:(2015). Data d'accés: 8 de maig de 2016.

L'any 1997 es va realitzar alçar també al Parc de l'Agulla un monument en reconeixement a la Junta de la Sèquia de Manresa de l'any 1962 pel seu paper com a promotora de l'Estany i del Parc de l'Agulla. L'obra és una estructura arquitectònica més escultura de Ramon Oms. L'escultura és una figura realista d'una dona, feta de bronze, vestida sense mànigues i descalça, que està dreta recolzada sobre una barana damunt d'una plataforma envoltada per l'aigua de l'estany.



Figura 1.12. Escultura realitzada l'any 1977 per Jordi Garcia dedicada a la Misteriosa Llum. Es troba situada al Parc de l'Agulla. Font: (2015). Data d'accés: 8 de maig de 2016.

1.4.1. Els consellers de la ciutat de Manresa i el rei Pere III

Sense cap mena de dubte la Sèquia de Manresa fou construïda gràcies a la iniciativa i a l'empenta que li donaren els nous consellers de la ciutat Jaume d'Artés, Beltran de Castellbell, Bernat de Sallent, Pere Vilella, Jaume Amergós i Berenguer Canet, que havien estat escollits tot just el mes d'abril de l'any 1339.

D'altra banda l'actitud i la bona predisposició del rei Pere III, el Cerimoniós, resultà fonamental per a l'assoliment de l'objectiu proposat, atorgant el privilegi el 23 d'agost del mateix any 1339 i iniciant-se la subhasta de l'obra el 9 d'octubre següent. Tant és així que el rei Pere III, el Cerimoniós, s'ha mantingut sempre present en la memòria dels manresans i ha estat objecte de diversos reconeixements per part de la ciutat de Manresa. Així, l'any 1891 la ciutat decidí posar el seu nom al passeig que s'acabava de construir sobre el torrent dels Predicadors. El cobriment del torrent es va realitzar en diverses fases, des de mitjans del segle XIX; un cop enllestit, l'any 1928, el Passeig de Pere III passà a ser una de

les avingudes més importants de la ciutat, reuní moltes de les residències burgeses a més de rellevants equipaments de serveis i també establiments de tipus comercial.



Figura 1.13. Estàtua del Rei Pere III, el Cerimoniós. Obra de Ramon Majà, 1989. Font: (2015). Data d'accés: 8 de maig de 2016.

L'any 2009 es va instal·lar en el mateix Passeig de Pere III, la estàtua del monarca, veure la figura 1.13. Aquesta és l'obra que l'artista manresà Ramon Majà havia fet vint anys abans,

l'any 1989, a partir de esbossos de l'escultor Frederic Marès i que l'entitat Caixa de Manresa adquirí per a donar-la a la ciutat. Durant tot aquest temps s'havia estat al pati del Casino de Manresa, edifici reconvertit en biblioteca pública, però a partir del 2009 es troba emplaçada en un lloc molt més digne, en el bell mig del Passeig Pere III, en la cruïlla entre aquest i el carrer Guimerà, en la plaça que es forma molt a prop de l'entrada a l'església de Crist Rei.

1.4.2. Els mestres de nivell i els mestres de pedra

Al segle XIV els experts o especialistes en la construcció de canals eren els coneguts com a "*expertis in operibus molen dinorum et in arte livelandi aquam*", tal i com es registra en un document de data 6 de maig de 1361 en relació a la construcció d'un molí a Perpinyà²⁹ o en un altre document de data 1383 on es parla d'un tal Joan Domingo com a "*leviador de Perpignan*", o en Pere Moner que apareix l'any 1405 com a "*Jeometra sive livelator*" en relació a la construcció del canal de Thuir al Têt (Caucanas 2002).

I) Guillem Catà

Malauradament es disposen de poques dades sobre el qui rebé l'encàrrec d'executar l'obra de la construcció de la Sèquia de Manresa i per a tal fi va ésser nomenat Mestre Major de l'obra (Sarret Arbós 1906). Es coneix que Guillem Catà fou un reconegut arquitecte o mestre d'obra i que també era un reconegut *mestre del nivell* o *mestre anivellador*, que va exercir principalment a la ciutat de Barcelona tot i que també es coneix que exercia la direcció d'algunes obres a Lleida, a banda, és clar, de la Sèquia de Manresa. El seu nom apareix en el segon contracta d'obra o el que es coneix com a *segon preu fet* que en realitat era una subhasta; també apareix esmentat per l'interdit d'excomunió emès pel bisbe de Vic, Galceran Sacosta, adreçat als consellers manresans i a tota persona vinculada a l'execució de l'obra de construcció del canal.

L'any 1996, amb la fusió de l'Institut Fius i Palà i l'Institut Bages, es creà l'Institut Guillem Catà de Manresa, centre públic d'educació secundària situat al carrer Rosa Sensat de la mateixa ciutat i que depèn de la Generalitat de Catalunya. El nom va ser escollit per retre homenatge al destacat personatge i amb la voluntat de reflectir-hi la voluntat de treball, de cooperació i el coneixement al servei de la comunitat.

29. En aquest cas, el document fa referència a un total de tres mestres de nivell: Pere Carrera, Pere Septembris i Ramon Moner.

1.4.3. Els estudiosos de la Sèquia de Manresa

La Sèquia de Manresa ha estat estudiada profundament en diverses aspectes i en diferents ocasions de la seva història. Alguns d'ells han centrat els seus estudis fonamentalment en els aspectes històrics i documentals. Són exemples d'aquest el cronista Magí Canyelles i l'arxiver Joaquim Sarret i Arbós.

Altres varen centrar l'atenció en la infraestructura pròpiament, mesurant les seves característiques, descrivint els seus elements singulars o, fins i tot, aixecant-ne precisos plànols topogràfics. En aquest grup trobem com a exemple més evident l'arquitecte municipal Marià Potó.

I) Magí Canyelles

Es pot considerar a Magí Canyelles com el primer gran estudiós de la Sèquia de Manresa. Va néixer a Manresa l'any 1622 on visqué fins l'any de la seva mort, el 1685. De professió era adroguer, es va convertir en un important historiador i cronista manresà. En l'àmbit polític va arribar a ser sotsveguer l'any 1651 i entre 1653 i 1662 va ser conseller segon de Manresa.

Produí una important obra escrita, en ella tractà sobre temes d'història local com *Jurisdicció del magnífic mostassaf de la ciutat de Manresa*, *Llibre major nacional* i *Tarifa o escandall de les fleques*. La seva obra més important, *Descripció de la grandesa i antiquitats de la ciutat de Manresa*, escrita entre el 1679 i el 1685, no fou publicada fins l'any 1896, més de dos segles després de la seva mort.

II) Marià Potó

La figura de Marià Potó destaca degut al seu extens treball en relació a dos encàrrecs que rebé de la Junta de la Sèquia. Diverses raons varen determinar la decisió de la Junta de la Sèquia de contractar a Marià Potó com a topògraf i encarregar-li els treballs de reconeixement i d'amidament de la Sèquia l'any 1866³⁰, així com, posteriorment, de la redacció del plànol parcel·lari del regadiu i ciutat de Manresa³¹.

30. Entre les pàgines 564 i la 596 de l'apèndix es pot observar una reproducció dels plànols originals de la Sèquia de Manresa des de la resclosa de Balsareny fins a l'Agulla de Manresa, realitzats l'any 1867 i que es troben dipositats al Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font.

31. En la pàgina 607 de l'apèndix es pot observar una reproducció del Plànol Parcel·lari del Regadiu de la Ciutat de Manresa de realitzat per Marià Potó l'any 1867, que es troba dipositat al Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

Certament, l'any 1853 el topògraf francès Jean-Antoine Laur va dibuixar el plànol parcel·lari del terme municipal de la ciutat de Manresa i sembla lògic que la Junta de la Sèquia l'hagués contractat per realitzar aquests treballs; tanmateix no va poder fer-ho ja que a l'any 1854 la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando li va denegar al tècnic francès l'autorització per poder treballar a Espanya com agrimensor (Nadal, Urteaga, & Muro, 2006). A la comarca del Bages hi havia altres agrimensors als que encarregar aquest treball, al mateix Ajuntament de Manresa constava, l'any 1854, com a agrimensor en Josep Badul, que cotitzava l'impost industrial i de comerç sota aquest concepte. Però en Marià Potó era, en aquells temps, un dels principals tècnics de l'Ajuntament de Manresa i ja havia adquirit experiència col·laborant en la redacció de diversos plànols de la ciutat.

En Marià Potó i Galera era originari de l'Aragó però s'havia establert a Barcelona on va obtenir el títol de mestre d'obres per l'Escola de Belles Arts de Barcelona, en data 24 de març de 1855 (Bassegoda i Nonell 1973). A més d'aquest títol també ostentava el d'agrimensor i el de director de camins veïnals. Molt aviat treballà per l'Ajuntament de Manresa com a primer tècnic titulat amb el títol de mestre d'obres que contractava aquesta entitat.

Durant un temps va exercir sota la direcció d'en Antoni Rovira i Trias, arquitecte municipal de la ciutat de Barcelona i que assessorava en qüestions urbanístiques a l'Ajuntament de Manresa. Aquest fou l'arquitecte qui havia aixecat el "Plano geométrico de la muy noble y leal ciudad de Manresa" l'any 1847, plànol del que el mateix Marià Potó va fer una còpia a l'any 1861.

Ja a partir de l'any 1855 en Marià Potó va passar a assumir tot sol la direcció dels treballs arquitectònics i urbanístics de l'Ajuntament de Manresa. Durant aquest temps, fins el 1868, establí la seva residència al carrer Muralla del Carme número 4 de Manresa (Gisbert i Traveria 2010).

Marià Potó treballà aquells primers anys a la capital del Bages, sobretot en la construcció d'edificis. També desenvolupar una important tasca en l'obertura, arrencament i eixamplament de carrers. Tanmateix, una de les obres més significatives de les que va fer a la ciutat de Manresa està directament relacionada amb la Sèquia, ens referim a la construcció dels Dipòsits Vells de Manresa. Aquesta obra fou realitzada entre l'any 1861 i 1865, es pot veure tota la informació tècnica en referència a aquests dipòsits a la pàgina 189.

El dia 7 d'abril de 1859 per mitjà d'un ordre reial fou autoritzat per a elaborar el traçat d'una línia de ferrocarril entre Manresa i Sallent tot passant pel terme de Santpedor.

També treballà com a agrimensor la qual cosa li comportà alguns conflictes professionals; la Secció d'Arquitectura de la Reial Acadèmia de Belles Arts de Sant Jordi li va obrir un

expedient arran d'una denúncia presentada contra ell pels agrimensors Marià Perella i Ignasi Roig (2010).

Els treballs de reconeixement i amidament de la Sèquia de Manresa van ser precisament la darrera obra que va realitzar en aquesta ciutat, a l'any 1867. Quan va emprendre aquest encàrrec Marià Potó ja comptava amb alguna experiència relativa als aprofitaments hídrics ja que el 17 de març de 1860 havia rebut autorització reial per executar, juntament amb Francisco Calvo, unes obres a la Sèquia de Pomar en el lloc de captació sobre el riu Cinca amb la finalitat d'obtenir un augment del seu cabal.

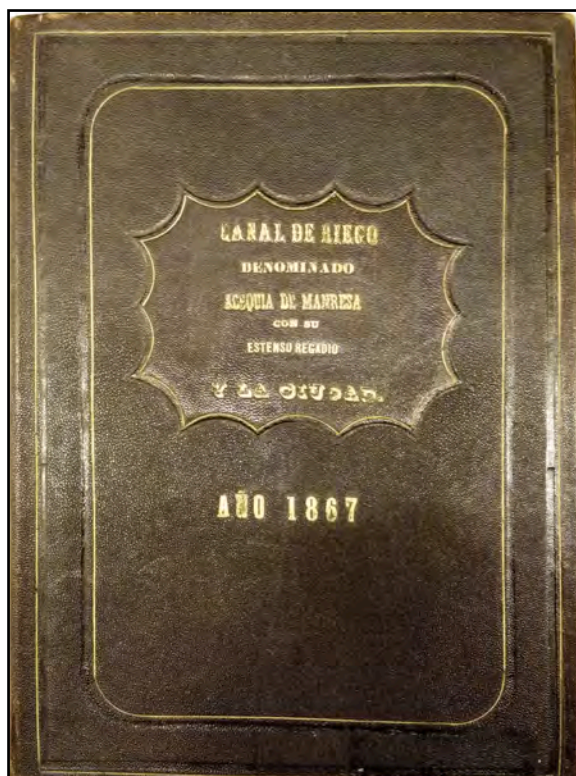


Figura 1.14. Portada de l'estudi fet per Marià Potó l'any 1867, consistent en el reconeixement i amidament de la Sèquia de Manresa. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.

Durant els treballs cartogràfics de reconeixement i amidament de la Sèquia es va veure convenient d'encarregar també el plànol parcel·lari del regadiu. Certament, tot i que la Junta de la Sèquia disposava amb el plànol elaborat l'any 1853 per en Jean-Antoine Laur, diversos factors com: l'augment de la població, l'augment del nombre de fàbriques en els braços de la Sèquia i els canvis parcel·lars del regadiu de la capital del Bages, provocaven nombrosos problemes a la Junta de la Sèquia. Per exemple, Josep Oliveras calcula que a

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

L'any 1878 s'havien instal·lat 25 salts amb una producció de 328 cavalls de força a partir de l'ús de l'energia hidràulica de l'aigua de la Sèquia (Oliveras 1986a). Per aquests motius va caldre reflectir aquests canvis en un nou plànol parcel·lari que fou encarregat a Marià Potó.

A banda de les seves activitats com a tècnic municipal Marià Potó va tenir també un paper en el món polític manresà ja que, arran del triomf de la Gloriosa el setembre de 1868, fou escollit membre de la junta Revolucionària de la Diputació de Barcelona i diputat de la Diputació de Barcelona en representació del Partit Progressista pel partit judicial de Manresa. Aquest càrrec l'ocupà fins l'any 1871.

L'any 1881 Marià Potó va deixar Manresa per tornar a instal·lar-se a Barcelona. A la capital catalana va treballar de nou en diversos encàrrecs com a mestre d'obres fins l'any 1897. Es coneix que l'any 1890 estava establert al municipi de Sant Gervasi de Cassoles (Bassegoda i Nonell 1973) .

III) Joaquim Sarret i Arbós

Arxiver i historiador manresà, nasqué el 4 d'agost de l'any 1853 a la capital del Bages on morí el dia 26 de setembre de l'any 1935. Va estudiar als Jesuïtes de Manresa i després als Escolapis d'Igualada. Va treballar a la sastreria del seu pare. Autodidacta, l'inquietava qualsevol expressió cultural, però es centrà especialment en l'estudi de la història local.



Figura 1.15. Retrat de Joaquim Sarret i Arbós. Autor desconegut, Fons Ajuntament de Manresa, Arxiu Comarcal del Bages, Manresa.

El seu interès per la història el portà a col·laborar amb Leonci Soler i March en l'ordenació dels arxius manresans. En Leonci Soler i March era advocat, bibliòfil, paleògraf i polític; va proporcionar a Joaquim Sarret i Arbós coneixements sobre història i arxivística. Com que els compromisos polítics de Leonci Soler el portaven a viatjar sovint a Barcelona i Madrid,

en Joaquim Sarret i Arbós el rellevà en la direcció efectiva de l'arxiu municipal, del qual fou nomenat oficial auxiliar el 1896 fins la data de la seva defunció, l'any 1935, atès que el primer va mantenir el títol honorari d'arxiver fins la seva mort, l'any 1932.

L'any 1917 Joaquim Sarret i Arbós va ser guardonat amb un premi de l'Institut d'Estudis Catalans pels seus treballs d'ordenació i estudi dels arxius locals, tant de l'arxiu de la ciutat com el de la Seu i el notarial.

La bibliografia de Sarret és molt àmplia. Abasta una quarantena de llibres i opuscles, alguns dels quals reeditats i altres de publicats pòstumament. També comprèn al voltant de mig miler d'articles, als quals cal sumar un centenar i mig de textos inèdits, a banda d'anotacions, transcripcions documentals i esborranys de treball i, fins i tot, textos autobiogràfics.

Els seus estudis es centren principalment en temes relatius a la història de Manresa, i constitueixen encara avui referències d'inexcusable consulta. El conjunt de la seva obra és un referent valuós i fiable, resultat del treball constant i directe amb la documentació, sovint inèdita, que Sarret publica de manera transcrita o a partir d'extractes i traduccions parcials.

A *Art i artistes manresans* (1916) va aplegar diverses dades documentals inèdites relatives a artistes nascuts o actius a la ciutat i a artífexs d'obres que hi van tenir la seva destinació entre els segles XIV i XVIII. El recull, anava en la línia dels que havien fet Josep Mas, Puiggarí o Sanpere i Miquel, a qui Sarret va proporcionar algun document manresà. Anteriorment havia publicat articles al *Butlletí del Centre Excursionista de la Comarca de Bages*, en el qual donava a conèixer els contractes i, amb aquests, també els autors de retaules importants com el del Sant Esperit de Pere Serra. Es considera que aquests treballs van proporcionar un gran avanç en el coneixement de la personalitat artística d'un dels pintors més destacats del tres-cents català.

A Sarret li devem també les primeres notícies documentals que van permetre precisar el moment i les circumstàncies que havien portat l'excursionista florentí a la Seu manresana (Orriols 2016).

Pel que fa a les publicacions més destacades hem d'esmentar *Lo sometent de Manresa y son districte* (1894) i *Etologia de Manresa* (1901), entre d'altres. Tanmateix, l'obra més destacada de Joaquim Sarret i Arbós es considera que són els cinc volums que, sota el títol general de *Monumenta historica civitatis minorisae* (Manresa, 1921-1925; reedició facsímil, 1984-1987), aborda diversos aspectes de la història i el patrimoni de Manresa. El volum IV (*Història religiosa de Manresa. Iglésies i convents*) significa una primera anàlisi historicoarqueològica dels establiments religiosos de la ciutat, exceptuant la cova de Sant

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

Ignasi, que encara constitueix una obra d'inevitable referència i, en alguns casos, representa l'aportació més substancial al seu coneixement.

Sobre altres edificis manresans va publicar breus però documentades monografies, com ara *La capella de St. March de Manresa. Relació històrica* (1894), i estudis sobre els santuaris marians de la Guia, Joncadella i la Salut de Viladordis o sobre l'antic hospital de Sant Andreu. És l'autor del primer estudi històric detallat sobre l'obra d'enginyeria hidràulica del segle XIV, *La Cèquia de Manresa* (1906).

La seva aferrissada activitat laboral, combinant les activitats d'arxiver i les de sastre, i les dificultats inherents a mantenir una família formada per tretze fills, no van impedir que participés d'una intensa activitat vinculada a diverses entitats i associacions manresanes. En aquest sentit podem citar que va ser fundador i president del Centre Excursionista de la Comarca de Bages. També va ser un dels fundadors de la Lliga Regional, de la Joventut Catòlica i de l'Orfeó Manresà. Home de fervor religiós i vinculat a diverses entitats confessionals, va ser president de la Lliga Espiritual de Nostra Senyora de Montserrat.

Va ser nomenat acadèmic corresponent de Bones Lletres i cronista de la ciutat de Manresa, va ser nomenat degà dels arxivers de Catalunya l'any 1933, títol que ostentà fins a la seva mort. La ciutat de Manresa li va dedicar un carrer l'any 1953 i, amb motiu del 50è aniversari de la Biblioteca Popular de l'Institut, l'any 1979, els lectors van decidir mitjançant votació popular que aquesta rebés el nom de Biblioteca Sarret i Arbós.

III.i) Josep Alabern i Valentí

En Josep Alabern i Valentí, és Enginyer Industrial Superior per l'Escola d'Enginyers Industrials de Barcelona i Director Tècnic de la Junta d'Aigües Potables de Manresa des de l'any 1969 fins el 1980. En exercici de les seves responsabilitats professionals ha dirigit totes les obres realitzades a la Sèquia de Manresa i a l'embassament de l'Agulla des de 1969 fins a data d'avui. Des de 1980 ocupa el càrrec de Secretari de la Junta de la Sèquia de Manresa.



Figura 1.16. Josep Alabern i Valentí. Font: Regió7. <http://www.regio7.cat/arreu-catalunya-espanya-mon/2016/04/23/manresa-josep-alabern-guardonat-memorial/358122.html>

Essent Director de la Junta d'Aigües Potables de Manresa, l'any 1981 va formar part de la Comissió de municipalització que va portar a la creació de l'empresa d'Aigües de Manresa, S.A., de la que en va assumir la direcció com a Director Gerent d'Aigües de Manresa, S.A., des de l'any 1981 fins a l'actualitat.

A més de tots aquests càrrecs professionals en Josep Alabern també ha ostentat diversos càrrecs institucionals. Així, per exemple, l'any 1991 va ser fundador, com a President de la Delegació del Col·legi d'Enginyers Industrials, de la Fundació Privada Consell Tecnològic del Bages, actualment el CTM Centre Tecnològic, ocupant des de l'inici el càrrec de Secretari del Patronat i la Comissió Executiva.

Fundador l'any 1992 de la Fundació Privada per la Promoció del Museu de la Tècnica de Manresa i, des de 2011 Vicepresident de la Fundació Aigües de Manresa – Junta de la Sèquia.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

La seva dilatada experiència com a tècnic i com a gestor en empreses de gestió de l'aigua el portà a prendre part en l'àmbit dels diversos organismes que, a nivell de Catalunya, vetllen per la gestió de l'aigua, així l'any 2001 va passar a ser Vocal del Consell d'Administració de GIAC, SA .- Gestió Integral d'Aigües de Catalunya- i representant de l'Ajuntament de Manresa a CONGIAC – Consorci per la Gestió d'Aigües de Catalunya – des de l'any 2003. També és Vicepresident 2n de l'Agrupació de Serveis d'Aigua de Catalunya – ASAC- des de l'any 2009.

A més, l'any 2006 va ser nomenat Vice-President, del Consell d'Administració de Projectes Territorials del Bages –PTB-.

És autor de diverses publicacions relacionades amb la Sèquia de Manresa, entre les que cal destacar *Al Voltant de la Construcció de la Sèquia de Manresa*, l'any 2002; ha publicat diversos articles en revistes especialitzades en la gestió de l'aigua i també ha participat en nombroses conferències i col·loquis sobre temes relacionats amb l'organització i la gestió de l'aigua així com en diversos actes de divulgació científica i tècnica.

1.5. Descripció del traçat de la Sèquia de Manresa i dels seus elements singulars

Les grans obres hidràuliques poden captivar per la seva magnitud o per la capacitat de modelar la natura per adaptar-la a les necessitats humanes; Voltaire, en la seva obra *Le Siècle de Louis XIV*, expressava la seva gran admiració pel Louvre, també per Versailles i altres edificis majestuosos, tanmateix va deixar escrit: "... *mais les monument les plus glorieux par son utilité, par sa grandeur, et par ses difficultés, fut ce canal de Languedoc, qui joint les deux mers*" (Chrimes 1997).

Les obres hidràuliques, siguin de les dimensions que siguin, generalment aconseguen captivar a tothom qui observa el moviment ordenat i ininterromput d'el flux i n'escolta el perseverant murmurí. Aquesta capacitat de captivar, barreja d'admiració i respecte, sorgeix gràcies a que, en les obres hidràuliques, s'hi intueix una elevada dificultat de concepció i realització alhora que això es contrasta amb una sorprenent funcional simplicitat d'ús, una funcionalitat aparentment intemporal. El cas de la Sèquia de Manresa n'és un exemple paradigmàtic i, per aquest motiu, resulta molt recomanable fer una passejada vora el canal, resseguint el seu traçat, per imbuir-se d'aquesta experiència.

En aquest apartat farem una revisió detallada del recorregut de la Sèquia des d'un punt de vista descriptiu, tant estrictament del que es el propi canal com també dels seus nombrosos elements singulars. En aquest sentit, resulta important tenir en compte les diferents transformacions que, al llarg del temps, han anat experimentant parts de l'obra degut a diverses raons. Una de les principals diferències entre les dades constatades de l'obra original i l'actual és el nombre de elements singulars existents. Concretament les referències més antigues ens parlen de la presència d'una trentena de ponts mentre que actualment aquesta xifra es troba reduïda a una quinzena.

També es posen en evidència altres tipus de diferències en diferents punts més o menys importants entre l'aspecte original i l'actual. Aquestes diferències són degudes fonamentalment de dos tipus d'actuacions: les reactives i les preventives. Les primeres són degudes a obres de conservació i millora del calaix a causa de desprendiments de les parets, riuades, subsidències del sòl, vandalisme, accidents, etc.

Pel que fa a les diferències degudes a les actuacions preventives, aquestes solen ser de gran envergadura i resulten evidents, de vegades comporten variacions de traçat o la substitució del calaix original de terra excavada per calaixos de formigó.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval



Figura 1.17. Traçat de la Sèquia de Manresa. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.

Exemples de reformes fetes amb caràcter preventiu són la construcció de murs de contenció d'aigües pluvials per evitar la contaminació de l'aigua circulant i les reformes imposades per les afectacions de altres infraestructures més modernes. En conjunt la majoria de les reformes i modificacions del traçat s'han portat a terme en els últims cinquanta anys.

1.5.1. El Traçat del Canal

La Sèquia discorre pels termes municipals de Balsareny, Sallent, Sant Fruitós de Bages i Santpedor fins arribar al terme de Manresa just a l'entrada al llac de l'Agulla.

A la figura 1.17 de la pàgina 85 es pot veure el recorregut complet del canal així com dels braços de regadiu a Manresa. També hi podem veure emplaçats tots els elements singulars més importants, com els ponts i aqüeductes, les mines així com les edificacions més rellevants que es troben als voltants del recorregut.

La Sèquia de Manresa conserva encara avui gran part del seu traçat original. Fins a mitjans del segle XX, tan el seu recorregut com les seves característiques morfològiques eren iguals a les del seu origen en la totalitat de la seva llargada.

Com a referència documental més antiga, en forma de plànols, per saber com era el traçat originari de la Sèquia es compta amb l'aixecament topogràfic fet per Marià Potó l'any 1867, veure apèndix 51 de la pàgina 564 fins apèndix 83 de la pàgina 596 . En aquest treball apareix, a part de la mina del mas de les Coves construïda ja en el s.XIV, únicament la mina del balç de Balsareny i la mina coberta d'en Roca en tot el tram del Mal Pas, per la resta tot el canal discorre a cel obert.

El canal presenta dos recorreguts diferenciats clarament per la tipologia del terreny per on discorre. El primer tram va des de la resclosa fins el Mas de les Coves i en aquest recorregut el canal va quasi paral·lel al riu Llobregat i majoritàriament està situat a mitja vessant. Aquesta part del canal és la que es presenta més crítica des del punt de vista dels problemes de manteniment, com els desprendiments i les esllavissades. A més aquest tram també ha estat molt afectat en els temps per les afectacions de construccions i activitats més modernes. Per exemple, la construcció de carreteres, el ferrocarril, l'activitat d'explotació minera, etc.

El segon tram comprèn des de el Mas de les Coves fins a l'Agulla. En aquest cas ens trobem amb un canal encaixat a la plana, tot ell de terra, molt sinuós per ajustar-se a les corbes de nivell. Aquí ens apareix la Sèquia amb el mateix aspecte que deuria tenir al segle XIV. Tot i el pas dels anys ha sofert molt poques variacions en el seu traçat i apareixen pocs trams reformats. Tanmateix, puntualment en un parell de trams curts apareix el formigó

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

mostrant l'afectació causada per l'urbanització de dos polígons industrials que n'obligà a modificar la traça original.

En el seu recorregut complet la Sèquia té una llargada de 26 319 metres. El desnivell entre la superfície de l'aigua quan és captada a la resclosa i la mateixa quan arriba a l'Agulla és de 10.63 metres. L'aigua circula a una velocitat mitjana de 40 centímetres per segon, el que suposa que per completar el seu recorregut l'aigua necessita un temps de 18 hores per anar des de Balsareny fins a l'Agulla.

Al llarg d'aquest recorregut la Sèquia haurà travessat per 31 aqüeductes i al seu pas s'aixecaran 71 pontarrons utilitzats per a donar servei a camins i conduir esorrenties pluvials.

El canal discorre majoritàriament descobert, mostrant la seva làmina d'aigua superficial a excepció del tram inicial, quan surt de la presa, de la mina del Balç de Balsareny, de la mina del Mal Pas, de la zona urbana de Sallent i de la mina del Mas de les Coves. Aquesta darrera mina és la única existent en el moment de la construcció de la Sèquia, ja que totes les altres han estat construïdes molt posteriorment i per diverses raons (Alabern i Valentí & Virós i Pujolà, 2002).

I) Tram 1: De la Resclosa al Pont de Conangla

La captació de l'aigua per a la Sèquia³² es fa mitjançant una resclosa³³, veure figura 1.18, sobre el riu Llobregat a l'alçada del terme de Balsareny. Concretament la resclosa es troba situada aprofitant la corba que dibuixa el riu tot contornejant el turó sobre el qual s'alça el

32. Els habitants de Balsareny en diuen *La Síquia*, tal i com es constata en un fragment de l'obra teatral de Ramon Carreté "*Balsareny més de mil anys*":

- Pau Bròquil: "Ve gent de Manresa, agutzil i saigs"
- Agutzil (de Manresa): "Ens roben l'aigua de la Sèquia"
- Cor de pagesos (de Balsareny): "La què?"
- Pau Bròquil: "La Síquia"
- Cor de pagesos: "Ah!"
- Agutzil: "Els pagesos hi féu forats i això és un delicte: sereu castigats"

33. D'antuvi la població de Balsareny anomena la resclosa de la Sèquia com *La Resclosa dels Manresans en contrast a la visió que en tenen els habitants de Manresa, qui sempre l'han anomenada com La Resclosa de Balsareny*.

Castell de Balsareny, tal i com s'aprecia a la vista des de satèl·lit de la figura 1.31 de la pàgina 116.



Figura 1.18. Imatge de La Resclosa dels Manresans. Imatge presa el febrer de 2016.

Des de una vista en planta, la resclosa descriu una corba semi-el·líptica, com pot ésser observat a la figura 1.33 de la pàgina 120 . La làmina d'aigua embassada ocupa una extensió superficial màxima de 3.5 ha; aquesta superfície pot disminuir en funció de l'estiatge natural del riu i també del requeriment de la demanda del canal. La resclosa Inicialment estava construïda amb pilons de fusta que suportaven una aglomeració de pedres però a l'any 1952 es va revestir tota l'estructura amb una llosa de formigó. Per a més informació sobre les característiques constructives de la resclosa es pot veure l'apartat a l'estudi detallat de la mateixa, a la pàgina 119.



Figura 1.19. Imatge de la caseta de les comportes adjacent a la resclosa. Imatge presa el juny de 2016.

La caseta on es troben les comportes data de l'any 1890³⁴ i es va restaurar l'any 1982 després de que una important riuada s'emportés uns murs de contenció i la caseta del *bagant petit*, dit del bagant de desguàs. De la comporta d'entrada s'en deia "*el restallador gran*".³⁵

Una gran crescuda del riu Llobregat l'any 1583 va destruir el bastiment de l'estacada que aglutinava els materials de la resclosa. Per tal de refer-la els encarregats de restaurar-la van prendre la fusta del bosc més proper a l'indret, situat dins els dominis del baró del castell de Balsareny. El baró va posar un plet a la ciutat de Manresa davant del lloctinent de

34. Tal i com es pot llegir en una placa situada a la façana de la caseta amb l'escut de la ciutat de Manresa.

35. Segons explica Joaquim Sarret i Arbós el *Restallador Gran* era fet amb fusta de roure i regulava el cabal d'entrada al canal entre 32 i 38 rosques. Els fils de rosques servien de referència per la posició de la cursa de l'eix de la comporta i així conèixer la secció útil per al pas de l'aigua.

Catalunya i de la Reial Audència, i el va guanyar. Per aquest motiu, l'any 1584 es va signar un pacte per el qual es resolía que els manresans estaven autoritzats a tallar arbres propietat del baró, sempre que calgués, i a canvi aquests oferien una indemnització al baró mitjançant la paga d'un cens de sis parells de capons per Nadal a perpetuïtat.



Figura 1.20. Detall de l'escut de la ciutat de Manresa amb la data de construcció, l'any 1890, de la caseta de les comportes de la captació. Imatge presa el juny de 2016.

El cens es va continuar pagant fins que, amb el decret de desamortització, s'aboliren els títols i els drets senyorials. Tanmateix, al inici de la recuperació dels ajuntaments democràtics, es va restablir l'acte de lliurament de capons com una mostra d'agermanament entre Manresa i Balsareny, avui dia encara vigent dins dels actes que s'organitzen amb motiu de la Festa de la Llum de Manresa.

En aquest tram del riu es permet la pesca controlada, més concretament hi ha un vedat de truites. Ens trobem amb el primer tram soterrat de la Sèquia ja que el canal, en el seu inici, discorre paral·lel al riu Llobregat per l'interior d'una mina artificial de una longitud de 572 metres.

Segons consta en els plànols existents a l'any 1867 el canal discorria per aquest primer tram de forma descoberta. Va ser a l'any 1890 quan es va procedir a cobrir-lo per facilitar l'accés amb carruatges a la caseta de les comportes. La coberta es va fer amb volta catalana de rajoles de fang cuit. La mina acaba abocant les aigües a l'antic *Pontarró d'En Ricard*.

Es pot seguir el traçat del canal tot caminant pel camí que discorre immediatament al seu costat, sobre un mur de pedres que es troba reforçat per diversos contraforts. Aquests contraforts de pedra fan la funció també d'escala i faciliten l'accés als horts que queden encaixats entre la Sèquia i el riu.

Més endavant es troba el *Pontarró del Colador* on existeix un sobreexidor que té la funció de derivar l'aigua excedent a través d'una bigueta de ferro. Els antics *Pontarró del Canyé* i

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

el *Pontarró dels Horts de Balsareny* han quedat amagats en l'actualitat a causa de la cobertura de diferents trams de la Sèquia amb bigues i formigó per evitar els problemes derivats dels freqüents desprendiments que presentava la muntanya en aquest tram. Aquestes obres³⁶ de cobertura aigües amunt del *Pont de Santa Maria* van ser realitzades l'any 1976 i es va aprofitar per refer el calaix del canal amb un revestiment també de formigó.

El *Pont de Santa Maria* és el primer aqüeducte per on passa la Sèquia dels 31 ponts o aqüeductes de que disposava en temps antics, segons anuncia Magí Canyelles quan en fa referència: "lo qual pont està fabricat sobre tres grandiosos archs".

El *Pont de Santa Maria* salva la Riera de Mujal³⁷ i reuneix les funcions alhora d'aqüeducte i de viaducte. El pont de Santa Maria és un dels elements més singulars de la Sèquia i, per aquest motiu, s'en fa una descripció més detallada en un apartat específic, per a més informació sobre el Pont de Santa Maria es pot veure la pàgina 123.

Aigües avall del *Pont de Santa Maria* trobem una fita de terme amb l'escut de la ciutat de Manresa, veure figura 1.21 de la pàgina 92. S'ha dit que la Sèquia, en la seva totalitat, pertany al terme municipal de Manresa. En qualsevol cas aquesta fita resulta ser un clar indicador de la jurisdicció de Manresa.

36. Segons consta a l'acta de la Junta de la Sèquia de Manresa amb data 1 de maig de 1976.

37. El que actualment coneixem com a Riera de Mujal antigament rebia el nom de Riera de Santa Maria. Aquesta és l'explicació de l'origen del topònim del Pont de Santa Maria. La Riera de Mujal mor al Llobregat justament en aquest punt.



Figura 1.21. Imatge d'una fita de terme amb l'escut de la ciutat de Manresa, al fons el pont de Santa Maria. Font: <http://historiesmanresanes.blogspot.com.es/2010/06/un-itinerari-al-patrimoni-industrial.html> Jordi Bonvehí i Castanyer, 2010.

La caseta³⁸ que es troba aigües avall del Pont de Santa Maria conté el Mòdul Hidromètric, és a dir, un dispositiu hidràulic que permet quantificar i ajustar de forma automàtica la quantitat d'aigua que circula per la Sèquia. La reixa que es troba a l'obertura de la paret compleix la funció d'evitar que ningú no autoritzat pugui manipular el Mòdul Hidromètric des de fora la caseta.

El mòdul es va construir entre els anys 1862 i 1864 com a conseqüència de l'ordre dictada per la reina Isabel II l'any 1859 en que es fixava un cabal màxim de dotació. L'objectiu de la implantació d'un mòdul era acabar amb els creixents litigis per la dotació d'aigua captada del riu Llobregat, la funció d'aquest dispositiu era assegurar que el cabal subministrat per la

38. Veure la figura 1.22 de la pàgina 93.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

Sèquia a la ciutat de Manresa no excedís en cap cas els mil litres per segon, ja que aquest era el valor de cabal que es contemplava explícitament en la concessió.



Figura 1.22. Caseta que conté el Mòdul Hidromètric. Font: CDAHCF.

Amb aquesta ordre la reina Isabel II posava fi a les contínues querelles interposades per la vila de Sallent que es considerava perjudicada per la minva del cabal del riu Llobregat al pas pel seu terme a conseqüència del cabal derivat cap a la Sèquia de Manresa aigües amunt, al terme de Balsareny.

La construcció del mòdul es confià a D. Jaume de Castro, baix inspecció de l'enginyer del districte D. Marià Parellada, qui va ser el tècnic que establí que les necessitats d'aigua per a regadiu i altres menesters de la ciutat de Manresa s'ajustava a mig litre d'aigua per segon

i per hectàrea. El cost del mòdul amb el seu conjunt que contempla també l'obra va ser de 20 000 pessetes (Sarret Arbós 1906).

El *Pont dels Gripaus* és un aqüeducte que salva el *Torrent de la Roqueta* a partir d'un sol arc. És fet de pedra i té una longitud de 36 metres. Per la part oposada al riu va ser ampliat mitjançant un arc de formigó.

Seguidament, seguint el curs de l'aigua, ens trobem amb el *Pont de la Vinya d'en Martí*. Aquest pontarró compleix la funció de conduir les aigües pluvials per sobre del nivell de la Sèquia i evitar així que s'hi aboquin. El següent element singular que trobem és l'anomenat *Pont del Rector*.³⁹ El *Pont del Rector* rep el nom del rector de Balsareny D. Roque Garcia de la Enzina que ho fou entre els anys 1775 i 1807 (Vila i Sala 1930). En aquest punt existeix una escala per poder descendir fins als horts adjacents al riu Llobregat. Des d'aquest lloc es pot observar la fàbrica Viñas de Balsareny.

Prop de la fàbrica Viñas la Sèquia entra en una mina de 583 metres de longitud. La fàbrica Viñas és anomenada per la gent d'aquests topants popularment com *El Molí*, veure figura 1.23 de la pàgina 95. Aquest topònim prové de l'edat mitjana quan ja en aquella època es disposava d'un aprofitament de l'energia hidràulica del riu Llobregat mitjançant els molins fariners. Amb el temps també es construïren molins amb altres funcions com els molins paperers, drapers o polvorers. Amb el temps molts d'aquests antic molins foren aprofitats per a la incipient indústria tèxtil per a generar energia per als seus embarrats. Concretament en aquest indret de la fàbrica Viñas⁴⁰ es trobava l'antic *Molí de Roqueta* que es troba documentat l'any 1385, és a dir, en la mateixa època en que s'estaven acabant els treballs de construcció de la Sèquia.

39. El Rector D. Roque Garcia de la Enzina, natural de Vega de Valdetronco (Valladolid) on nasqué el 1737, i que vingué a la diòcesi de Vic com a familiar del bisbe Bartolomé Sarmentero. Visqué a Balsareny de 1775 a 1807, any de la seva mort. Va fer construir el pont que travessa el riu Llobregat per unir les dues parts de la seva parròquia i evitar els desgraciats accidents que sovint patien els seus feligresos en provar de travessar el riu. Les obres del pont van concloure l'any 1797.

40. La fàbrica del Molí, pròpiament com indústria tèxtil, va començar a funcionar l'any 1843. Aigües avall també trobem la fàbrica de Vilafruns, que va entrar en funcionament uns anys més tard, concretament l'any 1868. L'any 1901 ambdues van ser víctimes de les flames. El mateix any el propietari Ricard Viñas i Coma va tornar a engegar la fàbrica del Molí i la de Vilafruns va haver d'esperar per tornar a la producció fins l'any 1925.



Figura 1.23. La fàbrica del Molí, amb el canal que alimenta la seva turbina. Aquí la Sèquia passa soterrada. Font: http://4.bp.blogspot.com/-E1stPSAmn5E/T1iQG6Rm40I/AAAAAAAAATpc/Eb_bRyYumww/s1600/P1010200a-1.JPG, data d'accés: 08/03/2016.

La mina de la Sèquia propera a la fàbrica Viñas és anomenada mina del *Balç de Balsareny*, antigament hi passava per damunt el camí de Sallent a Balsareny. Quan a l'any 1887 es va construir la línia de ferrocarril va ser necessari fer unes actuacions de reforç en alguns punts de la mina.

Finalment es va procedir a substituir la mina per una conducció de formigó de 1.5 metres de diàmetre; aquest conducte passa per sota de la carretera C16, que l'any 1982 va ser modificada, amb motiu de l'entrada en servei del Túnel del Cadí. La mina del Balç de Balsareny va ser en el moment de la seva construcció una obra molt rellevant tal com cita Joaquim Sarret i Arbós: "*És obra de gran importància no sols per s'ha llargada de 561 canes, sinó perquè en part necessita que se le defensi ab grans muralles*".

El següent indret és el pas per les Maioles, al punt proper del polígon industrial del mateix nom. Aquí va caldre fer l'any 1980 un desviament de 123 metres de longitud a conseqüència de les obres del polígon industrial. L'obra de desviament⁴¹ va consistir en la construcció d'un calaix de dos metres d'amplada, amb capacitat per a portar si cal en el futur molt més cabal del que determina la concessió.

Seguidament la Sèquia entra en un tub de formigó de 2 metres de diàmetre. A partir d'aquí el canal es va separant progressivament del riu i va serpentejant per les corbes de nivell de la muntanya.

Un cop superat el torrent de les Maioles la Sèquia s'adreça cap a la zona de la fàbrica Viñas de Vilaforns⁴², després travessa per sota la carretera C16, de Manresa a Berga, i s'inicia el tram conegut que es coneix com *Xalets de les Mines*. Aquest tram es va haver de tancar a l'accés degut a que durant una vaga dels miners alguns exaltats hi accedien per llançar objectes com pedres a la torre del director de la mina. A petició de l'empresa minera la Junta de la Sèquia va permetre tancar el pas com a mesura excepcional. Just abans d'aquesta tanca es troba un sobreeixidor que deriva, si cal, l'aigua excedent cap un torrent; aquí hi ha el *Pont de Santa Cecília*.

Encara dins del tram tancat dels Xalets de les Mines el canal travessa el *Torrent dels Cirers* abans d'arribar a la carretera de *La Fodina*⁴³. Sortint d'aquesta zona la Sèquia arriba al *Pont de Conangla*.

II) Tram 2. Del Pont de Conangla al Pont del Vilar

El *Pont de Conangla*⁴⁴ salva la riera del mateix nom, és un aqüeducte i viaducte alhora ja que el caixer de l'aigua es troba cobert amb lloses de pedra que permeten caminar-hi per damunt. És un dels aqüeductes més llargs de la Sèquia, amb una longitud de més d'un centenar de metres. Per a més informació es pot veure l'apartat III.ii a la pàgina 124.

Val a dir que es troba en un excel·lent estat de conservació malgrat que no es té coneixement de cap tipus de reforma o reforç estructural des de la seva construcció l'any

41. L'obra de desviament del polígon les Maioles va tenir un cost de 505.106 pessetes segons consta en l'acta de la Junta de la Sèquia amb data 21 de gener de 1980.

42. Aquest terme deriva del de la *Vila Peruns*. La colònia minera de *Vilaforns* data de 1962.

43. L'any 1934 l'empresa minera *La Minería S.A.* va començar a explotar el pou *Vilaforns*. Temps després l'empresa passà a ser *La Fodina*.

44. La casa de Conangla, avui coneguda com la Torre d'en Roca, està documentada ja al segle XIV. Es tracta del llinatge i nom de la casa que hi ha just sobre la riera de Conangla. El cognom Roca està vinculat a aquesta casa des de abans de l'any 1815 arribant fins als nostres dies.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

1340, any en que la Sèquia entra ja en terres del terme de Sallent i suposa l'any de la interdicció, que s'allargarà durant cinc anys més.

A continuació de l'aqüeducte de Conangla es troba un altre sobreeixidor. En aquest punt comença el terme corresponent al municipi de Sallent. Quan durant la construcció de la Sèquia es va arribar al terme de Sallent van iniciar-se els problemes i litigis més importants que es van presentar durant tota la realització del projecte. Ens estem referint al conegut plet amb el bisbe Galceran Sacosta, de la diòcesi de Vic, que en tenia la jurisdicció sobre les terres sallentines. L'origen del litigi era la creença de que la captació d'un important cabal del riu Llobregat aigües amunt comportaria la reducció del cabal de l'aigua del riu al seu pas pels molins de Sallent i, en conseqüència, aquests veurien minvada la seva producció. Davant el greuge el bisbe va excomunicar els mestres de la Sèquia així com també als consellers manresans. Aquesta interdicció va durar cinc anys, fins que un miracle, el de la misteriosa Llum, va produir el fi del litigi.

Continuant el recorregut entre Vilafruns i Sallent trobem el tram del *Mal Pas*, en una obaga que provoca que en els mesos més freds de l'hivern s'hi formin glaceres que poden ben perdurar fins la primavera. S'afegeix el problema de les ensulsiades i les esllavissades degudes a la presència de capes d'un tipus d'argila que es torna molt fluida quan s'impregna d'aigua.

Precisament tots aquests inconvenients d'antuvi ja causaven problemes al trànsit dels carruatges, fins al punt que entre els traginers era conegut com el *Mal Pas*. Des de el punt de vista de la Sèquia, va caldre salvar les dificultats que oferia l'orografia i la geologia del lloc adoptant la construcció d'una mina, la *Mina del Mal Pas*, que constitueix el tercer tram cobert del canal des del seu inici a la *Resclosa dels Manresans*.

El tram del *Mal Pas* ha portat sempre problemes als administradors de la Sèquia a causa de la inestabilitat del terreny. Així consta en la documentació de la Junta de la Sèquia que el mes de novembre de l'any 1855 hi hagueren uns despreniments del terreny en el tram del *Mal Pas*, que inicialment s'atribuïren a filtracions provinents del canal i que n'en deslliurà mitjançant un informe l'enginyer director de la carretera provincial en un informe ad hoc.

També el 30 de juny de 1859 el Sr. Alcalde de Manresa dirigeix un ofici a la Junta de la Sèquia en el que adjunta l'aprovació que fa l'enginyer civil D. José Álvarez de la variació del traçat del canal en el punt conegut com a *Mal Pas*.

Posteriorment, el 4 de juny de 1861 la Junta de la Sèquia sol·licita a l'alcalde de Sallent autorització per, mitjançant la intervenció de la *Dirección de Caminos*, construir una paret en el punt conegut com a *Mal Pas*.

Consta també que el 4 de febrer de 1863 D. Marià Potó, director de les obres de la Sèquia, va signar una certificació sobre el valor dels perjudicis ocasionats a la propietat de D.

Jeroni Sanfeliu per raó de la variació del pas de la Sèquia en el terme de Sallent en el punt conegut com a *Mal Pas* i de la conformitat atorgada per l'interessat en data 12 d'abril de 1859 per a la realització de l'esmentada variació.

L'any 1972 l'enginyer Josep Alabern projecta i executa la reforma del tram del *Mal Pas*, en una longitud de 180 metres, per un cabal màxim projectat de dos mil litres per segon i comptant amb un pressupost de 808 000 pessetes⁴⁵.

Sortint del *Mal Pas* trobem el que podria ser el *Pontarró del Perelloner* o el *Pontarró d'en Corrons*, citats també per en Magí Canyelles l'any 1680, i que complien la funció de encarrilar l'aigua dels torrents per damunt o per sota del canal.



Figura 1.24. Aqüeducte del Mal Pas, a Balsareny. Font: http://4.bp.blogspot.com/-E1stP-SAmn5E/T1iQG6Rm40I/AAAAAAAAATpc/Eb_bRyYumww/s1600/P1010200a-1.JPG, data d'accés: 08/03/2016.

45. Acta de 8 de setembre de 1972 de la Junta de la Sèquia

A continuació el canal passa pel *aqüeducte del Mal Pas*, figura 1.24, que permet a la Sèquia salvar el *Torrent Pudent*. Es tracta d'un pont d'uns 30 metres de longitud, fet d'un sol arc. Aquest pont es troba en perfecte estat gràcies a una restauració que es realitzà de forma respectuosa amb la seva estructura originària.

El següent element singular és el *Pontarró d'Esquena d'Ase*, situat sota el *Mas Rocaus*⁴⁶. Seguidament el canal es transforma en una canonada de formigó, és la variant de Sallent feta a mig segle XX, entre els anys 1950 i 1960. La variant de Sallent va ser la solució adoptada davant els problemes causats a partir de l'any 1944 per la subsidència del sòl a causa de l'activitat minera. La zona més afectada va ser la del *Pont del Vilar*, veure la seva imatge a la figura 1.36 de la pàgina 126.

Actualment l'aqüeducte del Vilar està en desús degut a que amb el seu enfonsament l'aigua vessava per sobre el caixer, la seva funció ha estat substituïda per un sifó. Com apunta en Josep Alabern: "*la Sèquia és un nivell impecable; si l'aqüeducte vessa és perquè el terreny s'enfonsa*"⁴⁷."

III) Tram 3: Del Pont del Vilar al Mas de les Coves

Identifiquem el tercer tram a partir del *Pont del Vilar* que s'alça sobre la riera Soldevila. Segons l'historiador Joaquim Sarret i Arbós els treballs de construcció d'aquest pont van ser l'any 1344, és a dir, molt poc temps després d'haver iniciat els treballs de construcció que, com ja s'ha explicat, començaren per la part superior, a l'alçada de Balsareny.

El conegut com a Pont del Vilar, que de fet fa les funcions d'aqüeducte, disposa d'un total de sis arcs de mig punt. Destaca que els muntants es troben a una distància entre ells menor que el diàmetre de l'arc que suporten, per tant, disposen d'un replà per poder assentar la cintra durant la fase constructiva. Els arcs presenten doble anella de dovelles i un d'ells, el més gran, va haver de ser refet l'any 1872. En la mateixa actuació també van restaurar-se parcialment altres pilars.

Un dels episodis si més no curiosos de la història de la Sèquia, a banda de les sorgides durant la seva construcció, es produí ja en el decurs de la seva vida operativa i té com a protagonista el Pont del Vilar. Durant els segles XVI i XVII era relativament freqüent que els bandolers⁴⁸ extorsionessin la ciutat de Manresa amb l'amenaça de fer destrosses al canal o

46. El Mas Rocaus és una masia molt antiga abandonada fa temps que ha donat lloc a una expressió popular sallentina: "Vés a Rocaus", que pren el sentit de "Vés a passeig".

47. Per a més informació sobre l'enfonsament del aqüeducte del Vilar veure l'apartat III.iii a la pàgina 125.

48. Per a més informació veure l'apartat 1.8.4 de la pàgina 176 dedicat al fenomen del bandolerisme

als seus aqüeductes. L'any 1610 un bandoler anomenat Jaume Alboquers, conegut amb el sobrenom de *L'Escolanet de Polinyà*, l'entomà contra l'aqüeducte del Vilar sense arribar a aconseguir el seu objectiu, per a més informació veure l'apartat 1.8.4 de la pàgina 176.

L'any 1953, a conseqüència dels moviments del subsòl atribuïts a l'excavació de galeries per l'activitat de la mina de sal, va haver-se d'assegurar l'estabilitat del pont mitjançant tirants de ferro collats amb platines de fixació. Tanmateix els problemes continuaren i al cap de poc temps l'aigua tornava a vessar per damunt del caixer de l'aqüeducte a causa del seu enfonsament.

Finalment, després de diverses actuacions de emergència consistents en el recreixement de les parets del caixer, l'any 1956 es va abandonar l'aqüeducte del Vilar tot derivant l'aigua cap a un conducte a pressió, que actuant com a sifó, va permetre salvar el desnivell. L'obra va ser executada per l'empresa *Potasas Ibéricas*⁴⁹S.A., assumint la responsabilitat dels danys ocasionats per la seva activitat.

Aquest tercer tram doncs comença actualment entubat en tub de formigó de metre i mig de diàmetre; més avall la Sèquia s'endinsa en el barri de la *Rampinya*, tot superant el *Torrent dels Enamorats*. En aquest recorregut sovint trobem trams de nova execució, costejats per l'empresa *Unión de Explosivos Rio Tinto*⁵⁰, propietària de l'explotació minera. Alguns dels trams reformats van haver de ser refets novament per l'afectació de la variant de Sallent de la carretera C16. Podem dir que aquí, en aquest indret, la història de la Sèquia en els últims cinquanta anys ha estat d'un fer i desfer quasi de forma contínua. Destaca que el traçat originari era molt diferent en aquesta zona ja que abans de la construcció de la variant de la carretera el canal feia una marrada important, tot seguint les corbes de nivell, de forma que s'apropava molt més al nucli de Sallent, fins arribar a la casa Soldevila.

A la dreta del canal apareix la muntanya artificial de cinc-cents metres de longitud formada per l'escombrera de la mina, i que en alguns punts dista no més de cinc metres del traçat del canal. Les mines capten un cabal de 10 litres per segon de la Sèquia per utilitzar-la en el procés de separació del mineral de la ganga. Aquests residus, la ganga, es transporten cap al terraplè mitjançant la cinta situada darrera de la muntanya del *Cogulló*. Hi ha una

i la Sèquia.

49. L'empresa *Potasas Ibéricas S.A.* va deixar pas a *Unión de Explosivos Rio Tinto* i, al seu torn, aquesta a *Potasas del Llobregat*.

50. En el diari *Regió 7* del dia 22 de juliol de 1980 es pot llegir "*S'ha fet molta difusió del nou traçat de la Sèquia en el seu pas per Sallent, de la crescuda indemnització que ha hagut de fer l'empresa de les mines de potassa per ser la causant de les dificultats en que es troba la Sèquia pels moviments geològics resultants de l'explotació minera, la terra baixa però l'aigua no i sobreixeix o s'escapa per mil esquerdes....*"

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

altra cinta més petita que s'utilitza per la càrrega de la potassa al tren que la portarà fins al port de Barcelona. La Sèquia passa per aquest tram paral·lela a aquesta línia de ferrocarril, entre ella i la muntanya del runam, veure la figura 1.25. La via del tren es construí a una distància molt curta de la Sèquia, per evitar que la pols procedent dels vagons anés a parar a l'aigua superficial del canal es va optar encertadament a cobrir tot el recorregut que dista menys de vint metres de la línia del ferrocarril.

Les aigües de la pluja dissolen les sals i creen solcs i canals de escorrentia en l'escombrera, el tema de la salinitat de les aigües de la escorrentia pluvial s'ha resolt amb la construcció d'un col·lector que discorre paral·lel al riu Llobregat i condueix les salmorres fins el mar.

Cal constatar que tot i el pas de la Sèquia pel nucli de la zona d'activitat minera, la salinitat de l'aigua del canal no es veu alterada i les concentracions de clorurs són les mateixes que les que presenten les mostres de l'aigua del riu a l'alçada de Balsareny.

Resulta notori el premonitori encert que van tenir els constructors de la Sèquia en anar a buscar l'aigua en el punt que ho van fer, aigües amunt del que amb el temps es convertiria en l'actual zona minera. Altrament, de no haver estat així, els problemes de salinitat hagueren estat recurrents.

La Sèquia passa ara per la zona del *Tomb Xic*, on hi ha una substancial variació respecte del traçat original. Degut a la construcció amb medis d'excavació exclusivament manuals, en el seu origen, el canal seguia les corbes de nivell tot vorejant el turó del conegut com *el Petit Cogulló*. Però en els anys seixanta es va obrir un rasa de forma que el traçat es va reduir a un centenar de metres. Posteriorment, als anys setanta del segle passat es va col·locar una canonada de formigó tapant la rasa.



Figura 1.25. La Sèquia i al fons la muntanya artificial de l'escombrera de la mina La Botjosa, a Sal-lent. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.

Just després del *Tomb Xic* s'inicia el conegut com a *Tomb Llarg* o també *Tomb Gran*, que voreja el *Cogulló Gran* apropant-se al *Torrent del Mas*. Aquest és un tram que presenta molta inestabilitat i on s'ha hagut d'actuar reforçant molts trossos del caixer de la part de baix del vessant. Per exemple, l'any 1985 es realitzà una intervenció al *Tomb Llarg* consistent en la construcció d'un mur i d'un caixer al marge esquerra del canal, d'una longitud prevista de 160 metres, però que acabarà fent-se de 230 metres. Consta que degut a la inaccessibilitat del lloc, el formigó es va fer de forma manual. El cost⁵¹ total d'aquesta obra va ascendir a 990 000 pessetes.

Ara el canal pren la recta del *Tomb Llarg*, prop de *Cal Peixater*, i travessa el *Torrent del Mas* pel pont del *Restallador de les Coves*, aquest aqüeducte està constituït per un sol arc, les

51. Segons consta a l'acta de la Junta de la Sèquia de data 9 de desembre de 1985.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

seves dimensions són 68 metres de longitud i 5.7 metres d'alçada. Ha estat restaurat en el seu conjunt dins el projecte *Via Verda*.



Figura 1.26. La Sèquia al seu pas per el Mas de les Coves. Imatge presa el març de 2016.

El següent element singular és un dels més destacables de tota l'obra. Ens referim a la mina que travessa per sota el *Mas de les Coves*⁵². La mina té una longitud de 321 metres, construït amb volta de canó de dimensions variables. Passa sota una cobertura de més de 10 metres. La realització d'aquest túnel en el segle XIV és impressionant per la dificultat tècnica⁵³ que suposa; també resulta sorprenent que després de vorejar el Tomb Xic i el

52. El Mas de les Coves és una masia molt antiga, documentada ja a l'any 1400. Hi ha un camí que baixant del Mas permet accedir a la boca de la mina a la brigada de manteniment de la Junta de la Sèquia.

53. Tal com ens explica Magí Canyelles, l'any 1680: "*Deixant les magnífiques i sumptuoses (obres) que en dita Céquia se han fetes, la primera de la Resclosa i la altra de las Covas que fan travessar una muntanya per lo corrent de ditas aigües; obra que admira lo enteniment, ni qui no la ha vista no*

Tomb Llarg, els constructors prenguessin la determinació de foradar la muntanya enlloc de vorejar-la. Seguidament es troba el *Pontarró del Camí del Mas de les Coves* i el *Pontarró de l' Apallador*⁵⁴, que es troba per sobre de *Cal Peixater*.

A continuació es troba un altre pontarró, el que se n'ha dit *Pont d'en Gomis*, en aquest cas es va haver d'ampliar per donar accés als camps de conreu situats al marge esquerra. Aigües avall es troba un pont de terra, curiosament aquest no consta en el plànol aixecat per l'arquitecte municipal Marià Potó l'any 1867.

Continuant el curs de l'aigua apareix en aquest punt a una altra caseta, la que s'anomena *Caseta del Bagant del Mas de les Coves*. Tot seguit la Sèquia arriba al curs del *Torrent del Mas*, que supera a través d'un nou aqüeducte, constituït aquest a partir d'un sol arc, amb una longitud de seixanta vuit metres i una alçada de cinc metres i setanta centímetres. Aquí la abunda la verdor, en aquest indret la Sèquia s'envolta de una frondosa vegetació. Seguidament es presenta un altre bagant que, en aquesta ocasió, és descobert.

IV) Tram 4: Del Mas de les Coves al Pont del Riudor

A partir del tram del Mas de les Coves el canal deixa de discorre paral·lel al riu Llobregat, com havia fet fins llavors, per separar-se d'ell tot cercant les corbes de nivell més favorables al pendent suau que requereix.

Ara el traçat s'estén per la plana fins a Manresa, el recorregut es torna molt sinuós i podem dir que no ha patit cap variació del traçat respecte el que van dibuixar els constructors de la Sèquia fa més de sis-cent anys.

Això és fonamentalment degut a que aquí el terreny és més favorable al tipus de canal excavat degut a l'estabilitat del terreny i que hem deixat enrere l'orografia tant abrupta dels primers trams aigües amunt. Les úniques variacions sobre l'obra original al llarg de tots aquests anys han estat les reformes en els ponts per ampliació i reforç per assegurar el pas de vehicles. Trobem també alguna que altre actuació de millora en alguna de les corbes més pronunciades. Però el més destacat d'aquest tram és la variabilitat de la secció, especialment de l'amplada del canal que pot oscil·lar entre els dos i els quatre metres. L'explicació es troba en les ensulsiades de les parets de terra que, al llarg del temps, han fet augmentar molt l'amplada de la Sèquia respecte a l'amplada original.

es de admirar que fassa reparo en creure semblants grandesas. "

54. En nom de *Apallador* probablement deriva del verb *apallar*, és a dir *donar palla al bestiar*, referit a qui fa l'acció o al lloc on aquesta es produeix.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

Aigües avall de la Mina de les Coves hi ha un tram cobert que ha estat reformat, antigament aquí es trobava el *Pont de les Albes de les Coves*. La Sèquia s'aproxima al camí de *Tarradellas*. Del bagant que es troba al camí de Tarradellas el sequiaire l'anomena *Bagant de Baix*. La vegetació que trobem al voltant de la Sèquia és molt variada i ha donat nom a molts dels ponts i pontarrons que anem trobant al seu pas: *Els Magraners, Els Canyers, Els Àlbers, El Pinyó, El Perelloner, La Figuereta, Els Noguers, El Joncar, Els Joncs, La Pollancre, les Alzines, L'Olivar, Les Vinyes, Els Roures...*

A continuació un nou bagant amb caseta i el *Pontarró de les Doctores*, seguidament s'arriba al *Pont del Camí de Tarradellas*. El nom de Tarradellas ja surt a la llista de ponts i pontarrons confeccionada l'any 1815. El Mas Tarradellas es fa visible des de dalt del pontarró. A sota del reforç més modern es pot observar les dovelles de la volta original. Inicialment l'amplada era la suficient per al pas de carruatges, amb el temps va caldre ampliar el pont i reforçar-lo per permetre el trànsit de les màquines agrícoles cada cop més grans: tractors, recollectores, dalladores, etc.



Figura 1.27. Imatge d'un bagant amb coberta, dels molts que es troben al llarg del traçat. Image presa el maig de 2016.

Després del Mas Tarradellas apareix un nou mas: *La Sala de Sant Pons*, molt propera a la carretera de Manresa a Berga, coneguda avui com *l'Eix del Llobregat* o més recentment encara com a C16. El nom de *La Sala* es remunta a que era l'estatge habitual del Rei quan es trobava de pas per aquests topants. La masia consta d'un important cos residencial amb nombrosos elements gòtics. L'imatge exterior actual té un caràcter setcentista amb dues galeries d'arcs rebaixats a la façana de migdia.



Figura 1.28. La Sèquia davant l'Ermite de Santa Maria de Bell-lloc. Font: CDAHCF.

Un edifici emblemàtic molt proper a la Sèquia es pot veure a la figura 1.28 de la pàgina 107, ens referim a l'*Ermita de Santa Magdalena de Bell-lloc*⁵⁵. Es tracta d'una ermita que construïda per la família del Mas de les Coves l'any 1576.

Reberen l'encàrrec de la construcció de l'ermita els mestres d'obres d'origen francès, residents a Sallent, Pere Tomàs i Antoni Cassany.

Abans de la seva construcció els feligresos es reunien en una capella romànica que es trobava sobre el turó, del segle XI. Justament en aquesta capella es reuniren l'any 1345 els representants del bisbat de Vic i els representants manresans per acordar els termes de la conciliació que posà fi al conflicte que s'allargava ja per més de cinc anys.



Figura 1.29. El Roure Gran batent-se sobre la Sèquia al seu pas per Sallent. Font: Lacenet, 2009.

55. Actualment ja no s'hi celebren oficis i la imatge de Santa Magdalena es troba en una capella privada del Mas de les Coves.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

Després de l'ermita de Santa Magdalena de Bell-lloc la Sèquia continua fins arribar a l'arbre monumental conegut com *El Roure Gran*. L'ajuntament de Sallent va acordar en sessió ordinària del Ple Municipal el dia 8 de novembre de 1991 qualificar el *Roure Gros de la Sèquia*⁵⁶ patrimoni cultural de la Vila de Sallent i declarar bé d'interès públic la seva conservació i protecció. De forma popular la gent anomena l'arbre de diferents formes: *El Roure Gran*, *El Roure Gros*, com hem vist, i també *El Roure del Moliner*, segons s'escaigui.

La proximitat de l'arbre al calaix de la Sèquia amenaçava de causar-ne desperfectes amb el seu creixement. Per solucionar aquest problema es va procedir a construir una crossa de formigó que permet que l'arbre visqui sense perjudicar el canal.

Entre el Roure Gran⁵⁷ i la Sala de Sant Pons hi ha un pontarró que és anomenat amb una llarga perífrasi: *Pontarró que va de la Sala de Sant Pons a Missa*. Més endavant també trobem el *Pont dels Gitanos* o *Pont del Bomians*⁵⁸.

Seguidament apareix un nou pontarró: *Pontarró d'en Coll*. Aquest últim destaca per la seva execució amb volta de totxo, el que denota una construcció més moderna, probablement hagué de ser reconstruït en algun moment. Hi passa un torrent i es pot observar la vàlvula per treure fang⁵⁹. La masia del *Coll de Sant Pons*, es troba situada prop de l'antiga església de *Sant Pons de Sallent*. Prop també hi ha la masia de *La Coma*.

Tot continuant el traçat aigües avall ens troben amb una casa propera a la Sèquia, és el *Mas de Sant Pons*. Les referències més antigues a aquest mas es remunten al segle XII. A l'*Auca de la Llum* d'en Joan Vilanova, amb textos de Ramon Albareda i il·lustracions del mateix Joan Vilanova, es diu: "Galzeran (el bisbe), quan rep la nova visitant Sant Pons es troba i al punt alça penedit excomunió i entredit".

Es segueix fins el camí dels camps del Coll, on hi trobem el *Pont del Camí dels Camps del Coll*, possiblement construït sobre el que apareix documentat sota el nom de *Pontarró dels Joncs*.

56. En el text de l'acord de Ple es diu: "L'ajupit però sereny, copsat i tricentenari Roure Gros de la Síquia (*Quercus Pubescens*) localitzat a les envistes de l'ermita de Santa Magdalena de Bell-lloc, amb un perímetre de 3.15 metres i una alçària de 16 metres"

57. També anomenat *Roure Gros*.

58. Pont del Bomians deu haver derivat del Pont dels Bohemians (bohemis, hongaresos o zíngars) és a dir, com en deien a l'Europa Occidental als gitanos per la seva procedència.

59. Dins de les diferents operacions de manteniment de neteja de la Sèquia n'hi ha una coneguda amb el nom de *donar el fang a l'aigua*, consistent en remenar els llots del solatge del fons del calaix i fer que es dissolguin en un petit cabal que s'els emporta.

La Sèquia entra en terrenys del municipi de Sant Fruitós de Bages, el terreny és ara molt planer i el canal té l'aspecte primigeni, excavat al terra i secció irregular. Al arribar al *Pla de Santa Anna*, el canal va ser desviat arran de les obres per la construcció del *Polígon Industrial de Santa Anna*, l'any 1996. Hi ha dos polígons industrials de Santa Anna, el de Sant Fruitós i el de Santpedor.

A la part final d'aquest tram el canal excavat a terra va ser substituït per un calaix de formigó. En aquestes condicions la Sèquia arriba a encreuar-se amb la carretera B-4502 que va de Navarcles a Santpedor. Antigament aquí existia un petit arc de pedra per tal que el camí salvés la Sèquia, però actualment aquesta queda totalment amagada en aquest punt ja que hi ha un pont de bigues metàl·liques i una llosa de formigó per arribar a l'amplada de la carretera actual i alhora prou resistent com per permetre el trànsit de vehicles pesants.

Continuant el discorre de l'aigua la Sèquia s'arriba al *Pont de Boneges*, que segons la crònica de Magí Canyelles "*té de llarch dit pont 28 canes te de alt dit pont 2 canes*". Molt proper a aquest pont hi havia també el *Pontarró de Boneges*, que ara queda al racó. Seguidament apareix el *Pontarró dels Capellans*, amb un nou bagant. El desguàs d'aquest bagant es troba avui dia connectat a la nova xarxa del clavegueram del polígon industrial. Desconeixem com deuriem ser els bagants en el segle XIV; els primers dibuixos d'engrenatges helicoïdals són de Leonardo Da Vinci, geni que visqué un segle i mig després de la construcció de la Sèquia.

La distància que separa les empreses que s'han instal·lat al polígon a la Sèquia és d'un mínim de vint metres. En la realització del polígon es va tenir cura de protegir aquest bé i garantir que cap vessament fortuït provocat per l'activitat industrial pugui anar a parar al canal. Es va tenir present també l'entorn i, en acabar la urbanització del polígon, es van plantar arbres al costat de la Sèquia. Antigament en aquest lloc va existir un estany, *La Bassa del Bonvehí*, que s'omplia amb aigües procedents del bagant durant les tasques de manteniment i neteja. A instàncies de la Junta de la Sèquia la bassa va ésser abandonada.

Deixant el polígon de Santa Anna, a l'esquerra del canal queda la *Planta de Tractament d'Aigua* del municipi de Sant Fruitós. Des de l'any 1987 el municipi de Sant Fruitós gaudeix d'una concessió d'aigua del riu Llobregat a través de la Sèquia de 99.76 litres per segon, aixó li ha resultat fonamental per al seu desenvolupament industrial i residencial.

Just on hi ha la planta de tractament s'ha construït una bassa que té la funció de reserva, amb un volum de 10 000 metres cúbics d'aigua, volum suficient per garantir el subministrament d'aigua a la població en cas de que es presenti qualsevol disfunció o avaria a la Sèquia. Però Santpedor va obtenir una concessió d'aigua ja l'any 1930, quan es va demanar a la Junta de la Sèquia: "per poder encastar un tub col·lector en el marge

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

esquerre aigües avall de la riera de Riu d'Or, en el paratge de Claret, en el lloc conegut com el Refino, junt a la casa del guarda de la Sèquia, a l'objecte de recollir las aigües sobrants que van de la Riera de Riudor". La Junta de la Sèquia va accedir a la petició amb els següents condicionants: "de que la concessió es a títol precari, sense que doni dret algú a las aigües de la Sèquia.... I por això, l'Ajuntament de Santpedor no podrà exigir la entrega d'aigües, per pertànyer aquestes en la seva absoluta totalitat a la Junta de la Sèquia, que sota cap concepte ha de patir cap perjudici ni minusvàlua en els seus drets⁶⁰".

Continuant encara a Santpedor trobem la *Casa del Guarda de Santpedor*, molt a la vora del canal, de forma que aquesta proximitat li facilitava mantenir una atenció constant a la làmina d'aigua, es pot veure una imatge d'aquesta caseta a figura 1.62 de la pàgina 182, per a més informació sobre les cases dels sequiaires de la Sèquia veure l'apartat 1.8.6 a la pàgina 181.

Ara la Sèquia arriba al *Pont del Torrent de Bonagues*, es tracta d'un aqüeducte de 40 metres de llargada, per a més informació veure l'apartat III.iv a la pàgina 127.

A la *Casa de les Feixes* són presents encara les peces de terra que en el seu temps conreaven les masoveries de l'heretat clerical de la *Casa de la Torra* i la de *Les Feixes*. Aquestes terres es regaven amb aigua d'una bassa coneguda amb el nom de *Bassa dels Capellans*. Aquesta bassa s'omplia a cops de galleda o amb perols. L'aigua era introduïda a la bassa a través d'un petit regueró que la feia arribar fins a un roure. Aquest roure podria ser el que es pot observar encara avui dia a la part superior del dipòsit artificial construït per portar a terme aquesta modalitat de regatge. La presència continuada d'aigua dona l'aparença de que hi neix, i els masovers encara l'aprofiten per al reg.

Al voltant de la Bassa dels Capellans hi conflueixen diverses anècdotes que han quedat reflectides en els documents de l'època. Pertanyia a una important comunitat de preveres de Santpedor. L'any 1673 aquests van excomunicar al sequiaire de Manresa en responsabilitzar-lo dels danys soferts pels arbres propietat de la comunitat com a conseqüència de uns treballs d'escura de la Sèquia. Catorze anys més tard, l'any 1687, els manresans van construir un mur vora la Sèquia per impedir que els masovers dels capellans continuessin extraient aigua amb perols i galledes per a regar els seus horts. L'any 1703 els preveres van ensorrar el mur; es detengueren sis preveres que foren desterrats de la vegueria. Molt temps més tard, l'any 1787, es va resoldre l'enquistat conflicte amb una sentència que concedia als preveres el dret a regar els seus horts amb l'aigua del canal.

60. El text original del document està redactat en castellà, la traducció ha estat feta per l'autor. El document original està en possessió de la Junta de la Sèquia de Manresa.

La Sèquia, tot serpentejant, entra en terrenys de Santpedor. En aquest tram es va resseguir la corba de nivell 293 en una suau però implacable baixada cap a l'Agulla. El canal passa per *Santa Anna de Claret*, nou pontarró; aquest, com la majoria dels que trobem, són obres funcionals, d'esquena plana per un bon pas de l'aigua, amb arcades de mig punt. Únicament destaquen aquells més grans, que poden tenir un doble adovellat.

S'arriba al *Torrent Riu d'Or*, que els sequiares fan la contracció a *Ridor*. De fet, el Riu d'Or (*Ribo d'Auri*) és el que dona nom a Santpedor, per derivació de Sant Pere d'Or. Resulta curiós com el canal volta paral·lel a la riera durant uns dos-cents metres en un sentit per, després de creuar-la, tornar en sentit contrari la mateixa distància. Per passar la riera construïren l'aqüeducte del *Riu d'Or*, essent aquest la darrera obra important del recorregut fins a entregar les aigües a l'Agulla.

L'aqüeducte del Riu d'Or està format per dos arcs de mig punt, amb una alçada notable, de fins a vuit metres sobre la llera. El caixer del pont és tancat per sobre amb lloses de pedra de forma que s'hi pot caminar per damunt sense cap mena de perill fent, així, la funció també de viaducte.

Des de la Sèquia es pot veure l'església de *Santa Anna de Claret*, construïda l'any 1762. Tot i que el lloc de Claret és documentat ja a l'any 1037. L'església de *Santa Maria de Claret* pertany al terme de Sant Fruitós de Bages mentre que *Santa Anna de Claret* és una església barroca annexada a l'anterior que es troba en terme de Santpedor. L'era i el pla adjunts són pertanyen a la casa de *La Torre de Claret* que també s'anomena *l'Heretat de Casagemes*.

Existeixen diversos pontarrons que porten en el seu nom referències al topònim Claret: *Pontarró de Claret a Cabrianes*, *Pontarró de Claret a Santa Anna*, *Pontarró de l'Abeurador de Claret*, *Pontarró dels Roures de Claret*, *Pontarró que davalla a les Vinyes del Claret*, *Pontarró del Pla de Claret*, etc.

V) Tram 5- Del Pont de Riu d'Or a l'Agulla

Un cop que el canal deixa endarrere el *Pont del Riu d'Or*, passa al costat de la *Casa de la Riereta*, després té un tram cobert quan passa al costat de les indústries del polígon, aquesta actuació es va fer l'any 1993. S'arriba, després, a l'indret de la *Font de la Riereta*. La *Casa de la Riereta* és un edifici de planta rectangular orientada de Nord a Sud, situada al marge esquerra de la llera del *Riu d'Or*.

En aquesta casa es reunien grups de Carlins clandestinament. Fou expropiada i incendiada a causa d'aquestes activitats. Els veïns de Santpedor li van donar el nom de *la Casa Cremada*.



Figura 1.30. La Sèquia en les proximitats del Mas i l'Ermita de Sant Iscle. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.

La *Casa Cremada* també va ser testimoni dels greus encontres entre les autoritats manresanes i pagesos de Santpedor.

L'episodi més sagnant va passar quan els visitadors de la Sèquia van voler prendre arrestat *En Prat de la Riera*, qui regava els seus horts amb aigua de la Sèquia. Aquest es va defensar amb un bon atac, segrestà un notari de Manresa i el retingué a casa seva. Les autoritats manresanes van tornar amb força armada i van assetjar la casa. El desenllaç fou dramàtic, amb diversos morts i ferits.

Tot seguit el canal passa prop de la masia de *Ca l'Hortalà*, on destaca el cobert de palla i el *Corral de Ca l'Hortalà*. Des de aquest punt el canal flueix pausadament per terrenys agrícoles molt planers; entra i surt alternativament dels municipis de Santpedor i de Sant Fruitós de Bages. Poc abans del quilòmetre vint-i-tres del recorregut el canal travessa la línia del ferrocarril de Manresa a Berga.

Des de *Can Vidalet* fins a *Sant Iscle*, figura 1.30, no hi ha singularitats destacables, simplement una nova intersecció amb el ferrocarril i la proximitat de la planta de tractament d'aigües del nucli de *La Pineda*.

En el camí de *Sant Iscle* hi ha un pontet, després es continua evolucionant amb un entorn completament agrícola, de traçat molt sinuós. Aquest tram és conegut com el de *Can Vidalet*. Es van trobant diverses masies properes. La Sèquia passa de Santpedor a Sant Fruitós de Bages entrant pel nord del terme, passeja breument pel entorn d'*El Claret* i retorna cap a Santpedor fent un revolt molt pronunciat per franquejar el *Riu d'Or*. Al cap de poc el canal es disposa a tornar a entrar al terme de Sant Fruitós, ara per la banda Oest. Aquí penetrarà poc, ja que torna aviat a ser a Santpedor i així diverses vegades. Es coneix també aquest tram com el d'*Els Revolts de Santpedor*.

Repetidament es troben multitud de pontets que permeten anar creuant als diferents camins que porten a masos i camps de conreu. Magí Canyelles cita uns quants pontarrons des del *Riu d'Or* fins a *Sant Iscle*: *Pontarró del Notari*, *Pontarró d'En Llucià*, *Pontarró de Mossèn Coma*, *Pontarró del Coll de l'Om*, *Pontarró del revolt de Na Manguina*, *Pontarró de la Vinya de Mossèn Gros*, etc.

Més enllà es troba *La Comabella*, amb les instal·lacions de l'*Associació Assistencial AMPANS*. Ben a prop apareix una fita que marca la frontera del terme entre Santpedor i Sant Fruitós de Bages.

Un cop es deixa endarrere la planta de tractament de Pineda de Bages i la nova via de tren que uneix Manresa amb Súria, s'albira el *Torreó de Sant Iscle*. L'església de *Sant Iscle* està documentat a l'any 950. Cap a l'any 1035 ja existia una sagrera⁶¹ al voltant de l'església que al 1066 figura com a vila. Documents del segle XII parlen d'una *Domus* que al segle XIII passà a *Castell*. Més endavant el Castell esdevindrà el *Mas Canals*, que era sota el domini de l'Ordre de l'Hospital. Tot i que el mas ha estat reformat i ampliat durant els segles XVII i

61. El terme sagrera apareix esmentat en diversos concilis visigòtics que fixen la distància d'inviolabilitat de trenta passes al voltant d'esglésies i cementiris. En aquests espais consagrats pels bisbes no s'hi podia dur a terme cap acte de violència sota pena d'excomunió. L'efecte d'aquest dret va ser la concentració d'edificacions a tocar dels temples per gaudir de la seva protecció.

posteriorment al XX, encara es conserven en el seu interior signes evidents del seus orígens medieval.

Per creuar l'*Antic Camí de Sant Fruitós* la Sèquia passa per sota un altre pont. Aquest antic camí unia les parròquies de Sant Fruitós i de Sant Iscle. Des de l'any 1996 el ferrocarril de Súria a Manresa passa prop del canal en aquest indret ja que el seu traçat es va redibuixar.

Finalment la Sèquia encara els darrers metres del seu recorregut, ja es troba per sota de la cota 290. Després de passar per sota l'Eix Transversal pel tram formigonat, que és anomenat com a *Pas del Canal Gran Sota l'Eix*, arriba a l'Agulla on finalitza el seu recorregut. Destaca la *Casa del Sequiaire*, reformada l'any 1988 amb la construcció del berenador de l'Agulla.

Ja som al punt final del recorregut del canal principal, parlem de l'*Estany de l'Agulla* essent aquest llac artificial una escaient contribució del segle XX a l'obra magna dels constructors de la Sèquia.

El llac es formà a partir de la construcció de la presa l'any 1966 i entrà en funcionament l'any 1974, després de ser totalment revestit amb lloses de formigó. La superfície del llac és de 64 000 m² i té una capacitat de 200 000 m³. Aquest volum d'aigua serveix de reserva per subministrar amb normalitat l'aigua que consumeix de mitjana la Ciutat de Manresa durant uns cinc dies. L'aigua passa primer per l'obra de distribució on es separa la que va destinada a regadiu, que tot travessant les comportes per la part inferior seguirà el curs cap als braçals de distribució, l'altra fracció passa pel sobreeixidor i entra al llac.

1.5.2. Les Obres Singulares de la Sèquia de Manresa

En aquest apartat es fa una relació dels elements més destacats que són presents al llarg de la Sèquia de Manresa, començant per la Resclosa de Balsareny i continuant amb les mines i els aqüeductes, es fa una descripció de cada element, especialment les característiques constructives, i també s'hi aporten dades significatives de la seva història.

I) La Resclosa

Un cop determinat el traçat que havia de tenir la Sèquia de Manresa, es va establir el punt del riu Llobregat on el cabal havia de ser derivat mitjançant una resclosa, sota el Castell de Balsareny⁶². Justament l'obra de la resclosa va ser la primera obra en començar-se el

62. El Castell de Balsareny rep el nom del lloc on es va construir, al cim d'una balcera, muntanya o roca trencada verticalment que té la falda arenosa, com ho és la major part del terreny que l'envolta. Balsareny es compon dels mots *balç*, com a precipici o balcera, i *areny*, és a dir terreny arenós.

mateix any 1339 poques setmanes després de l'obtenció del privilegi per part del rei Pere III el 23 d'agost.

La resclosa va ser construïda aprofitant o engrandint la ja existent en aquells moments i que proporcionava l'aigua al Molí de Mateu de Vilallonga, a la Riera d'en Tort. Per la seva construcció es contractà vuit mestres de pedra sota la direcció l'arquitecte Guillem Catà. La presa es troba just als peus del Castell de Balsareny, veure la figura 1.31.



Figura 1.31. Imatge via satèl·lit de l'indret proper al Castell de Balsareny on es troba la resclosa que capta l'aigua del riu Llobregat i la deriva cap a la Sèquia de Manresa. Font: Apple Maps; accés el 6 de gener de 2016.

Quan s'inicià la construcció de la Sèquia ja existia el Castell de Balsareny. La primera referència del castell apareix en una escriptura del dia 2 d'abril de l'any 1007 on es parla de la cessió que un tal Siniofred va fer, en fer-se càrrec del convent de Sant Benet de Bages, d'uns alous que posseïa en el terme del Castell de Balsareny. Encara abans, però, concretament en un testament de data 5 de novembre de 1038, apareix una referència a la població o parròquia de Santa Maria de *Balçiareny*; en el mateix document es fa referència als molins que existien en aquell territori segons consta en documents de l'Arxiu Josep Guitart i Santasusana.

Els consellers de Manresa van arribar a un acord, l'any 1341, per indemnitzar el senyor del castell, en Mateu Villalonga, pels danys ocasionats en les terres del seu terme afectades

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

per les obres de construcció de la resclosa i el canal, a més dels perjudicis ocasionats en els molins de la seva propietat.

La presa es construï en una forma semi-el·líptica a partir de pilons de fusta ancorats a la llera del riu, aquests pilons servien de base a uns nervis de fusta que, al seu torn, suportaven la massa de pedres i roques que finalment bloquejava el pas de l'aigua. Aquesta acumulació de pedres estava formada per blocs grans en la base i s'ompliren els espais buits amb roques i graves més petites. A finals de 1340 les obres de la resclosa ja estaven pràcticament acabades.

La construcció del canal continuà aigües avall en direcció cap a Manresa però, per diverses raons, les obres avançaren molt lentament. En primer lloc l'oposició del bisbe de Vic, amb l'excomunió de tota la ciutat de Manresa i de tothom qui treballés en la construcció de la Sèquia. Tot i això, les obres no es van aturar, van continuar entre dificultats com quan a l'any 1342 en Guillem Catà va emmalaltí.

La resclosa tampoc va restar exempta de patir calamitats; així, a l'any 1350, en un moment en que les obres avançaven molt lentament a causa, entre d'altres, de l'afectació que causà la pesta negra, una gran riuada va arrossegar una pedra enorme que provocà importants desperfectes a la construcció. La mala fortuna va fer que la part de la presa que va quedar afectada era justament la part que no havia construït Guillem Catà, i per aquest motiu aquest es va negar a dirigir els treballs de reconstrucció i abandonà el projecte. La resclosa fou reconstruïda i els treballs en el canal continuaren amb dificultats fins que l'obra fou acabada l'any 1383, quan entrà en servei.

I.i) El Cens del Sr. de Balsareny

Sembla ser que les riuades que recurrentment es produïen en el riu Llobregat afectava de tant en tant la presa i calia practicar-hi reparacions. Per exemple, el 17 d'agost de 1554 es produí una denúncia davant el Batlle de Manresa, dient que:

"Els mestres de casa i manobres que treballaven en la resclosa de la Sèquia, espatllada per les darreres inundacions d'aigües no podien treballar perquè el Batlle de Balsareny, amb deu o dotze homes armats d'arcabús i pedrenyals els inquietaven dient que aquell era el terme del senyor del castell, que era Ferran d'Oliver y sa mare Elionor, amenaçant-los amb gran còlera que no toquessin la llenya, fusta ni pedres. S'ha fet instància al Sr. Capità General del Principat perquè els vassalls de Balsareny contravenien a la concòrdia celebrada entre la ciutat de Manresa i el senyor de Balsareny sobre la Sèquia".

En data 24 d'agost de 1574 consten les declaracions rebudes a la Cúria de la Vegueria de Manresa en les que s'acusa "al fill del Sr. de Balsareny i a altres del mateix poble per haver

distret i impedit l'entrada de l'aigua al canal de reg La Sèquia, cegant l'entrada del rec amb planxes de fusta i altres coses". L'endemà mateix, el 25 d'agost de 1574, el Sots-veguer de Manresa envia un manament al Sr. de Balsareny Ferran Oliver per tal de que pagués una multa de dos-cents sous per haver infringit la Salvaguarda Reial.

Novament, quan just havien transcorregut dos segles des de que la Sèquia havia entrat definitivament en servei, l'any 1583, una nova avinguda destruï gran part de la presa altre cop. L'afer originà un nou estira i arronsa entre els administradors de la Sèquia que volien reparar la resclosa i el Senyor de Balsareny. L'assumpte es va anar complicant, tant les obres de reconstrucció de la resclosa com el propi canal de la Sèquia rebé diversos actes de sabotatge i interrupcions de servei fins que el conflicte va desembocar en enfrontaments armats, tal i com consta en un procés obert l'any 1583 pel Sots-veguer de Manresa on es denuncia "la resistència a mà armada feta per Ferran d'Oliver i altres que l'acompanyaven per oposar-se a l'aprensió d'algunes penyores per execució feta als que havien causat danys al rec i usurpat les seves aigües".

L'any 1584 el Veguer de Manresa ordenà i executà un procés acompanyat per diversos consellers de la ciutat i d'un sometent "*a raó de la tumultuosa resistència que oposaren el Sr. de Balsareny i alguns particulars de l'esmentat poble a una execució per a la ciutat de Manresa contra alguns veïns del referit poble per haver causat danys a la Sèquia i usurpat les seves aigües*".

I.ii) Altres Litigis

No només hi hagueren problemes i litigis durant la construcció, amb els propietaris de les terres per on havia de passar el canal; un cop ja va entrar en servei aparegueren nombroses desavinences entre els manresans i, fonamentalment, els veïns de Balsareny i de Sallent. Aquestes desavinences eren causades per la gestió de la Sèquia per part dels seus administradors, que feien valdre el privilegi d'exclusivitat de l'ús de les aigües que aquesta transporta a només als habitants de la ciutat de Manresa, tant és així que repetidament es produïren diversos sabotatges. Un d'ells afectà directament la resclosa, que patí un atemptat l'any 1769, tot i que els danys soferts foren menors.

I.iii) Característiques tècniques de la resclosa

La resclosa és una presa de gravetat, formada en planta corba amb una longitud total de coronació de 128 metres, veure figura 1.32. L'alçada màxima respecte els fonaments és de 3 metres. La presa està formada per un cos bastit a base d'un entramat de bigues de fusta ple de mamposteria feta amb pedres i calç.

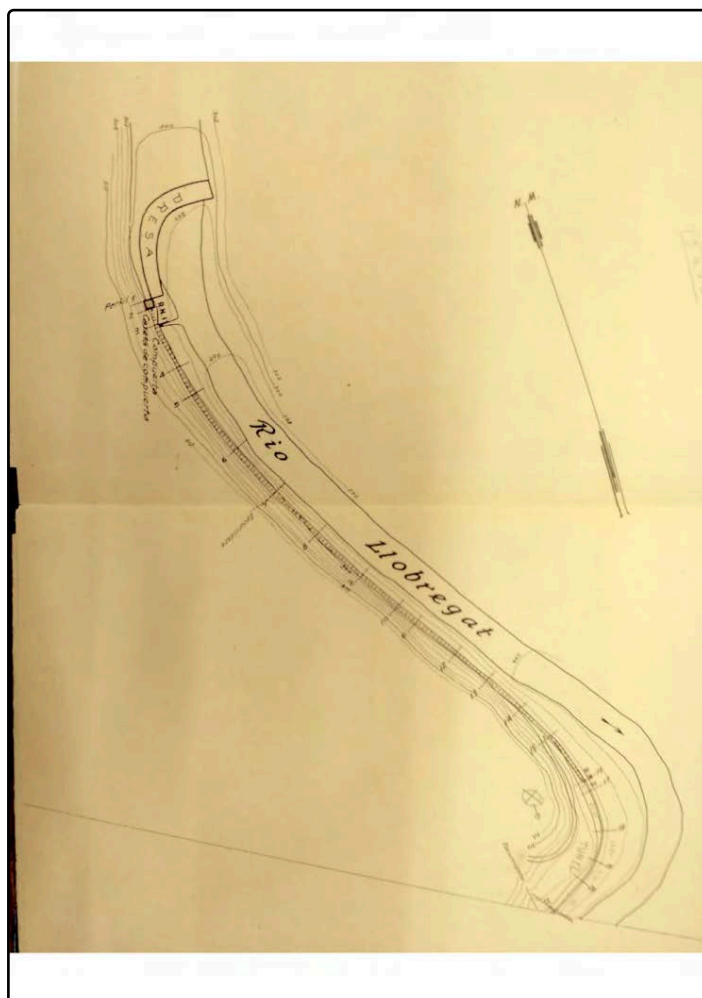


Figura 1.32. Planta de la resclosa de captació i primer tram de la Sèquia al terme de Balsareny en l'aixecament topogràfic de 1956. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.

Originàriament el parament d'aigües amunt tenia un talús 1:1, és a dir, amb una inclinació de 45°. Aquest parament estava format per els blocs més grans, molt pesants.

El parament d'aigües avall estava conformat per dos talussos. El primer talús era bastant abatut, amb una relació 1:6; aquest primer talús era el cos central de la presa. El segon talús d'aigües avall era quasi horitzontal, la seva funció era la d'allunyar l'aigua i les turbulències originades en la caiguda des de la coronació, amb la finalitat d'evitar l'erosió que provocaria l'aigua que podria descalçar els fonaments del talús anterior. El resultat és unes dimensions de la secció transversal de 27 metres en la seva base, els fonaments, i 1 metre en la coronació.

Malauradament, quan en Marià Potó va fer el reconeixement i amidament de la Sèquia de Manresa per encàrrec de la Junta de la Sèquia, l'any 1867, no va incloure la resclosa en els seus plànols, tal i com podem veure que hi manca en plànol del primer trams adjuntat en l'apèndix 52 de la pàgina 565. De haver-ho inclòs disposaríem de una valuosa informació de com era el seu estat quasi original.

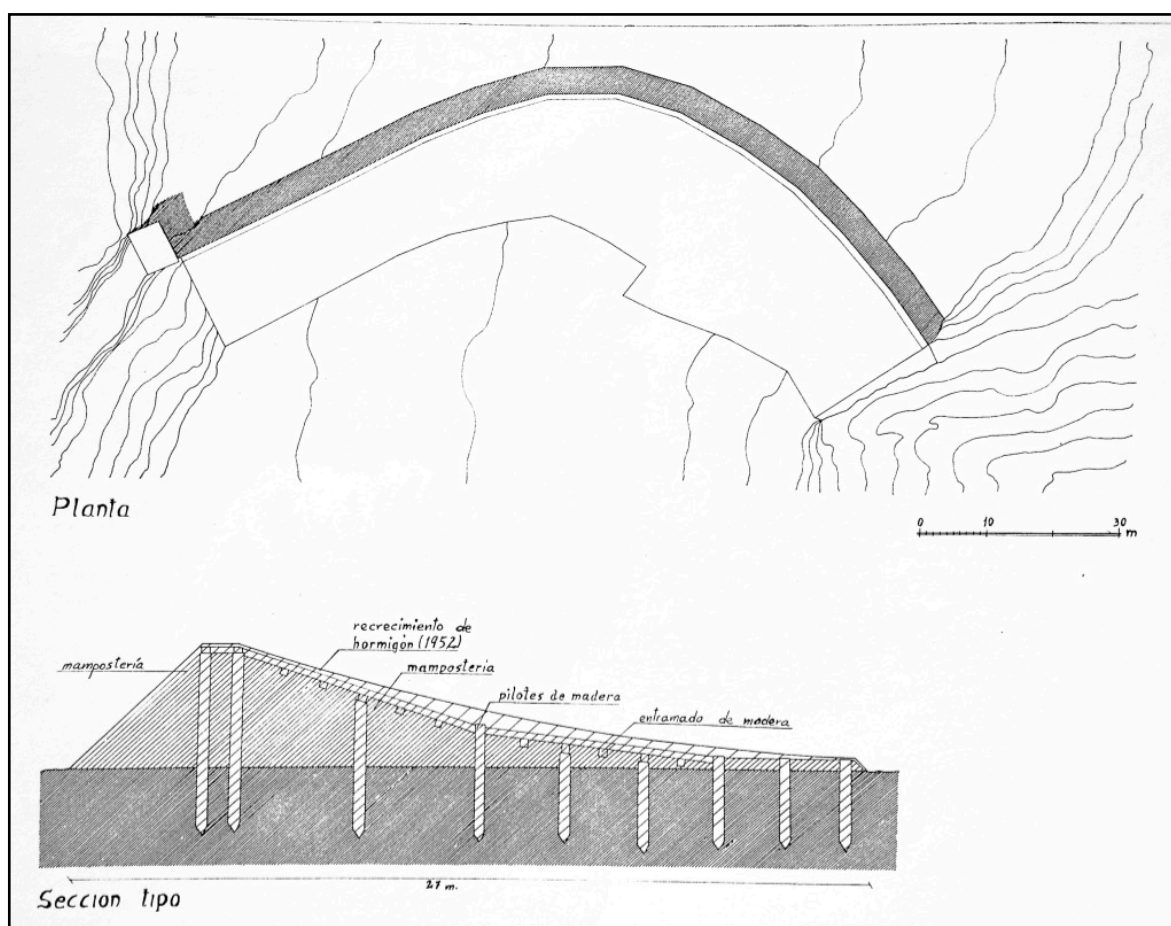


Figura 1.33. Planta i secció transversal de la resclosa de captació de l'aigua de la Sèquia al terme de Balsareny. Font: (Martínez Vázquez de Parga, Abad Mateo, Galán Hergueta, & Fernández Ordóñez, 1984).

La presa no compta amb desaigua de fons ni sobreeixidor de forma que els excedents vessen directament sobre la coronació, convertint tota l'estructura en un vessador submergit i de paret ample.

La captació d'aigua derivada cap a la Sèquia es fa en l'estreb dret i es regula mitjançant una comporta, el *restallador gran*, que des de l'any 1890 va quedar situat dins de l'estructura de l'anomenada *caseta de la comporta*.

L'any 1952 la resclosa va ser totalment formigonada per tal de reparar els danys ocasionats per l'erosió. La Junta de la Sèquia encarregà l'obra⁶³ al constructor Josep Serchs, els treballs es portaren a terme entre els mesos de juliol i octubre.

Originàriament per tal d'assegurar l'estabilitat de la secció es va enclavar en el terreny mitjançant el sistema de pilotatge amb troncs de fusta. Desconeixem exactament el nombre de pilons utilitzats per a l'enclavament de la base, i després del formigonat fet l'any 1952 es fa molt difícil desxifrar actualment els detalls constructius i caldria explorar la utilització de tècniques de teledetecció.

II) La Mina del Mas de les Coves

La mina del Mas de les Coves constitueix un dels elements més singulars de la Sèquia de Manresa, per les seves dimensions i per la dificultat de la seva construcció des de un punt de vista tècnic. Magí Canyelles ja va escriure⁶⁴, l'any 1680:

"Deixant les magnífiques i sumptuoses (obres) que en dita Céquia se han fetes, la primera de la Resclosa i la altra de las Covas que fan travessar una muntanya per lo corrent de ditas aigües; obra que admira lo enteniment, ni qui no la ha vista no es de admirar que fassa reparo en creure semblants grandesas."

63. Segons consta a l'acta de data 11 de juliol de 1952 de la Junta de la Sèquia.

64. En la seva obra: *Relació vertadera de tots els ponts i pontarrons que estan fabricats en l'obra tant sumptuosa de la Sèquia de Manresa en lo discurs o termini de set llegües que té de llargària des de Balsareny fins a la dita ciutat de Manresa*.



Figura 1.34. Entrada de la Sèquia a la mina del Mas de les Coves. Font: Lacenet, 2009.

Es tracta d'una mina de 321 metres de llargada. Segons les dades recollides en la taula 1.6 de la pàgina 148, el desnivell entre l'entrada i la sortida és de només 44 centímetres; això vol dir que el seu pendent mitjà és de 137 centímetres per quilòmetre, és a dir, de l'ordre de 3 vegades⁶⁵ el pendent mitjà de la Sèquia en el seu conjunt. La seva secció és de volta, de dimensions variables. Al damunt seu té una cobertura de més de 27 metres.

III) Els Ponts i els Aqüeductes

Durant el seu recorregut la Sèquia ha de salvar alguns torrents i desnivells considerables mitjançant ponts aqüeductes, alguns d'ells són força notables. Al mateix temps el canal es troba superat per dalt per nombrosos pontarrons que tenien una primera funció de permetre el trànsit de persones i carruatges i, en segon lloc, servien per encarrilar l'aigua de la pluja que s'escorria pels marges i ha via d'acabar passant per damunt del canal.

L'aspecte actual de l'obra ha canviat vers el seu aspecte original. Així diversos trams que inicialment eren descoberts avui els trobem subterranis o canalitzats amb tubs, això fa que alguns pontarrons hagin desaparegut. Cada pont i cada pontarró tenien un nom, i alguns l'han canviat amb el pas del temps.

Per regla general, els pontarrons reben el nom del torrent o del camí que els travessa. Molts noms no s'han conservat en la memòria popular però se'n conserven algunes relacions: la

65. El pendent de la mina és exactament 3,11 vegades el pendent mitjà del conjunt de la Sèquia.

de Magí Canyelles de 1679, l'acanamament del mateix Magí Canyelles l'any 1680, el reconeixement fet per en Valentí Pla el 1815, una relació anònima de l'any 1856 i una memòria de Marià Potó de l'any 1867 (Carrete 1990). Segons aquests textos hi ha documentats entre 25 i 34 ponts i entre 71 i 98 pontarrons segons les èpoques.

III.i) L'Aqüeducte de Santa Maria

El Pont de Santa Maria també és anomenat el *Pont dels Manresans*⁶⁶. És un dels ponts més interessants de la Sèquia, es conserva tal com va ser construït el segle XIV. Interiorment fa les funcions d'aqüeducte, és a dir que transporta l'aigua per dintre al mateix temps que compleix la funció de viaducte per la part superior. D'aquesta forma tant l'aigua com les persones poden travessar la riera del Mujal, a Balsareny. La riera del Mujal rebia el nom, en el segle XIV, de riera de Santa Maria, d'aquí en va agafar el topònim original que ha estat conservat en la denominació del pont. Es pot apreciar la situació del pont de Santa Maria en el mapa de la figura 1.17 de la pàgina 85.

El pont de Santa Maria va ésser fabricat amb blocs de pedra de forma molt regular, distribuïts uniformement. Consta de tres arcs de mig punt i volta de canó, amb una alçada que va d'els 5 als 6 metres i una longitud de 36 metres.

Si es pren tota l'estructura la seva longitud total és de 66.5 metres de llargada sobre la que presenta un desnivell total de 13 centímetres; això significa que el pendent resultant és de 195,4 centímetres per quilòmetre, el que equival a quasi 5 vegades⁶⁷ el pendent mitjà del conjunt de la Sèquia, veure taula 1.6 de la pàgina 148.

L'aqüeducte de Santa Maria presenta una planta en forma de L i és totalment transitable. A l'apèndix 90 de la pàgina 600 es pot observar el dibuix de la planta i seccions que en va fer en Marià Potó en el seu reconeixement i amidament de la Sèquia de 1867.

El pont té adossada una escala que permet accedir als horts que es troben a la part inferior, sobre els marges de la riera. En un dels extrems de l'aqüeducte, al costat del camí, hi ha una fita que marca la jurisdicció de Manresa, veure figura 1.21 de la pàgina 92.

66. Probablement degut a que en un dels seus extrems presenta una fita amb l'escut de la ciutat de Manresa. Veure figura 1.21 de la pàgina 92.

67. Exactament el pendent mitjà del pont de Santa Maria és de 4,88 vegades el del pendent mitjà de la Sèquia en el seu conjunt, que es situa en 40 centímetres per quilòmetre.

L'any 1919 la Junta de la Sèquia va arribar a un acord⁶⁸ amb els propietaris dels terrenys adjacents al pont de Santa Maria per a fer un camí per facilitar l'accés a la resclosa amb carruatges.

III.ii) l'Aqüeducte de Conangla

El *Pont de Conangla* té unes dimensions notables, la seva longitud total és de 103 metres i pren una alçada màxima de 13 metres respecte la llera de la riera de Conangla, de qui n'adopta el nom. La seva construcció data de l'any 1340. Està constituït per 7 arcs, dels quals cal destacar, per la seva llum, els dos centrals, veure figura 1.35.



Figura 1.35. Aqüeducte de Conangla. Font: Melcior, J.M., 2005 ; <http://modernistespunt-com.blogspot.com.es/2009/05/la-sequia-de-manresa.html>, data d'accés: 06/03/2016.

El calaix de l'aqüeducte està construït amb blocs de pedra i es troba cobert amb lloses també de pedra. Aquestes lloses permeten el pas per damunt i, gràcies a la seva amplada i la presència de baranes pot complir la funció de viaducte per als vianants amb total seguretat.

68. Acta del 5 de gener de 1919 de la Junta de la Sèquia de Manresa. En ella es nomena a en Josep Bonals per exercir la direcció de l'obra.

III.iii) L'aqüeducte del Vilar

L'aqüeducte del Vilar és un pont gòtic que té la funció principal de salvar el torrent de Soldevila, dins el terme de Sallent. Constitueix un clar exemple d'arquitectura monumental. La data de la seva construcció es situa pels volts de 1344. Està constituït per sis arcs de mig punt de forma escanyada, el més gran va ser refet l'any 1872. Alguns pilars també han estat restaurats parcialment.

L'aqüeducte té una llargada total de 85.50 metres i la seva amplada és de 4.25 d'ample. Els ulls de les arcades són de doble anella de dovelles. En el punt més alt sobre el torrent pren una alçada de 19 metres. A més de la seva funció d'aqüeducte també era practicable com a viaducte gràcies al recobriment de lloses de pedra sobre el seu caixer.

L'aqüeducte del Vilar va funcionar correctament durant uns 500 anys. Però a la meitat del segle XX es va detectar l'enfonsament del terreny sobre el que està bastit el pont en el moment en que l'aigua sobreixia per sobre del calaix del aqüeducte. En un principi es van fer diverses intervencions consistents en el recreixement del calaix. Tanmateix, a causa de la magnitud del moviment, que fou superior als 2.5 metres, no quedà altre remei que derivar el cabal a través d'un sífó, quedant inutilitzat el pont. Per obtenir més informació relativa a l'enfonsament de l'aqüeducte del Vilar veure l'apartat 1.7.1 de la pàgina 158 dedicat a la influència sobre la Sèquia de l'activitat de l'explotació minera.



Figura 1.36. Aqüeducte del Vilar a Sallent, actualment fora de servei a causa de la subsidència del terreny. Font: <http://losfolloneros.blogspot.com.es/2012/02/caminada-de-santpedor-balsareny-seguint.html>, data d'accés: 08/03/2016.

Com a mesura provisional s'hi va fer un recreixement del calaix per aixecar la cota superior de l'aqüeducte, però no n'hi va haver prou. A més, la subsidència va deteriorar l'estructura del pont perillosament. Finalment, es va haver d'optar per desviar la Sèquia cap al sífó que hi ha a la dreta. Avui en dia està totalment en desús i no s'hi pot circular per damunt a causa del perill d'ensorrament.

El sífó que substitueix la funció del aqüeducte consisteix en una canonada de 1.5 metres de diàmetre; la canonada compta amb juntes de dilatació dissenyades especialment per absorbir els possibles moviments en el supòsit de que aquests es reproduueixin.

La riera de Soldevila, de llera sense vegetació, està totalment salinitzada a causa dels lixiviatos del runam del Cogulló per aquest motiu la seva aigua no es pot utilitzar com a regadiu pels horts del seu voltant.

III.iv) L'aqüeducte de Bonegues

Es tracte d'un aqüeducte d'uns 40 metres de longitud situat en el terme de Santpedor, la seva funció és la de superar el torrent del Bonegues. L'estructura està feta originàriament tota de pedra, presenta una aparença molt massissa, amb dos arcs molt petits en relació al gruix del cos dels pilars. Com és habitual en els aqüeductes de la Sèquia, aquest també és transitable per damunt gràcies a la cobertura del seu caixer, cosa que el converteix també en viaducte.



Figura 1.37. L'aqüeducte de Bonegues. <http://losfolloneros.blogspot.com.es/2012/02/camina-da-de-santpedor-balsareny-seguint.html>, data d'accés 08/03/2016.

L'any 1989 es va realitzar una actuació de reforç amb formigó en el lloc on els colzes formen les confluències. Malgrat aquests reforços en aquests punts, tant la resta de materials com la construcció són els originals i l'aqüeducte segueix realitzant la funció per a la que va ser dissenyat.

III.v) La resta de Ponts

A la taula 1.2 de la pàgina 128 es relacionen els 35 ponts documentats de la Sèquia de Manresa, d'acord amb la relació que en fa en Magí Canyelles (Canyelles 1680).

Taula 1.2. Ponts de la Sèquia de Manresa. Elaboració pròpia a partir de les dades de (1680), (Alabern i Valentí & Virós i Pujolà, 2002) i (Carrete 1990).

Els ponts de la Sèquia			
1	Pont de Santa Maria	19	Pont de la Pollanca Vella
2	Pont del Rector	20	Pont d'en Gomis
3	Pont de la Vinya del Martí	21	Pont del Mas de les Coves
4	Pont d'en Martí	22	Pont del Restallador
5	Pont dels Gripaus	23	Pont dels Àlbers de les Coves
6	Pont del Plata	24	Pont de Santa Magdalena
7	Pont de Santa Cecília	25	Pont de na Martorella
8	Pont dels Cirers	26	Pont de l'Àliga
9	Pont de Conangla	27	Pont d'en Coll
10	Pont de la Quintana de Conangla	28	Pont del Rei
11	Pont dels Àlbers de Conangla	29	Pont dels Bomians
12	Pont Pudent	30	Pont del Vegueriu
13	Pont del Pinyó	31	Pont d'en Bonegues
14	Pont d'en Dalmau	32	Pont de Terra
15	Pont de Rocaus	33	Pont del Riu d'Or
16	Pont d'Esquena d'Ase	34	Pont de la Casa Cremada
17	Pont del Vilar	35	Pont de la Font de Santpedor
18	Pont de la Figuereta		



Figura 1.38. Aqüeducte del Mas de les Coves. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.

A més dels ponts relacionats en la taula 1.2 que són els propis de la Sèquia, cal afegir els ponts que es troben braçals que porten l'aigua al regadiu manresà.

En aquest cas, la majoria de ponts van ser construïts a partir del s. XV i en períodes posteriors. Justament es van anar construint a mida que s'anaven regant nous terrenys a partir de l'arribada, a finals del s. XIV, de l'aigua de la Sèquia a Manresa a l'indret de l'Agulla.

El més destacat és l'aqüeducte conegut amb el nom popular de *Pont Llarg de Manresa*, veure figura 1.39 de la pàgina 130. Aquest aqüeducte està situat en un dels braçals dels dos en què es bifurca la Sèquia a partir de l'Agulla, concretament condueix l'aigua del rec secundari cap al vessant nord del turó de Puigberenguer.

La funció del Pont Llarg de Manresa és la de salvar el desnivell de la riera del Poal. Està emplaçat a una altitud de 244 metres, a la part final del camí de Juncadella, molt a prop de la sortida PK 132 de la carretera C25.

El Pont Llarg de Manresa és una construcció que s'estima que pot datar entre els s. XVII i XVIII. L'aqüeducte consta d'un total de 30 arcs, la seva longitud total és de 230 metres i és fet d'obra de paredat comú, força irregular, mostra moltes reparacions. La trentena d'arcs són rodons de dovelles desiguals sobre pilars. A la part superior es conserven els blocs de pedra que conformen el caixer per el que encara passa l'aigua.

A la part final, la de més alçada, els pilars compten amb contraforts per reforçar l'estructura. La seva construcció va poder permetre augmentar notablement l'extensió les terres inicialment regades per l'aigua de la Sèquia des del s. XIV, estenent el regadiu cap al que actualment es coneix com a Horta del Poal.



Figura 1.39. Aqüeducte anomenat Pont Llarg, sobre un dels braços de la Sèquia, situat en el camí de Juncadella. Font: Ballo, R.; 2014.<http://www.catalunyamedieval.es/pont-llarg-aqueducte-de-la-sequia-de-manresa-manresa-bages>. Data d'accés el 26 de febrer de 2016.

El Pont Llarg és un element protegit segons el Pla Especial Urbanístic de Protecció del Patrimoni de Manresa (PEUPM) com a Bé Cultural d'Interès Local en la Categoria d'Obres d'Enginyeria, gaudint d'un nivell de protecció integral. És considerat un element d'enginyeria de primer ordre, de gran interès històric i arquitectònic, per la seva construcció i funcionalitat, per la seva antiguitat i perquè és l'únic aqüeducte que queda dins el terme de Manresa de tots els que té la Sèquia.

IV) Els Pontarrons

Magí Canyelles ja ens va proporcionar una relació dels pontarrons existents al llarg de la Sèquia de Manresa en el segle XVII (Canyelles 1680), veure la relació amb els noms actuals a la taula 1.3 de la pàgina 133.



Figura 1.40. Imatge d'un petit pontarró que fa les funcions de passera. Font: <http://2.bp.blogspot.com/-ulxX7U1lzEk/T1Xsq0hLm7I/AAAAAAAAATcs/EzDPNLc29qA/s1600/P1010093a-1.JPG>, data d'accés: 09/03/2016.

Els pontarrons que es troben al llarg del traçat de la Sèquia de Manresa obeeixen a dues funcions bàsiques: la primera és la de donar accés o pas a camins que l'han de travessar, com és el cas del de la imatge mostrada en la figura 1.40 . Una segona possible funció d'aquests elements és la d'evitar que les aigües provinents de l'escorrentiu pluvial no penetrin al caixó del canal, com seria el cas del pontarró que es pot veure en la imatge de la figura 1.41.



Figura 1.41. Pontarró que canalitza aigües pluvials per evitar que aquestes acabin dins la Sèquia.
Font: <http://1.bp.blogspot.com/-hrL6Dp6lSeM/T1YpbmOGS9I/AAAAAAAAATgo/zvsNL-Sju9G8/s1600/P1010127a-1.JPG>. Data d'accés: 09/03/2016.

Valentí Pla, Joan Rubinat i Buenaventura Prat, en el seu *Reconocimiento general de la Acequia en 1815*, fan la següent definició de Pontarró: "*Un puentecito vulgo pontarró que cruzando por encima del Canal sirve para pasar las agua pluviales para que no dañen el canal*".

Xavier Sitjes i Molins en el monogràfic *Els Ponts Medievals del Bages* explica que els pontarrons de la Sèquia "tots ells, pel que podem veure, eren, i són, obres funcionals d'esquena plana, com cal per a passar-hi l'aigua, amb arcades de mig punt o esquerceres i sense altres particularitats constructives que el fet que els més grans tenien doble adovellat" (Molins & Centre Excursionista de la Comarca de Bages. Secció d'Estudis, 1988).

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

Taula 1.3. Relació dels 71 Pontarrons de la Sèquia de Manresa. Elaboració pròpia a partir de les dades de (Canyelles 1680), (Alabern i Valentí & Virós i Pujolà, 2002) i (Carrete 1990).

Nú m.	Denominació	Nú m.	Denominació
1	Pontarró d'en Ricard	37	Pontarró de Sant Ponç que va a Sallent/ del Camí de Dalt
2	Pontarró del Colador	38	Pontarró del Joncs
3	Pontarró dels Horts de Balsareny	39	Pontarró que va de la Sala de Sant Ponç a Missa
4	Pontarró de la Rasa	40	Pontarró d'en Sala/ que va a la Sala de Sant Ponç
5	Pontarró del Cap del Pont de Santa Maria	41	Pontarró de la Pollanca
6	Pontarró que Baixa al Llobregat	42	Pontarró d'en Bonegues que és al racó
7	Pontarró dels Omplidors	43	Pontarró o claveguera d'en Bonegues
8	Pontarró del Molí de Balsareny	44	Pontarró que va de Claret a Cabrianes
9	Pontarró del Balç de Roqueta	45	Pontarró que va de Claret a Santa Anna
10	Pontarró de les Tàpies	46	Pontarró de l'Abeurador de Claret
11	Pontarró del Perelloner de Conangle	47	Pontarró que Davalla a les Vinyes de Claret
12	Pontarró d'en Corrons	48	Pontarró del Pla de Claret
13	Claveguera de Conangle	49	Pontarró del Cap de les Alzines
14	Pontarró que va a Santpedor	50	Pontarró al Cap de les Vinyes de Claret
15	Claveguera de Rocaus	51	Pontarró de les Alzines
16	Pontarró de la Roca	52	Pontarró de la Font de Claret
17	Pontarró de la Rasa d'en Fraixau	53	Pontarró que Davalla a Riudor
18	Pontarró d'en Soldevila	54	Pontarró de la Fita de Claret
19	Pontarró dels Magraners	55	Pontarró del Pi Verd
20	Pontarró de la Figuera	56	Pontarró de Claret que va a la Casa Cremada

21	Pontarró de la Parra	57	Pontarró Estret ⁶⁹
22	Pontarró de la Vinya del Diamant	58	Pontarró del Roure
23	Pontarró de l'altre cap de dita vinya	59	Pontarró Sense Cul
24	Pontarró d'en Taraval	60	Pontarró que baixa a Riudor
25	Pontarró que Travessa el Camí Ral	61	Pontarró del Notari
26	Pontarró del Noguer/del Roquer/ de la Botjosa	62	Pontarró d'en Llucià
27	Pontarró del Restallador	63	Pontarró de Mossèn Coma
28	Pontarró de l'Alzina	64	Pontarró del Coll de l'Om/ del Coll d'en Coma
29	Pontarró dels Àlbers d'Amigant	65	Pontarró del Revolt de na Manguina
30	Pontarró d'en Deu	66	Pontarró de la Vinya de Mossèn Gras/ de la Casa d'en Colom
31	Pontarró de l'Apallador	67	Pontarró dels Àlbers d'en Perramon
32	Pontarró de les Doctores/ del Doctor Casasayas	68	Pontarró d'en Mossèn Coll
33	Pontarró dels Pins	69	Pontarró del Restallador de Sant Iscle
34	Pontarró que va a la Font del Rei	70	Pontarró de Sant Iscle
35	Pontarró que va a Sallent	71	Pontarró que va a l'Hostal de l'Arpa
36	Pontarró de Tarradellas		

69. Veure una imatge en la figura 1.42.



Figura 1.42. Imatge del Pontarró Estret. Font: <http://3.bp.blogspot.com/-YpcMgCmiUag/T1Xsvu3Zoll/AAAAAAAAATc4/R5Mzofu7MvU/s1600/P1010094a-1.JPG>. Data d'accés: 09/03/2016.

V) Els Bagants

La funció dels bagants era la de obrir el pas de l'aigua cap a un canal de desguàs ja sigui per al buidat de la Sèquia quan aquesta havia de ser reparada o netejada, o bé també facilitar la regulació del seu cabal. Les aigües desviades normalment acabaven en algun torrent o riera.

En general, els bagants estan formats per un post de fusta o de ferro que es col·loca verticalment en una canal o rec per aturar o regular el pas de l'aigua de regadiu. Alguns bagants de la Sèquia estaven protegits per casetes que els resguardaven de les baixes temperatures de l'hivern.



Figura 1.43. Bagant del Teula, sobre el braçal de Viladordis. Font: (Piñero, J., 2010).

El sistema tradicional de bagant utilitzat a l'horta de Manresa és molt similar als antics ullals però amb comporta de ferro que s'eleva mitjançant una cadena, enlloc del tap cilíndric. Normalment la cadena està inserida dins un bloc de pedra que té practicat un forat circular per aquest fi, es remata amb un tap de ferro, veure la figura 1.44 de la pàgina 137.

Aquest tipus de bagant devia ser l'utilitzat originàriament en els primers temps de la Sèquia i el seu ús va perdurar fins ben entrat el segle XIX, quan es va ampliar el regadiu cap a la zona del Poal. Els bagants posteriors a aquesta època tenen un disseny molt similar als ullals; en aquest cas disposen d'una comporta adossada internament a la paret del canal que pot ser elevada mitjançant una palanca; com exemple veure el bagant de la imatge de la figura figura 1.45 de la pàgina 138.



Figura 1.44. Reconstrucció d'un antic ullal a l'exposició permanent sobre la Sèquia del Museu de la Tècnica de Manresa. Aquests tipus de bagants són els més antics i es remunten a l'època de la construcció del canal. Font: MTM.



Figura 1.45. Bagant d'època moderna format per comporta rectangular metàl·lica amb accionament per manivela amb reductor mecànic. Fotografia presa el maig de 2016.

1.6. Característiques tècniques del canal

La Sèquia de Manresa té un destacable valor econòmic per la seva aportació de valor pel que fa al regadiu d'unes 800 hectàrees. Tanmateix, resulta innegable també el seu valor històric i patrimonial, en tractar-se d'una obra medieval d'una important rellevància en aquest àmbit. Però també hem de destacar l'actual valor ecològic i fins i tot lúdic del conjunt de la Sèquia més el seu caminet i el Parc de l'Agulla.

El canal principal té una llargada de 26 quilòmetres des de la resclosa fins a l'Agulla. Als quals hem d'afegir els 12 173 metres dels braçals de regatge de l'horta.

El llac de l'Agulla té una capacitat en volum d'aigua de 200 000 m³. El volum diari d'aigua per a ús domèstic i industrial és de 38 000 m³. La població que actualment és dependent de l'aigua del canal està xifrada en aproximadament 83 000 habitants.

1.6.1. Morfologia del canal

Al llarg del traçat es pot identificar uns quants models de tipologia de seccions que es van repetint, aquests els podem agrupar en quatre tipus diferenciats que es relacionen a continuació.

I) Seccions de terra

Aquestes seccions es caracteritzen per tenir per una elevada irregularitat, tant pel que respecta a la seva morfologia com també dimensionalment, veure com a exemple la imatge de la figura 1.46 de la pàgina 140.

Són calaixos amb una forma normalment trapezoïdal, o de vegades rectangular, amb el terra del fons i les parets de terra i, conseqüentment, molt sotmeses al desgast i l'erosió. Podríem dir que són les seccions que han variat més les seves dimensions respecte les de la seva concepció original. També es caracteritzen per acollir una important presència de flora.



Figura 1.46. Secció típica excavada directament al terra. Imatge presa el juny de 2016.

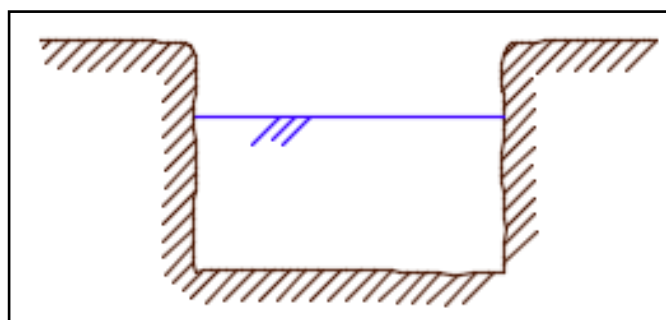


Figura 1.47. Secció rectangular de terra o de pedra, caracteritzada per la seva irregularitat. Font: (Casafort Trench & Fitó Pintado, 2016).

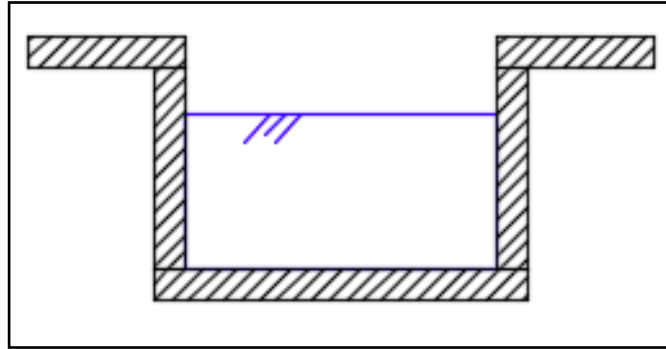


Figura 1.48. Secció rectangular de formigó, amb parets rectes i ben escairades. Font: (Casafont Trench & Fitó Pintado, 2016).

II) Seccions de pedra

Són de secció rectangular, sovint força irregulars. Estan formades per parets de roca natural, quan el canal ha estat excavat en aquesta, o també de paret seca, quan aquesta s'ha construït a partir de pedra de les immediacions o pedreres properes. Aquestes seccions les trobem sobretot associades a les estructures de base de ponts i pontarrons, suportant els elements que conformen l'estructura superior.

III) Seccions de formigó

Les seccions de formigó són presents en aquells trams del canal en els que, en època recent, s'ha fet alguna modificació del traçat degut a la interferència amb infraestructures de comunicació o industrials o bé són conseqüència d'actuacions per refer el calaix en aquells casos en que aquests s'havia desdibuixat de forma molt important amb el pas del temps. Presenten una secció rectangular uniforme. Les amplades varien de entre 1.85 m i 2.40 m. Pel que fa a la profunditat, aquesta oscil·la entre un valor mínim de 0.7 m i els 1.9 m corresponents a la profunditat màxima.

IV) Seccions mixtes de formigó-terra i/o formigó-pedra

Pel que fa a les seccions mixtes, aquestes són principalment de formigó-terra. En aquests casos es tracta de seccions irregulars que troben sovint en trams corbats, sobretot quan el radi de corba és petit. Per tant, és la secció que normalment es troba allà on hi ha gran erosió o punts d'especial desgast. També són presents en trams on, de forma paral·lela al canal, hi discorre un camí i s'ha hagut de refer una de les parets per a donar sustentació

estructural a aquest. En el cas de les seccions mixtes de formigó-pedra les solem trobar en aquells punts on s'ha fet necessària la intervenció per algun motiu, com per exemple, allà on l'estructura de formigó substitueix algun element antic de pedra que hagut de ser modificat o que s'ha deteriorat.



Figura 1.49. Secció mixta de terra i formigó, normalment present en corbes pronunciades. Imatge presa el juny de 2016.

Els documents no ens aporten dades fiables de quina era l'amplada originària del canal en el moment de la seva construcció. Ja en el moment de la seva construcció i degut a que aquesta es perllongà durant diversos lustres, i també a causa de la complexitat i magnitud del projecte, el canal no va disposar d'una secció uniforme en tot el seu recorregut.

En l'actualitat el canal presenta una morfologia encara més heterogènia que en el moment de la seva entrada en servei. Això és degut a molt factors: les contínues reparacions, successives reformes, algunes modificacions en el traçat i sobretot el manteniment i neteja. Aquestes últimes, les tasques de manteniment, ha provocat una erosió i desgast dels calaixos que n'ha fet augmentar la secció considerablement vers l'original. Cal no oblidar

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

que aquests calaixos majoritàriament estaven practicats directament al terra. Tot plegat fa que, al llarg dels anys, les característiques morfològiques del canal hagin variat desigualment.



Figura 1.50. Tram del canal excavat al terra, al seu pas per Santpedor. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.

Ara bé, si que tenim proves en determinats elements estructurals que ens han arribat fins avui dia tal i com van ser concebuts i construïts. Per exemple la galeria de la mina del Mas de les Coves, o els caixons d'alguns dels diversos aqüeductes. Aquests elements ens permeten conèixer l'estructura i les dimensions originals del canal.



Figura 1.51. Tram del canal excavat al terra, buit per facilitar les tasques de manteniment i neteja. Imatge presa el juny de 2016.

Si s'observa l'amplada dels pontarrons salta a la vista que l'amplada inicial del canal no era tant gran com la que podem veure en l'actualitat. Al ser un canal excavat al terra ha sofert, al llarg dels anys, molta erosió deguda a l'acció de les aigües, veure la figura 1.50, en ella es pot apreciar el desprendiment de les parets laterals de terra del canal i el conseqüent augment irregular de la seva amplada.

Aquest problema s'ha vist augmentat en els últims anys per la abundant propagació d'un tipus d'algues que creixen adherides a les parets i al fons, conegut problema del *cabell*, veure la imatge de la figura 1.52 de la pàgina 145. Els treballs de retirada d'aquestes algues potencien l'erosió sobre els marges del canal.

Efectivament els treballs de neteja del canal consistien en la retirada de fangs, algues i herbes que s'anaven assolant al seu l'interior. Els encarregats de la neteja ho feien a cops d'aixada i a còpia de gratar els costats i el fons, la secció s'anava fent cada cop més gran. Tant és així que hi ha testimonis orals que assegurin que abans de 1950 era possible

passar d'una vora a l'altra en qualsevol indret de la Sèquia fent un simple salt i sense la necessitat de prendre embranzida (Alabern i Valentí & Virós i Pujolà, 2002).



Figura 1.52. Presència abundant d'algues en el fons del canal. Imatge presa el maig de 2016.

1.6.2. El Perfil Longitudinal

Una aqüeducte o canal forçosament ha d'estar estretament adaptat al relleu del terreny i, per aquest motiu, esdevé generalment molt sinuós. Pot caldre perforar un túnel per salvar un turó o una muntanya, construir un pont per superar una riera o fins i tot quedar suspès sobre llargues fileres d'arcs per tal de guardar el nivell sobre terrenys en declivi (2002). Tanmateix, aquests elements singulars emprats per salvar els obstacles del terreny constitueixen només que una petita part de l'obra, la dificultat de la qual rau en que en el seu conjunt compleixi la funció encarregada que no és altra que la de conduir l'aigua amb l'únic ajut i cap altra font d'energia que la que prové de la força de la gravetat.

Per al bon funcionament d'un flux amb superfície lliure o canal obert cal prestar especial atenció a la velocitat de l'aigua. Aquesta ha de ser suficientment elevada com per evitar els

dipòsits de matèries sòlides i, alhora, prou moderada per tal de no agredir i erosionar tant les parets com el fons del caixó. No és recomanable que passi d'un metre per segon, i això dona un pendent de l'ordre del 1/1000. En el cas de la Sèquia la velocitat mitjana és de l'ordre de 0.4 metres per segon i el pendent resultant és encara més petit, situant-se en el 4/10 000.

A la taula 2.1 de la pàgina 248 es relacionen els pendents utilitzats en diversos aqüeductes construïts pels romans. Es pot observar que tots compten amb pendents molt superiors als de la Sèquia. Vitruvi suggerí usar pendents del 5/1000, tanmateix l'estudi d'aqüeductes d'origen romà donen pendents d'entre el 1.5/1000 i el 3/1000 (Hodge, Fabre, Fiches, & Paillet, 1994a) (Dembskey 2009) . Hi ha el cas excepcional del canal de Nimes que compta amb un pendent mitjà extraordinàriament lleu, de només 3.4/10 000. Construït entre els anys 40 i 70 de la nostra era, els romans en aquest cas van haver de transportar l'aigua des d'Usès a Nimes aprofitant que les fonts d'Usès es trobaven només a 17 metres per sobre de la ciutat de Nimes; tot i que la distància a vol d'ocell és només d'uns 20 quilòmetres, degut a la orografia, van haver d'acabar fent una llarga llaçada en forma de ferradura que comportà que la longitud del traçat del canal resultant fos de quasi 50 quilòmetres (Fonder & Xanthoulis, 2007). Aquest canal compta amb un dels aqüeductes més importants construïts en època romana, es tracta del Pont del Gard de 275 metres de longitud i 38.8 metres d'alçada. El canal de Nimes comptava amb una secció quadrada de 1.2 metres de costat, essent el cabal transportat de uns 230 litres/segon, amb una profunditat i velocitat mitjanes de 0.6 m i 0.6 m/s respectivament.

Charles R. Ortloff ha estudiat profundament els canals d'irrigació en el cas de l'Amèrica precolombina; dels seus estudis es conclou que aquestes cultures disposaven de coneixements hidràulics que els permetien construir els canals amb flux subcrític, també en base a pendents molt suaus. Per exemple, en el cas del canal entre les vall de Chicama i Moche⁷⁰ (Perú), de 70 quilòmetres de longitud, s'observen pendent que van del 9/10 000 al 9/1000 (Ortloff, Feldman, & Moseley, 1985). És a dir, que malgrat tractar-se de pendents molt suaus, resulten clarament superiors als pendents que es troben en el cas de la Sèquia de Manresa.

Un cop determinat el cabal d'aigua i la velocitat que aquest ha de portar en el canal, també convé que el flux d'aigua esdevingui en règim uniforme i perquè això passi calen dues condicions: la primera que la secció transversal sigui constant al llarg de la longitud del canal i la segona que el pendent es mantingui també constant. Si s'esdevé que el pendent varia variarà també la profunditat de l'aigua i també la seva velocitat. Així, per exemple, si el

70. Segons els resultats d'aplicar tècniques de datació, el canal de Chicama-Moche va ser construït entre l'any 900 i 1150 d.C. (Ortloff & Kolata, 1993).

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

pendent augmenta augmentarà també la velocitat de l'aigua alhora que disminuirà la profunditat. Al contrari, si el pendent disminueix ens trobarem en que hi haurà una reducció de la velocitat de l'aigua i, al mateix temps, aquesta tendirà a incrementar la seva profunditat.

D'altra banda les variacions, encara que petites, del pendent o d'alguna de les altres variables com, per exemple, la secció transversal són causa de variacions de l'energia específica del flux, podent causar grans variacions en la distribució de l'energia potencial i cinètica sobretot en les zones properes a les parets. Aquestes variacions d'energia específica poden traduir-se en inestabilitat de la superfície lliure, que pot fer-se visible en forma d'oscil·lacions de la mateixa. Aquest és un fenomen a evitar ja que pot acabar provocant danys a les parets del canal.

Taula 1.4. Pendent mitjà dels principals trams de la Sèquia de Manresa. Font: Alabern, 2002.

Tram	Llargada (m)	Desnivell (m)	Pendent (cm/ km)
Túnel de la resclosa	572	0.30	52.4
De la mina de la resclosa a la riera del Mujal	808	0.91	112.6
Mina del Balç de Balsareny	929	0.83	89.3
De la riera del Mujal al Balç de Balsareny	520	1.11	213.4
De la mina del Balç de Balsareny a la riera de Conangla	2033	0.68	33.4
De la riera de Conangla al torrent de Soldevila	3452	0.99	28.6
Del torrent de Soldevila al mas de les Coves	3256	0.75	23.0
Del mas de les Coves al torrent de Bonegues	4660	0.99	21.2
Del torrent de Bonegues al riu d'Or	2850	0.30	24.5
Del riu d'Or a l'Agulla	7259	3.30	45.4
Total	26 319	10.56	40.1

De l'anàlisi de la taula 1.4 es pot observar que, pel que fa al pendent, es poden agrupar diversos trams amb pendents mitjans molt similars tot formant tres agrupacions bastants definides, que s'especifiquen en la taula 1.5 de la pàgina 148 .

La primera agrupació seria el tram que presenta els pendents més elevats i que s'inicia al principi del túnel de la resclosa fins a la sortida del túnel del Balç de Balsareny. En aquest primer tram, de 2819 metres de llargada, està caracteritzat per tenir un pendent mitjà de 111.7 centímetres per cada quilòmetre.

El segon tram molt diferenciat té com a característica que es donen els pendents més baixos del canal, concretament el pendent mitjà és de 25.3 centímetres per quilòmetre. Aquest segon tram és el més important en quan a llargada, amb un total de 16 241 metres, i va des de la sortida del túnel del Balç de Balsareny fins al riu d'Or.

El tercer tram es caracteritza per tenir un pendent mitjà més proper al valor promig de tot el canal, és a dir, un pendent que es situa entre els valors dels altres dos trams anteriors. Concretament aquest últim tram té una llargada de 7259 metres i presenta un pendent mitjà de 45.40 centímetres per quilòmetre, que és lleugerament superior al pendent mitjà de tot el canal, que com hem vist es situa en 40.12 centímetres per quilòmetre.

Taula 1.5. Agrupació dels principals trams de la Sèquia atenent al grau del seu pendent mitjà. Font: Alabern, 2002.

Tram	Llargada (m)	Desnivell (m)	Pendent (cm/km)
De la resclosa al Balç de Balsareny	2819	3.15	111.0
Del Balç de Balsareny al Riu d'Or	16 241	4.11	25.3
Del Riu d'Or a l'Agulla	7259	3.30	45.4
Total	26 319	10.56	40.1

Taula 1.6. Pendent dels principals elements singulars a partir de les cotes de la solera del caixer del canal de la Sèquia de Manresa. Font: Alabern, 2002.

Element singular	Llargada (m)	Desnivell (m)	Pendent (cm/km)
Mina de la resclosa	572.0	0.30	52.4
Pont de Santa Maria (a la riera del Mujal)	66.5	0.13	195.4
Mina del Balç de Balsareny	510.0	1.36	266.6
Pont de Conangla	76.0	0	0
Pont del Vilar (*)	101.0	-	-

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

Mina del Mas de les Coves	321.0	0.44	137.0
Pont del Riu d'Or	66.0	0.22	333.3

(*) avui dia inutilitzat degut a la subsidència del terreny

Pel que fa als elements singulars es relacionen els seus pendents mitjans a la taula 1.6. Destaca el fort pendent del aqüeducte del riu d'Or que, en els seus 66 metres de llargada, presenta un desnivell de 22 centímetres. Això equival a un pendent de 333.3 centímetres per quilòmetre, és a dir un pendent més de 8 vegades superior al pendent mitjà del conjunt del canal que es situa en 40.1 centímetres per quilòmetre.

A la figura 1.53 es mostra el perfil longitudinal de la totalitat del traçat de la Sèquia. En la imatge es pot observar perfectament que el pendent és molt més important en el primer tram de Balsareny, especialment els primers 500 metres. Aigües avall el pendent es manté molt més constant.

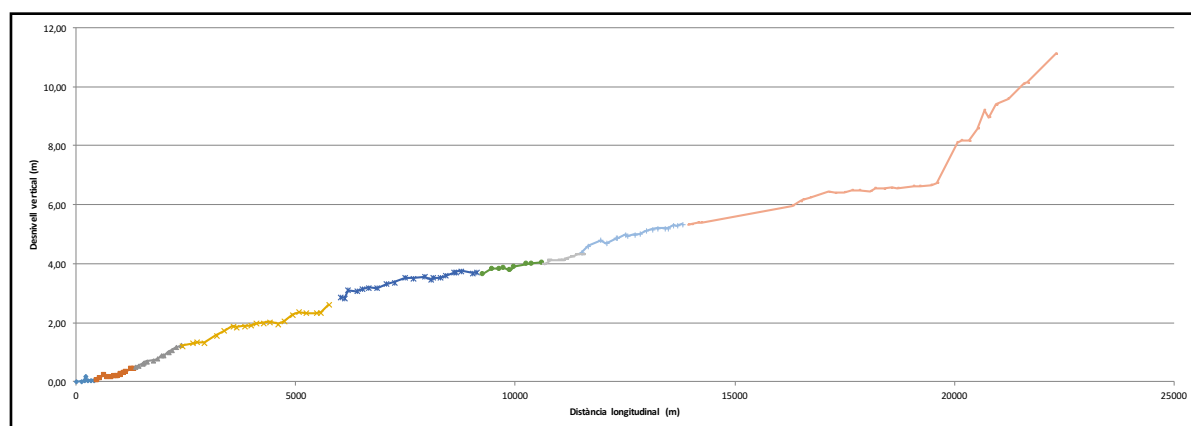


Figura 1.53. Perfil del traçat de la Sèquia de Manresa. Obtingut a partir de l'aixecament topogràfic realitzat el 2016 (Casafont Trench & Fitó Pintado, 2016).

1.6.3. Els amidaments del canal fets al llarg de la seva història

A l'entrada del carrer Puigterrà de Dalt de la ciutat de Manresa hi podem veure una placa a la façana d'una casa amb el següent text: " *A dos de març de 1680 es cana la Sèquia, que té una llargària de 19 080 canes i quatre pams de la resclosa fins aquí*". La figura 1.54 mostra l'esmentada placa, correspon a la commemoració de la mesura que van fer del

traçat longitudinal de la Sèquia en Magí Canyelles⁷¹ i en Joan Pere Corrons i que publicaren en una memòria (Alabern i Valentí & Virós i Pujolà, 2002).



Figura 1.54. Placa al carrer Puigterrà de Dalt de Manresa, commemorativa de l'acabament fet per en Magí Canyelles el 1680; restaurada el 1980 per la Junta de la Sèquia. Font: CDAHCF.

Després d'haver realitzat el canat de la Sèquia a l'any 1680, en Magí Canyelles resumeix: "Havent nombrats i sumats, com se veu tots los ponts y pontarrons que en la Cequia de la Ciutat de Manresa se han ofert fabricar, se troba que en esta sumptuosa obra se han fabricat 34 ponts i 71 pontarrons quals tirats a una sola suma venen a importar junts 105" (Canyelles 1680).

L'any 1956, com a conseqüència dels problemes derivats de la subsidència del terreny a pas de la Sèquia pel terme de Sallent, especialment en la zona del pont del Vilar, es va

71. En Magí Canyelles (Manresa, 1622 - 1685), historiador i cronista manresà. Adroguer de professió va exercir com a sotsveguer el 1651 i de conseller segon el 1653 i el 1662. La seva obra escrita més important va ser "*Descripció de la grandesa i antiquitats de la ciutat de Manresa*". A l'apartat I de la pàgina 76 es recopila i presenta més informació dels diversos treballs que Magí Canyelles féu sobre la Sèquia de Manresa.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

encarregar un nou aixecament topogràfic. Segons aquest estudi, la llargada del canal l'any 1956 era de 26 319 m, des de la resclosa fins a la seva arribada a la comporta situada a l'Agulla, lloc on el canal es partia en dos nous brançals: el de Viladordis i el del Poal.

Com que des de l'any 1956 no s'havia fet cap nou amidament de la Sèquia es va creure molt convenient fer un nou aixecament topogràfic en el marc del treball de camp d'aquesta tesi; més si es té en compte que a la segona meitat del segle XX i també durant la primera dècada del segle XXI, és quan més modificacions s'han produït del traçat del canal. Així, per exemple, hi ha tot la substitució del pont del Vilar per un sifó, la modificació del traçat i el soterrament en diversos trams, degut a l'activitat de la indústria minera de Sallent i Balsareny i també degut a la interferència de la línia de ferrocarril entre Manresa i Berga. Cal recordar que l'any 1956 encara no s'havia ni construït el llac artificial de l'Agulla⁷². També es va modificar el traçat en altres punts com a conseqüència del desenvolupament de sòl industrial, com per exemple en el cas del polígon de Santa Anna a Santpedor. Per altre costat també es va procedir a la substitució d'alguns trams de canal que donaven problemes d'estabilitat i presentaven contínues avaries, optant normalment per conduccions de formigó i soterrament en diversos punts del traçat, com és el cas de la supressió del anomenat tram del "Tomb Xic", aigües avall de l'escombrera de les mines de Sallent, com es pot apreciar a la figura 1.57 de la pàgina 155.

72. El llac artificial de l'Agulla es començà a construir l'any 1966 i entrà en servei l'any 1974.



Figura 1.55. Comparació dels aixecaments topogràfics en l'entorn de l'Agulla fets els anys 2016 (esquerra) i 1956 (dreta). Es pot observar com a l'any 1956 encara no s'havia construït el llac artificial. Font: Per la imatge de l'esquerra (Casafont Trench & Fitó Pintado, 2016), per la imatge de la dreta, CDAHCF.

Segons aquest l'últim aixecament topogràfic, fet el 2016, la llargada total del canal en l'actualitat és de 24 845 m, és a dir un total de 1474 m menys que en l'amidament de 1956. Aquesta menor longitud suposa que el canal ha patit una reducció d'un 5.6% durant aquests 60 darrers anys.

1.6.4. Les Variants del Traçat

Per analitzar les variacions hagudes en el traçat del canal comptem fonamentalment amb tres evidències: en primer lloc l'amidament realitzat per Marià Potó l'any 1866, els aixecaments topogràfics realitzats l'any 1956 i l'any 2016. Tenint present la documentació històrica es pot deduir que els plànols de Marià Potó reflecteixen el traçat original amb el que fôu concebuda l'obra durant el segle XIV. L'anàlisi comparatiu entre aquests plànols de 1866 i els obtinguts el 1956 reflecteixen que durant aquest període es pot dir que no hi va haver canvis importants en el traçat, només perceptibles en un petit tram de Balsareny i consistent en el seu soterrament, però sense modificació perceptible de la traça.

La majoria de variacions en el traçat de la Sèquia s'han produït en la segona meitat del segle XX. I aquestes si que es fan evidents si es comparen els aixecaments de 1956 i de 2016. Malgrat tot, cal partir de que aquestes variacions afecten menys de un 10% de la longitud del canal, és a dir que es manté la traça en més d'un 90% tal i com era originàriament en el segle XIV. A la figura 1.56 de la pàgina 154 es pot veure la correspondència entre la traça obtinguda a l'entorn del Mas de Sant Iscle amb els aixecaments de 1956 i de 2016.

Les variacions en el traçat més destacables són les que va caldre fer al pas del canal per Sallent a conseqüència de la subsidència del sòl. Aquest fet va fer que s'hagués de substituir per un sífó l'aqüeducte conegut com a Pont del Vilar. Sallent concentra la majoria de alteracions del traçat, sigui per la subsidència del terreny, sigui per interferència de infraestructures ferroviàries, el cert és que ja es va haver de modificar la traça que donava un ampli tomb per el casc urbà d'aquest municipi a més de soterrar-se en molts punts propers a la zona d'activitat minera.

Un altre punt on el traçat original va haver de ser abandonat és en el tram de *La Butxosa*, també conegut com el *Tomb Xic*. Aquí el canal, essent excavat originàriament de forma manual, donava tota la volta al turó, tal i com es pot apreciar a l'imatge de l'esquerra de la figura figura 1.57 de la pàgina 155, que correspon a l'aixecament topogràfic fer l'any 1956. A la imatge de la dreta de la mateixa figura es pot observar que ara el canal està inoperant en tota la corba i ha estat substituït per una canonada soterrada. En la fotografia han estat marcats els seus extrems amb senyals en forma de creu vermelles.



Figura 1.56. Comparació dels l'aixecaments topogràfics en l'entorn del Mas de Sant Iscle fets els anys 2016 (esquerra) i 1956 (dreta). Es pot observar identificar la invariabilitat de la traça. Font: Per la imatge de l'esquerra (Casafont Trench & Fitó Pintado, 2016), per la imatge de la dreta CDAHCF.



Figura 1.57. Comparativa entre el traçat original, representat encara amb l'aixecament topogràfic de l'any 1956, i el traçat actual. Les imatges corresponen al tram conegut com "el tomb xic", al sud de l'escombrera de les mines de Sallent. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font i imatge de satèl·lit obtinguda a partir de <https://www.google.es/maps/place/08650+Sallent,+Barcelona/@41.8051421,1.8886295,1165m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x12a4feb46034951b:0xc76d9559fab653f2!8m2!3d41.8271079!4d1.8922257> en data 17 de gener de 2017.

En l'actualitat la Sèquia travessa el turó a través d'una canonada de formigó. Ja a l'any 1950 es parlava de la necessitat de rectificar el punt de la Butxosa, en aquell temps es proposava fer l'actuació tot reduint el seu traçat dels 400 metres de longitud que tenia en aquell moment a 160 metres. En el mateix document⁷³ també s'esmenta la proposta de revestir amb obra de fàbrica, lloses o formigó el fons del canal en la seva totalitat, és a dir, des de la resclosa de Balsareny fins a l'Agulla.

A l'any 1958 torna a posar-se de manifest la necessitat de fer alguna actuació en el tram de la Butxosa, concretament a l'acta⁷⁴ de la Junta de la Sèquia s'esmenta que cal actuar en el *Tomb Xic* i el *Tomb Llarg*.

73. Acta amb data 6 de juliol de 1950 de la Junta de la Sèquia de Manresa.

74. Acta amb data 16 d'octubre de 1958 de la Junta de la Sèquia de Manresa.

Finalment, el 21 de maig de 1959, presentats pressupostos per les obres de remodelació del *Tomb Xic*, s'adjudica l'obra a l'empresa Casa i Gasòliba.

En una altra acta, de data 13 d'agost del mateix any 1959, es fa constar els desperfectes que els regants de la zona han ocasionat aquell estiu al canal en el tram del *Tomb Xic*.

Les obres de reforma del *Tomb Xic* acabaren l'any 1964⁷⁵, però novament l'any 1981 calgué fer una nova intervenció consistent en la col·locació d'un tub de 114 metres de longitud i de 1600 mm de diàmetre interior. En aquest cas el pressupost del projecte⁷⁶ era de 1 545 400 pessetes i les empreses contractades foren Excavacions Lluís Vilà, Formigons Mafesa i Tubs Garcam.

75. Segons consta a l'acta de la Junta de la Sèquia de Manresa amb data 17 de desembre de 1964.

76. Acta amb data 19 de novembre de 1981 de la Junta de la Sèquia de Manresa.

1.7. Influència dels factors externs al llarg de la història de la Sèquia de Manresa

En general els sistemes d'irrigació antics han perdut molt del seu caràcter original a causa de que, al llarg dels anys, han estat mantinguts i modificats constantment. L'aigua d'un canal és un element fluid, dinàmic, en moviment i això fa que amb el temps tendeixi a alterar i a modificar l'espai que l'envolta, talment com succeeix a la natura, per posar un exemple, en els cursos fluvials.

A Espanya durant el segle XVIII es van millorar bona part dels canals d'irrigació existents, essent molt difícil reconèixer les diferents parts dels segles anteriors. Tanmateix, el cas de la Sèquia de Manresa és especial ja que conserva encara avui gran part del seu aspecte medieval. Tot i que la construcció del caminet que va paral·lel al canal és més moderna en molts trams, s'ha intentat que la Sèquia es mantingui semblant a com va ser construïda en el segle XIV. Tan és així que fins fa relativament pocs anys, ens referim a mitjans del segle XX, tan el seu recorregut com les seves característiques morfològiques eren iguals a les del seu origen en la totalitat de la seva llargada.

Hi ha aspectes del canal o dels seus complements, però, que sí que han variat. Per exemple la construcció del Mòdul Hidromètric a conseqüència de l'ordre de Isabel II, de l'any 1859, en la que fixava el cabal de concessió en 1000 litres per segon, la missió del mòdul era limitar a aquesta quantitat màxima l'aigua que es deriva del riu Llobregat cap a la Sèquia de Manresa. O la incorporació successiva de bagants i de les seves casetes, inexistents en un principi. Però sens dubte, les variacions en el traçat més importants han estat degudes a la interacció amb construccions més modernes, principalment infraestructures com noves carreteres i el ferrocarril. També el naixement i desenvolupament d'una important activitat d'extracció minera en una zona per la que passa de ple el canal en bona part del seu recorregut.

Prenent com a referència l'aixecament topogràfic realitzat per en Marià Potó el 1867, hi ha destaquen diverses variacions. Alguns elements singulars actuals no apareixen en els seus plànols ni en les anotacions que va fer en la seva llibreta durant el reconeixement. Per exemple, no s'hi troba la casa de les comportes de la resclosa de Balsareny, tampoc no hi ha bagant de desguàs i el primer tram del canal és, a diferència de l'actual, descobert. La fàbrica del Molí, o fàbrica Viñas, és molt més petita que l'actual construcció i en tot el tram del Mal Pas únicament està coberta la mina d'en Roca, d'uns 105 metres de llargada.

1.7.1. Influència de l'Explotació Minera

Des de que s'inicià l'activitat de l'explotació minera, a l'any 1931, la influència d'aquesta sobre la Sèquia ha estat extraordinàriament important. D'una banda hi ha la creació de la gran muntanya artificial de sal que forma la escombrera de la mina que té més de 500 metres de llargada i a vegades no està més lluny de 5 metres del canal, amb el conseqüent perill de salinització de l'aigua que aquest transporta, veure la imatge de la figura 1.58.



Figura 1.58. Soterrament de la Sèquia quan passa pel costat de l'escombrera de les mines de Sal-lent. Font: (Casafont Trench & Fitó Pintado, 2016).

Tanmateix, aquesta afecció resulta mínima comparada amb els efectes que ha tingut per la Sèquia la subsidència del terreny.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

En un estudi fet per el geòleg Valentí Masats i Alavedra⁷⁷, presentat el 27 de març de l'any 1954, es posava de manifest que l'enfonsament del aqüeducte del Vilar⁷⁸, a Sallent, començat a detectar a partir de l'any 1944, era degut a la subsidència del terreny provocat per l'activitat minera per sota del pont, tal com després tristament també s'ha comprovat que passava en els barris veïns de l'Estació i la Rampinya de Sallent. En les conclusions de l'estudi Valentí Masachs deia:

"Son evidentes las señales de hundimiento por causa de labores mineras en las inmediaciones de las minas de Potasas Ibéricas S.A. en Sallent. A este hundimiento se debe la desnivelación observada en la Acequia de Manresa entre la calle Balmes y el cabrestante de las minas y, en consecuencia, el rebalsamiento del agua en el canal; rebalsamiento que puede haber sido causa, por excesiva presión lateral sobre el pretil de las averías que interrumpieron el suministro en 1953. La tensiones en las grietas continúan, por lo que hay que concluir que el hundimiento continúa todavía."

Certament, el fenomen de la subsidència es pot produir sempre que hi ha una perforació subterrània. Com explica Valentí Masachs, al produir-se la cavitat, els estrats geològics situats a sobre de la mateixa sofreixen una flexió deguda al pes de les capes superiors. La deformació es va propagant cap amunt fins que es tradueix en un descens de la superfície del terreny, aquest descens en el cas de la zona de Sallent ha superat els 2.5 metres, veure figura 1.59.

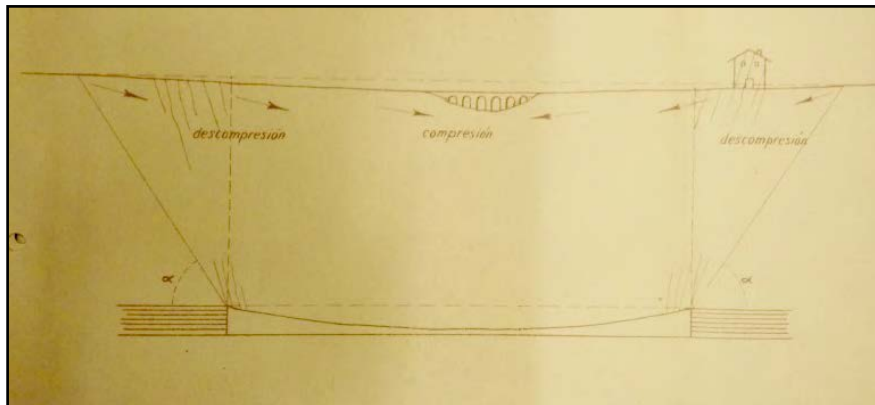


Figura 1.59. Croquis explicatiu dels efectes de la subsidència sobre el pont del Vilar fet pel geòleg Valentí Masachs el 1954. Font: CDAHCF.

77. Valentí Masachs i Alavedra (Manresa, 1915 - Manresa, 1980) era doctor en geologia i catedràtic de l'IES Lluís de Peguera de Manresa. Fou el primer president del Grup Autònom de Manresa de la Institució Catalana d'Història Natural. El Museu de Geologia V. M. de l'Escola Politècnica Superior de Manresa i un carrer de la ciutat porten el seu nom.

78. Veure l'apartat III.iii a la pàgina 125.

Però abans d'arribar a aquestes conclusions va passar un temps en el que es van formular moltes conjectures i especulacions. A continuació es fa un relat dels esdeveniments que van provocar molta preocupació entre els administradors de la Sèquia, les autoritats i tots els seus usuaris.

Els primers indicis que alerten dels problemes comencen el març de 1950 quan cal intervenir per revestir aigües avall del torrent Soldevila, tal i com és ordenat⁷⁹ per la *Comision inspectora de la salinidad de las aguas del rio Llobregat* per evitar les moltes filtracions que travessen l'escombrera i augmenten la salinitat del riu. Els treballs són finançats per la Junta de la Sèquia i l'empresa Potasas Ibericas hi participa fent-se càrrec del 30% del cost total.

Molt poc temps després d'aquesta actuació, el 6 de juliol de 1950 es presenta una ponència⁸⁰ de 6 persones que va ser encarregada per la Junta General de la Sèquia de Manresa per tal d'examinar les pèrdues d'aigua i desprendiments que es continuen produint, en el text es diu:

"Se hace necesario reparar definitivamente el trozo de canal comprendido desde la caseta del guarda de Vilafruns hasta el lugar sito frente a la fabrica Viñas y regularizar los desniveles considerabilísimos que existen en el canal desde el punto denominado pont del Vilar y el Mas de las Covas, efectuando los trabajos necesarios ya que dichos desniveles impiden el curso normal del agua en el canal."

En el mateix dictamen s'atribueixen les causes al fet de que no s'ha fet cap obra en el canal des de l'any 1383 "a excepción de las efectuadas recientemente en el Tosal de la Rampinya de Sallent, para la higiene y salubridad de las aguas, y el revestimiento de hormigón efectuado desde la salida del viaducto de Soldevila a los cables de Potasas Ibéricas de Sallent".

El 19 de març de 1951 es produeix una gran avaria entre el Pont del Vilar i el pont de Soldevila. Es fa una important actuació d'urgència consistent en el revestiment mitjançant

79. Segons consta en l'acta del dia 26 de març de 1950 de la Junta de la Sèquia de Manresa.

80. Documentat a l'acta del dia 6 de juliol de 1950.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

formigó de un tram de 325 metres des de la sortida, amb anivellació del pis i reparacions dels diferents llocs que presenten ruptures i filtracions.

El dia 11 de maig de 1952 es celebra Junta General de la Sèquia de Manresa, en ella sorgeixen moltes opinions respecte els motius que provoquen tantes avaries. Un dels assistents expressa la seva opinió de que el problema és l'acumulació de fang i el responsable de la neteja diu que aquest any havien fet l'escura, tot traient el fang, i que s'havia hagut de baixar 74 cm per arribar a les fites de nivell que hi ha al fons del canal. Un altre regant, el Sr. Martí, diu que el problema és que tot el tram a partir del Pont del Vilar s'enfonsa per culpa de les mines del subsòl; un testimoni explica que l'Alcalde-President va afirmar que això no era possible i que tot plegat es tractava de contes vora del foc.

Tanmateix, poc temps després es decidí encarregar al Sr. Fernando Cabestany Mendez-Vigo, funcionari del departament d'Obres Públiques de la Diputació de Barcelona, a fi de que presenti un pressupost de despeses per a la realització de la anivellació i plànol total del canal de la Sèquia. Segons consta en l'acta de la Junta de la Sèquia de data 22 de març de 1953, el tècnic cobrarà 1500 pessetes per quilòmetre del recorregut del canal, amb totes les despeses incloses, a excepció de dos peons necessaris pel seu treball.

Justament el dia 10 de maig es produeix una altra important avaria en l'aqüeducte del Vilar, a la que es fa front ordenant reparar-la provisionalment amb un canal de fusta i 4 canonades d'Uralita de 45 cm i una de ferro de 30 cm cedida per Potasas Ibericas SA.

El mateix mes de maig s'encarrega⁸¹ un estudi del estintolament de l'aqüeducte del Vilar a l'enginyer Jaume Mas i Giribert per a estudiar la solució definitiva que haurà de efectuar-se els mesos de Octubre i Novembre.

Durant el mes de juliol es fa procedir a fer un estintolament provisional amb tirants de ferro i plaques de fosa. Al mateix temps s'encarreguen a l'enginyer Jaume Mas l'estudi de dues possibles solucions. Una primera solució es plantejava mitjançant la construcció d'un nou canal obert i la segona opció que es plantejava era fer-ho mitjançant canonades forçades.

El mes d'octubre del mateix 1953 s'aprova el projecte de reparació del Pont del Vilar amb la solució del canal obert. Aquesta és l'opció adoptada per ser la més fiable i reunir segons es diu en l'informe tècnic les condicions necessàries de solidesa i duració. Al mateix temps s'acorda publicar l'anunci en el diari Manresa, notificant a les empreses constructores i empresaris del tram de construcció que poden formular proposicions per a l'execució de l'obra. Es dona de termini fins el mes de novembre.

81. Acta de data 29 de maig de 1953 de la Junta de la Sèquia de Manresa.

Justament, el mateix mes de novembre, el Sr. Cabestany fa lliurament⁸² dels plànols generals de la Sèquia a escales 1:5000 i 1:2000; amb el seu perfil longitudinal a més del plànol de la relació i situació de totes les referències d'anivellació, així com tots els antecedents, dades i llibretes de camp utilitzats per l'aixecament dels esmentats plànols. En l'informe es diu:

"El perfil longitudinal de la Acequia da como resultado de su examen que el canal en el tramo comprendido entre el pueblo de Sallent y las Minas de potasa del mismo termino y concretamente en el punto donde se halla situado el Pont del Vilar ha sufrido un descenso de nivel completamente singular por su importancia por lo que puede temerse que haya sido motivado por un movimiento del terreno en que se halla situado y por lo tanto sería conveniente un informe geológico para poder conocer en lo posible las causas de dicha anomalía con el fin de prevenir las posibles consecuencias."

Finalment es va fer l'encàrrec "al Dr. Valentí Masachs i Alavedra, manresà, insigne Catedràtic de Geologia, la redacció d'un informe o dictamen sobre les causes de la baixada de nivell del canal en dit tram, així com l'època o data en que dita baixada es va poder produir" segons consta en l'acta de data 17 de desembre de 1953. Tan bon punt és presentat l'informe Masachs que deixa clares les causes del problema plantejat es formula requeriment i demanda contra Potasas Ibéricas de Sallent per part de la Junta de la Sèquia de Manresa.

Davant les evidències l'enginyer director de les Mines de Potasa de Sallent, Sr. Durán proposa el mes de febrer de 1954 una solució amistosa, segons consta en l'acta del dia 25 de febrer de 1954. Així el 6 de maig es celebra⁸³ l'acte de conciliació en mèrits de la demanda formulada contra Potasas Ibéricas de Sallent.

En el mes de juny de l'any 1955, es va encarregar un projecte de nou traçat del canal per la zona afectada⁸⁴, tenint en compte el descens del terreny, a l'enginyer de la *Confederación Hidrográfica del Pirineo Oriental* D. Juan Maria Compte Guinovart. El Sr. Compte era l'enginyer de la presa de Sant Pons, que aleshores estava en fase de construcció i que més endavant seria el Director del projecte de la portada d'aigües del Ter a Barcelona.

82. Acta de data 25 de novembre de 1953 de la Junta de la Sèquia de Manresa.

83. Acta del dia 20 de maig de 1954 de la Junta de la Sèquia de Manresa.

84. Acta del dia 16 de juny 1955 de la Junta de la Sèquia de Manresa.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

Malgrat tot, les negociacions amb l'empresa minera s'eternitzen. A la Junta de la Sèquia hi ha una intervenció per passar el tema a les “*Autoridades Gobernantes competentes*”. Moció signada per 6 vocals per a que s'elevi a l'Autoritat el tema del Pont del Vilar. Membres de la Junta van fer una visita al Governador Civil per exposar el problema i tornen amb el compromís d'aquest que es fa càrrec del tema⁸⁵. S'acorda també passa-lo a la Junta d'Aigües Potables i a l'Ajuntament manresà, com consta a l'acta de la Junta de la Sèquia del dia 20 de desembre de 1955.

I a l'abril de l'any següent es va presentar el primer projecte de la variant de la Sèquia a Sallent. Aquest anava signat per l'enginyer de camins D. Juan Ripoll Gomez. El projecte estava redactat sobre la base de la supressió del Pont del Vilar i la idea de construir un túnel a partir de La Rampinya fins al torrent Soldevila, així mateix com un nou túnel des d'aquest torrent fins al cable de les Mines. Es dóna trasllat del projecte a Potasas Ibéricas S.A, d'acord amb l'acta de data 19 d'abril de 1956 de la Junta de la Sèquia de Manresa.

El mes de març de l'any 1957, el projecte basat en túnels de l'enginyer Sr. Ripoll es desestima per l'empresa Potasas Ibéricas S.A. d'acord amb el temor de que el canal projectat al ser subterrani podria presentar ruptures en molts punts de difícil o quasi bé impossible solució. L'empresa es compromet a formular un nou projecte pel dia 28 de març que inclourà un nou pont que substituirà al del Vilar, segons consta en l'acta de la Junta de la Sèquia del dia 14 de març de l'any 1957.

Durant tot aquest període de negociacions, de recerca de solucions i d'elaboració de projectes es seguien esdevenint contínues avaries que s'afrontaven amb reparacions provisionals, en aquest sentit el 23 de maig de 1957 es fa una valoració de les despeses acumulades per fer front als problemes derivats de l'enfonsament de tota la zona afectada de subsidència.

L'objectiu que es buscava era tenir quantificats econòmicament el danys per cursar una reclamació contra l'empresa Potasas Ibéricas S.A. per danys i perjudicis, la relació s'exposa a la taula 1.7, l'import acumulat ascendia a 1 214 972.69 pessetes.

85. Acta del dia 17 de desembre de 1955 de la Junta de la Sèquia de Manresa.

Taula 1.7. Relació de despeses efectuades per la Junta de la Sèquia a causa de la subsideïcia de Sallent. Font: A CDAHCF

Any	Despeses ocasionades objecte de reclamació	Import (pessetes)
1951	Obres reparació prop del Pont del Vilar	320 836.55
1951	Al contractista Domingo Vilaseca per reparacions al Pont del Vilar	50 000.00
1952	A Potasas Ibéricas S.A. per obres realitzades prop del Pont del Vilar	128 062.79
1952	Al contractista Domingo Vilaseca per reparació al Pont del Vilar	38 379.10
1953	Reparació provisional Pont del Vilar	50 932.40
1953	A Iscle Selga per canonades provisionals	40 829.30
1953	A Domingo Vilaseca per reparació provisional Pont del Vilar	97 067.90
1953	A l'enginyer Jaume Mas per honoraris	12 500.00
1953	A fusteria Puigdelívol per construcció d'un canal de fusta	53 801.00
1953	A Potasas Ibéricas per reparació provisional del Pont del Vilar	36 124.10
1954	A Construccions Serch per reparació Pont del Vilar	125 000.00
1954	Al Dr. Valentí Masachs pel dictamen sobre l'enfonsament	5,000.00
1954	A l'enginyer Jaume Mas per honoraris	10 000.00
1954	Despeses vàries per reparació del Pont del Vilar	1 150.25
1955	A Construccions Serch per reparació Pont del Vilar	157 433.85
1955	A l'enginyer Jaume Mas per resta honoraris projecte	9 788.05
1955	A Material Selga per ciment	12 000.00
1955	Honoraris Sr. Arderiu a compte judici contra Potasas Ibéricas S.A.	3 000.00
1955	Al Sr. Cabestany per honoraris treballs topogràfics	1 300.00
1956	A Construccions Serch per remanent factures anteriors	20 000.00
1956	A Materials Selga per ciment	20 667.50
1956	A Sr. Cabestany per honoraris anivellacions	1 100.00
1956	A l'enginyer Sr. Ripoll a compte projecte nou traçat	20 000.00
	Total	1 214 972.69

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

El judici promogut per la Junta de la Sèquia es suspèn a l'espera de poder arribar a una transacció amb l'empresa tal i com es reflecteix en el següent document:

“El examen de la liquidación que ha sido practicada nos muestra de manera perfecta que debido a la rotura del ‘Pont del Vilar’ acaecida el día 10 de mayo de 1953 y a la subsidencia del terreno provocada por las labores mineras de Sallent, el importe de los ingresos del reparto extraordinario tuvieron que ser destinados en su casi totalidad a la reparación del citado puente y a todas aquellas obras necesarias para poder mantener el paso del agua por la zona de Sallent, afectada por el hundimiento y por tanto la Junta de la Acequia tiene derecho a resarcirse de ‘Potasas Ibericas S.A.’, como indemnización de daños y perjuicios de la cantidad que ya ha sido especificada, objeto de la reclamación, para lo cual se promovió en su día la oportuna demanda contra la sociedad meritada ante el Juzgado de Primera Instancia de Manresa, que motivó el juicio que se halla en el día de hoy en estado de suspensión en espera de poder llegar con ‘Potasas Ibéricas S.A.’ a una transacción.”.

Finalment s'arriba a una transacció amb les següents bases:

- a. Solució immediata i de caràcter urgent del pas sobre el torrent Soldevila, mitjançant la construcció d'un nou aqüeducte o sifó, per la conducció d'un cabal d'aigua de 2000 l/seg.
- b. Obligació de mantenir en l'actualitat i en el successiu el subministrament en la zona afectada per l'explotació de les mines, mitjançant l'actual o altre canal capaç per 1000 l/seg. i que al cessar els moviments, les reparacions efectuades o els traçats nous que hagin pogut efectuar-se, representin una obra de duració definitiva o per temps indefinit, tot això a dictamen de tres perits.
- c. Satisfer a la Sèquia de Manresa la quantitat de 80 0000 pessetes en concepte d'indemnització dels danys i perjudicis ocasionats, en la forma i terminis que s'estipulin.

La Junta Directiva de la Sèquia de Manresa aprova la transacció el 8 d'agost de 1957 i el 20 de març de 1958 es faculta al Sr. Alcalde – Presidente D. Josep Moll Vall per a què atorgui el contracte de transacció amb 'Potasas Ibéricas S.A.', a més de comparèixer davant del Jutjat de Primera Instància i ratificar-se en el desistiment del judici pendent.

El mes de novembre de l'any 1958 es presenta un Projecte de sifó com a solució al problema de l'enfonsament. Immediatament van a iniciar-se els treballs de construcció del sifó i de la desviació del canal en el sector que s'inicia a la Rampinya, en el carrer Sallent.

La desviació del canal en aquest punt té una afectació al terreny propietat del Sr. Masana, segons queda recollit en l'acta del dia 13 de novembre de 1958.

L'obra va ésser executada per l'empresa Entrecanales y Tabora S.A. i el dia 30 d'octubre de 1959 es celebra la inauguració del sifó, aquest entra en servei i l'aigua deixa de passar per l'aqüeducte del Vilar.

La subsidència però, progressa ràpidament. El desembre de l'any 1960 el Tom de Soldevila ha baixat 60 cm des del moment de la transacció amb Potasas. Continuen els problemes detectats en el tram de Sallent.

D'altra banda es fan anivellacions a Balsareny, en el sector de les mines amb la finalitat de comprovar si existeixen subsidències del terreny com en el cas de Sallent, els resultats obtinguts són negatius.

També es confirma que en el sifó del Vilar el terreny ja no s'enfonsa, degut a l'estabilització de la subsidència. Tanmateix si que es detecta un augment de la mateixa aigües amunt, en direcció cap a Balsareny. Al mateix temps es verifica que hi ha una disminució del cabal que arriba a l'Agulla, això provoca una gran preocupació.

El 9 de març de 1961 s'encarreguen aforaments de precisió en el canal per saber l'aigua que arriba a Manresa a D. Fernando G. Granda, funcionari de la Comisaria de aguas del Pirineo Oriental.

El setembre de 1961 es rep el projecte definitiu de la variant de Sallent. Es presenten al concurs dues empreses, Josep Escolà i Construccions Junyent. Donada la poca diferència de pressupost, s'acorda adjudicar conjuntament per un import de 262.293,73 pessetes. L'excavació s'adjudica a Explotacions Agrícoles Cots a 21,50 ptes/m³, que després del regateig queden en 21 ptes/m³. Són les obres de la primera fase, amb l'acord de que l'empresa Potasas Ibéricas pagarà el 60% del cost total de l'obra i la Junta el 40%.

Les mesures que s'obtenen en anys posteriors verifiquen que el problema es va desplaçant aigües amunt. A l'any 1975 es troba que a la zona de Sallent i a Vilafruns, que més endavant explotaria la companya Unión de Explosivos Rio Tinto S.A., la subsidència és greu i cal afrontar el problema amb urgència.

Al mes de març de l'any 1976 la Junta de la Sèquia emet un comunicat a Unión de Explosivos Riotinto S.A. (UERSA) per a que presenti un avantprojecte per solucionar el problema provocat per les excavacions mineres a Sallent i Balsareny. Al setembre del mateix any, s'envia un nou escrit a l'empresa UERSA. reclamant danys i perjudicis i proposant unes noves bases de negociació entre l'empresa UERSA i la Junta de la Sèquia. Malgrat tot, les relacions entre la Junta de la Sèquia i UERSA no són dolentes i al novembre de 1976 la Junta dona permís a UERSA per la colocació de la cinta transportadora de

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

residus a la nova escombrera, havent-se de cobrir 25 m del canal per evitar qualsevol tipus de contaminació, tal i com consta en l'acta del dia 16 de novembre de l'any 1976.

L'any 1977, l'enginyer Josep Alabern elabora un informe sobre el projecte del desviament del canal a Vilafruns. amb un pressupost de 4 300 000 ptes. El projecte s'adjudica a l'empresa de Carlos Tarruella Vilardosa, qui va ser constructor del nou paviment de la Carretera de Vic, a la ciutat de Manresa. S'acorda que l'obra vagi a càrrec, en la seva totalitat, de UERSA.

El mes de novembre de 1977, un cop ja acabades les obres del sector de Vilafruns, es comença la redacció del projecte del tram aigües amunt de la cruïlla de la carretera, que també es trobava molt afectat ja per la subsidència. També es nomena una comissió tècnica formada per representants i tècnics de la Junta de la Sèquia i de UERSA. Al mes de juliol de 1978 la Junta de la Sèquia aprova l'esborrany del dictamen i s'acorda trametre'l a UERSA⁸⁶.

Pel que fa a la reclamació de danys i perjudicis, l'empresa UERSA fa una oferta limitada a 9 milions de pessetes, davant d'això la Junta de la Sèquia acorda continuar la negociació sense perjudici de fer arribar a la opinió pública una àmplia informació sobre el tema per pressionar a l'empresa.

El dia 21 de gener de 1980 la Junta de la Sèquia acorda fixar en una quantitat mínima de 15 milions de pessetes la compensació requerida pels danys i perjudicis causats. En aquest sentit es realitza una trobada el 24 d'abril entre la Junta de la Sèquia i UERSA que va acabar sense acord, amb la ruptura de les negociacions, al no ser acceptada una xifra superior als 9 milions de pessetes. Els interlocutors de l'empresa van ser els advocats de la seu de la companyia a Madrid, i es mostraren molt poc sensibles. Tanmateix, uns dies després hi hagué la visita personal del Director de les Mines, el Sr. Santiago Ramos al Alcalde de Manresa, en aquesta reunió es va comprometre a acceptar la xifra proposada per l'entitat, de 15 milions de pessetes.

Finalment el dia 1 de juliol de 1980 es signà l'acord amb UERSA per el qual l'empresa es compromet a fer efectius els 15 milions de pessetes, amb el següent desglossament:

- a. Una suma de 1 200 000 ptes., per l'obra que es vol fer a la secció 1 de l'esmentat pressupost i que consisteix en la construcció d'una secció de canal nou.
- b. Una suma de 1 100 000 ptes., per l'obra prevista a la secció 2 i que consisteix en la col·locació de canonades de formigó armat en el pas del torrent del Bagant.

86. Acta del dia 17 de juliol de l'any 1978 de la Junta de la Sèquia.

- c. Una suma de 7 100 000 ptes. per a l'obra situada en la secció 3, actualment cobert amb una volta, l'obra consistirà en el seu enderrocament, col·locació de graves, la construcció de nova solera, el recreixement de les parets de formigó i tornar a cobrir el canal amb lloses prefabricades de formigó.
- d. Una suma de 1 200 000 pessetes per l'obra de la secció 4 de l'esmentat pressupost, situada aigües amunt del sifó del Vilar, obra que consisteix en un nou canal format per caixers de blocs de formigó.
- e. Una suma de 1 400 000 ptes. per a la secció 5 que es a aigües avall del sifó del Vilar, on l'obra a realitzar és de característiques anàlogues a l'apartat anterior.

L'acord signat contempla executar les obres en dues fases. La primera s'iniciaria l' 1 d'octubre de 1980 fins el 30 de març de 1981. La segona fase es portaria a terme en la mateixa època de l'any següent. La llargada total de l'actuació s'estableix en una longitud de 1200 metres. S'encarrega el moviment de terres a l'empresa Excavaciones Luis Vilá. En el tram 3 es col·loquen plaques prefabricades de Modulbeton S.A. de 2 metres de llum i 5000 kg de sobrecàrrega. Al març de l'any 1981 està completament acabat el tercer tram i el quart ja està a punt d'acabar-se.

A causa de les obres que la Generalitat ha d'executar a la zona per l'afectació de la carretera i del ferrocarril no es pot acabar l'obra de Sallent afectada per l'empresa UERSA doncs en aquell moment es desconeix la traça de la construcció de l'esmentat tram de la línia de ferrocarril més amunt de Sallent.

D'altra banda, el 17 de setembre de 1982 es presenta un pla d'obres per tal de possibilitar un augment de cabal donada les evidències de dificultats en la circulació de l'aigua. S'observa que el tram del canal entre l'escombrera de les mines i el nou traçat del ferrocarril es troba en molt mal estat.

El mes de gener de l'any 1983 es torna a parlar de la subsidència per haver-se detectat nous problemes en un tram junt a les mines de Balsareny. L'any 2002 es va construir un nou sifó en l'aqüeducte de Conangla, repetint la mateixa operació que es va fer el seu dia en l'aqüeducte del Vilar.

1.7.2. Influència de la línia de Ferrocarril de Manresa a Guardiola de Berguedà

El Ferrocarril Econòmic de Manresa a Berga va ser construït a l'any 1885, seguint paral·lelament el traçat de la mateixa carretera que unia ambdues poblacions. El motiu fonamental de la seva construcció era que servís per al transport del carbó extret de les mines de Fígols, Cercs, Saldes i Guardiola de Berguedà.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

Aquesta línia de tren coincidia amb la Sèquia de Manresa al seu pas per Sallent i altre cop en a Balsareny, concretament en el tram anomenat Balç de Balsareny. Just en aquest últim tram, el canal discorria situat al costa de la carretera de Manresa a Berga, molt a prop de la fàbrica de D. Ricardo Viñas Coma.

L'any 1919 s'agruparen les tres companyies de ferrocarrils existents en aquell moment: Camins de Ferro del Nord-est d'Espanya (línia entre Martorell i Barcelona); Ferrocarril Central Català (línia entre Martorell i Igualada) i Ferrocarril Econòmic de Manresa a Berga (línia entre Manresa, Berga i Guardiola de Berguedà) i formaren la *Companyia General del Catalans*.

Aquesta línia va fer l'últim viatge entre Manresa i Berga el 30 de juny de 1973, però restà operativa la línia per a transport de mercaderies, les sals potàssiques, en el tram des de Sallent a Manresa. L'any 1976 l'empresa va fer fallida i requerí l'intervenció de l'Estat que en va fer l'explotació provisional. El 5 de setembre de 1979 el restaurat Parlament de Catalunya va aprovar la creació de l'empresa pública Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya que va assumir la gestió de les línies del Llobregat i del Vallés.

Per fer-nos una idea dels problemes que va causar la construcció i explotació de la línia de ferrocarril podem, gràcies a les actes de la Junta de la Sèquia de Manresa, construir el relat d'un dels episodis en el que a causa d'una avaria es posà en risc el subministrament d'aigua a la ciutat de Manresa. Els documents també posen de manifest la dificultat de trobar una solució a l'assumpte, no únicament per qüestions tècniques, sinó també per la lentitud de la burocràcia.

L'any 1929 es va realitzar una modificació en el traçat de les vies. Existeix una acta⁸⁷ signada pel *Ingeniero de la Jefatura de Obras Públicas*, el *Ingeniero de la Segunda División de Ferrocarriles* i el vocal de la Junta de la Sèquia delegat per aquest assumpte, amb data 14 de novembre de 1929, en la que es diu "ningún perjuicio podría ocasionar la instalación de la línea del ferrocarril". Tanmateix, al cap de pocs dies es produeix un enfonsament parcial del túnel per on discorria la Sèquia, just sota les vies del tren.

A l'arbil de 1930 es diu: "En cuanto al hundimiento de parte del túnel sito cerca de la fábrica de D. Ricardo Viñas de Balsareny a consecuencia de haberse puesto encima de dicho túnel la vía del ferrocarril de Manresa a Berga, la cual han vuelto a desviar, se acuerda que antes de proceder a la reclamación se ponga personalmente en conocimiento del Gobernador Civil de la Provincia".

87. Acta de la Junta de la Sèquia de Manresa de data 14 de novembre de 1929.

Quan a l'entrevista amb el *Gobernador Civil* es recull en un acta⁸⁸: " El Ingeniero Jefe de Obras Públicas contestó que no les afectaba el asunto pero que si se presentaba un presupuesto no tendría ningún inconveniente en trasladarlo a la Compañía General de Ferrocarriles Catalanes".

Sembla que els apuntaments fets sobre el calaix del canal per aguantar la volta, i poder desviar les vies, reduïen considerablement el pas de l'aigua. Es proposa substituir tot l'estintolament fet amb fustes per bigues de ferro travesseres.

Davant del temor que s'impossibiliti el regadiu i afecti a població i indústria s'acorda tornar a visitar al *Gobernador Civil*. Tanmateix un dels vocals de la Junta expressa⁸⁹ el seu escepticisme votant en contra tot al·legant: "Se sabe que cuando se tiene que acudir a Oficinas Públicas se pierde el tiempo y es de necesidad ineludible resolver inmediatamente que la sección del túnel no quede tan considerablemente reducida".

A meitat del mes de juny el *Gobernador* encara no ha contestat, s'acorda que el dia 16 es personaran al lloc representants de la Junta amb els tècnics i un notari per aixecar acta notarial.

Disset mesos més tard, a l'octubre de 1931, es cursa⁹⁰ rebut de la carta enviada per l'enginyer d'*Obras Públicas* en la que manifesta que té assignada la quantitat de 10.000 pessetes per destinar-la a la reparació de la mina i que en el moment en que la Junta de la Sèquia tanqui l'aigua es podrà iniciar l'obra.

Hi ha constància d'altres episodis d'averies, desprendiments i enfonsaments en el tram proper a la via del tren. Concretament a l'octubre de 1957 apareixen nous problemes al túnel per sobre del qual passa el tren. El setembre de l'any següent, el 1958, la companyia ferroviària comunica⁹¹ a la Junta de la Sèquia que té avançades les obres que permetran la independització de l'explanació del ferrocarril i el canal.

El 2 de maig de 1972 s'acaba l'explotació de la línia de ferrocarril entre Manresa i Guardiola de Berguedà, es procedeix a la retirada de les vies. En aquell indret, en el Balç de Balsareny, la Sèquia queda lliure de la pressió de la línia del ferrocarril.

L'altre punt de incidència entre el tren i la Sèquia el trobem a Sallent. L'any 1982 es projecta un nou traçat per a la línia que porta les sals potàssiques de les mines dels

88. Acta de la Junta de la Sèquia de Manresa de data 15 de maig de 1930.

89. Acta de la Junta de la Sèquia de Manresa de data 20 de maig de 1930.

90. Acta de la Junta de la Sèquia de Manresa de data 31 d'octubre de 1931.

91. Acta de la Junta de la Sèquia de Manresa de data 11 de setembre de 1958.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya, entre Santpedor i Sallent. L'obra afectarà uns 2 quilòmetres de canal. Durant un període es redacten varies alternatives en el traçat.

Finalment al gener de 1983 s'aprova el projecte que recull⁹² totes les indicacions que la Junta de la Sèquia va fer arribar a la Direcció General de Transports de la Generalitat. D'acord amb aquest projecte, el canal discorrerà allunyant-se de l'escombrera, per l'altra banda de la plataforma de vies.

92. Actes de data 15 de novembre de 1982 i de 17 de gener de 1983 de la Junta de la Sèquia de Manresa.

1.8. El Manteniment de la infraestructura

1.8.1. La protecció del canal

Durant la construcció de la Sèquia es van produir nombrosos actes de sabotatge per part dels propietaris de les terres per a on havia de passar; però un cop l'aigua va entrar dins les muralles de Manresa, l'any 1383, calgué fer front al nou repte de protegir el rec davant eventuais atacs o sabotatges.

Efectivament, la Sèquia, a banda dels seus 26 quilòmetres de canalització compta amb més d'un centenar d'elements arquitectònics que poden convertir-se fàcilment en objectius vulnerables. Resulta evident que la destrucció d'una paret del canal o l'ensorrament d'un de la trentena dels seus aqüeductes o un de la setantena dels seus ponts o la pròpia mina del Mas de les Coves, podia comportar l'interrupció del servei de subministrament d'aigua cap a la ciutat. Així doncs, aviat la Sèquia es va convertir en un mitjà per a qui volgués perjudicar o extorsionar als manresans.

Les ordinacions del nou règim municipal atorgades l'any 1480 establien que un mínim de dos consellers haurien de fer una inspecció integral de la Sèquia periòdicament, cada període màxim de tres mesos, sota una pena de 10 lliures si aquesta no es portava a terme. Aquesta tasca de control periòdica comptava també amb l'ajut diari que li proporcionava la figura del sequiaire, veure l'apartat 1.8.5 de la pàgina 177.

1.8.2. La Salvaguarda Reial

La principal garantia legal que donava protecció al conjunt del canal i tots els seus elements arquitectònics va ser la Salvaguarda Reial concedida pel rei Alfons el Magnànim el 25 de setembre de 1428. Amb aquest privilegi la Sèquia quedava sota custòdia directe del monarca i dels seus oficials i qualsevol atac o amenaça contra l'aigua, el canal o els sequiaires era considerat un delict de lesa majestat, un ultratge al rei que implicava fer front a una acusació davant la jurisdicció criminal de la corona.

La ciutat de Manresa, a banda de l'utilització del seu sometent, necessitava d'aquesta manifestació expressa per a fer complir i respectar les ordenances a tothom, manresans i forasters, respecte a l'ús i control de l'aigua i respectar les atribucions del sequiaire. Amb la

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

custòdia reial s'assegurava que els oficials reials i la justícia es posessin al seu costat en la tasca de protegir la integritat i bon funcionament del canal.

Donada les garanties atorgades per la salvaguarda reial pel que fa a la seguretat de la Sèquia, la ciutat de Manresa va vetllar per actualitzar i ratificar aquesta salvaguarda cada cop que es creia necessari renovar-ne el compromís.

La primera d'aquestes ratificacions va ser obtinguda l'any 1472, quan en el document de capitulació⁹³ de Manresa davant de Joan II on es demanava la salvaguarda i protecció reial de la Sèquia en els mateixos termes d'abans de la Guerra Civil Catalana. Un nou privilegi de confirmació de la Salvaguarda Reial fou atorgat pel rei Carles I de Castella i Aragó a través del lloctinent general de Catalunya Frederic de Portugal el 20 de desembre de 1529.

Quatre anys més tard, el 17 de desembre de 1533, el síndic de Manresa Salvador Ferrer enviat a les corts de Montsó aprofità l'ocasió per formular de nou la petició al rei perquè aquest confirmés i renovés la declaració de protecció i salvaguarda reial de la Sèquia, a la qual el rei accedí amb l'expressió *plau a sa majestat*. L'any 1541 s'obtingué de nou la salvaguarda del rei Carles V.

El 22 d'agost de 1551 el lloctinent general del Principat de Catalunya Juan Fernández Manrique de Lara, atorgava en nom del rei Carles de Castella i Aragó, un nou privilegi de salvaguarda per la protecció de la Sèquia i de tots els elements que la formaven i l'envoltaven, incloent la resclosa, els aqüeductes, ponts, mines, bagants, etc., i de tota la gent que en tenia cura, consellers, sequiaires i els treballadors que en feien el manteniment. S'especificava en el document que els oficials reials havien de fer complir i respectar aquesta ordre sota pena de 1000 florins d'or a qui gosés infligir-la.

El 29 de novembre de 1585 el rei Felip II va accedir a la petició presentada pel notari de Manresa Antic Sala actuant com a síndic de la ciutat i va renovar el privilegi. Aquest va ser ratificat pel marquès d'Aguilar en nom del rei el 7 de desembre de 1585. En el document s'especifica la facultat de poder penar als usurpadors de l'aigua de la Sèquia i als damnificadors de la mateixa fins una quantitat de cinc-cents sous.

En anys posteriors i fins el 1589 es va fer publicitat de la salvaguarda, pregonant-la i col·locant penons i fites amb l'escut de la ciutat de Manresa per tot el recorregut de la Sèquia. Així ho certifica, per exemple, un testimoni d'escriptura pública en el que consta que el 23 de març de 1589 es col·locaren les armes reials en la resclosa i en altres punts diversos de la Sèquia de Manresa, en virtut de les lletres expedides ad hoc per l'Audència de Barcelona el 12 de setembre de 1587. O bé un altre document en el que es deixa

93. Per a més informació sobre els termes de la capitulació de Manresa de l'any 1472 pel que fa referència a la Sèquia veure la pàgina 174.

constància del pregó de la Salvaguarda Reial efectuat a la Plaça Major de Manresa el 18 d'agost de 1597.

Novament el 1599, coincidint amb la celebració de corts a Barcelona, es va renovar la concessió del privilegi pel rei Felip II. En aquest cas el document parla de sancions de trenta lliures a qui usurpi l'aigua de la Sèquia o la damnifiqui.

L'any 1817 es va publicar i fixar un exemplar imprès del edicte de la salvaguarda reial a les viles de Santpedor, Sallent, Balsareny, Sant Fruitós de Bages i Sant Iscle.

1.8.3. La repercussió de la Guerra Civil Catalana (1462-1472)

Durant la Guerra Civil Catalana⁹⁴ del segle XV la comarca del Bages patí el saqueig i rampinya per part de les tropes, concretament durant la primera meitat de l'any 1466 Manresa es va veure afectada per les incursions que diversos grups de l'exèrcit de Joan II van fer al voltant de la ciutat. Al mateix temps freqüentaven els actes de sabotatge de infiltrats partidaris de Joan II que volien perjudicar i debilitar els interessos del nou rei escollit per la Generalitat, Pere de Portugal.

Les mesures exposades anteriorment en els apartats 1.8.1 i 1.8.2 van ser adoptades per garantir la integritat de la Sèquia en tota la seva extensió enfront dels eventuais actes de sabotatge o de rebel·lió que podien protagonitzar aquells que discrepaven de les ordenances, es sentien perjudicats o simplement volien fer mal a la ciutat. Però davant de situacions de confrontació amb exèrcits totes aquestes mesures resultaven inútils.

Marc Torras i Serra apunta que deuria ser durant aquest temps que partidaris de Joan o bé el seu mateix exèrcit va destruir la Sèquia per diversos punts quedant el subministre d'aigua totalment interromput, impossibilitant el rec de l'horta manresana i dificultant encara més la subsistència de la població al llarg de tot el que quedava de guerra (Torras i Serra 2002).

Un cop finalitzada la guerra, a l'any 1472, la Sèquia encara estava tallada i devastada en diversos llocs, tal i com es posa de manifest en els pactes de la capitulació signats davant de l'arquebisbe de Saragossa, Joan d'Aragó, fill del mateix Joan II i lloctinent general seu.

En els documents s'hi fa constar per part dels síndics manresans la petició adreçada al lloctinent de Joan II de que durant els propers quatre anys Manresa pogués rebre tots els

94. La Guerra Civil Catalana (1462-1472) va ser l'enfrontament armat entre Joan II d'Aragó i els remences d'una part i les institucions catalanes (Generalitat i Consell de Cent) per l'altra pel control del Principat de Catalunya. Va ser el primer conflicte a Catalunya on es va fer un ús generalitzat de les armes de foc i el pas de tàctiques militars medievals a tàctiques militars modernes.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

delmes que Sant Pere de Vic⁹⁵ rebia a la ciutat i tots els delmes i les rendes que qualsevol foraster, persona o institució, pogués rebre sobre la ciutat i sobre els ciutadans amb l'objectiu de poder destinar aquests recursos per a les obres de reparació de la Sèquia. Els pactes de capitulació recullen la importància que se li dona a la Sèquia de Manresa qualificant-la de *joyell*⁹⁶ de la ciutat.

Tal i com explica Marc Torras i Serra (Torras i Serra 2002), un cop finalitzada la guerra tothom tenia molt assumida la importància estratègica de la Sèquia per a la supervivència de la ciutat de Manresa en el futur.

Precisament per això encara trobem, en un altre capítol del mateix document de capitulació, com es fa referència a un temor latent en aquells moments per part dels síndics manresans. Ara ens referim concretament al text en el que s'explica que la Sèquia ja porta tallada set anys per culpa dels atacs que havia rebut a l'inici de la guerra i per l'acció conjunta de les tempestes i altres actes vandàlics i espolis ocorreguts al llarg d'aquest temps d'abandó en el que havia caigut i que, a causa de la mateixa guerra, encara no s'havien pogut reparar. Continuen recordant els síndics que el document de la concòrdia⁹⁷ signada amb el bisbe de Vic l'any 1345 es deia que si la ciutat deixava d'utilitzar la Sèquia per un període llarg, fixat en cinc anys, els terrenys per on passava tornaven a ser propietat del bisbe, deixant de ser jurisdicció de la ciutat de Manresa per ser-ho del bisbat. Com que ja havien transcorregut set anys des de la interrupció del rec els síndics temien que el bisbe reclamés el retorn a la seva jurisdicció del canal al seu pas per les terres de Sallent. Els síndics adreçaven la petició al rei per tal que es tingués en compte que la interrupció del servei del canal va ser a causa dels actes de guerra i no pas per voluntat dels manresans i que atesa aquesta situació excepcional no s'apliqués l'estipulat en la concòrdia atesa la importància que per a la ciutat tenia poder recuperar el canal i tornar-lo a les condicions anteriors al conflicte.

Al mateix temps els síndics demanaven la salvaguarda i protecció reial de la Sèquia. En el document es reflecteix l'acceptació per part del lloctinent general en nom del rei d'aquestes peticions.

95. En aquells moments Vic encara pertanyia al bàndol de la Generalitat.

96. Dit d'una cosa o persona excel·lent, digna de molta estima (Alcover & Moll, 1980).

97. Per tenir més informació sobre la concòrdia amb el bisbe de Vic veure la pàgina 59 dins l'apartat 1.3.4 .

1.8.4. El fenòmen del bandolerisme

La situació de crisi i pobresa de la Catalunya del segle XVI provocà l'aparició del bandolerisme que es mantingué fins la Guerra dels Segadors⁹⁸. El fenòmen del bandolerisme era l'aparició de partides de bandolers que campaven per tot Catalunya assaltant pels camins i saquejant arreu. Els bandolers que actuaven pel Bages de seguida van provar d'extorquir la ciutat de Manresa a través d'amenaçar de malmetre la Sèquia.

Això motivà la necessitat de protecció de la Sèquia davant dels actes de sabotatge. Així se sap que l'any 1543 la colla de bandolers dirigits per Antoni Roca⁹⁹ havia perpetrat diversos atacs a la Sèquia, tallant-la en diversos punts.

L'any 1610 el bandoler Jaume Alboquers anomenat *l'Escolanet de Polinyà*, qui va ser lloctinent a la quadrilla del conegut bandoler Perot Rocaguinarda¹⁰⁰, va destruir parcialment l'aqüeducte del Vilar a Sallent i llançà l'amenaça als consellers i a la ciutat de Manresa de "tallar les cames a la pubilla" en referència a la Sèquia i a destruir-ne els aqüeductes, el canal i els braçals sinó es pagaven, a través del rector d'Avinyó, les 2000 lliures que exigia.

Com que no se n'havia sortit amb la destrucció de l'aqüeducte del Vilar, va dedicar-se a llençar grans roques des de dalt el balç en el punt conegut com *el Balç de la Roqueta* per tal de rebentar la Sèquia. La resposta dels consellers manresans va ser alçar el sometent per capturar-lo, a més van informar de les amenaces al virrei i van posar preu al seu cap, que fixaren en 400 lliures viu i en 200 lliures mort.

Aquest episodi acabà quan els oficials reials van apressar Jaume Alboquers i el van lliurar a les autoritats manresanes. Aquestes van fer efectiva als oficials reials la recompensa establerta i, finalment, el bandoler va ser occit a Vic. Després de la seva decapitació, el seu cap va ser exposat públicament durant molt temps a la torre del *Portal de Sobrerroca* per alliçonar amb el seu exemple aquells que pretengueren tornar a atacar la Sèquia. La ciutat va pagar les 200 lliures promeses (Carreté 1990).

98. La Guerra dels Segadors es produí entre els anys 1640 i 1652 i desembocà en el Tractat dels Pirineus de l'any 1659 entre Espanya i França per el qual els comtats del Principat de Catalunya del Rosselló, el Conflent, el Vallespir i el Capcir i una part del de la Cerdanya passaven a domini francès.

99. Antoni Roca va ser el cap d'una de les primeres quadrilles de bandolers, es va fer fort a Caldes de Montbui, finalment fugí a França on va ser apressat i traslladat a Barcelona on va ser torturat i executat l'any 1546.

100. Perot Rocaguinarda va néixer a Oristà l'any 1582 i el 1607 va esdevenir el cap més notable del bandolerisme català, actuà pel Lluçanès i Osona, el Ripollés, la Garrotxa, la Cerdanya, el Berguedà, el Bages, el Vallés i la Conca de Barberà.

1.8.5. La figura del Sequiaire

La figura del *Sequiaire* o *Guarda de la Sèquia* ja s'establia en el document de concessió del privilegi de construcció de per part del rei Pere III a l'any 1339, on es configurava com un càrrec municipal que exerciria les funcions de responsable de la gestió de l'aigua. En el document s'establia que aquest càrrec seria escollit anualment pels consellers i jurats manresans, que conformaven el govern de la ciutat, amb el consentiment del batlle reial que era qui representava el rei i la seva autoritat sobre la ciutat.

El sequiaire estava pensat per exercir les seves funcions un cop la Sèquia entrés en funcionament, com controlar l'ús de l'aigua, el manteniment del canal i el cobrament dels drets per la seva utilització. Tanmateix durant les obres de construcció el sequiaire va exercir les funcions de garantir la seguretat al voltant de les obres, com ara evitar els sabotatges o les sostraccions de materials.

En les ordinacions sobre la Sèquia redactades l'any 1376 es documenta l'existència d'aquesta figura com un element molt important per tenir cura del bon desenvolupament de les obres, del manteniment i de tots els aspectes relatius a l'ordre al voltant del canal. Com a càrrec municipal que era, disposava d'autoritat per exercir les tasques de vigilància de les instal·lacions per tenir cura d'elles davant qualsevol incidència que pogués sorgir i fer complir les normes i reglamentacions vigents.

Per poder reclamar els diners o confiscar els bens que devien els infractors, el sequiaire comptava, a partir de l'any 1380¹⁰¹, del ajut dels oficials reials, ja sigui el batlle o el sotsbatlle, que actuaven si calia com agutzils del sequiaire.

101. Any en que el rei Pere III va ordenar al batlle de Manresa que ell o el seu lloctinent actuessin com a saigs del sequiaire quan aquest ho requerís per tal de poder exigir dels infractors les quanties pendents de cobrament o per donar compliment de les penes establertes per les ordenances reguladores.



Figura 1.60. Fotografia dels sequiaires per les festes de la Llum de 1957, la imatge forma part de l'exposició permanent de la Sèquia del Museu de la Tècnica de Manresa. Font: MTM.

Tot i que la figura del sequiaire ja comptava amb el reconeixement reial i exercia les seves funcions des de feia temps, no va ser fins més tard, concretament el 28 d'octubre de 1385, quan ja feia dos anys que s'havia acabat definitivament les obres, que arribà el moment en que aquest càrrec fou explícitament dotat oficialment d'autoritat i de poders per exercir-la. Fou en aquesta data quan s'establí el marc legal i els recursos jurídics per a desenvolupar la seva funció.

Efectivament, durant una visita a la ciutat que l'infant Joan, duc de Girona, va fer i en la que supervisà la Sèquia, aquest va atorgar plenes competències i poders al sequiaire per exercir l'autoritat que fins llavors representaven els saigs que l'acompanyaven.

En el document l'infant Joan establí que la ciutat tenia la facultat d'escollir un ciutadà per exercir el càrrec de sequiaire amb les funcions de custòdia i conservació del canal i tots els seus elements funcionals, a més de fer complir les ordinacions que promulgues el consell de la ciutat referides a la Sèquia i a la gestió de l'aigua i de la seva distribució i ús en el regadiu.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

Per tal de que el sequiaire podés portar a terme les seves funcions l'infant Joan, tot ratificant i ampliant el manament anterior de l'any 1380, establia que el batlle i el veguer de Manresa haurien de posar sota les ordres del sequiaire un saig per ajudar-lo, en tant que autoritat judicial, a fer complir les ordinacions que regulaven el funcionament de la Sèquia i la distribució del reg.

Un punt en el que incideix especialment el document signat pel duc de Girona és la prohibició de que ningú prengués l'aigua del canal o dels seus braços sense haver-ne obtingut prèviament el permís del sequiaire, sota pena d'una sanció de 200 sous. També deia que els imports de les multes serien destinats a cobrir les despeses de manteniment de la Sèquia (Torras i Serra 2002).

En el mateix document esmentat en el paràgraf anterior s'especificava que calia fer en el cas de que l'infractor pertanyés a una jurisdicció que no fos la reial¹⁰²; en aquest cas, es preveia que el batlle o el veguer manresans podrien reclamar els 200 sous de sanció al batlle o als oficials jurisdiccionala a on pertanyia la persona que havia comès l'infracció.

En relació a l'execució de la sanció es feia esment a que es donava un termini de tres dies per fer efectiu el pagament de la sanció i, cas d'esgotar aquest termini, es facultava al consell de la ciutat a convocar el sometent i entrar armats dins el terme de la Vila o parròquia en el qual no s'havia volgut pagar la pena i se'ls atorgava la possibilitat de talar arbres, causar destrosses i damnificar els bens de tots aquells que es trobessin sota la jurisdicció d'aquell batlle local o dels oficials jurisdiccionala que no haguessin satisfet el requeriment, donant el dret també de que el sometent confiscés els bens necessaris per compensar la pena.

102. Dels termes per on passava la Sèquia només Manresa i Santpedor estaven sota jurisdicció reial. En aquells temps les parròquies de Balsareny, Sallent, Sant Fruitós de Bages i Sant Iscle de Bages quedaven fora d'aquesta jurisdicció.



Figura 1.61. Uniforme del sequiaire mostrat a l'exposició permanent de la Sèquia del Museu de la Tècnica de Manresa. Font: MTM.

L'any 1458 es revisà el procediment per era escollit el sequiaire i se li atribuïren algunes noves funcions. Concretament, la renovació anual es faria pel sistema d'insaculació, que també era aplicat a la resta de càrrecs municipals. Per aquest motiu es manava que a partir d'aquell moment hi hagués una bossa dins la qual al menys hi hauria vuit noms de ciutadans aptes per al càrrec. En el moment de fer l'elecció anual es procediria a extreure un nom de la bossa. Com que hi havia diferents bosses per els diferents càrrecs

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

municipals, com el de mostassaf, jurat, clavari o racional, en el cas de que el nom que sortís hagués sortit abans per a un altre càrrec, aleshores s'extreia el següent. No es permetia que una persona ostentés més d'un càrrec, de la mateixa manera qui ja hagués ostentat el càrrec de sequiaire no el podia tornar a ostentar fins que no haguessin passat dos anys des del moment en que el va abandonar, però si que podia ocupar un altre càrrec municipal.

Aquestes ordinacions es van modificar el 1480 per permetre que el càrrec de sequiaire fos compatible amb el de jurat i per disposar que, donada la importància estratègica de la Sèquia per a la ciutat de Manresa, si en un moment donat el consell de la ciutat considerava que el sequiaire no exercia prou bé les seves funcions, podia destituir-lo i escollir-ne un de nou sense haver d'esperar al primer dia del mes de maig, que era la data prevista per la renovació anual. També s'especificava que qui cessava en el càrrec de conseller hauria d'esperar dos anys per exercir de sequiaire i qui cessava com a sequiaire també hauria d'esperar dos anys per poder ser conseller.

A l'any 1500 es va tornar a modificar les ordinacions referides a la figura del sequiaire en el sentit de que a partir d'aquell moment el consell de la ciutat hauria d'escollir el sequiaire per votació el primer de maig. També es determina que el qui cessa en el càrrec podrà ser renovat un any més si el consell creu que havia exercit bé la seva feina durant l'any anterior. En el document de la reforma del reglament municipal de l'any 1504 s'establia el salari del sequiaire en dos sous i quatre diners per dia treballat a la Sèquia.

1.8.6. Les cases dels sequiaires

Ja s'ha dit que un dels principals problemes amb que s'enfrontava eventualment el sequiaire era el de protegir la Sèquia de possibles sabotatges i, més sovint, d'evitar la derivació de l'aigua per a regar per part de pagesos que no n'estaven autoritzats.

Per aquesta funció es disposava d'un primer guarda a Balsareny, que residia a Vilafruns, a la casa de la Sèquia.



Figura 1.62. Casa del sequiaire a Santpedor, prop de l'aqüeducte de Riu d'Or. Font: <https://www.flickr.com/photos/elpme/sets/72157603544612347/>, data d'accés 08/03/2016.

A Santpedor hi vivia un segon guarda, aquest residia a l'anomenada Casa del Guarda o Cal Sequiaire, on a la façana es pot apreciar l'escut de la ciutat de Manresa, s'en pot observar un a la figura 1.62 que correspon a una de les tres cases dels sequiaires que podem trobar actualment vora el canal. Concretament aquesta es troba a Santpedor, prop de l'aqüeducte de Riu d'Or; es tracta d'un edifici de secció quadrada format per planta baixa més dos pisos, amb coberta a doble vessant.

Un tercer guarda vivia a la Casa de l'Agulla i dos guardes més vivien a Manresa i s'encarregaven de la supervisió dels braçals.

En total la Sèquia de Manresa va arribar a disposar de cinc guardes, aquests ostentaven insígnies que els acreditaven com a Sequiaires i tenien autoritat per anar armats amb arma curta i/o llarga. Avui dia la figura de guarda de la Sèquia l'ostenta una sola persona i desarmada.

Els guardes eren titulars i durant els mesos d'estiu es contractaven els guardes suplents, que ajudaven als titulars. Molt sovint el càrrec passava de pares a fills, com es documenta en l'acord d'un nomenament on s'hi exposa, com a motiu de contracte, que: "*el jove ja venia ajudant al seu pare i és per tant coneixedor de les coses de la Sèquia*".

Dins dels privilegis atorgats als guardes de la Sèquia hi havia el permís per cultivar una horta per al seu propi consum però no s'els permetia que treballessin per ells mateixos una superfície superior a 2 o 3 quarteres.

1.8.7. La neteja del canal

Una de les tasques més bàsiques i, al mateix temps, de gran importància pel que fa al manteniment de la Sèquia és justament la seva neteja. Es fan dues esdures anuals, una a la primavera i l'altra a la tardor.

Fonamentalment les esdures consisteixen en tallar les herbes dels marges i en la neteja del fang acumulat en el fons del canal. Cal fer notar que durant les tasques de neteja en cap cas no es pot arrencar cap herba, ja que les arrels d'aquestes donen cohesió als marges. Des de la Junta de la Sèquia de Manresa es procura que totes les operacions de manteniment siguin respectuoses amb el paisatge, maldant per conservar al màxim l'aspecte i els senyals d'identitat de la Sèquia.

Al mateix temps, de forma contínua, s'inspecciona tot el recorregut del canal i, si s'escau que es detecta alguna disfunció actual o futurible, s'actua realitzant obres de reforma i condicionament.

Si les actuacions no són peremptòries solen ser programades per la temporada hivernal, època de l'any en la que al no haver-hi demanda d'aigua per a regadiu resulta ser la més convenient per a efectuar l'interrupció del subministrament d'aigua. La suspensió del servei a l'hivern per tal d'efectuar les tasques de reparació sol realitzar-se en períodes de dos o tres dies a la setmana, durant les setmanes que siguin necessàries, atenent a l'envergadura dels treballs.

Mols dels bagants de desguàs s'utilitzen durant les tasques de neteja. El que es fa és buidar la Sèquia per trams obrint els bagants i les vàlvules i, aleshores, els operaris baixen a la solera i mitjançant pales arrossegueu el fang perquè marxi amb l'aigua. D'aquesta operació en diuen *donar fang a l'aigua*.

El tema més important que cal resoldre sempre durant el manteniment del canal és el que es coneix com el *problema del cabell*, aparegut fa relativament pocs anys. Aquest és degut a la formació d'una important colònia d'algues filamentoses que apareixen al fons del canal i que, en créixer, dificulten el flux de l'aigua, tot reduint-ne el cabal. El problema del cabell

apareix amb l'augment de la temperatura i de la insolació de ben entrada la primavera i s'accelera durant les calors de l'estiu.

Les continuades neteges del caixer del canal han provocat que la seva secció sigui cada vegada més gran. Certament, els treballs manuals dels operaris quan procedeixen a retirar les algues i els llots generen una important erosió a les parets.

Un altre factor d'erosió de les parets és la pròpia fricció de l'aigua amb les parets, tot i que aquest efecte és molt negligible donat el principi de mecànica de fluids que fa que la capa d'aigua que està en contacte amb la paret tingui la velocitat d'aquesta, és a dir, zero; i que les làmines successives d'aigua llisquin una sobre l'altra.

Efectivament, malgrat el flux d'aigua en el canal és plenament turbulent, existeix una subcapa laminar en la zona més propera de les fronteres (parets i fons) on la velocitat disminueix fins anul·lar-se. L'efecte d'aquest principi és que es minimitza l'erosió deguda a l'acció directa de l'aigua a les parets. Malgrat tot, de vegades hi ha presència de partícules sòlides en suspensió que, per la seva pròpia dinàmica inercial, poden tenir components de velocitat normals a les parets, podent arribar a impactar-hi, causant els conseqüents danys.

Per tal d'evitar que la secció del canal vagi augmentant progressivament degut als problemes exposats anteriorment, la Junta de la Sèquia ha adoptat la política de construir murs caixers en aquelles zones on la secció és massa ampla. Per tal de que l'impacte ambiental sigui mínim es construeixen caixers de formigó només fins a l'alçada de la làmina de l'aigua, just on aquesta presenta la superfície lliure. Aleshores es coronen els murs amb terra i graves, que faciliten l'arrelament de la vegetació.

Un altre dels grans problemes que afecten la salut del canal és conseqüència de l'acció de les rates d'aigua. Aquestes fan nius just per sobre del nivell de l'aigua i debiliten el caixer. Quan hi ha pluges el nivell de l'aigua augmenta i penetra als caus i moltes vegades el resultat és l'esllavissada de la paret.

Abans de fer les tasques de neteja, una vegada a l'any s'organitzava una visita oficial per part de la Junta de la Sèquia.

Per la neteja del canal s'organitzaven en sis colles d'homes. La primera colla, composta per un capatàs i quinze homes, era l'encarregada de fer el tram des de la resclosa de Balsareny fins al Mas de les Coves. La segona colla, formada per un capatàs i vint-i-un homes s'encarregava de netejar el tram des del Mas de les Coves fins el pont del Riu d'Or. La tercera colla comptava amb un capatàs i divuit homes i netejava des del Riu d'Or fins a l'Agulla. La quarta colla estava formada per un capatàs i deu homes i s'encarregava del braçal del Poal. La cinquena colla, formada per un capatàs i dotze homes procedia a la neteja dels braços de Can Font i la Talaià. Per últim, la sisena colla era formada per un

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

capatàs i quinze homes i tenia cura de la neteja del braçal que va des de l'Agulla fins a Santa Clara i Viladordis.

1.9. La gestió de l'aigua del canal

1.9.1. El regadiu

L'aigua que arriba per la Sèquia fins l'Agulla es reparteix en una dotació per a la ciutat i en una altra per a regadiu. La primera, la destinada a ser distribuïda per la xarxa d'aigua potable de la ciutat de Manresa, entra primer al llac i d'aquí s'en va a la Planta de Tractament dels Dipòsits Nous.

La que es destina a regadiu es reparteix en dos braços. El braç de la dreta porta l'aigües cap a les partides del Colomer, Can Font, el Poal, Mas Terrós, Mas d'en Pla, Atalaia i Puigberenguer. El braç que surt per l'esquerra porta l'aigua cap a les partides del Guix, la Pujada Roja, el Junca, Viladordis, els Trullols, el Mas d'en Roca, Misser mas, la Culla i Sant Pau. Des dels braços l'aigua surt pels anomenats *ullals* cap a les parcel·les dels regants.

El regadiu amb aigua de la Sèquia a Manresa abasta una teòrica superfície de 800 hectàrees. Aquestes són propietat de un total de 1254 titulars diferents. Tant les aigües sobrants com les infiltrades al terreny després del seu ús en els camps són recollides per 7 torrents que desemboquen al riu Cardener i per un, el Torrent de Viladordis, que desemboca les seves aigües directament al riu Llobregat.

A banda d'usar-se per al reg en els camps de regadiu, les granges que es troben en aquestes zones utilitzen també l'aigua dels braços de la Sèquia per a abeurar el bestiar així com per a realitzar tasques de neteja de les corts.

La construcció de l'eix transversal ha somogut el regadiu de Manresa i ha obligat a la reconstrucció de bona part de la xarxa de regs de la zona del Poal.

I) L'evolució del regadiu a Manresa

Durant el període de de la Guerra Civil i els anys immediatament posteriors, la superfície cultivada es reduí considerablement, passant de 3.402 quarteres l'any 1935 a 2917 quarteres l'any 1945. Tanmateix, el nombre de propietaris no va experimentar gaires variacions, veure la taula 1.8.

A l'any 1931 constaven, en el padró general, un total de 1131 propietaris i just a l'any 1951 el registre indicava que la xifra era de 1178, és a dir, un petit augment de 47 propietaris en

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

20 anys. Això va ser així durant molts anys, amb pocs canvis de titularitat dels terrenys, fins que, més endavant, es produí una inversió de la tendència quan molts grans propietaris van començar a vendre terrenys.

Taula 1.8. Evolució del nombre de propietaris en funció de les dimensions dels terrenys des de l'any 1931 fins el 1951. Elaboració pròpia a partir de les dades del padró de la Junta de la Sèquia de Manresa.

Nombre de Propietaris		
Superfície del terreny mesurat en quarteres	Any 1931	Any 1951
menys d'1	509	507
entre 1 i 2	285	333
entre 2 i 3	124	127
entre 3 i 4	76	77
entre 4 i 5	33	39
entre 5 i 10	59	42
entre 10 i 20	22	13
entre 20 i 30	9	3
entre 30 i 40	6	4
entre 40 i 50	3	1
més de 50	5	4

II) El reg amb artificis

Si bé la manera més simple d'aprofitar per al regadiu l'aigua proporcionada per la Sèquia és la de fer-ho per el principi de gravetat, els propietaris de terres que quedaven a una cota superior al nivell de les aigües de les diverses derivacions practicades en els braçals no semblaven resignats a treballar només cultius de secà, atès la evident millora dels rendiments dels cultius en el cas de poder practicar el reg.

A l'apartat I de la pàgina 219 es parla de les trompes com exemple dels enginys utilitzats per a extreure de forma ocasional aigua de la Sèquia. És de suposar també la utilització de galledes i cubells per a la mateixa funció a més de la documentada pràctica de derivacions a través de forats en els laterals per tornar a tapar-los després del seu ús.

Així és que a Manresa hi ha vestigis de l'utilització de màquines hidràuliques gravimètriques, com la sínia¹⁰³. Les sínies o nòries són molt antigues, la primera descripció d'una roda per elevar l'aigua la va fer l'arquitecte romà Vitruvi a finals del segle I a.C., però la seva invenció es situa tres segles abans a Mesopotàmia (Gruber n.d.). No ens consta la utilització, per a extreure aigua de la Sèquia, del cargol d'Arquímedes, inventat al segle III a. C pel matemàtic grec Arquímedes de Siracusa.



Figura 1.63. Vestigis de la sínia de cal Canyelles, en la derivació de Viladordis. Font: (Piñero 2010).

Les sínies que s'usaven a la Sèquia evolucionaren ràpidament cap una combinació de la roda hidràulica i la nòria en un mateix enginy, de forma que constaven d'una roda hidràulica que es movia per la pròpia corrent de l'aigua i que accionava la bomba volumètrica que, mitjançant un sistema de biela i èmbol a dins d'un cilindre, impulsava l'aigua en forma de polsos de cabal discontinuo. En el segle XVII, l'introducció de la màquina de vapor, va permetre la sobre-potenciació d'algunes sínies.

A la figura 1.63 s'observa un dels únics vestigis de sínia existents actualment, es tracta d'una petita construcció situada al costat del canal que correspon al braçal de Viladordis; de planta rectangular, de 1.5 x 1 m², està formada per parets de maó i coberta de lloses. Disposa d'un espai obert orientat cap al canal i a l'interior encara conserva part del mecanisme de la roda hidràulica, format per un eix que girava amb l'aigua del canal. L'eix acaba amb una excèntrica que accionava una joc de biela i èmbol que constituïen els

103. El mot *sinya* deriva de la paraula àrab *sāniya* que significa "pou d'on la roda treu aigua per a regar" i a Catalunya ja es troba documentat aquest mot a l'any 1054 (Glick 1992).

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

elements mòbils de la bomba volumètrica encarregats d'impulsar l'aigua cap a la canonada d'impulsió. La seva datació és d'entre el s. XVIII i XIX (Piñero 2010).

A partir de la difusió, durant el segle XIX, de la bomba d'ariet, que permet elevar l'aigua fins a un cert nivell sense cap aportació d'energia externa a la del propi flux, es van anar substituint les sínies i nòries per ariets hidràulics. Aquests eren molt econòmics i fiables i el seu èxit va fer que moltes cases situades prop dels braçals els instal·lessin per bombar l'aigua d'ús domèstic i també per a poder regar les terres que quedaven per damunt del nivell de la làmina d'aigua de la Sèquia.

Durant el segle XX, gràcies a l'extensió de la xarxa elèctrica, molts d'aquest ariets hidràulics van substituir-se per bombes fluidodinàmiques amb accionament mitjançant motors elèctrics, que permetien guanyar amb disponibilitat i velocitat de reg al ser aquestes capaces de proporcionar cabals molt més importants de forma immediata.

Tanmateix a l'arxiu de la Junta de la Sèquia de Manresa consten molts documents que fan referència a la denegació de peticions oficials de reg amb artificis. Per exemple, a l'any 1839, en Mariano Pla va demanar autorització a la Junta de la Sèquia per a regar mitjançant una nòria la part de secà dels respectius troços de terra que eren de la seva possessió a Viladordis; no consta que se li concedís el permís, al menys en una explícita anotació posterior, de data 31 d'agost de 1856.

Consta un altra petició en data 23 de desembre de 1849 per part d'en Jaume Brunet per a instal·lar nòria que elevi l'aigua fins un camp de secà que també posseïa a la partida de Viladordis; tampoc es va atorgar el permís per part de la Junta de la Sèquia. També es troba documentada una altra contestació explícitament negativa a la petició de data 10 de febrer de 1855 que va fer en Pere Martir Pla, també propietari d'uns terrenys de secà a Viladordis.

En data 14 de juliol de 1857 la Junta de la Sèquia va revocar el memorial per el qual s'havia atorgat en data 5 de maig de 1851 a en Ignasi Codina, propietari del Mas de les Marcetes de Viladordis, la facultat de regar amb l'aigua de la Sèquia, per ser indegudament concedida al ser contrària als dret que Manresa té sobre el seu canal.

1.9.2. La reserva d'aigua i la seva regulació

I) Els Dipòsits Vells

Una de les raons per a la creació de la Junta d'Aigües Potables era la de promoure la construcció de uns dipòsits que permetessin actuar de reserva d'aigua per a la ciutat en

cas de necessitat, com per exemple una eventual interrupció temporal del servei de la Sèquia. Així, el dotze d'abril de l'any 1861 es va nomenar la comissió que hauria d'executar l'encàrrec de la construcció dels dipòsits, coneguts com a *Dipòsits Vells*, situats al costat de la carretera de Santpedor, en un terreny de la Creu Guixera que va ser adquirit al seu propietari per un import¹⁰⁴ total 9599 reals i 97 cèntims (Oms i de Prats 1888).



Figura 1.64. Dipòsits Vells de Manresa. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.

Els plànols i el plec de condicions del projecte de construcció van ser elaborats per el mestre de cases en Marià Potó, que també va signar el pressupost detallat de l'obra en data 17 de gener de 1862. La seva capacitat d'emmagatzemament era de 12 000 m³ d'aigua.

Els Dipòsits Vells eren tres, idèntics i independents. Cadascun era cobert per dues voltes de pedra que descansen sobre els murs perimetrals de 3 metres de gruix més una filera d'arcs i pilars centrals. La seva forma és quadrangular i, com ens relata Joaquim Sarret i Arbós, "*quiscun d'ells té 40 metres de llarg per 20 d'ample i 6 de fons, ço es 4800 metres cúbics*"(Sarret Arbós 1906).

104. Segons relata en Manuel Oms i de Prat, secretari de la Junta d'Aigües Potables en la *Memoria sobre la Construcción de Depósitos para las Aguas*, l'any 1888.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

Sembla ser que durant l'obra la comissió de la Junta de les Aigües va desconfiar del gruix insuficient de les parets dels dipòsits, requerint la paralització de les obres fins que es realitzés les consultes pertinents. Aquestes consultes van ser formulades a l'enginyer Enrique León, qui va aconsellar augmentar el gruix dels murs fins els tres metres. Les obres es reprengheren el mes de setembre del mateix 1862. Per a les obres de reforç calgué fer una nova provisió de 8000 duros.

Pocs anys després es van començar a detectar diversos problemes de filtracions i esquerdes aparentment degudes a un mal assentament de la construcció, que afectava principalment la part inferior dels dipòsits i que, a causa de l'alçada de la columna d'aigua, provocava significatives fuites. L'1 d'octubre de 1876 es va acordar donar una solució al problema de les filtracions, després de haver confirmat que aquestes es produïen a través de diverses esquerdes en la confluència del terra amb les parets dels dipòsits. La mesura contemplava recreïxer el solatge amb tres maons de gruix, a més de reforçar els pilars i els arcs que havien patit el moviment així com les parets que havien resultat afectades.

A la imatge de la figura 1.65 de la pàgina 191 es pot observar la vàlvula de regulació del cabal de sortida dels dipòsits vells. Accionada per palanca mitjançant una boia la seva funció era garantir el nivell constant de l'aigua en el petit dipòsit anomenat *viveret* que, d'aquesta forma, subministrava l'aigua cap a la xarxa a una pressió constant.



Figura 1.65. Vàlvula i boia reguladora procedent dels dipòsits vells. Forma part de l'exposició perma-

ment sobre la Sèquia del Museu de la Tècnica de Manresa. Va ser instal·lada l'any 1865. Font: MTM.

Fins l'any 1980 donaven servei a les dues xarxes de distribució que, partint d'aquest punt, satisfieien la demanda de la part baixa de la ciutat. Els Dipòsits Vells van ser restaurats l'any 1991, amb motiu del 125è aniversari de Caixa Manresa, per acollir, el 1993, el Museu de la Tècnica de Manresa, veure figura 1.64 de la pàgina 190. El museu va ser fundat per iniciativa de l'empresa municipal Aigües de Manresa, l'Ajuntament manresà i el Museu de la Ciència i de la Tècnica de Catalunya.

II) Els Dipòsits Nous

Amb poc temps els dipòsits vells es mostraren insuficients per atendre la demanda de la ciutat en forma de cabal i pressió. En un primer moment s'estudiava la possibilitat de fer una ampliació dels existents amb la construcció d'un quart dipòsit adjunt als existents *Dipòsits Vells*. Aquesta opció es desestimà en la Junta General de 20 de juny de 1880 per por d'ocasionar un dany als, ja malalts, dipòsits existents. Al mateix temps es proposà tantejar la possibilitat de construir uns nous dipòsits al costat dels Ullals de la Ciutat o Can Font.

El 26 d'agost de 1883 es va acordar, comptant amb l'opinió facultativa de l'arquitecte modernista i sallentí Josep Torres Argullol, que la millor opció era la de comprar el camp de Abadal i el de pons, prop dels Ullals i que redactés el projecte de l'obra l'arquitecte Josep Torres.

El pressupost inicial de l'obra, en data novembre de 1884, era de 178 518 pessetes i 89 cèntims d'acord amb els plànols de Josep Torres Argullol. Tot indica que l'obra es començà l'any 1884.

Es redactà també el plec de condicions, amb data 16 de maig de 1885, amb les condicions detallades per al subministre de la calç, el ciment, les pedres, els maons, etc. Es conserva també documentació dels partes setmanals de seguiment que en feia el capatàs de l'obra des de el dia 3 d'agost de 1885 fins el 27 d'octubre de 1888, en ells hi ha anotats la relació nominal dels creditors, amb les quantitats i valors dels seus articles.

La inauguració dels *Dipòsits Nous* tingué lloc el dia 8 d'octubre de 1888. Joaquim Sarret i Arbós ens en fa una descripció força detallada:

"El diàmetre és de 40 metres, l'alçada és de 6 metres fins al ras de la part d'omplenament; essent la volta superior d'una alçada major, formen una cambra d'aire per facilitar la ventilació: per ço que en realitat la cabuda de quinscun d'ells és d'uns 7500 metres cúbics."

El maig de 1974 es realitzà unes obres de millora del dipòsit número 1 de Dipòsits Nous. Aquesta intervenció va consistir en la impermeabilització del dipòsit per evitar les filtracions que s'hi van detectar. Per a tal fi s'utilitzà la tècnica de la cobertura interior amb formigó projectat de baixa porositat, l'empresa que va adjudicar-se l'encàrrec va ser Sika Obras.

III) El Llac de l'Agulla

III.i) La reserva d'aigua de l'Estany de l'Agulla

El Llac de l'Agulla és un estany artificial que té la funció d'assegurar l'abastament d'aigua a la ciutat de Manresa. La necessitat de comptar amb una reserva es va posar damunt la taula el mes de desembre de 1962 amb la redacció d'un pla especial¹⁰⁵, el mateix mes en que es produí la històrica nevada¹⁰⁶ en el dia de Nadal.



Figura 1.66. Estany artificial de l'Agulla. Font: Aigües de Manresa S.A.

105. *Plan especial para asegurar el abastecimiento de agua a la ciudad de Manresa. Memoria justificativa de la necesidad de la ejecución del Plan Especial, de los medios económico-financieros disponibles y destino y ordenación de las instalaciones que comprende*, signat per l'enginyer Guillermo Ripoll Olivé el desembre de 1962.

106. La gran nevada dels dies 24 i 25 de desembre de 1962 va afectar tota Catalunya, i de forma especial el litoral i prelitoral centrals. És considerada la nevada més important del segle XX en aquesta àrea, amb gruixos de fins a 80 centímetres de neu. A Manresa la capa de neu va arribar a tenir més de mig metre de gruix.

La construcció de la presa tingué lloc l'any 1966, a continuació es realitzaren els treballs de construcció d'una llosa de formigó que cobriria el fons i les parets del vas, aquesta llosa estava formada per lloses més petites de 120 x 120 metres i 18 quilòmetres de junta d'asfalt. Un cop acaba, la instal·lació entrà en servei l'any 1974.

La superfície de l'estany és de 64 000 metres quadrats, una fondària màxima de 4 metres i té una capacitat de 200 000 metres cúbics, el que suposa una reserva d'aigua per Manresa de aproximadament cinc o set dies, depenent de l'estacionalitat de la demanda. El cabal que proporciona la Sèquia necessita poc més de dos dies per omplir l'envasament quan aquest està completament buit.

Les principals funcions del Llac de l'Agulla són:

- a. Actuar com a reservori d'aigua per casos d'avaries en el canal o d'obres.
- b. Fer la regulació diària del consum, que s'aconsegueix omplint-se de nit i buidant-se de dia.
- c. Fer una regulació setmanal, sobretot a les èpoques de més demanda per a l'ús de regadiu ja que ajuda a mantenir el cabal de reg buidant-se durant els dies feiners i recuperant nivell el diumenge.
- d. Donar seguretat per a l'ús domèstic davant de variacions de la qualitat de l'aigua, especialment davant de riscos per contaminació química.

El Llac també ofereix un important servei en la vessant lúdica al reunir un seguit d'activitats esportives com la pesca o el modelisme naval, totes elles compatibles amb el manteniment de la qualitat de les aigües destinades a ser potabilitzades.

III.ii) El Parc de l'Agulla

El mes d'abril de 1985 la Junta de la Sèquia aprovà un contracte per a l'elaboració d'un projecte d'execució del Parc de l'Agulla amb la millora i l'arranjament del voltant del Llac amb els arquitectes Josep Torras, Josep Miravittlas i Angels Mas. El projecte contemplava l'adequació d'espais per al lleure, la plantació de centenars d'arbres i la instal·lació d'un brollador ornamental en el centre de la làmina d'aigua.

III.iii) La Canonada de l'Agulla als Dipòsits Nous

Ja abans de que es construís el Llac de l'Agulla l'aigua circulava des de aquest punt fins als Dipòsits Nous a través de una conducció, tal i com ens indiquen diversos documents. Entre

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

ells, podem veure un de l'any 1946 que recull la liquidació de comptes entre la Junta de la Sèquia i la Junta d'Aigües Potables per la instal·lació d'un conducte des de Dipòsits Nous i el paratge de l'Agulla. També apareix documentada l'escriptura de la compra-venda d'uns terrenys en el decantador de l'Agulla, amb data 15 de març de 1946, atorgada per en Josep Planell i Piñot a favor de la Junta d'Aigües Potables de Manresa.

Però un cop finalitzada la construcció del Llac de l'Agulla, es renovà tot el sistema de conducció que porta l'aigua directament a la planta de tractament situada als Dipòsits Nous. Així, l'any 1972, es va procedir a la instal·lació d'una canonada per a portar l'aigua des de l'Agulla fins als Dipòsits Nous. La canonada era de formigó i tenia un diàmetre interior de 900 mil·límetres, i passava pel costat de la carretera de Manresa a Santpedor en el punt quilomètric que va del 1.420 fins el 1.730.

L'any 1973 calgué actuar a la carretera de Santpedor per possibilitar l'execució del Pla Parcial de La Parada.

L'any 1979 es redactà un nou projecte per al pas de conductes des de el Llac de l'Agulla fins als Dipòsits Nous a través de la finca propietat d'en Joan Alabern i Rovira i d'altres.

1.9.3. La qualitat de l'aigua

I) Els tractaments de purificació

L'Ajuntament de Manresa va encarregar l'any 1901 a l'arquitecte Alexandre Soler i March¹⁰⁷ estudiar, a l'estranger i particularment a l'Exposició Universal de París, els diferents sistemes de purificació de l'aigua "per tal de que aquesta serveixi per a la beguda". Soler i March presentà una memòria titulada *La Cuestión de los Filtros* en la que també analitzava l'estat higiènic de Manresa a partir de les dades de defuncions dels últims cinc anys (Soler March 1901).



Figura 1.67. Retrat fotogràfic d'en Alexandre Soler i March. Font: Ideari d'Art i de Cultura; Torra, L.; 2016 http://www.civtat.cat/soler_alexandre.html, data accés: 23/02/2016.

En l'estudi de Soler i March es destacava que el nombre defuncions superava la xifra del 26 per 1000 habitants i que el nombre de morts degudes malalties infeccioses era del 1 per 1000, xifra que es situava a nivells semblants als del continent africà.

L'arquitecte posava de manifest que el sistema de sedimentació per repòs de l'aigua, que s'havia volgut utilitzar en els dipòsits de Manresa, era provadament ineficaç i es queixava que, malgrat les evidències, encara s'hagués construït un nou dipòsit. En aquest sentit, cal pensar que el sistema de sedimentació o decantació era pràcticament l'únic sistema

107. Alexandre Soler i March (Barcelona 1874 - 1949), arquitecte modernista deixeble de Domènech i Montaner. Del 1931 al 1936 fou el director de l'Escola d'Arquitectura. Autor del Mercat Central de València, a Manresa construï l'ampliació del Convent de Santa Clara i l'Institut Iluís de Peguera. També construï l'església de la Sagrada Família de la Bauma, la de la Colònia Gomis a Monistrol de Montserrat i la de Santa Eulàlia de Gironella.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

utilitzat en tot l'occident per a l'eliminació de materials en suspensió fins a les acaballes del segle XIX, quan James Simpson va introduir la filtració per llit de sorres (Fischbacher-Smith 1999).

Soler i March també deia en el seu informe que si bé els dipòsits volien assolir dos objectius: el primer seria la seva funció d'acumulació per impedir que mai quedés interromput el servei a la ciutat i el segon ser el sistema de clarificació per sedimentació; a la pràctica es demostrava que els dipòsits no servien per cap dels dos propòsits. Així arriba a concloure que l'únic procediment correcte per a sanejar l'aigua de boca és el sistema de filtració, o alternativament la captació d'aigua pura en una deu.

L'any següent es va encarregar un estudi al doctor en medicina Luis Comenge Ferrer¹⁰⁸. L'estudi¹⁰⁹ evidencia el greu envelliment i l'estat deplorable del sistema de canalització de l'aigua a la ciutat; es mostra especialment contundent amb la Sèquia al afirmar:

"Este canal, de construcción primitiva, que corre al descubierto y al alcance de toda suerte de impurificaciones naturales, accidentales y voluntarias, no reúne las condiciones y garantías que requiere la higiene pública. Si la décima parte tan solo de tan hermosa vena se destinase a las necesidades urbanas, sería Manresa acaso la mejor dotada de líquido, al menos en cantidad. Pero no suceda así; la casi totalidad de fluido que conduce la mentada acequia sirve para el riego, para las necesidades fabriles y no escasa porción aboca y muere en el río".

A l'any 1902, quan Comenge va analitzar el problema, existien 775 plomes que servien aigua a particulars i, segons va estudiar, "manan en la ciudad catorze fuentes de un solo caño y corriente discontinua que da cada una 5000 litros cada 24 horas". Segons el seu criteri la ciutat necessitaria una dotació de entre 150 i 200 litres diaris per habitant.

Entre les anàlisis practicades per documentar l'estudi de Comenge s'hi troben les efectuades per J. Paulí, de Barcelona. En aquestes proves es dedueix la probable existència del bacteri indicador de contaminació per E. Coli; l'higienista ho corrobora indicant que alguns dipòsits domèstics emeten un olor fecaloide i defineix que l'aigua apte per a beure hauria de reunir les següents qualitats: ser diàfana, incolora, insípida, que dissolgui el sabó sense formar grumolls i que cogui bé els llegums.

108. Luis Comenge Ferrer (Madrid, 1854; Barcelona, 1916). Va ser un metge higienista, publicà diversos estudis sobre la història de la medicina.

109. L'estudi, signat per el doctor Lluís Comenge en data 29 de desembre de 1902, portava per nom *Estudio de las Aguas Potables de esta Ciudad y el modo más práctico o menos costoso de servir dicho fluido con las mayores garantías de la abundancia, sanidad y pureza.*

No va ser uns anys més endavant, concretament l'any 1911, que s'encarregà a un altre arquitecte, en Josep Coll i Vilaclara, emprendre un viatge per estudiar els procediments més moderns emprats per a la potabilització de l'aigua. En l'informe que va emetre a la tornada dona abundant informació sobre l'estat de l'art de la filtració i de l'esterilització en aquella època.

Tanmateix, uns anys abans la Junta d'Aigües Potables ja barallava la possibilitat de cercar alternatives al subministrament d'aigua procedent de la Sèquia. Així, a l'any 1907, es va adquirir un terreny al marge dret del riu Llobregat a l'alçada de Sallent, a l'indret de la Corbatera i s'hi practicaren diverses perforacions.

La primera artesa, de 8 centímetres de diàmetre, va ser realitzada per el minaire Rey, de Manresa, i sota la direcció de Mn. Guitart. Posteriorment es feren dues perforacions més, a càrrec de minaires provinents de Barcelona i sota la direcció de l'enginyer de mines Lluís M. Vidal.

Sembla ser que la qualitat de les aigües obtingudes en les noves deus artesianes no era ni de bon troç la esperada i la Junta d'Aigües Potables va encarregar l'any 1911 al geòleg Jaume Almera i al mateix Lluís M. Vidal l'estudi de la possibilitat d'augmentar el cabal de les deus existents en el terme de Navarcles per tal d'aportar uns 3000 metres cúbics diaris més o bé fer noves perforacions al paratge de la Corbatera per obtenir el cabal necessari.

Un cop acabats els treballs i les prospeccions els dos tècnics van informar desfavorablement de les dues opcions plantejades i s'inclinaren per recomanar la depuració de les aigües de la Sèquia mitjançant sistemes combinats de filtració física i ozonització.

A l'any 1915 es rebé una oferta per al tractament d'esterilització de 125 metres cúbics d'aigua potable per hora mitjançant rajos ultraviolats per part de l'empresa *Sociedad Anónima del Ultra-Violeta*.

El 19 de juny de l'any 1918, l'Ajuntament de Manresa prengué la iniciativa de sol·licitar a la Mancomunitat de Catalunya l'estudi de les aigües subterrànies de la comarca del Bages. En resposta, els Serveis Tècnics d'Agricultura de la Mancomunitat de Catalunya encarregaren al doctor Marià Faura i Sans¹¹⁰ un estudi ad hoc.

Faura va emetre un informe bastant desencoratjador, en ell s'hi exposa que la comarca del Bages no es troba entre les comarques artesianes de Catalunya però que pot haver-hi

110. Marià Faura i Sans, (Barcelona, 1886 - 1941), sacerdot, paleontòleg i geòleg. Fou professor de la Universitat de Barcelona, catedràtic de Geologia a l'Escola Superior d'Agricultura i director del Mapa Geològic de Catalunya.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

algun punt reduït on es reuneixin les condicions per aprofitar les aigües semi-surgents. El 30 de setembre del mateix any, tres mesos després que l'Ajuntament cursés la seva petició, l'enginyer director tècnic dels Serveis Tècnics d'Agricultura va enviar una carta en resposta en la que lamenta no poder accedir a la seva demanda.

Gairebé un any més tard la Junta d'Aigües Potables de Manresa es posa en contacte directament amb el Dr. Faura, el qual va acceptar l'encàrrec i va acabar emetent un informe a l'any següent. L'informe redactat pel Dr. Faura portava per títol *Projecte d'Abastament d'Aigües per a la Ciutat de Manresa*, i està signat el novembre de 1920; l'informe recull dades generals del proveïment i incorpora un avantprojecte de captació de les aigües subàlvies a l'indret de la Corbatera.

L'any 1920 la dinàmica operativa que es seguia en la gestió de l'aigua en els Dipòsits Nous era la següent:

"Mentre se n'està buidant un, en el que tarda uns quatre dies, resten plens els altres dos, per a que es vagin assolant les matèries en suspensió; així és que l'aigua des de l'ompliment del dipòsit, operació que dura unes set hores, a d'ésser donada al públic, tarda uns vuit dies, i fins a buidar-se del tot són dotze dies; durant aquest període s'hi ha format un pòsit lletós en la solera de entre dos centímetres i quinze centímetres en èpoques de grans avingudes fluvials; procurant sempre que no s'arribi en aquest sense buidar-lo del tot, perquè les aigües no arrossequin les terres a la canalització general. Al mateix temps, per un desaigua especial central, i per irrigació, es fa una neteja completa del dipòsit abans del nou ompliment. Tot seguit, perquè no resti interromput el servei d'aigües, ha d'obrir-se el dipòsit immediat, i així successivament".

El mes d'octubre de l'any 1922, per primer cop, es posa damunt la taula la possibilitat de construir un gran dipòsit decantador a l'Agulla. Es parla de la conveniència de que l'aigua pogués restar-hi per un temps de catorze dies i on l'aigua "*descansi, s'airegi, s'assoli i es coli*".

A l'estiu de l'any 1924 el metge Àngel Serra i Riera proposà fer el tractament de l'aigua amb clor líquid. Tot i que es va reunir informació sobre els aparells per fer la cloració es van despertar moltes reticències a la seva implantació pel mal gust que el clor donava a l'aigua i també pel seu elevat cost.

No fou fins a l'agost de l'any 1927 quan finalment s'adoptà el tractament a base de la cloració de l'aigua, la gestió del qual s'encarregà al mateix Àngel Serra. Val a dir que aquesta solució va resoldre els problemes sanitaris en relació a la presència de patògens en l'aigua de boca, però no solucionà altres aspectes com deficient aspecte de l'aigua degut a la seva terbolesa.

II) El decantador a l'Agulla i els filtres tancats

El juny de 1946 es va donar el pas definitiu per a la solució del vell problema de la terbolesa de l'aigua a la ciutat de Manresa. Va ser aleshores quan es va aprovar un projecte redactat per l'enginyer municipal Vicenç Pigem i Serra per a la clarificació de l'aigua. El mes de març de l'any següent, el 1947, l'obra va ser adjudicada i les obres es van allargar més de dos anys, inaugurant-se finalment per les festes de la Llum de l'any 1950.

El projecte de clarificació es basava en la instal·lació d'un petit decantador, situat a l'Agulla, una canonada que anava des de l'Agulla fins als Dipòsits Nous i una bateria de filtres tancats amb capacitat de tractament de 400 metres cúbics per hora. El control sanitari de les aigües anava a càrrec, en aquell temps, del metge Ramon Puig i Ball. Un cop va entrar en servei es produí una millora molt notable de la qualitat de l'aigua i del seu aspecte. Un informe de la Inspecció Municipal de Sanitat realitzat al cap d'un any de la entrada en servei del sistema destacà l'absència de casos de tifus.

III) Les ampliacions de la xarxa

Al llarg dels anys, l'extensió de la xarxa de distribució de l'aigua potable s'havia anat incrementant al mateix temps que el desenvolupament de la ciutat. A finals dels anys 50 la xarxa principal de Manresa estava integrada per tres xarxes embrancades i pràcticament independents:

- A. La primera branca començava en els Dipòsits Vells amb una canonada de diàmetre 300 mm i abastava tot el consum de la zona baixa de la ciutat, limitant aproximadament per la carretera de Cardona, els carrers del Born i del Terç de Nostre Senyora de Montserrat i per altre banda amb el riu Cardener.
- B. La segona branca partia dels Dipòsits Nous amb un sol conducte de 450 mm de diàmetre i donava servei a tota la zona situada a l'est de l'anterior amb límit al passeig de Pere III.
- C. La tercera branca partia també dels Dipòsits Nous i anava fins a l'Escorxador, on penetrava a la zona urbana de la ciutat i alimentava tota la part nord-est de la mateixa.

Encara existia una quarta branca especial que anava des dels Dipòsits Vells fins a l'estació del Nord, aquesta havia estat instal·lada al començament del segle XX.

Considerant el conjunt de les canonades amb un diàmetre superior als 40 mm de tota la xarxa de distribució, la llargada total instal·lada suposava, a l'any 1950, una longitud de

19.996 metres; d'aquests, només 2700 havien estat instal·lats amb posterioritat a la Guerra Civil.

Gairebé la totalitat de la xarxa de distribució estava integrada constituïda per canonades de fossa, amb una antiguitat de servei d'entre 30 i 80 anys. En canvi, les canonades instal·lades amb posterioritat, entre els anys 1920 i 1950, eren de fibrociment. L'estat de conservació dels conductes es relacionava, de forma general, amb l'antiguitat en servei i es feia necessari un pla de substitució de les més antigues.

A l'any 1950 el consum diari d'aigua, mesurat a la sortida dels dipòsits, era de 9.000 m³/dia. Prenent el cabal de concessió de 1 m³/s, equivalent a 86.400 m³/dia, aquest consum de l'any 1950 suposava només el 10,4 % de l'aigua proporcionada pel canal, quedant gairebé el 90 % restant per a altres usos, essent el principal d'aquests el regadiu.

Tanmateix, el volum teòric consumit, d'acord amb les dades de facturació, era molt menor, situant-se només en 5400 m³/dia, el que suposava l'existència d'unes pèrdues per fuites, excessos de subministrament a les claus d'aforament i altres disfuncions i averies de la xarxa, que es situaven en el 40% del total subministrat. En aquest sentit cal tenir present que el subministrament de caràcter general encara es feia, en aquella època, per aforament i que no va ser fins a l'any 1956 que es va començar a atorgar el subministrament via comptadors volumètrics.

Al final de la dècada de 1950 -1960 es detectava ja la insuficient pressió de la xarxa en les parts més elevades de la ciutat, especialment quan en aquestes s'implantaven noves construccions.

Quan als usos industrial i públic, en aquells temps de finals de la dècada dels anys 50 del segle XX, els consums més importants corresponien a l'Escorxador Municipal, amb 114 m³/dia; les indústries Pirelli, amb 228 m³/dia; els ferrocarrils RENFE, amb 570 m³/dia; l'Hospital, amb 83 m³/dia i dues fàbriques de gel, que consumien 190 i 228 m³/dia respectivament.

1.9.4. La Sèquia i la indústria manresana

Si en el segle XIV i següents l'arribada de l'aigua a Manresa va suposar que la ciutat passés a obtenir un recurs valuósíssim que, explotat adequadament, a través d'una àmplia xarxa de regadiu la convertí en una gran productora de fruites i hortalisses, poc a poc l'aigua també va servir per que la ciutat s'enriquís a través de la proliferació de petites indústries artesanes que utilitzaven l'aigua com a part del seu procés com blanquers, tintorers, o adobers (Virós 2000). Aquestes activitats preindustrials convivien amb les activitats dels artesans que també usaven l'aigua com a font d'energia, com per exemple fusters i ferrers, que feien servir els petits salts per moure les seves serres i moles, a banda dels molins

fariners, veure la figura 1.1 de la pàgina 49 que correspon a un gravat de 1783. En el gravat es pot observar la presència de molins fariners en el torrent de Sant Ignasi.

Durant l'edat mitjana s'havia produït, a tot Europa, una gran proliferació d'aprofitament dels salts amb molins d'aigua. L'historiador francès Marc Bloch va deixar escrit que "*...invenció antiga, el molí d'aigua és pròpiament medieval per l'època de la seva gran expansió*" (Bloch 1986). Per tant, ja coneguda la tecnologia i la riquesa que aportava aquests recurs arran de la posada en marxa de la Sèquia a finals del segle XIV, s'entén que de seguida es va aprofitar tots els salts que les aigües sobrants d'aquesta creaven.

De fet, sembla que inicialment aquest molí era l'únic molí que es va decidir construir pels administradors de la Sèquia aprofitant l'important desnivell que hi havia en el torrent del Mirable, cal tenir present que l'objectiu perseguit amb la construcció de la Sèquia era l'aprofitament agrícola, però davant l'oportunitat la Junta de la Sèquia degué decidir construir i explotar aquest molí, conegut com a molí del Salt dels Gossos o simplement Molí del Salt i que el va explotar d'aquesta forma fins que el vengué l'any 1861 i es reconvertí en una indústria de filatura.

Però va ser amb l'arribada de la revolució industrial quan la ciutat de Manresa també es beneficià extraordinàriament de l'energia que podia proporcionar-li la Sèquia. Així, arran del seu pas per Manresa el 1806, el polític i diplomàtic francès Alexandre Laborde va deixar escrit: "*El veïnatge dels dos rius fa que Manresa sigui una ciutat florent, tant pels molins i les manufactures que hom hi ha pogut establir, com pel regadiu de les terres, que són molt fèrtils i ben cultivades*".

A principis del segle XIX es produí a tot Catalunya una fort augment de la demanda d'energia a causa del procés d'industrialització. La industrialització s'estengué seguint els cursos fluvials dels rius catalans on s'hi anaven implantant indústries prop de les zones poblades. Més endavant, a mida que s'esgotaven els salts més pròxims, també es centrà el focus en llocs on el recurs hídric, el binomi del cabal i alçada del salt, permetia obtenir la potència necessària; i si s'esqueia lluny de les poblacions s'instal·laren les anomenades colònies fabrils. A la comarca del Bages, travessada pels rius Llobregat i Cardener, l'expansió de la industrialització durant el segle XIX va ser molt important. L'enginyer industrial Manuel Gispert explicava tal com veia la situació dels aprofitaments hidràulics a Catalunya en una conferència titulada *Consideraciones Generales sobre las Derivaciones de Aguas Públicas para Fuerza Motriz y para Riego* (Gispert 1888), durant el *Primer Congreso Internacional de Ingeniería de Barcelona*, celebrat l'any 1988:

"Si recorremos las cuencas de nuestro Principado, fijando por el momento nuestra atención en él, vemos ya aprovechados todos los cauces principales que lo atraviesan, y de ellos surgen y se motivan el inmenso número de fábricas que á manera de semilleros del trabajo se emplazan en los valles de

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

nuestra tierra catalana, poblando los más recónditos y solitarios lugares de los mismos. Quedan ahora para aprovechar otra serie de cauces de segundo y tercer orden, cuyo caudal si no es tan abundante como el de los ríos, suele ser por lo general de aguas más constantes y menos sujetos á las alternativas de aquéllos, de suerte que su aprovechamiento es más fructífero que el de los grandes cauces, y por esto llamo sobre estas derivaciones de segundo y tercer orden vuestra atención."



Figura 1.68. La ciutat de Manresa entre 1861 i 1862 presa per Robert P. Napper per a Francis Frith. Font: F. Frith and Company, 1954, Museum E.208:2222-1994, Gallery Location: Prints & Drawings Study Room, level H, case X, shelf 48, b, <http://photoblog.alonsorobis-co.es/2012/07/fotografia-museo-victoria-y-alberto.html> data d'accés: 10/03/2016.

Els avantatges que proporcionaven els salt d'aigua eren evidents davant les altres solucions, com les màquines de vapor, ja que aquestes requerien de més atenció i, sobretot, implicaven un elevat consum de matèries primeres com a combustible. Això va provocar que, per satisfer les noves activitats fabrils, també s'aprofitessin petits salts de rieres i torrents.

L'inconvenient d'aquests petits salts era la seva elevada estacionalitat i, per tants, el estar sotmesos a una dependència directe de la meteorologia, la qual cosa les convertia en inviabilitats com a subministrament energètic en la majoria de requeriments industrials. Per aquest motiu a Manresa es posà la vista en els cabals sobrants dels braços de la Sèquia, que eren bastants regulars al llarg de l'any. Es tractava de cabals petits però que, en alguns casos, a més de la seva regularitat anaven associats a desnivells d'energia potencial interessants per al seu aprofitament en turbines hidràuliques.

A partir de la segona meitat del segle XIX les millores en el perfeccionament de les turbines hidràuliques de reacció introduïdes per James B. Francis i en les d'acció per Lester Allan Pelton permeté que aprofitessin fins el 90% de l'energia dels salts (Mataix 2009). Va ser amb l'introducció d'aquestes tecnologies quan els aprofitaments industrials dels cabals de la Sèquia prengueren rellevància a la ciutat de Manresa.

I) Els salts d'aigua de la Sèquia

Els braços de la Sèquia partien de l'Agulla i es dividien en dos, un que anava cap a Viladordis i l'altre cap a Can Font i la mateixa ciutat. El braçal de Viladordis fonamentalment estava destinat a regadiu. El segon braçal servia també per el reg però alhora havia també de satisfer les necessitats d'aigua de boca de la població i satisfer les demandes d'aigua que comportaven les diverses activitats artesanes i preindustrials com, per exemple, l'adoberia.

Les tensions entre els regants i els industrials de Manresa per l'aprofitament de l'aigua de la Sèquia van quedar reflectides en la memòria que Marià Potó va redactar acompanyant el seu treball d'amidament i reconeixement de la Sèquia el 1867, en el que apuntava el conflicte d'interessos pel control de l'aigua; posteriorment aquestes tensions han estat estudiades per Josep Oliveras (Oliveras 1986a) i Meritxell Gisbert (Gisbert i Traveria 2010), veure la taula 1.9 que aporta la visió dels usos i el destí de l'aigua l'any 1857.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

Taula 1.9. Repartiment de l'aigua de la Sèquia en funció dels usos l'any 1857. Font: (Oliveras 1986a).

Usos de l'aigua	Cabal (l/s)
Regadiu de 1,693 ha. a raó de 1/2 l/s per ha.	846.5
Ús de boca de 16,200 habitants a raó de 100 litres/dia-habitant	18.5
Augment de població	5.0
Tints i blanqueigs	21.0
Fàbriques d'aiguardents i sabó	5.0
Teuleries i bòbiles	16.0
Presó, cases de beneficència i hostals	10.0
Cases de banys	2.0
Escorxador	1.0
Arbrat públic	2.0
Gasòmetre	1.0
5 fonts públiques	20.0
Pèrdues per filtracions al llarg dels 26 quilòmetres de canal	60.0
Total	1008.0

Si s'estudia com van anar evolucionant els reglaments que servien per organitzar la gestió de l'aigua es pot observar com la tendència va ser la de traslladar el poder de decisió cap als grans propietaris i industrials, per exemple, es pot veure com va evolucionar el pes dels vots dels propietaris en el nou reglament de la Sèquia de l'any 1859 a la pàgina 222 dins l'apartat dedicat a l'organització de la Junta de la Sèquia.

Ja a l'inici de la industrialització s'enfrontaren els interessos dels industrials i dels regants, així l'any 1806 el fabricant Cots va comunicar a l'Ajuntament de Manresa que volia "poner máquinas de torcer seda con otras de hilo y cardar algodón para su propia fábrica de unas casas y tierras que posee junto al torrente llamado Predicadores". La resposta del consistori de Manresa va ser negar-li amb l'argument: "sin otro motivo que la oposición de los labradores, alegando estos que en tiempos secos y de escasez de aguas, los fabricantes para tenerlas irían a buscarlas lejos para encaminarlas al torrente y se les

perjudicaria en el riego de sus tierras cuando están pagando treinteno¹¹¹ de sus granos para el logro de este beneficio" (Oliveras 1986b).

Sembla bastant clar que davant la creixent demanda de l'aprofitament industrial d'aquests petits salts que es produí al llarg de la primera meitat del segle XIX, la Junta de la Sèquia veïés com una oportunitat per generar més diners que servissin per satisfer les necessitats de manteniment del canal. Aquest procés es va fer tot assumint que amb els rèdits obtinguts amb l'us agrícola no n'hi havia prou i que calia cercar nous ingressos provinents d'aquests usos industrials i també dels d'aigua de boca.

Tanmateix sorgia el problema de la titularitat de la concessió de l'aigua dels torrents. Com ens explica Lluís Ferrer i Alós en el seu treball sobre els usos industrials de la Sèquia (Ferrer Alós 2008), els salts que aprofitaven l'aigua al torrent de Sant Ignasi o al dels Predicadors havien obtingut la concessió de la Batllia General i, evidentment, per tal de que la Junta de la Sèquia pogués cobrar el cànon calia que se li traspassés la titularitat com a entitat que atorga aquestes concessions. En els braços de la Sèquia no hi havia cap dubte, era clara la titularitat de la Junta de la Sèquia; el problema era que el tema no estava tant clar en el cas dels torrents. Tot i que aquests rebien les escorrialles dels braços de la Sèquia hi havia qui al·legava que no tot el flux d'aigua era degut a aquest fenomen.

Certament, la Sèquia portava un cabal regular, no estacional, durant tot l'any i com que les necessitats de reg no eren iguals a l'estiu que a l'hivern, ni a la nit que de dia, resultaven uns excedents de cabal que, majoritàriament, acabaven generant una escorrentia cap als torrents naturals que desemboquen en el riu Cardener: el torrent del Poal, el torrent dels Predicadors, el torrent de Sant Ignasi i el torrent del Tort.

Una altra part dels excedents es perdien per les cingleres de Viladordis o de Sant Pau (2008). Conseqüentment, els principals torrents de la ciutat ja no portaven només cabals durant i immediatament després dels escassos episodis de pluja, sinó que degut a aquestes aportacions regulars els fluxos d'aigua dels torrents es convertiren en permanents.

Així és que el 5 d'agost de l'any 1857 es feu una petició a la Reina Isabel II per tal que es declarés que els torrents eren competència de la Junta de la Sequia. La Reina va acceptar la petició amb una primera condició de que es construís un Mòdul Hidromètric estipulant el cabal màxim en 1000 litres per segon i la segona condició de que es redactés un nou reglament, que va ser el de l'any 1859.

111. Per a més informació sobre el *trenté* veure la pàgina 222.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

Amb la declaració de la Reina Isabel II quedava estipulat el procediment per el qual es podia demanar aprofitaments hidràulics de la Sèquia, sota la condició de no alterar-ne el seu traçat normal ni alterar el cabal d'aigua que portessin els braços corresponents. Qualsevol particular podia cursar la petició de l'aprofitament, tanmateix immediatament la Junta el treuria a subasta per adjudicar-lo al millor postor.

Els torrents més interessants per a l'aprofitament hidràulic van ser el torrent dels Predicadors¹¹², veure el plànol de la figura 1.69, que desemboca al Cardener aigües avall de la fàbrica dels Panyos, i el torrent de Sant Ignasi¹¹³ que ho feia una mica abans del Pont Vell.



Figura 1.69. Plànol de la ciutat de Manresa de entre 1880 i 1885. En vermell està la traça del torrent dels Predicadors. Font: Biblioteca del Centre Excursionista de Catalunya.

112. El torrent dels Predicadors està cobert pel que avui és el passeig Pere III, va ser cobert en diverses fases entre 1882, 1891 i l'última, fins a Bonavista, el 1929.

113. Es pot veure una imatge de l'any 1900 del torrent de Sant Ignasi, dit abans torrent de Mirable., a la figura 1.72 de la pàgina 214. Actualment el torrent està cobert en la seva totalitat.

Molt abans de que fos aprovat el reglament de 1859 ja s'havien instal·lat, a l'edat mitjana, blanquers i assaonadors al llarg dels tres quilòmetres de recorregut del torrent de Sant Ignasi. Els assaonadors s'havien convertit en un important gremi, especialment al segle XVII, i tenien una gran activitat al voltant d'aquest torrent, on s'hi havien instal·lat nombroses adoberies per aprofitar l'aigua de la Sèquia per adobar les pells sense podrir l'aigua que després hauria de beure's la població.

Cap a finals del segle XVIII s'instal·laren en el mateix torrent de Sant Ignasi alguns petits molins per tòrcer la seda i amb l'inici del segle XIX també algunes fàbriques tèxtils a la part final del torrent abans de desembocar al riu Cardener, allà on el desnivell és més pronunciat, que s'accentuava en els seus darrers 500 metres¹¹⁴, i que permetia l'obtenció de més potència pels seus embarrats, veure la taula 1.10.

La transformació dels tipus de indústries que utilitzaren l'aigua dels torrents manresans, i per tant, de la Sèquia va anar de la mà dels canvis en la tecnologia com els que permeteren filar cotó. En aquest sentit, Àngels Solà Parera fa un estudi molt exhaustiu i interessant en "Aigua, Indústria i Fabricants a Manresa (1759-1860) on explica perquè el cas manresà és paradigmàtic per la seva precocitat en l'ús intensiu dels salts d'aigua amb els sistemes de waterframes¹¹⁵, gràcies a la particular confluència de coneixements tècnics i disponibilitat d'aquests tipus d'aprofitaments hidràulics existents dins el terme municipal de la ciutat, que permeteren a Manresa el desenvolupament d'una incipient i important indústria cotonera que s'estengué arreu de Catalunya (Solà i Parera 2004).

A finals del segle XVIII Manresa era el principal centre productor de fil de seda de Catalunya, amb 24 torns de debanar i 24 més de retòrcer, s'hi debanava i torçava 4800 lliures anuals. Cal dir que la xifra real era superior a aquesta, com apunta la professora Solà, degut a que aquestes xifres són les anotacions en un document oficial, el *Censo de Manufacturas* de l'any 1784, ja que només tres anys després es diu que n'hi havien una quarantena.

A més del fort desnivell el torrent de Sant Ignasi també presentava un cabal prou important. Això era degut a que escorria bona part dels braços del Guix i de Santa Clara, a més d'una part del braçal de Can Font i també del braçal que partia dels ullals de la ciutat i que

114. El torrent de Sant Ignasi presenta un desnivell de 25 metres des de la plaça de Sant Ignasi fins a la desembocadura del riu Cardener.

115. Màquines de filar cotó que es movia per l'acció de l'aigua, el sistema va ser inventat per l'angès A. Arkwright l'any 1769, aquí es coneixien com a *màquines angleses* (Maluquer de Motes 2000).

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

discorria gairebé paral·lel a la carretera de Santpedor. Tot plegat feia que la conca del torrent de Sant Ignasi fos prou ampla com per generar un cabal de 500 litres per segon quan no es regava, dels quals uns 300 litres per segon procedien del braçal del Guix i la resta del braçal de Can Font.

Taula 1.10. Aprofitaments hidràulics ja establerts a principis del segle XIX en el torrent de Sant Ignasi i que estaven en funcionaven l'any 1864. Font: (Ferrer Alòs 2008).

Titular del Salt	Indústria	Emplaçament	Potència (CV)
Marià Batlles	Fàbrica Fontetes	Torrent de Sant Ignasi	28.0
Marià Batlles	Fàbrica Arenys	Torrent de Sant Ignasi	21.0
Gaspar Pla	Fàbrica Serrano	Torrent de Sant Ignasi	14.0
Joaquim Argullol	Fàbrica Argullol	Torrent de Sant Ignasi	7.0
Llogari Serra	Fàbrica Joan Bta. Soler	Torrent de Sant Ignasi	11.5
Joaquim Torrents	Fàbrica Sant Joan d'en Coll	Torrent de Sant Ignasi	12.0
Maurici Pla	Fàbrica Sant Joan d'en Coll	Torrent de Sant Ignasi	5.0
Total:			98.5

El torrent dels Predicadors tenia menys recorregut i menys desnivell que el torrent de Sant Ignasi i estava alimentat, a més de les aigües pluvials, per les aigües subterrànies procedents de les filtracions que es produïen pels diversos recs de la Sèquia. En aquest torrent s'hi havien instal·lat, ja en l'edat mitjana, tintorers que aprofitaven l'aigua pels seus tints i també algunes fassines que abocaven les vinasses resultants de la destil·lació. A partir de la segona meitat del segle XIX també hi hagué molt interès per esgotar totes les possibilitats d'aprofitament hidràulic.

Taula 1.11. Salts existents al torrent dels Predicadors a la segona meitat del segle XIX. Elaboració pròpia a partir de les dades de (2008).

Salt/Fàbrica	Desnivell (metres)	Potència (CV)
Primer salt Fàbrica Lluvià	4.96	2.8
Segon salt Fàbrica Lluvià	8.82	5.2
Fàbrica Pere Parera	4.96	3.0
Joan Garriga	1.60	0.75

Coloma Llopis	1.30*	1.75
Molí de les Jorbetes	7.4*	10.0
Fàbrica de les Jorbetes	2.97	4.0
Miquel Mas	5.26	7.25
Fàbrica Cal Canyís	4.50	15.75
Totals	41.77	50.50
* estimacions fetes a partir de les dades de potència i possible cabal		

A la taula 1.11 es relacionen els aprofitaments hidràulics existents al torrent dels Predicadors a la segona meitat del segle XIX. La taula s'ha completat a partir de les dades exposades per Lluís Ferrer (2008) calculant els possibles cabals a partir de les dades conegudes de potència i desnivell. D'aquests càlculs es desprèn que el cabal mitjà del torrent dels Predicadors era al voltant dels 90 litres per segon.

Taula 1.12. Concessions d'aprofitaments hidràulics per la Junta de la Sèquia a partir de 1859. Font: (2008).

Titular	Emplaçament	Data concessió
Joan Garriga	Torrent dels Predicadors	20 - 05 - 1859
Ramon Llopis	Torrent dels Predicadors	05 - 09 - 1860
Josep Puig	Creu de Tort	05 - 09 - 1860
Fèlix Ardiz	Braçal de Can Font	09 - 05 - 1861
José Pons Enrich	Torrent de Sant Ignasi	07 - 10 - 1861
Molí dels Gossos	Torrent de Sant Ignasi	07 - 10 - 1861
Miquel Ballart i Lluís Guitart	Satant de l'Aigua	? - ? - 1861
Fèlix Ardiz	Braçal de Can Font	24 - 12 - 1862
Pere Serra i R. Ballart	Saltant d'Aigua	? - 04 - 1866
Pere Ferrer Palà	Torrent dels Predicadors	10 - 03 - 1867
Miquel Mas	Torrent dels Predicadors	17 - 03 - 1867
Josep Florejachs	Braçal del Guix	03 - 12 - 1871
Jaume Colomer	Torrent de Sant Ignasi/ Dolors	13 - 12 - 1871

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

Bernardí Alcañiz	Torrent dels Predicadors	13 - 11 - 1871
Bernardí Alcañiz	Braçal de Can Font	10 - 03 - 1872
Joan Valls Ros	Salt de la Atalaia	06 - 07 - 1872
Pere Lleonart	Saltant d'Aigua / Salt Vailer	02 - 03 - 1875
Ignasi Solà, fuster	Era de l'Esquerra	16 - 09 - 1877
Ignasi Lluvià	Torrent dels Predicadors	06 - 09 - 1879
Ignasi Lluvià	Torrent dels Predicadors	14 - 11 - 1880
Joan Planas Vila	Braçal Puigberenguer	31 - 07 - 1882
Josep Arola Tatjer	Braçal Puigberenguer	28 - 01 - 1883
Josep Arola Tatjer	Braçal Puigberenguer	15 - 06 - 1885
Bonaventura Sala Plans	Braçal del Guix / Fàbrica Tovots	10 - 12 - 1893

Després de l'aprovació del reglament de l'any 1859 es concediren molts aprofitaments hidràulics dels torrents. Lluís Ferrer i Alós va fer, a partir de diversos lligalls de l'Arxiu de la Junta de la Sèquia, una relació cronològica de la concessió dels salts, deixant de banda els del torrent de Sant Ignasi que s'havien concedit abans de l'aprovació del nou reglament i que s'estaven utilitzant com a fàbriques tèxtils, aquesta relació es mostra a la taula 1.12.

De la taula 1.12 es desprèn que onze dels vint-i-quatre aprofitaments concedits durant la segona meitat del segle XIX ho van ser entre els anys 1859 i 1870, nou entre 1870 i 1880 i només quatre en les dues dècades següents.

Resulta significatiu també que set salts es van situar aprofitant escorrilles dels torrents, en llocs on ja no suposaven cap molèstia ni podien dificultar el reg a ningú. D'altra banda, trobem que disset salts es van situar en diferents punts dels braços de la Sèquia, catorze en el braçal de Can Font i només tres al braçal del Guix i Viladordis.

Un d'aquests salts proporcionava el cabal necessari per accionar la turbina Francis que es va instal·lar a la fàbrica Santmartí, al igual que a la fàbrica del Guix, veure la imatge de la figura 1.71 de la pàgina 212. Aquesta turbina Francis va ser fabricada per la companyia Jas Leffel a Ohio, als EUA, a l'any 1875 i tot i que constava d'un disseny molt primerenc, en que la caixa espiral era pràcticament inexistent, veure la ja disposava d'un mecanisme d'orientació dels àleps guia de la corona del distribuïdor, fet que li permetia aprofitar diferents cabals amb un rendiment elevat. Aquest mecanisme es pot observar a la imatge de la figura 1.70 de la pàgina 212.



Figura 1.70. Detall de l'interior de la turbina Francis de la fàbrica Sanmartí. Es pot apreciar el mecanisme que acciona els àleps orientables del distribuïdor. Font: MTM.



Figura 1.71. Turbina Francis procedent de la fàbrica Sanmartí, construïda a Ohlo (EUA) l'any 1875. Font: MTM.

I.i) El Molí del Salt

Es coneix que al segle XVI hi havia a la zona del torrent de Sant Ignasi coneguda com el Molí del Salt es practicava la molta de cereals gràcies a la força de l'aigua.

El 10 de març de l'any 1600 el notari Jaume Benetas dona fe de l'escriptura de venda del Molí del Salt a favor de la Universitat de Manresa. Un altre document del dia 28 de febrer de 1809 aporta l'escriptura pública de l'arrendament del Molí del Salt sota l'autorització de Josep Masramon.

Amb el temps aquesta va ser la zona més cotitzada pels industrials que volien aprofitar l'energia del torrent de Sant Ignasi ja que aquí el desnivell era de 14 metres i s'hi podia obtenir una potència destacable, al voltant dels 40 CV, quan la resta de salts importants ben just arribaven als 10 CV. En el *Diccionario geográfico universal dedicado a la Reina por una sociedad de literatos*, vol. V, p. 829, publicat l'any 1832 per l'impremta Josep Torner de Barcelona, es diu en relació a Manresa:

"El canal de la acequia y el Mirable en el cual hay un famoso salto de más de trescientos palmos de elevación donde se precipitan con estruendo y asombro las aguas después de haber pasado por debajo de la plaza de San Ignacio y dado movimiento a muchas fábricas y aún molinos al pie del salto en el arrabal de Manresa."



Figura 1.72. Vista del pontarró conegut com a Salt dels Gossos, al torrent de Sant Ignasi l'any 1900. Comunicava els carrers de Sant Marc i de Mossèn Bosch. °

A l'any 1853 la Junta de la Sèquia va encarregar estudiar les possibilitats d'aprofitament del Molí del Salt a més d'un altre situat en el mas de la Riereta, un altre situat prop del mas del Guix i un darrer localitzat prop del mas Casa Font (2008). L'encàrrec el rebé Marià Potó¹¹⁶, és significatiu el que aquest explica al voltant d'utilitzar l'aigua com a força motriu:

116. Per a més informació sobre Marià Potó es pot veure l'apartat I.II a la pàgina 76.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

"No se comprende como en tantos años que están reconocidas las utilísimas ventajas que proporciona el motor de agua comparado con el vapor, y sobretudo en un centro de fabricación como Manresa, no haya habido fabricante ni interesado alguno por la acequia que no haya tenido el pensamiento de proponer a alguna de las Juntas que se han ido sucediendo, el sacar unas partidas de una fuerza tan envidiable."

Les pressions pels aprofitaments dels salts es posen de manifest en un ofici que la Junta de la Sèquia remet a l'Ajuntament el setembre de 1854 en el que comunica que havent-se detectat la reconstrucció d'una petita presa aigües avall del Molí del Salt, en un terreny propietat de Ventura Pons, aquesta havia estat destruïda per disposició de l'entitat.

El dia 7 d'octubre de 1861 la Junta de la Sèquia va treure a subhasta diversos salts, el més important dels quals era el Molí del Salt dels Gossos, veure la figura 1.72. Aquest inicialment va ser adquirit per Marià Batlles i Josep Muntada, tot i que aquest darrer el va comprar a nom de Josep Pons i Enrich qui era membre de la Junta de la Sèquia; la transacció es xifrà en 14 000 duros.

I.ii) El Salt de les Hortes de Viladordis

A la zona de les Hortes de Viladordis existeix, des de l'any 1899, un petita central hidroelèctrica, coneguda amb el nom de *La Fabriqueta*, que proporciona una potència de 50 kW a partir de les escorrialles de l'aigua de la Sèquia que desemboquen al torrent de Viladordis. Les aigües són captades del torrent i dirigides per mitjà d'una conducció forçada a través de la cinglera fins a arribar al edifici que conté la central.

L'edifici és una estructura funcional, formada per dues plantes, construït amb parets mestre de pedra i conté maons com disposats com elements ornamentals; la coberta és a dues aigües, veure la figura 1.73 . A l'interior actualment es troba una turbina Francis, però quan es va construir estava equipada d'una turbina Pelton.



Figura 1.73. Minicentral hidroelèctrica del Salt de les Hortes de Viladordis. Font: <http://ca.wikiloc.com/wikiloc/imgServer.do?id=3044586>, data d'accés: 12/03/2016.

La central es va construir per complementar la potència que ja proporcionava la central tèrmica que l'empresa Societat d'Enllumenat Elèctric tenia en funcionament al carrer de la Dama de Manresa. Aquesta empresa havia inaugurat el servei d'enllumenat elèctric públic manresà.

L'augment creixent de la demanda elèctrica va fer que el grup Gallifa, Vila i Ferrer construís posteriorment la central hidroelèctrica de les Marcetes. La central de les Marcetes era alimentada directament pel riu Llobregat, mentre que la central del Salt de les Hortes de Viladordis era alimentada exclusivament de les escorrialles de la Sèquia i eventualment de l'escorrentia pluvial que nodrien el torrent de Viladordis. L'any 1910 el grup Gallifa, Vila i Ferrer va dissoldre's i es va fer càrrec de la central l'empresa recent creada Companyia Anònima Manresana d'Electricitat, CAME (Camprubí i Plans 1984).

1.9.5. Les pràctiques furtives de reg

És un fet que d'antuvi, al voltant del recorregut de la Sèquia, ja des del primer tram després de la resclosa, ha existit horta i s'ha practicat el regadiu prenent aigua del canal malgrat que, segons el privilegi atorgat pel rei Pere III a la ciutat de Manresa, només els manresans tenen el dret exclusiu de l'aprofitament de les aigües conduïdes per la Sèquia. En conseqüència, els propietaris dels terrenys per on passa la Sèquia fora dels pertanyents al propi terme municipal tenen expressament prohibit extreure qualsevol quantitat d'aigua del canal.

El juny de 1583 diversos individus infringiren la norma en regar furtivament diverses terres dels contorns del canal al seu pas per Sant Pons, segons va denunciar el sequiaire Francesc Nebot. En data 1 de juliol del mateix 1583 a instància del Síndic de Manresa, Joan Marc, s'obre procés d'informació contra en Bernat Golsa, de Can Anglada, en N. Illa, del Mas la Illa, en Miquel Mas alies Puig, hereu del Mas de les Coves i N. Col, de Sant Pons, per, segons es diu en l'ofici, les destrosses causades a la Sèquia de la ciutat de Manresa i les usurpacions d'aigua practicades a la mateixa.

El 23 de juliol de 1586 s'obre procés instruït a la Cúria de la Vegueria de Manresa a instància del Sr. Procurador Fiscal contra Onofre Martorell de Belloc, Bernat Mas, tutor dels fills de Miquel Mas de les Coves, N. Mercadal, N. Artigues, Joan Coll i Joan Sala de Sant Pons del terme de Sallent i Valentí Fàbrega, Joan Prat de la Riera i Pere Roca del terme de Santpedor; per "raó de varis forats, trencaments i altres danys fets maliciosament a la Sèquia per poder usurpar aigua d'ella amb el fi de regar terrenys de la seva propietat".

Els actes de sabotatge no es limitaven a danyar físicament les parets de la Sèquia, el 4 de setembre de 1590 el sequiaire Pere Planes denuncia la troballa d'un porc gran mort dins la Sèquia, segons indica, tirat allí maliciosament. En la mateixa denúncia diu haver trobat al hereu Martí de Balsareny regant un hort amb aigua de la Sèquia, que prenia mitjançant un canal de fusta col·locat en un bagant que havia obert expressament.

Un episodi curiós que té a veure també amb el pas d'animals es produí l'estiu de l'any 1593, segons es documenta en el procediment judicial incoat el 5 d'agost en la Cúria de la Vegueria de Manresa. En aquest procediment es fa constar que el sequiaire que estava a la parròquia de Sant Iscle controlant les tasques de desherbat que feien els treballadors contractats per a tal fi va observar sis bous que pasturaven dins el canal, causant-li greus danys.

Davant d'aquest incident el sequiaire va manar apressar dos dels bous a mode de penyora, però que en assabentar-se d'això un tal Fàbrega i un tal Ferrer de Santpedor, propietaris dels bous, van acudir al lloc amb altres veïns de Santpedor armats amb armes de foc, pals,

ferramentes i espases al crit de "via fos als lladres", de forma que veient-se el sequiaire perseguit per ells i temorós de que li fessin algun dany a ell o als treballadors, retornà els bous. S'explica que posteriorment s'inspeccionà la Sèquia en aquell lloc i es trobaren diversos tancats de fusta i un parell de petits ponts també fets amb pals, construïts per donar pas al ramat. A més, s'indica que es va trobar regada amb aigua procedent del canal el terreny de Prat de la Riera en el terme de Santpedor.

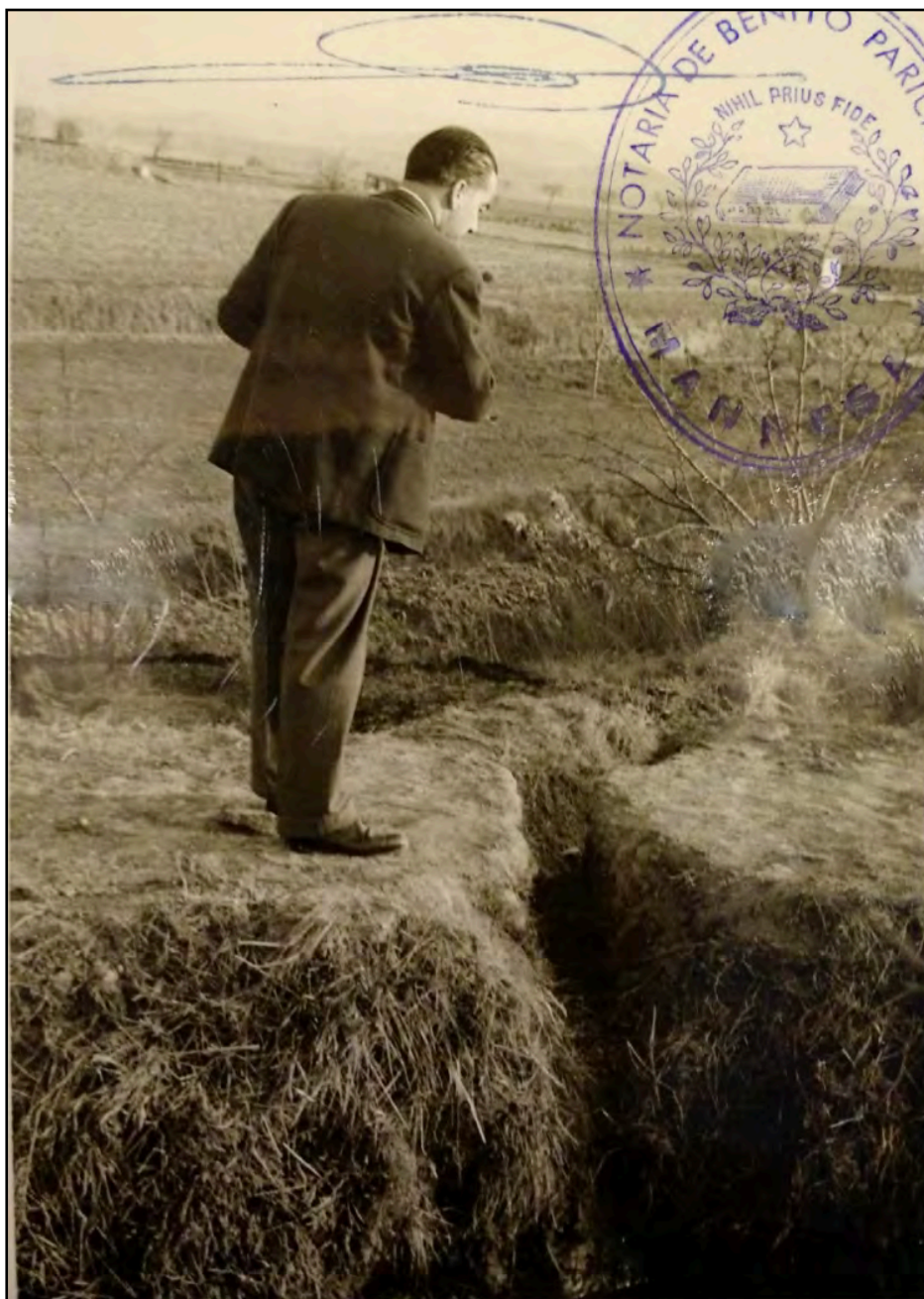


Figura 1.74. Aixecament d'acta pel notari Benito Paricio Barril a petició de la Junta de la Sèquia davant la troballa d'un canal de reg fortuï en un dels marges de la Sèquia. Font: Arxiu de la Junta de

la Sèquia dipositat al Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.

A l'any 1596 hi hagueren enfrontaments armats entre els vassalls del baró de Balsareny, Ferran d'Oliver, i els representants manresans. L'any 1639 el rector Diego Vinyes va fer tocar a sometent contra el sequiaire pel seu afany per evitar les extraccions il·legals d'aigua que feien els hortolans que conreaven les seves terres entre la Sèquia i el riu Llobregat (Carreté 1990).

I) Les trompes d'aigua per a reg

D'acord amb el privilegi atorgat als manresans, els propietaris dels terrenys per on passava la Sèquia s'havien de resignar a veure passar l'aigua per les seves terres sense poder utilitzar-la. No costa gaire imaginar la frustració que això podia representar per aquests veïns, més en temps d'escassetat de precipitacions quan s'intueix el perill de perdre les collites o de que aquestes siguin migrades. Evidentment des d'antuvi això creà tensions i durant la història del canal hi ha hagut recurrentment episodis de indisciplina, sabotatges i les conseqüents repressions.

Aquest estira i arronsa entre per una part les autoritats que administraven el canal, i feien complir el reglament, i per altre costat els pagesos en el seu afany de regar les seves terres despertà també l'ingeni d'aquests.

Un dels casos de més repercussió es donà durant el segle XVIII; els veïns de Balsareny feia temps que acostumaven a fer d'amagat forats a la Sèquia per poder regar i els tornaven a tapar ràpidament. Quant la Junta de la Sèquia va tenir coneixement d'aquests forats els va inutilitzar i els propietaris dels horts es van trobar de cop sense aigua per regar. Però resulta que en aquells temps a Balsareny tenien un rector, en Mn. Roque Garcia, que va enginyar un dispositiu que s'anomena *trompa* o *cantimplora* i que utilitzaren per extreure l'aigua de la Sèquia sense fer-hi cap forat.

La trompa bàsicament és un sífó, està constituïda per un tub en forma de U invertida; per a fer-la funcionar primer cal tapar els dos extrems inferiors i omplir-la completament d'aigua per una obertura en el tub superior. Un cop tot l'aparell està ple d'aigua es submergeix un dels extrems inferiors del tub dins l'aigua del canal i, a continuació, es treuen els taps dels dos extrems. Com que el tub ja està encebada l'aigua comença a circular des de la part submergida cap a l'altre extrem que es troba per sota del nivell de la superfície de l'aigua del canal, obtenint-se de forma indefinida un flux continuat sense necessitat de cap altra operació. A la figura 1.75 de la pàgina 220 es mostra una trompa recuperada i que forma part de la mostra permanent sobre la Sèquia del Museu de la Tècnica de Manresa.

El fet de que es prengués l'aigua amb un dispositiu mòbil, sense cap tipus de instal·lació fixa i sense alterar l'estructura del canal portà molts mal de caps a la Junta de la Sèquia en

els seus intents d'evitar l'extracció de l'aigua. L'any 1787 la Junta de la Sèquia va entrar en litigi contra el rector de Balsareny, Mn. Roque Garcia, a qui finalment van guanyar en el judici celebrat l'any 1791 (1990).

Avui dia els horts que no pertanyen al terme municipal de Manresa només poden ésser regats mitjançant sistemes no fixos, com l'anomenada trompa; a més, aquests sistemes tenen la limitació de poder-se utilitzar només de sis a nou del vespre (Villuendas 1982).



Figura 1.75. Trompa d'aigua de mostra permanent sobre la Sèquia del Museu de la Tècnica de Manresa. Aquest sifó, un cop encebada, servia per extreure aigua del canal sense haver de perpetrar cap intervenció sobre les seves parets o fons. Font: MTM.

Existeix un ofici en data 5 d'agost de 1839 enviat pel Governador a la Junta de la Sèquia i a l'Ajuntament comunicant l'ofici que al seu torn li havia adreçat l'Ajuntament de Sallent en el que donava comptes de l'aprehensió per part del Comandant d'Armes de la Vila de Sallent, el Sr. Antonio Baxeras, la nit del 26 al 27 de juliol del mateix any, de quinze tubs o sifons amb els que s'usurpava l'aigua de la Sèquia.

En relació a aquesta aprehensió la Junta de la Sèquia cursà un ofici adreçat a la Capitania General en data 2 d'agost en el que demanava protecció davant les contínues usurpacions

d'aigua i, en referència a la incautament de les quinze trompes, explicava que per culpa d'això hagueren de parar la seva activitat algunes fàbriques manresanes.

1.9.6. Els organismes i les entitats vinculades a la gestió del canal i de l'aigua

I) La Junta de la Sèquia de Manresa

Malgrat que l'actual Junta de la Sèquia està constituïda, des de l'1 de gener de 2011, dins de la Fundació Aigües de Manresa, la seva història és tant antiga com la pròpia Sèquia. Certament, la primera Junta de la Sèquia de Manresa va funcionar l'any següent a l'obtenció del privilegi, és a dir el 1340. Aquesta primera Junta va ser nomenada pel Consell de la Ciutat, que en va rebre l'encàrrec de la construcció del canal i hagué d'afrontar els plets sorgits amb la Mitra de Vic així com tots els pobles per on passa el traçat del canal. La Sèquia no va portar aigua a Manresa fins l'any 1377. A partir d'aquesta data la Junta de la Sèquia va passar a tenir una nova funció: la d'administrar les dotacions d'aigua per als diferents demandants.

L'any 1716, amb el Decret de Nova Planta, es va canviar l'estructura de la Junta de la Sèquia, que des d'aquell moment va passar a ser presidida per l'alcalde de la ciutat. Això fou així fins que Isabel II aprovà, el 5 de novembre de 1859, el Reglament per al Govern i l'Administració de la Sèquia, a causa dels canvis en l'estratègia de la gestió de l'aigua¹¹⁷.

Aquest nou reglament fixa que la propietat de la Sèquia recau en la ciutat de Manresa i els propietaris de terres dins el terme de Manresa que tinguin reconegut el dret de regatge de les mateixes, en virtut del reial privilegi concedit per el Rei Pere III d'Aragó el 23 d'agost de 1339.

El nou reglament va establir que la funció de la molt il·lustre Junta de la Sèquia de Manresa és l'entitat encarregada del govern i administració de l'aprofitament. L'òrgan de govern principal és la Junta General. Aquesta està formada per l'Ajuntament en ple de la ciutat de Manresa i per la totalitat dels propietaris de terres del seu terme, Manresa, que tenen dret a regatge i que tindrien un vot per cada 50 àrees de terra¹¹⁸. La representació de la Junta

117. Veure l'explicació al voltant del canvi d'estratègia per part de la Junta de la Sèquia de l'aprofitament del recurs obrint-lo a l'ús industrial en l'apartat 1.9.4 de la pàgina 201.

118. Resulta evident que amb aquest reglament el poder es decantava cap els grans propietaris de terres per l'acumulació de vots. Cal dir que alguns dels grans propietaris eren, al seu torn, també industrials.

General l'assumeix la Junta de Govern essent aquesta formada per un total de nou vocals: l'alcalde-president, dos regidors de l'ajuntament i escollits per aquest, tres propietaris de terres que siguin pagesos i tres propietaris de terres que no ho siguin, aquests sis últims escollits per la Junta General.

La Junta de la Sèquia comptava principalment amb la provisió de fons provinents dels ingressos del cobrament del *trenté*, aquest es es calculava com l'1 per 30 de les mesures de grans d'espiga que produeix el regadiu. L'any 1859 el *trenté* va ser substituït per un *impost general de sequiatge*, consistent en una quantitat determinada per quartera de regadiu, malgrat tot es seguí denominant aquest *impost general de sequiatge* amb el nom de *trenté*.

El càlcul de l'impost general de sequiatge, o *trenté*, consistia a primers de segle XX en 3 pessetes per quartera, aquest preu es mantingué durant molts anys, fins ben passada la Guerra Civil. Per les noves entrades a regadiu es feia pagar en aquell temps 100 pessetes per quartera, preu que l'any 1923 s'apujà fins a 200 pessetes per quartera.

En alguns casos, quan s'havia de fer front a despeses extraordinàries, s'acordava excepcionalment el cobrament del doble del *trenté*. Aquesta mesura es va prendre, per exemple, l'any 1928 amb motiu de la construcció d'un sifó degut a les obres d'urbanització del passeig de Pere III.

A més dels ingressos originats per les quotes de regadiu, la Junta de la Sèquia també comptava amb les entrades per conversió de secà a regadiu i dels ingressos produïts en els salts d'aigua. En aquest cas les quotes es fixaven en un percentatge sobre la potència produïda pel salts, mesurada en cavalls de vapor.

Des de començament del segle XX, el secretari de la Junta de Govern era Joaquim d'Argullol, que va cessar en el càrrec, juntament amb el tresorer, el gener de 1917. El motiu va ser presumptament la irregularitat comesa en consentir que un dels propietaris fes una esmena en una de les còpies dels plànols on es reflectien els regadius, els originals es conservaven a la casa de la ciutat. Es nomenà secretari interí en Carles Aguilar que en aquells moments era oficial primer de la Secretaria de l'Ajuntament. El mes d'agost del 1921 prengué possessió com a secretari de la Junta de Govern en Josep Vives i Coll i com a tresorer en Jaume Fornells i Figueras.

Acabada la Guerra Civil, en els inicis de la dècada 1940-1950 el canal es trobava en un estat de desatenció preocupant. Es feia evident la necessitat de fer-hi intervencions importants i costoses. Per tal de fer-hi front la Junta va augmentar el *trenté*, s'hi imposà un repartiment extraordinari i, al mateix temps, es sollicità un préstec de 60 000 pessetes a la Banca Padró. Per ordre del governador civil de la província de Barcelona, es va constituir la nova Junta Directiva, que fins l'any 1950 serà nomenada per aquest sistema.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

El juny de l'any 1944 va ser destituït per ofici del governador civil, sense que consti el motiu, el secretari de la Junta en Josep Vives i Coll. En el mateix ofici s'ordenava donar possessió de la secretaria de la Junta a Joan Burgos i Roca, que va exercir el càrrec fins el mes de novembre de l'any 1949, essent reposat en el seu càrrec en Josep Vives i Coll.

A partir dels anys 40 del segle XX es reberen moltes peticions d'aigua per a usos domèstics i industrials. Això va proporcionar uns ingressos que van fer millorar sensiblement l'economia de la Junta que, com hem explicat, era molt precària en aquells temps.

A l'any 1942 els ingressos totals de la Junta de la Sèquia van ser de 250 000 pessetes, repartits de la següent forma:

- 29 % procedent dels salts d'aigua
- 25 % procedent del cànon de la Junta d'Aigües Potables
- 16 % procedent dels ajuntaments dels pobles veïns i d'alguns industrials
- 15 % procedent del *trenté* pel regadiu
- 12 % procedent de sancions
- 3 % procedent de les aportacions dels safareigs particulars

L'any 1943 es palesà la preocupació per refer el padró de regants, que s'havia perdut durant la Guerra Civil. Al mateix any es prengué la decisió d'apujar el *trenté* de 3 a 10 pessetes per quartera i al 1944 es decidí augmentar-lo fins a les 25 pessetes per quartera. Aquest import es va rebaixar tot seguit a 24 pessetes per quartera per tal de facilitar al tresorer el canvi o equivalència en quartans¹¹⁹. També s'augmentar l'entrada de regadiu que passà, a partir de l'any 1947, a les 500 pessetes per quartera. Pel que fa al cànon de la Junta d'Aigües Potables, aquest passà de tributar de 5 a 25 pessetes per ploma.

Malgrat tots aquests esforços es constata que a l'any 1950 l'estat del canal era desastrós en alguns punts i es feia evident la necessitat de fer-hi costoses intervencions. Amb aquesta finalitat la Junta va habilitar un crèdit de dos milions de pessetes. Al mateix temps es va fer un repartiment extraordinari, bo i doblant el *trenté*. No obstant això, la precària economia de la Junta de la Sèquia no va impedir que aquesta deixés de col·laborar amb la construcció del brollador de la plaça d'Espanya, amb motiu de la Fira de mostres que va tenir lloc l'any 1952 a l'Institut Lluís de Peguera, i que fou finançat a parts iguals entre l'Ajuntament, la Comissió de la Fira, la Junta d'Aigües Potables i la Junta de la Sèquia.

Entre les funcions de la Junta de la Sèquia hi ha les de portar a terme totes les tasques d'administració i policia del regadiu. Per a facilitar la tasca la Junta compta amb un

119. Un quartà equivalia a una dotzena part d'una quartera. Així dotze quartans eren una quartera. Un quartà equivalia també a quatre picotins i un picotí equivalia al seu torn a quatre mesuretets.

Reglament que recull la major part de supòsits i normalment, en la majoria de casos, n'hi ha prou amb la seva aplicació.

Entre els conflictes més habituals hi ha els propis de la coexistència del creixement de la ciutat i el regadiu (Gisbert i Traveria 2010). Així, per exemple, un dels punts rellevants és el de regular el trànsit de vehicles per sobre el canal i els seus braços, pel perill inherent de causar-hi danys, contaminació o, fins i tot, d'interrupció del servei.

Un segon punt també problemàtic amb el que ha de bregar la Junta és el control dels abocaments d'aigües residuals en els regs. Apareix també el conflicte en l'augment de la demanada creixent d'aigua de la Sèquia per a usos industrials i domèstics, que s'autoritzen en caràcter d'aigües sobrants.

La Junta de la Sèquia organitza, d'acord amb les necessitats dels regants, els corresponents torns o tandes¹²⁰ de reg i ajusta els cabals de la forma més adequada en els partidors. Davant tots els casos de sol·licitud per a la instal·lació de bombes d'ariet en els braços la Junta procedeix a nomenar la corresponent *Comissió de Vocals* que acudeix a fer una inspecció in situ.

Un altre episodi singular va succeir l'any 1921 quan el moliner del molí de Sant Ignasi va desviar l'aigua del braçal i, per insubordinació, es sancionà amb una multa de 250 pessetes.

El 1924 la Junta imposava multes de 25 i de 50 pessetes, en funció de la gravetat o la reincidència, als regants que no tancaven els ullals després de fer servir el reg.

Abunden els conflictes amb regants i propietaris adjacents, veure figura 1.74 de la pàgina 218 però també n'hi ha hagut amb els passos i els camins. Hi hagué, per exemple, una forta controvèrsia, que durà quatre anys, per l'utilització com a pas de carruatge un tram cobert del rec de l'Irla, en la perllongació del carrer Saclosa. O d'altres, com l'intent de fer tributar als propietaris del salt del torrent de Sant Ignasi 100 pessetes per cavall de potència produït per tal de millorar la precària tresoreria de la Junta de la Sèquia. Fins i tot han aparegut controvèrsies amb la mateixa administració de la ciutat, com quan es discutia

120. Joan Coromines suggereix que la paraula *tanda* entesa com a torn de rec és una derivació de l'àrab *tanzim*, arrel que significa *joc de paraules en ordre*. La paraula *tanda* apareix per primera vegada documentada durant el segle XIII a Catalunya (Coromines, Gulsoy, Cahner, Duarte i Montserrat, & Sauté, 1980).

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

si la Junta de la Sèquia havia d'assumir els costos¹²¹ de la construcció del sifó del Passeig Pere III.

Tanmateix, no tot han estat desavinences, la Junta també ha assolit grans acords, com quan es aconseguir per part de la Junta un bon acord amb els propietaris dels terrenys per construir un camí per anar a la resclosa des del pont de Santa Maria a Balsareny.

També s'ha arribat a un bon nombre d'acords en el sentit d'afavorir els interessos dels peticionaris de demandes adreçades a la Junta de la Sèquia. Com, per exemple, quan a l'any 1928 es concedí a la Comissió de la Agrupació Esportiva del Casino de Manresa el poder utilitzar l'aigua sobrant de la Sèquia per el seu ús en una piscina que es projectava construir. Tot i això, en la concessió del permís es feia l'advertiment de que, degut que l'aigua sobrant del reg és quelcom bruta, aquesta haurà de ser sotmesa a tractament, clarificant-la i depurant-la, i es deixa ben clar que els costos associats al tractament hauran d'anar a càrrec del peticionari.

Des de l'1 de gener de 2011 la Junta de la Sèquia va quedar integrada dins la Fundació Aigües de Manresa. La Fundació Aigües de Manresa - Junta de la Sèquia va ser fundada pel Consell d'Administració de l'empresa Aigües de Manresa i la Junta Directiva de la Sèquia de Manresa. Té caràcter instrumental de les dues entitats amb l'objectiu desenvolupar i administrar les actuacions que sota el nom Parc de la Sèquia es porten a terme en l'àmbit de un projecte patrimonial, cultural, ambiental, històric, turístic i de lleure. El Parc de la Sèquia va néixer com a marca l'any 2004 per aprofitar i donar a conèixer tots aquest valors exposats anteriorment, que representen la Sèquia de Manresa, a fi de convertir l'espai en un pol de cultura, educatiu i lúdic per a la ciutat de Manresa.

Les àrees d'activitat de la Fundació són culturals, educatives i medi ambient i es basa en la gestió de diferents espai integrats sota el paraigües del Parc de la Sèquia:

- Parc de l'Agulla
- Centre de Visitants
- Centre de l'Aigua, integrat a la Masia de Can Font
- Museu de la Tècnica de Manresa

La Fundació Aigües de Manresa - Junta de la Sèquia gaudeix del protectorat de la Generalitat de Catalunya, amb nombre de registre 696 de data 20 de juliol de 2011. L'àmbit

121. El pressupost total era de 15.593,80 pessetes i l'acord final consistí en que la Junta de la Sèquia de Manresa assumiria una quantitat de 11.066,44 pessetes i la resta, 4.527,36 pessetes, a càrrec de l'Ajuntament.

d'actuació de la fundació és comarcal, participant en altres organismes com la Coordinadora Catalana de Fundacions i col·laborant amb altres entitats i associacions del territori amb l'objectiu de crear una xarxa que potencii les seves sinergies. L'entitat compta amb un pressupost anual que gira al voltant del mig milió d'euros, concretament el pressupost de l'any 2015 va ser de 428 774.00 €.

El patronat de la Fundació està compost per:

- L'Alcalde de Manresa, membre nat, que adquireix la funció de President de l'entitat
- 5 representants d'Aigües de Manresa
- 5 representats de la Junta de la Sèquia
- 3 representants de l'Ajuntament de Manresa
- 3 representants del Gremi de Cintaires (un d'ells ha de ser el Sr. Magí Borell Portabella o família)
- 1 representant del Col·legi d'Enginyers Industrials
- L'Alcalde de Balsareny
- L'Alcalde de Sallent
- L'Alcalde de Sant Fruitós
- L'Alcalde de Santpedor
- 1 representant de la Cambra de Comerç
- 1 representant del Museu de la Ciència i la Tècnica de Catalunya
-

II) L'assumpte de la propietat de la Sèquia

Les entitats gestores del proveïment d'aigua a la ciutat de Manresa, la Junta de la Sèquia i la Junta d'Aigües Potables, van estar sotmeses fins a l'any 1936 a les successives conjuntures polítiques, fet que provocà algun tipus de conflicte amb l'Ajuntament. De fet, el conflicte entre la Junta de la Sèquia i l'Ajuntament de Manresa es remunten molt més lluny. A l'inici de la dictadura del general Primo de Rivera, concretament a la sessió de la corporació municipal del dia 7 de novembre de 1923, s'acordà "sotmetre a l'estudi de tres senyors lletrats l'assumpte de la Sèquia de Manresa, perquè dictaminin respecte llur propietat originària i actual, organització i atribucions de la Junta Administradora".

Per a tal fi van ser designats els lletrats del Col·legi de Barcelona Jesús Sánchez Diezma, catedràtic de Dret Administratiu de la Universitat de Barcelona, Josep Claveria Echave,

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

professor de Dret Administratiu de l'Escola d'Administració Pública i Josep Maria Pi i Sunyer, professor de Procediment Administratiu a la mateixa Escola. Reberen l'encàrrec d'estudiar el cas i emetre un dictamen, tanmateix, un cop aquest va ser rebut es decidí desestimar emprendre cap acció per part de l'Ajuntament.

Ara bé, cinc anys més tard, el 1928 l'alcalde-president de l'Ajuntament de Manresa, en Josep Montardit i Garcia, i el secretari de la mateixa entitat municipal, en Ricard Mataró i Mas, compareixeren davant el notari Lluís Duran i Moner i manifestaren que l'Ajuntament tenia domini del canal conegut per Sèquia de Manresa i a fi que tal domini, a tots els efectes legals, pogués fer-se constar en el Registre de la Propietat, van atorgar l'escriptura de declaració de bens de domini i obres del canal. Al mateix temps es va efectuar la inscripció en el Llibre Inventari de Béns Municipals, amb el concepte de Bens de Domini Públic i Servei Públic.

Posteriorment, la Corporació Municipal acordà cursar sol·licitud al Govern de la derogació del Reglament sobre el règim i administració de la Sèquia de Manresa, de l'any 1859. D'acord amb els arguments de l'Ajuntament, la propietat del canal era compartida pel propi Ajuntament i tots els propietaris de les terres que tenien adquirit el dret de regatge, és a dir que es plantejava s'estava davant un cas de copropietat.

La resposta immediata per part de la Junta de la Sèquia va ser promoure un judici declaratiu de major quantia davant el Jutjat de Primera Instància de Manresa, tot sol·licitant que la declaració de la nul·litat de les inscripcions registrals i la declaració en la que es formulava que la Sèquia de Manresa era propietat de la ciutat i dels propietaris de terres que tenien dret al regatge de les mateixes.

El mes de març de 1930, després de la dictadura de Primo de Rivera, va ser escollit president de la Junta en Francisco de Puig i Pallejà. Durant l'acte de pressa de possessió el vocal Antoni Arderiu i Pascual resumia el malestar que regnava a la Junta degut a tot el conflicte amb l'Ajuntament. L'acta recull que Antoni Arderiu va lamentar-se de les accions unilaterals empreses per l'últim alcalde, el Sr. Josep Montardit Garcia; entre altres objeccions li retreu que es negués repetidament a convocar a reunió la Junta de la Sèquia, que prescindís dels acords de la mateixa, que disposés del personal i dels béns de la Junta segons els seus capricis i que intentés, sense èxiti, que el governador civil de la província destituís tots els vocals de la Junta.

Les discussions van continuar i a l'any 1931, essent president en Joan Selvas i Carné, el focus estava centrat entorn de l'elaboració d'un nou reglament. Els debats més intensos dins la Junta els mantingueren per una part en Antoni Arderiu i Pascual, portaveu dels vocals dels propietaris dels terrenys de regatge, i en Antoni Ribas i Grau, vocal de l'Ajuntament.

A finals de l'any 1931 s'arribà a un nou acord, essent president de la Junta en Lluís Prunés i Sató. Efectivament, el 4 de desembre de 1931 va aprovar-se en sessió ordinària del ple de l'Ajuntament de Manresa una concòrdia sobre la base del dret de copropietat entre els regants i el propi Ajuntament. Aquest acord va ser ratificat el dia 28 de febrer de 1932 en reunió general ordinària de la Junta de la Sèquia.

Prenent com a punt de partida les bases fonamentades de l'esmentada concòrdia es procedí a l'elaboració d'un nou reglament. Un cop redactat aquest, va ser tramés al ministeri d'Obres Públiques en data 21 de maig de 1932. Tot veient que passava el temps i l'assumpte no progressava, la Junta envià el mes de desembre del mateix any al secretari acompanyat de dos vocals a Madrid per tal d'exercir les gestions necessàries per obtenir l'aprovació del ministre.

Al mes de febrer de 1936, amb un govern presidit pel Front Popular, es produir un intent de modificació de l'esperit recollit en la concòrdia mitjançant la redacció d'un nou reglament, tanmateix l'esclat de la Guerra Civil interrompí aquest procés.

La primera Junta que es celebrà acabada la guerra, el dia 30 de maig de 1939 es deia:

"Que la Junta de la Acequia vuelva a su normal funcionamiento y actividad, sin perjuicio de ultimar, cuando proceda, la ejecución de lo acordado en la Concordia entre el Ayuntamiento y dicha Junta y que la misma no puede legalmente llevarse a ejecución todavía por no estar aprobada por la Superioridad."

III) La Junta d'Aigües Potables de Manresa

La Junta d'Aigües Potables de Manresa es constitueix a partir dels acords presos per la Junta de la Sèquia el 12 d'abril, el 24 de setembre i el 27 d'octubre de 1861. En aquests acords es manifesta reiteradament la necessitat de comptar amb uns dipòsits per emmagatzemar l'aigua de la Sèquia per tenir-ne una reserva i poder fer front a eventuais interrupcions en el subministrament. Per tal d'estudiar el projecte es constituí una Junta Directiva provisional de la Junta d'Aigües Potables de Manresa, aquesta era formada per l'alcalde-president, dos regidors de l'Ajuntament i sis propietaris de plomes¹²².

Aquesta Junta Directiva provisional va redactar un Reglament¹²³ sobre les funcions d'aquest organisme i sobre la organització relativa a la distribució dels cabals d'aigua entre

122. La ploma manresana era una unitat de cabal utilitzada per al consum d'aigua. La ploma equival a un cabal de 2468 litres per dia, això és 1.71 litres per minut.

123. "Reglamento para los Tenedores de Plumas de Agua de Manresa".

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

els particulars. Aquest Reglament va ser tramés al Govern Civil de la Província el mes de novembre de 1871.

La Junta de la Sèquia de Manresa mantenia una representació dins de la Junta Directiva de les Aigües Potables mitjançant la incorporació de dos membres a la mateixa. La Junta d'Aigües Potables prenia lliurament i d'acord amb les creixents necessitats de consum de la població noves plomes per atendre la demanda. D'acord amb les bases convingudes, la Junta de la Sèquia rebia de la Junta d'Aigües Potables un cànon anual per cada ploma d'aigua subministrada.

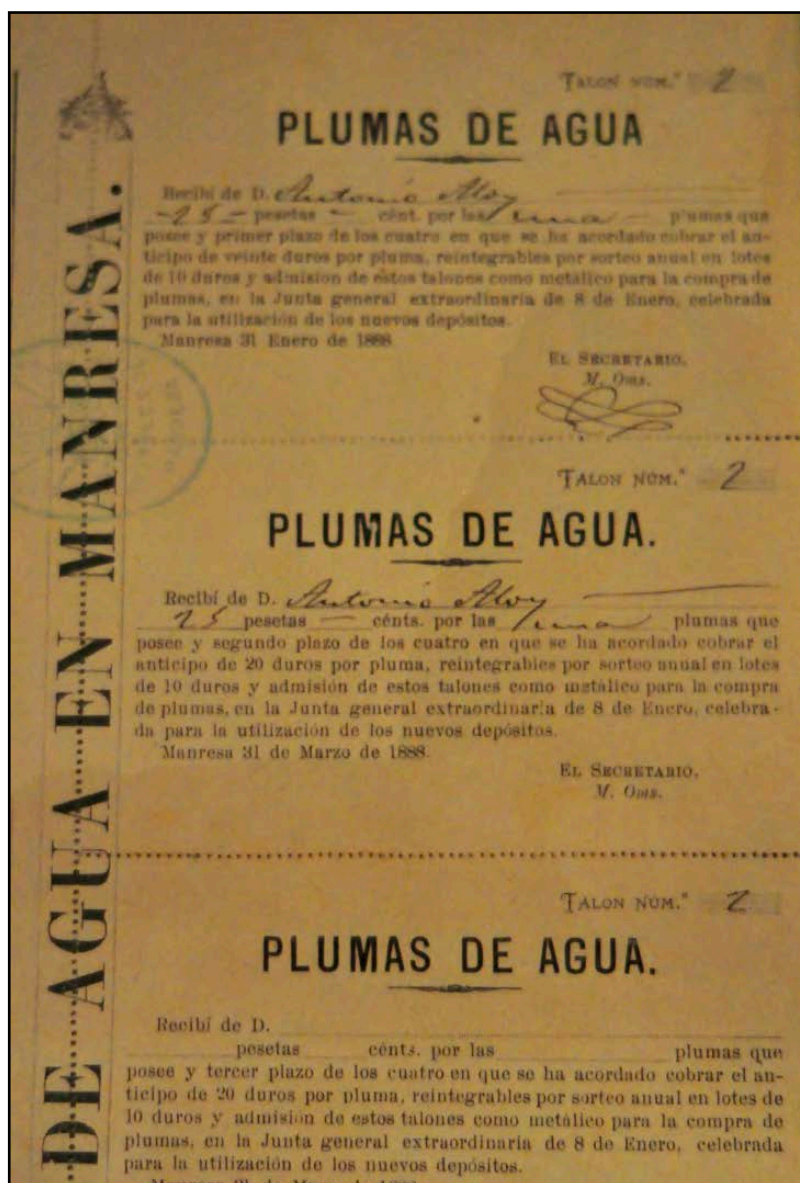


Figura 1.76. Rebuts per import de 25 pessetes emesos a compte de plomes d'aigua l'any 1888.

Font: AJSM.

En el primer terç del segle XX hi hagué un destacable repunt en l'evolució dels consums d'aigua potable, augmentant tant el nombre de plomes com el consum mitjà unitari. Així consta que a l'any 1900 hi havia contactades 694 plomes, l'equivalent a 1713 metres cúbics per dia.

Tenint en compte que la ciutat de Manresa tenia un cens de 24 150 habitants, la ràtio resultant era de 70.93 litres per habitant i dia. Però a l'any 1930 el nombre de plomes arribava a les 1081 unitats, equivalents a un consum de 2668 metres cúbics per dia. Aquest cabal repartit entre els 32 151 habitants de l'any 1930 donava una ràtio de 82.98 litres per habitant i dia.

La Junta d'Aigües Potables també va estar sotmesa als avatars polítics en la dècada dels anys 1930 - 1940. Per exemple, el 18 de març de 1936, l'alcalde-president Josep Marcet i Artigas anuncià la intenció del Govern de la ciutat de procedir a la municipalització del servei. Per a aquest fi es constituí una comissió, que a primers d'estiu va emetre el dictamen dels seus treballs indicant la idoneïtat de la mesura en el ben entès de que la municipalització del servei respectés els drets dels titulars de les plomes, els quals, van donar explícitament el seu vist-i-plau a les condicions de la municipalització del servei en la Junta General celebrada el dia 5 de juliol de 1936.

L'última Junta Directiva de les Aigües Potables de Manresa es celebrà just dos dies abans de l'esclat de la Guerra Civil. Acabada la guerra, les noves autoritats van deixar sense efecte tots els acords municipals previs, i van proclamar que s'havia produït un acte violent en la confiscació de la comptabilitat i de la documentació de la Junta com a conseqüència de les eleccions del 16 de febrer de 1936, deixant sense efecte tots els acords presos amb posterioritat.

El model de finançament de la Junta d'Aigües Potables es basava en l'obtenció de beneficis d'acord amb la prestació del servei, però la fórmula per la qual s'obtenien aquests beneficis va anar canviant amb el temps. Si bé en principi el finançament s'obtenia fonamentalment per la percepció immediata d'una quantitat econòmica a canvi del dret de subministrament d'aigua a perpetuïtat ja que llavors la quota anual era molt petita, aquest model va ser substituït per el sistema basat en les anomenades *plomes de lloguer*.

En el nou model les plomes de lloguer eren subministrades per la Junta d'Aigües Potables als peticionaris per un cànon anual a canvi de l'aigua subministrada. D'aquesta forma s'evitava que els propietaris de l'immoble haguessin de fer d'entrada una important aportació de diners.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

L'última ploma venuda per la Junta d'Aigües Potables va ser l'any 1909, corresponia a l'última de la segona emissió feta l'any 1876. Per aquest motiu a l'any següent es va acordar fer-ne una nova emissió de 22 plomes i mitja, amb un preu de 1,500¹²⁴ pessetes per unitat.

Quant al preu que havien de pagar en concepte d'aigua els propietaris de les plomes havien de contribuir inicialment amb 2.5 pessetes per ploma, que era el mateix import que s'havia d'abonar a la Junta de la Sèquia. Als volts del canvi de segle aquest import es situava en 5 pessetes per ploma, mentre que els consumidors amb plomes de lloguer havien d'abonar una quota anual de 81 pessetes per ploma.

A l'any 1908 es revisaren tots els preus a l'alça, passant a pagar 8.50 pessetes per ploma els que la tenien en propietat i 100 pessetes per ploma els que les mantenien en lloguer. A l'any 1925 hi hagué una nova actualització dels preus passant aquests a 10 i 150 pessetes respectivament.

En termes relatius, és a dir, si es comparen els preus de les tarifes de subministrament amb els de d'altres ciutats catalanes, a Manresa el preu de l'aigua estava força contingut a primers del segle XX. Tanmateix, les tarifes van anar augmentant progressivament, especialment després de la guerra. Així, per exemple, a l'any 1942 les plomes en propietat encara tributaven una quota anual de 10 pessetes, però les de lloguer s'apujaren a 200 pessetes per any; però a l'any 1947 els preus es situaren en 25 pessetes/any per les plomes de propietat i en 250 pessetes/any per les de lloguer.

Aquell mateix any 1947 es va fer una nova emissió de 420 plomes de propietat al preu de 5000 pessetes la ploma i el 23 d'octubre de 1950 una segona emissió de 142 plomes de propietat ara ja amb un preu de 10 000 pessetes per ploma. A la imatge de la figura 1.77 de la pàgina 232 es mostra un títol de propietat a nom de Ramon Codina Casasayas per mitja ploma per import de 2500 pessetes emès per la Junta d'Aigües Potables en data 2 de gener de 1947.

124. En la primera emissió de 1871 el preu era de 725 pessetes per ploma.

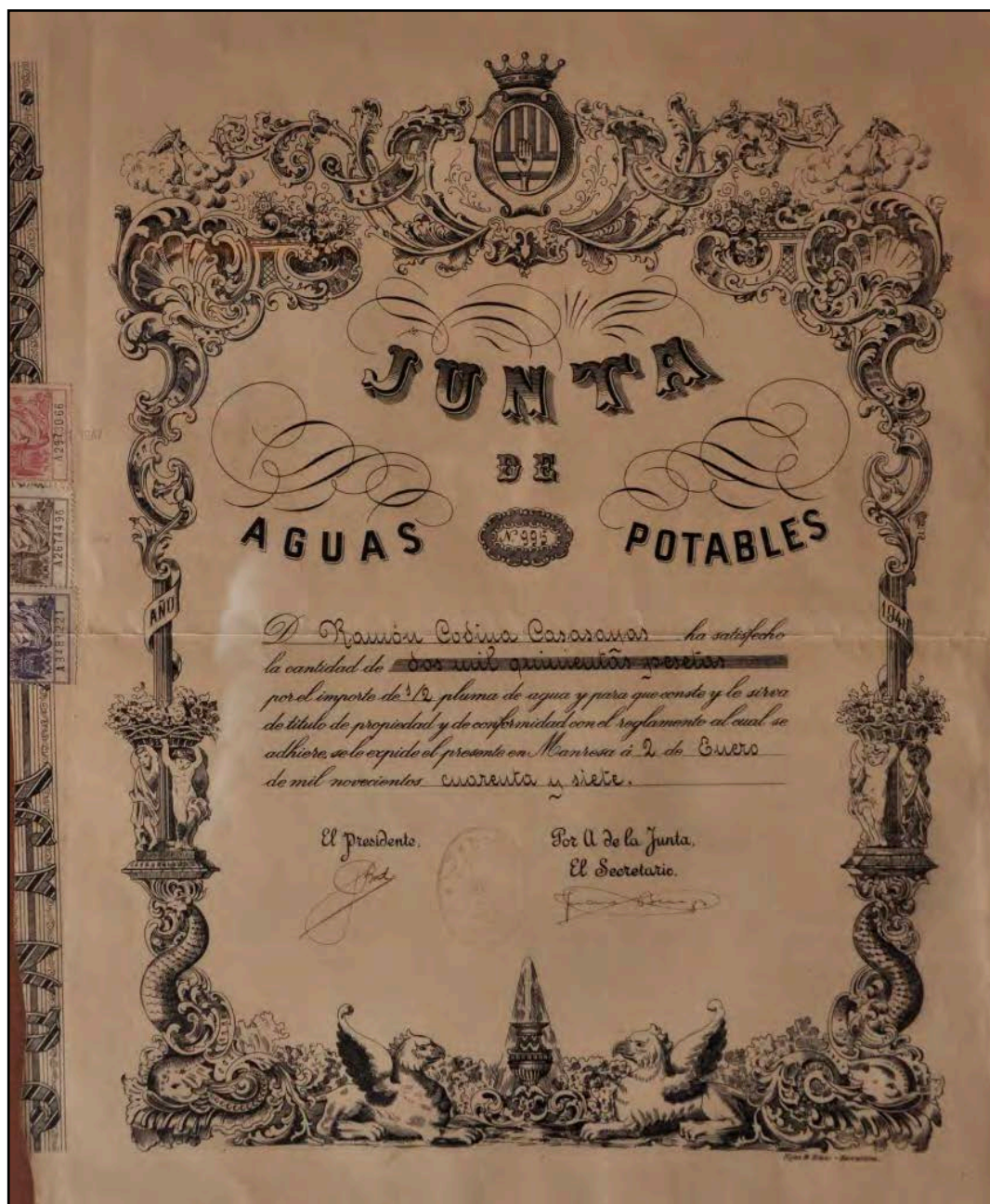


Figura 1.77. Títol de propietat de 1/2 ploma emés per la Junta d'Aigües Potables l'any el gener de 1914 per import de 2,500 pessetes. Font: AJSM.

Es pot observar que hi ha un fort increment quasi exponencial del preu de l'aigua a l'entrada de la dècada dels anys cinquanta, coincidint amb l'augment de la demanda motivat per l'increment de la població i pel desenvolupament industrial. També a l'any 1951 els preus de les quotes anuals s'apujaren fins a 55 pessetes per les plomes en propietat i 55 pessetes per les plomes en lloguer.

IV) La Societat Anònima Aigües de Manresa

La Sèquia de Manresa té com a usuari més important la pròpia ciutat de Manresa, representada pel seu Ajuntament, que actua mitjançant l'Empresa Municipal Privada Aigües de Manresa, S.A. Aquesta nova empresa va succeir l'any 1981 a la que durant cent vint anys havia tingut l'encàrrec de gestionar el servei d'aigües a la ciutat, l'antiga Junta d'Aigües Potables.

La Junta General de la societat Aigües de Manresa S.A. està constituïda pel Ple de l'Ajuntament de Manresa, que és l'òrgan suprem de l'organisme i que n'assumeix sense cap limitació la direcció i representació de la companyia. Així és que la totalitat del capital de la societat és propietat de l'Ajuntament manresà. Les accions de la companyia estan representades pels membres de la corporació, que queden reunits en aquesta societat anònima de titular únic, de la que n'assumeix la presidència l'Alcalde-President de l'Ajuntament de Manresa.

Quan al Consell d'Administració, aquest està format per nou vocals designats per la Junta General a proposta de cadascuna de les diferents entitats o grups de representació en el Consell. Corresponen tres vocals del Consell a membres de l'Ajuntament, un altre vocal li correspon a un membre que representa l'entitat Junta de la Sèquia de Manresa, un altre vocal correspon a un representant dels propietaris plomistes, un altre vocal actua en representació dels usuaris domèstics, un altre vocal és el representant dels usuaris industrials, un altre vocal li correspon la representació de les diferents associacions de veïns, un altre vocal correspon a un representant dels treballadors de la pròpia empresa i, finalment , el darrer vocal és un representant d'una entitat econòmica local.

Aquest òrgan, el Consell d'Administració, és l'encarregat de portar a terme la gestió de totes les activitats socials i, degut a la seva composició, es desprèn la voluntat de que aquesta entitat pública tingui una participació tant dels propis usuaris com de representants de l'esfera privada de la ciutat.

L'objecte de la societat Aigües de Manresa S.A. és en primer terme el subministrament d'aigua potable al terme municipal de Manresa i també la gestió de l'abastament als termes municipals de l'entorn de la ciutat amb els quals s'hagi concertat el servei; en segon terme també figura entre l'objecte de la societat la gestió dels sanejaments respectius. A més, es contempla la possibilitat de atendre qualsevol altra activitat relacionada directa o indirectament amb les esmentades anteriorment, sempre amb l'acord de les parts i la corresponent aprovació prèvia per part dels òrgans de govern de la societat.

Tota l'aigua provinent de la Sèquia que té per destí el consum domèstic i industrial a la ciutat de Manresa i de la població veïna Sant Joan de Vilatorrada a més de bona part de

l'aigua potable dels municipis de Sant Salvador de Guardiola, el Pont de Vilomara i Callús és potabilitzada a les instal·lacions de tractament dels Dipòsits Nous, a Manresa. En aquestes instal·lacions es completa el procés de decantació, d'addició de coagulant per flocular les matèries pol·lucionants presents a l'aigua, la filtració en els llits de sorra i la cloració final per l'eliminació dels gèrmens patògens.

D'altra banda, també prenen aigua de la Sèquia les poblacions veïnes de Santpedor, Sant Fruitós de Bages, Castellnou de Bages i Sant Joan de Vilatorrada. Aquests municipis tenen atorgades per l'administració les respectives concessions d'aigua del riu Llobregat mitjançant la seva conducció per la Sèquia de Manresa, i utilitzen l'aigua del canal amb caràcter de sobrants d'aquesta mateixa. Això fa que el nombre d'abonats manresans suposin només el 72,01 % del total d'abonats que reben aigua procedent de la Sèquia¹²⁵, d'acord amb les dades exposades a la taula 1.13 de la pàgina 235.

A l'apèndix 116 de la pàgina 620 es presenta un plànol de la xarxa de distribució en alta de tot el sistema controlat per Aigües de Manresa. En ell es pot visualitzar les diferents transferències de cabals que hi ha entre les distintes subxarxes que integren el sistema i de les que l'aportació d'aigua provinent de la Sèquia suposa la principal font.

La concessió de la Sèquia de Manresa per la derivació d'aigua del riu Llobregat és actualment de 1245 litres per segon. D'aquesta quantitat 1000 litres per segon corresponen al municipi de Manresa i la resta queden repartides amb les següents concessions:

- a. Sant Fruitós de Bages: 99.76 litres/segon
- b. Sant Joan de Vilatorrada: 78.14 litres/segon
- c. Santpedor i Castellnou de Bages: 64.31 litres/segon
- d. Sant Salvador de Guardiola: 5 litres/sego

Cal fer notar que en el cas de les tres primeres concessions, aquestes són molt generoses, ja que són xifres que representen molta quantitat d'aigua. Pel que fa a el municipi de Sant Salvador de Guardiola aquest té en canvi una concessió aparentment petita perquè es subministra també de la riera de Guardiola.

A més de les concessions exposades, també es fa arribar aigua provinent de la Sèquia de Manresa al municipi de Callús i, en casos de necessitat, fins i tot als municipis del Pont de Vilomara i de Rajadell.

125. A l'any 2008 el nombre d'abonats manresans representaven el 73.5 %, el que significa que als darrers anys hi ha la tendència a que aquests disminueixin en relació al total d'abonats.

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

Pel que fa a la concessió atorgada a la ciutat de Manresa, que data del privilegi obtingut l'any 1339 del rei Pere III, en l'actualitat un cabal aproximat de 230 litres per segon estan destinats a l'ús urbà, és a dir consum domèstic i industrial, i la resta, aproximadament 770 litres per segon, es destinen al reg d'un total de 800 hectàrees de regadiu.

Taula 1.13. Nombre d'abonats en el conjunt d'usuaris de la Sèquia de Manresa agrupats per municipis. Elaboració pròpia a partir de les dades de l'empresa Aigües de Manresa, dades corresponents a l'any 2014.

Nombre d'abonats servits en el conjunt de usuaris de la Sèquia de Manresa	
Manresa, comptadors	38 544
Sant Joan de Vilatorrada	4 759
Sant Martí de Torruella	109
Sant Fruitós de Bages	4 361
Santpedor	3 452
Castellnou de Bages	707
Sant Salvador de Guardiola	1 587
Total	53 519

El consum total d'aigua en usos urbans, veure la taula 1.14 de la pàgina 236, en el conjunt de usuaris formats per tots els municipis que reben aigua de la Sèquia és de 6 474 198 metres cúbics anuals en front els 7 259 000 metres cúbics anuals consumits l'any 2008.

Taula 1.14. Consums anuals d'aigua en usos urbans agrupats per municipis. Elaboració pròpia a partir de les dades de l'empresa Aigües de Manresa, dades corresponents a l'any 2014.

Consums anuals en usos urbans agrupats per municipis (metres cúbics/any)	
Manresa	4 085 082
Sant Joan de Vilatorrada	641 000
Sant Martí de Torruella	52 977
Sant Fruitós de Bages	717 000
Santpedor	680 955
Castellnou de Bages	99 955
Sant Salvador de Guardiola	197 229
Total	6 474 198

A la taula 1.15 es detallen els consums anuals d'aigua agrupats per municipis però desglossant els consums en funció del tipus d'abonats, distingint entre abonats domèstics, industrials, municipals, ramaders i aforaments per regadiu. Destaca sobretot el fet de que els aforaments per a ús de regadiu només són abonats de Manresa, d'acord amb les condicions que s'apliquen des de que s'obtingué el privilegi fins a l'actualitat. Si s'analitzen la resta de dades, es veu com a Manresa els usos domèstics representen un percentatge del 69.77% del total d'aigua consumida pels seus abonats. Els abonats industrials representen a Manresa el 16.75%.

Continuant amb l'estudi de la taula 1.15, a Sant Joan de Vilatorrada els abonats per usos domèstics representen un 63.68% i els industrials ja s'eleven fins un 30.29%. En el cas de Sant Martí de Torruella és encara més sorprenent, degut a que la xifra de consum dels abonats industrials supera a la dels consums domèstics, essent respectivament del 62.18 i del 37.81%.

La taula 1.15 també ens indica que en el cas de Sant Fruitós destaca l'important partida industrial, del 31.66%, en front del 57.16% que representa el consum domèstic. Tanmateix, a Sant Fruitós de Bages destaca el fort consum per els seus abonats ramaders, amb un percentatge que es situa en el 7.03% del total, molt per sobre de la resta de municipis, que tampoc el superen en termes absoluts pel que fa a aquest tipus de consum, situada la xifra

Capítol 1. La Sèquia de Manresa: una infraestructura hidràulica medieval

en 50 470 metres cúbics anuals, seguida a bastanta distància per els 18 766 del municipi de Castellnou de Bages.

Si s'analitza la dada de consum municipal en percentatge, amb les dades de la mateixa taula 1.15, s'observa que el municipi on aquesta ràtio té el valor més elevat és Sant Joan de Vilatorrada que es situa en el 6.02% del total, mentre que el cas de Manresa estaria en una situació molt més continguda pel que fa a aquesta partida, que representaria només el 3.45%. La resta de municipis estarien entre aquests valors, per exemple, Sant Fruitós de Bages al voltant en el 4% i Santpedor en el 5%.

Taula 1.15. Consums anuals d'aigua urbans en funció del tipus d'abonats agrupats per municipis. Elaboració pròpia a partir de les dades de l'empresa Aigües de Manresa, dades corresponents a l'any 2014.

Municipi	Abonats Domèstics (m3/anuals)	Abonats Industrials (m3/anuals)	Abonats Municipals (m3/anuals)	Abonats Ramaders (m3/anuals)	Abonats Aforaments (m3/anuals)
Manresa	2 850 255	684 417	141 305	1 342	407 763
Sant Joan de Vilatorrada	408 775	194 475	38 653	0	0
Sant Martí de Torruella	20 032	32 943	2	0	0
Sant Fruitós de Bages	410 024	227 125	29 599	50 470	0
Santpedor	462 552	183 787	34 616	0	0
Castellnou de Bages	72 785	4 336	4 068	18 766	0
Sant Salvador de Guardiola	170 275	21 390	5 564	0	0
Totals:	4 394 698	959 911	253 807	70 578	407 763

V) El Parc de la Sèquia

En les darreries del segle XX i principis del segle XXI la Sèquia de Manresa ha assolit un paper destacat com a valor ecològic i patrimonial. A més del innegable i importantíssim valor que encara avui dia li és inherent com a infraestructura hidràulica que compleix amb la funció vital de l'abastament d'aigua, en els darrers temps s'ha volgut posar en relleu aquests aspectes de valor afegit que genera la presència d'aquest curs d'aigua al llarg del seu recorregut, amb l'obertura de tot un seguit d'activitats de lleure i la pràctica de l'esport a través d'uns espais i d'uns paratges encisadors.

L'any 1998 es va signar un conveni de finançament del projecte de Parc Patrimonial de la Sèquia de Manresa, també conegut amb el nom de *Via Verda*, per part de fins a dinou

institucions públiques i privades entre les que cal destacar la pròpia Junta de la Sèquia, els Ajuntaments implicats, el Consell Comarcal, a més d'empreses com l'entitat financera Caixa de Manresa. Sota aquest conveni es va redactar l'avanprojecte *La Sèquia de Manresa, Projecte Territorial* que contemplava propostes en un doble nivell: les anomenades *bàsiques*, consistents en actuacions a l'entorn del canal, i d'altres anomenades *territorials*, de més abast.

Pel que fa a les actuacions anomenades bàsiques, a l'entorn immediat de traçat de la Sèquia, es va disposar d'un primer pressupost consolidat de 160 milions de pessetes. Dins de les actuacions es contemplava la neteja, el condicionament i la recuperació biològica de la Sèquia i del seu entorn més immediat. També es contemplava la compra de sòl en determinats punts d'interès.

Pel que respecta a les mesures anomenades territorials aquestes contemplaven, fonamentalment, la millora de la xarxa de camins i la connexió del valor patrimonial de la Sèquia amb altres elements de patrimonials del territori més proper, tot cercant sinergies per afavorir el conjunt.

També el Ministeri de Medi Ambient ha portat a terme una actuació important consistent en la senyalització dels sistema de senders al voltant de la Sèquia, amb panells d'interpretació, la construcció d'una aula ambiental, la creació d'àrees de descans amb dotació de bancs i taules de pícnic i la incorporació de mesures de protecció i seguretat dels usuaris.

L'any 1985 la Jove Cambra Internacional de Manresa va organitzar per primera vegada la *TranSèquia*. La *TranSèquia* consisteix en una caminada popular popular no competitiva amb un clar caràcter festiu, familiar i ecològic que ressegueix el camí que va vorejant els marges de la Sèquia des de Balsareny fins a Manresa.

Des de aleshores es ve celebrant cada any sense interrupció pels vols de la Festa de la Llum de Manresa i, actualment, es pot participar a peu, ja sigui caminant o corrent, o bé amb bicicleta o, fins i tot, a cavall. El terme *TranSèquia* està format per la contracció de la preposició *trans* i el substantiu Sèquia, i va ser registrat per la Jove Cambra de Manresa.

El recorregut de la *TranSèquia* comença al municipi de Balsareny, a on arriben els participants mitjançant autocars proporcionats per l'organització. Des de el seu inici segueix el curs descendent de l'aigua tot passant pels termes de Sallent, Santpedor i Sant Fruitós de Bages. El trajecte finalitza després d'haver completat els vint-i-sis quilòmetres de recorregut amb l'arribada al Parc de l'Agulla de Manresa.

Capítol 2

Qüestions relatives a la construcció de la Sèquia de Manresa

2.1. La concepció del projecte de la Sèquia de Manresa

L'historiador Sarret i Arbós ens documenta com es van gestar els preparatius tècnics del projecte (Sarret Arbós 1906):

"Enviaren sos Síndics representants a Barcelona, Lleyda i altres parts per a fer venir mestres experts en l'art del nivell a fi de que fessen un detingut estudi del terrenç aont se tenia de practicar la derivació de part de les aygues del riu Llobregat." I també: "Els mestres liniadors que ja havien fet un estudi del terrenç per a la derivació de les aygues, portaren a cap diferents nivellacions de la traça general a fi de tenir un plan eczacte y complert y ab un precis relleu del terrenç"

Sabem que el projecte de construcció de la Sèquia de Manresa va ser obra del barceloní Guillem Catà, mestre de pedra, mestre del nivell, o mestre alineador. Totes aquestes diferents denominacions eren utilitzades, en aquella època, per designar els tècnics encarregats de la construcció de tot tipus d'obres, d'alguna manera eren l'equivalent al que avui coneixem com arquitectes o enginyers. De qualsevol manera cal destacar que aquests tècnics disposaven d'un elevat grau d'especialització i del domini suficient per a portar a bon terme obres de tanta entitat i dificultat tècnica com la que ens ocupa. No més hem de veure que avui dia si s'hagués de plantejar de nou el projecte, amb totes les eines de les que disposem actualment, probablement repetiríem el traçat que van escollir aquells constructors.

El primer encert que varen tenir els constructors de la Sèquia és el d'escollir el punt per a on entraria l'aigua a Manresa, l'*Agulla*, ja que aquesta elecció permetia repartir l'aigua en dos grans vessants i abastar així una gran extensió de terres cultivables. El partidor de l'*Agulla* deuria ser molt similar al que es pot observar a la figura 2.1 de la pàgina 244 que correspon al que està instal·lat al canal Tormos de Benimàmet, València.

El segon encert és el de escollir el lloc concret del riu Llobregat on calia fer la resclosa per a la captació per assegurar un pendent tal que originés un cabal d'aigua constant, ni massa ràpid ja que podria malmetre les parets ni massa lent ja que podria estancar l'aigua i vessar per sobre el calaix. Ens podem imaginar tot un grup de destacats manresans, amb els

mestres alineadors, voltant amunt i avall per els terrenys erms al voltant de l'Agulla, mirant a les muralles de la ciutat i dirigint la vista cap al nord, albirar per sobre dels turons algun punt que imaginaven proper al riu Llobregat, ja que:

"Era de gran conveniència conèixer la situació de la resclosa o presa de les aygues del riu Llobregat que debia ficsarse en sa major alçada per a establir també la major superfície regable... Per aixó, si calia arribar al terme de Manresa en el punt anomenat Coll de ses Oliveres, a la partida del Guix, prop del Camí Reyat, que va de dita ciutat al veí poble de Sant Fructuós de Bages calia sortir del terme de Balsareny, sota el torrent o riera anomenada d'en Tort, davant del molí d'en Mateu de Vilallonga".

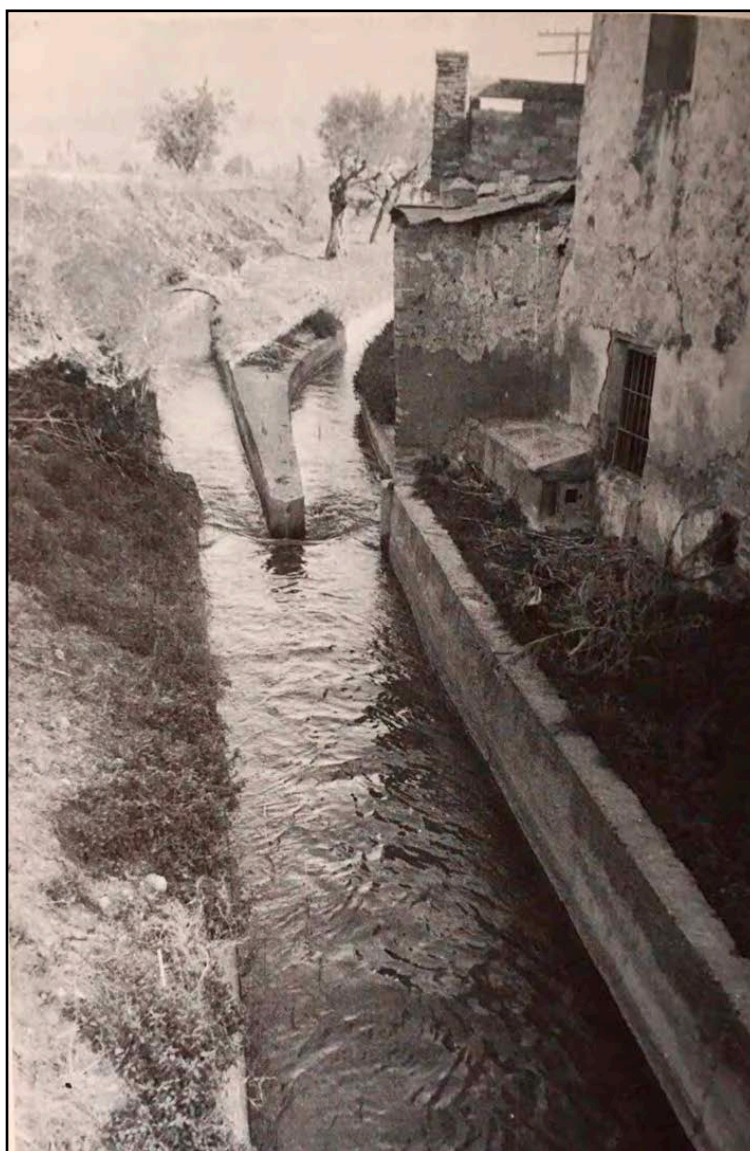


Figura 2.1. Partidor de cabal, en forma d'agulla, instal·lat en el canal Tormos de Benimàmet, València. Aquest element divideix el cabal en dos parts iguals. Font: (Glick 1996).

Capítol 2. Qüestions relatives a la construcció de la Sèquia de Manresa

El pendent del canal és molt petit. Té un desnivell total de tant sols 10.56 metres en un recorregut longitudinal total de 26.3 quilòmetres. Això dona un pendent del 4/10 000, és a dir, un desnivell de 4 metres per cada 10 quilòmetres de longitud.

Si amb els coneixements actuals, bàsicament a partir de les equacions de Chézy, recalculéssim el pendent del canal per a la seva excavació en terreny natural ens donaria que caldria donar-li el mateix pendent, del 4/10 000. El fet destacable és que les equacions de Chézy que permeten relacionar la pèrdua de càrrega d'un flux per gravetat sota superfície lliure amb el pendent de la solera del canal no es coneixien quan es va fer l'obra, al segle XIV, ja que no fóren establertes fins l'any 1775 i publicades l'any 1785 (Chézy, Coulomb, de Chézy, & de Coulomb, 1785).

En aquest punt hem de parlar d'el mestre del nivell Guillem Catà, "*se començaren les obres de construcció del Canal de la Cèquia baix la direcció del mestre major l'arquitecte en Guillem Catà de Barcelona*", escollit, "*per dirigir, vigilar et mente tenendum que la Céquia que la Cèquia se fasa y's construesca bene, firmiter et sincere*" (Sarret, Op cit).

Dona prova de que en Guillem Catà gaudia de molta fama com a expert en l'art del nivell el detall de que a l'any 1346 rebé encàrrec de l'Infant Don Jaume, Comte d'Urgell, a través d'una carta adreçada als consellers de Manresa, com ens il·lustra altra vegada el mateix Sarret i Arbós:

"còm per alguns llòcs de nòstre comtat d'Urgell havèm de menester a Guillem Catá, liniador d'áygua. Per axò vos preguem atentament que dongueu llicència al metex Guillem Catá per estar en dits llòcs i fer dita lineació per quinze dies".

Un cop establerts els punt de captació, la resclosa de Balsareny, i el lloc on es partiria l'aigua i aquesta es distribuïria pel terme de Manresa, calia resoldre la qüestió de l'anivellació del canal. Aquest va ser un dels temes particularment importants en el conjunt de l'obra. Va caldre fer aproximacions successives, com ho posa de relleu el següent fragment:

"Item que si la dita áygua no podia venir a la fi d'un tros de terra qui fora d'en Pere Joncar quondam, en lo camí qui aquí es publich prop lo dit coll çes oliveres on los mestres que començaren la dita obra eran tenguts damenar la dita áygua que los dits mestres (els actuals que es contracten) perchen amenar la dita pus baixa entro en vint e cinch palms e només... Item que los dits mestres qui novellament ocuparen la dita obra sien tenguts de exeguar (aixecar) la resclosa dos palms de cana de muntpailer o mes si mes sa a exeguar".

Sembla que l'assumpte de la traça i el nivell no era baladí i sovint originava controvèrsia entre els diferents actors, els mestres del nivell, els consellers manresans, els propietaris dels terrenys per allà on havia de passar, i tothom qui hi volia donar la seva opinió. Així en un altre document:

"era forçós que'l canal passés per les terres de jurisdicció del Senyor Bisbe e iglesia de Vich, sa Senyoria Ilustríssima va enviar, per sa part, uns mestres del Rosselló per a que juntament ab els de Manresa fessen la ratlla y midessin les tèrres per aont havia de passar el canal."

La tradició en la construcció d'obres hidràuliques al Rosselló venia de lluny. Consta que l'any 1163 es va iniciar el canal de Millars. Al llarg del segle XIII hi ha documentada l'existència ja de diversos canals de rec. En la mateixa regió es troba la resclosa del canal d'Ille, que es va construir amb la mateixa tècnica que la resclosa de la Sèquia de Manresa, si més no, la que va quedar reconstruïda després de la riuada de l'any 1582. Aquesta resclosa està formada a partir d'un arrencament de grans pedres barrejades amb graves i ancorades al sòl mitjançant pilons de fusta que, alhora, suporten troncs travessers que lliguen i suporten tot el conjunt.

El pendent del canal de la Sèquia de Manresa és, com ha s'ha apuntat, de 4/10 000. Aquest és un valor molt petit. Trobem molts exemples de canals medievals on el pendent és superior al de la Sèquia. Per exemple, el rec Monar de Girona, documentat l'any 998, té un desnivell de 15 metres al llarg dels seus 6130 metres de longitud. Encara un altre exemple: el canal de Pinyana; en aquest cas estem parlant de un canal que presenta grans desnivells ja que arriba a baixar més de 75 metres al llarg dels seus 28 quilòmetres, mitjançant a un total de tretze salts.

També trobem excepcionalment algun exemple de canals amb menor pendent. És el cas del canal de Tauste, que porta l'aigua de l'Ebre des de Tudela. Aquest canal té el seu antecedent a la *Acequia del Ebro* i presenta un pendent excessivament petit, pel que es dedueix del següent text: "*La presa no muy sólida y la acequia estrecha, cubrían mas mal que bien, las necesidades de sus constructores*". El conegut canal de Tauste, no va arribar fins aquest municipi fins el 1524, any en que va ser remodelat, ampliat i prolongat fins allí.

El mateix any en el s'iniciava la construcció de la Sèquia de Manresa, el 1339, s'atorgava el privilegi d'extracció de l'aigua de l'Ebre per subministrar la ciutat de Saragossa, tot i que no s'en va poder iniciar la construcció. Estem parlant dels antecedents del que, ja en el segle XVIII, acabaria essent el Canal Imperial d'Aragó amb 110 quilòmetres de longitud.

A l'any 1496 es va treballar en un projecte que proposava la construcció de la presa en el municipi de Gallur, però no va acabar de fructificar per temor a no disposar de suficient

Capítol 2. Qüestions relatives a la construcció de la Sèquia de Manresa

desnivell. Anys després, el 1529, gairebé dos segles més tard de la data en que s'obtingué la concessió, s'iniciaren les obres del Canal Imperial situant la presa a Tudela per assegurar tenir suficient cota, uns 30 quilòmetres aigües amunt de Gallur. Aquest és un bon exemple per evidenciar les dificultats alhora de determinar el lloc de derivació de les aigües en un riu, malgrat estem parlant ja del segle XVI.

Un catedràtic de la *Escuela de Caminos*, don Javier Barra, va redactar l'any 1828 a Madrid una obra que porta per títol "*Ensayo geodésico para hacer en el terreno y representar en el papel los proyectos de los canales*". En el pròleg de la seva obra va deixar escrit:

"El asunto que tiene por objeto esta memoria es uno de los que más interesa a la prosperidad pública. Nadie puede apreciarlo mejor que VE que según consta por escritos públicos este Ayuntamiento ya trataba hace 150 años de traer a Madrid las aguas del río Jarama; y sin embargo todavía no hay un proyecto formal hecho artísticamente para poder verificarlo y que llene totalmente sus deseos... La operación de hacer un proyecto de un canal se ha mirado siempre como un arcano, juzgándola un parto singular del ingeniero, como el de un nuevo invento, sin que hubiese regla alguna fija para dirigirse. De esto ha resultado que, o las empresas se han querido realizar sin los previos datos necesarios y ses han malogrado en su ejecución, como se ha visto algunas veces o se han dejado de emprender por falta de los mismos datos como ha sucedido con la del Jarama."

Es posa de manifest, doncs, les vicissituds amb les que s'enfrontaven els enginyers alhora de planejar una obra hidràulica de certa envergadura, d'un l'ordre de magnitud similar al de la Sèquia de Manresa.

Els antecedents exitosos més clars els hem d'anar a buscar a l'època de l'Imperi Romà, quan es demostrà un domini de concepció i d'execució de tot tipus d'obra pública, incloent les obres conduents al domini i explotació dels recursos hidràulics, per els quals els romans comptaven amb el domini de tècniques que requerien de profunds coneixements hidràulics, com ho es l'ús dels sifons per a salvar valls profundes (Hodge, Fabre, Fiches, & Paillet, 1994b). A tall d'exemple en la taula 2.1 de la pàgina 248 podem trobar la relació entre la longitud i el pendent de diferents aqüeductes construïts per la civilització romana (Burdy 2000).

Taula 2.1. Aqüeductes romans. Comparació dels principals paràmetres. Font: The Roman Aqueducts of Lyon (Burdy, 2000).

	Longitud , L (quilòmetres)	Distància a vol d'ocell , D (quilòmetres)	L / D	Pendent mitjà (/1000)	Pendent mínim
Colònia	95	50	1.9	4.0*	1.0
Cartago	90	56	1.6	2.9*	1.5
Lió-Gier	86	42	2.1	1.2**	0.5
Lió- Brevenne	70	26	2.7	4.9* i **	0.9
Pèrgam- Kaikós	53	24	2.2	0.3	
Arlés	52	35	1.5	1.7	0.4
Nimes	50	20	2.5	0.3	0.1
Sersell	45	14	3.2	2.0*	
Reïms	44	34	1.3	0.5	
Besiers	37	19	1.9	2.6	0.4
Càors	33	14	2.4	1.4	
Carhaix	27	12	2.3	0.3	0.2
Lió-Mont d'Or	26	10	2.6	2**	1.0
Metz	22	14	1.6	1.0	
Bolonya	20	17	1.2	1.0	
Trèveris	13	7	1.8	0.6	
Besançon	10	8	1.3	2.0	
* Aqüeductes que presenten salts d'aigua					
** Aqüeductes que presenten sifons					

2.1.1. La qüestió de l'elecció del riu Llobregat versus el riu Cardener

I) Les distàncies de la ciutat fins l'aigua

El riu Cardener flanqueja la ciutat per l'oest. En el segle XIV la ciutat de Manresa ja havia construït dos ponts per travessar-lo: l'anomenat Pont Vell, que data del tombant del segle XIII i XIV i l'anomenat Pont Nou que es construï el mateix segle XIV. Aquest segle va ser molt prolífic en la construcció d'obres importants, la més notable és la Basílica de la Seu. El gran nombre de confraries i gremis d'artesans, comerciants i menestrals promogué també la construcció d'un bon nombre d'esglésies, com la del Carme i la de Sant Miquel.

Tanmateix, el creixement econòmic i la prosperitat de la ciutat tenien com a principal problema l'escassetat d'aigua. La manca d'aigua suposava un fre al desenvolupament de la ciutat. Certament a la ciutat de Manresa no existien aquífers que permetin subministrar aigua amb pous artesianes. El recurs d'aigua més proper per a la ciutat era el riu Cardener que discorria als peus de la ciutat a molt poca distància d'aquesta, veure la figura 2.2 .

D'acord amb la figura 2.2 la distància més curta en línia recta de l'aigua del riu Cardener a la plaça Major de Manresa és de només 233 metres, mentre que la distància més curta en línia recte per anar a trobar l'aigua del riu Llobregat és de 3.394 metres.

La diferència en termes relatius és enorme, més si tenim en compte també la orografia. Efectivament entre la plaça Major de Manresa i el punt més proper del riu Cardener només cal baixar el desnivell vertical dels 41 metres que hi ha, ja sigui seguint la vessant del torrent de Sant Ignasi o bé la vessant del torrent dels Predicadors.

Per contra, tot i que la diferència de cotes entre la mateixa plaça Major i l'aigua del riu Llobregat en el punt a on aquesta li és més propera és només una mica superior a la del cas anterior, 49 metres pel cas del Llobregat, si que és rellevant que la distància de més de tres quilòmetres que separa la mateixa plaça i el punt més proper del riu Llobregat té interposats en el seu camí diverses dificultats orogràfiques que cal salvar. En primer lloc caldria salvar la riba contrària del torrent de Sant Ignasi, pujar fins el tossal de Bufalvent, descendir fins a la plana de Viladordis, tornar a ascendir fins a la Ermita de la Mare de Déu de la Salut per haver d'acabar baixant la cinglera de quasi cent metres que separa les Marcetes fins la llera del Llobregat, tot plegat molt més èpic que en el cas anterior.

D'acord amb aquestes dades objectives, si un manresà havia de pensar en un recurs proper d'aigua el més lògic era que pensés en l'aigua del riu Cardener, tant per la seva proximitat com també per la seva accessibilitat.

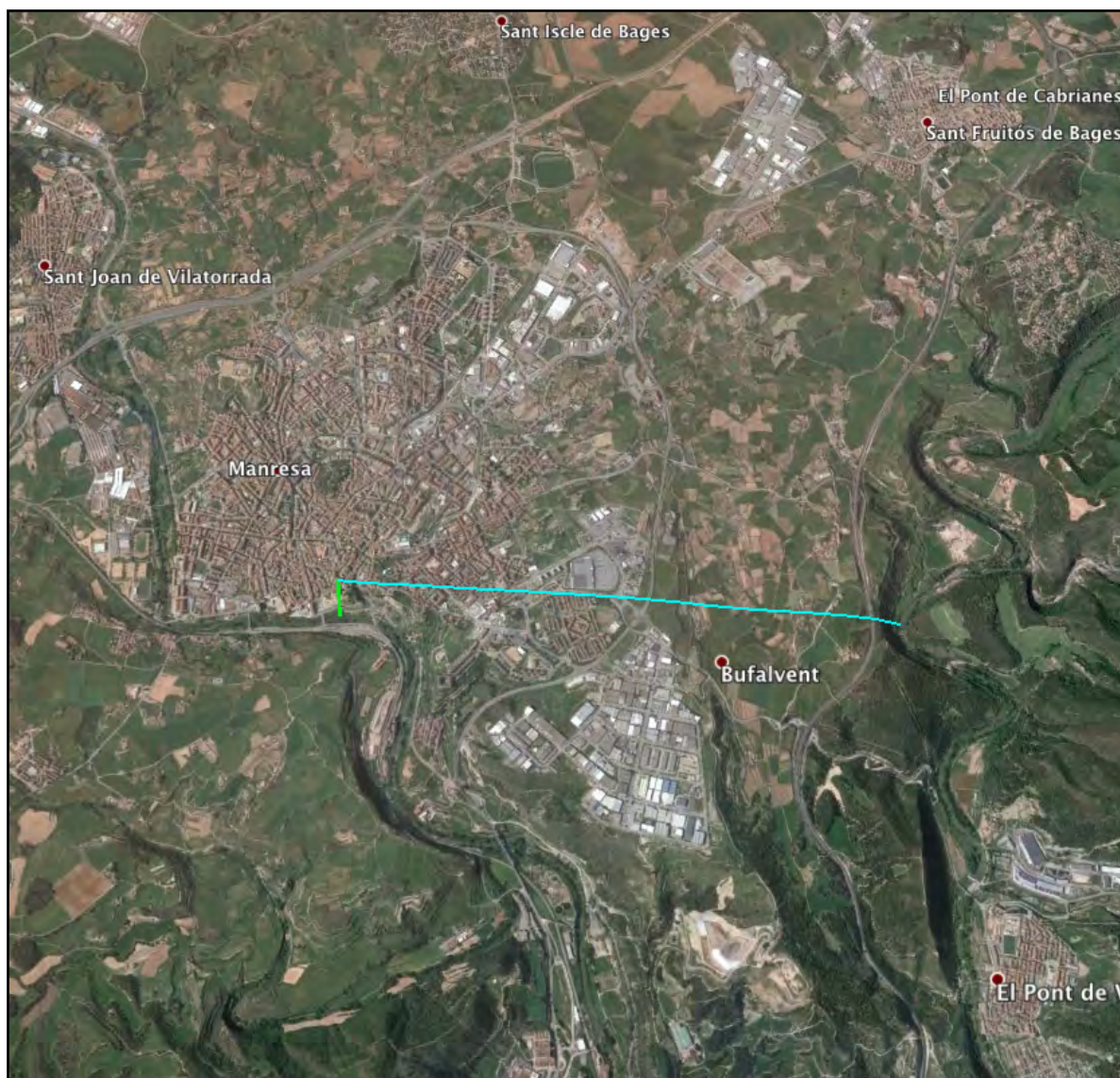


Figura 2.2. Distàncies més curtes en línia recta des de la plaça Major de Manresa fins l'aigua del riu Cardener (color verd) i la del riu Llobregat (color blau). Elaboració pròpia mitjançant Garmin Basecamp 4.6.2. i visualització en Google Earth 7.1.5.1557.

Tanmateix, el principal problema que presentava prendre l'aigua del riu Cardener era la diferència de cota entre la llera d'aquest i els camps de cultiu. Efectivament, el riu Cardener discorre encaixat a un nivell molt més baix que la ciutat i això impossibilitava pujar l'aigua allà on havia de servir. Per exemple la plaça Major de Manresa té una elevació de 238 metres sobre el nivell del mar i la superfície de l'aigua del riu, el punt més proper en línia recta, del riu Cardener es troba a 197 metres, és a dir, un desnivell desfavorable de 41 metres.

Si es fa la mateixa estimació respecte el riu Llobregat en el seu punt més pròxim en línia recta a la plaça Major de Manresa ens trobem amb un desnivell també desfavorable de 49 metres, ja que la cota geodèsica de la làmina d'aigua en aquest punt del riu Llobregat és de 189 metres. Per tant, hi ha una diferència significativa a favor del riu Cardener, de 8 metres, però el més important és que ambdues són desfavorables.

II) Possibles alternatives

Evidentment, al igual que es va acabar fent amb el riu Llobregat, també en el cas del riu Cardener cabia la possibilitat d'anar a cercar un nivell superior remuntant el riu aigües amunt fins a assolir la cota desitjada per tal de que permetés transportar l'aigua fins a la part alta de Manresa.

Aleshores, partint de que estaven obertes les dues possibilitats, es pot formular la pregunta de perquè els constructors de la Sèquia es van decantar per la solució del riu Llobregat i no per la del riu Cardener?

Per intentar respondre a aquesta qüestió s'ha d'analitzar les dificultats tècniques que presenten una i altra solució. Si comencem per comparar les distàncies s'observa que, en línia recta, la distància des de el punt de l'Agulla fins a la resclosa de Balsareny és de 13 865 metres. La cota on es situa la resclosa de Balsareny és de 299 metres. Si es cerca el punt on el riu Cardener té la mateixa cota que l'equivalent al punt de captació del riu Llobregat hem de remuntar el riu fins a més amunt de Súria, al punt on actualment es troba la Central de la Ribera, abans de Cal Carreter. En aquest cas, la distància en línia recta des de l'Agulla a aquest punt del riu Cardener és de 13 599 metres, és a dir, una diferència de només 266 metres menys respecte la solució finalment adoptada, tal i com es pot veure la figura 2.3 .

Si es mesura la distància en línia recta des d'aquests dos possibles punts de captació fins l'entrada del carrer Puigterrà de Manresa, veure la figura 2.4, enlloc de fer-ho respecte a l'Agulla, les distàncies que surten són 16 683 i 14 287 metres. És a dir, 2396 metres més a prop la solució del Cardener que la del Llobregat, en el cas de que es volgués portar l'aigua a la part alta del centre de la ciutat.

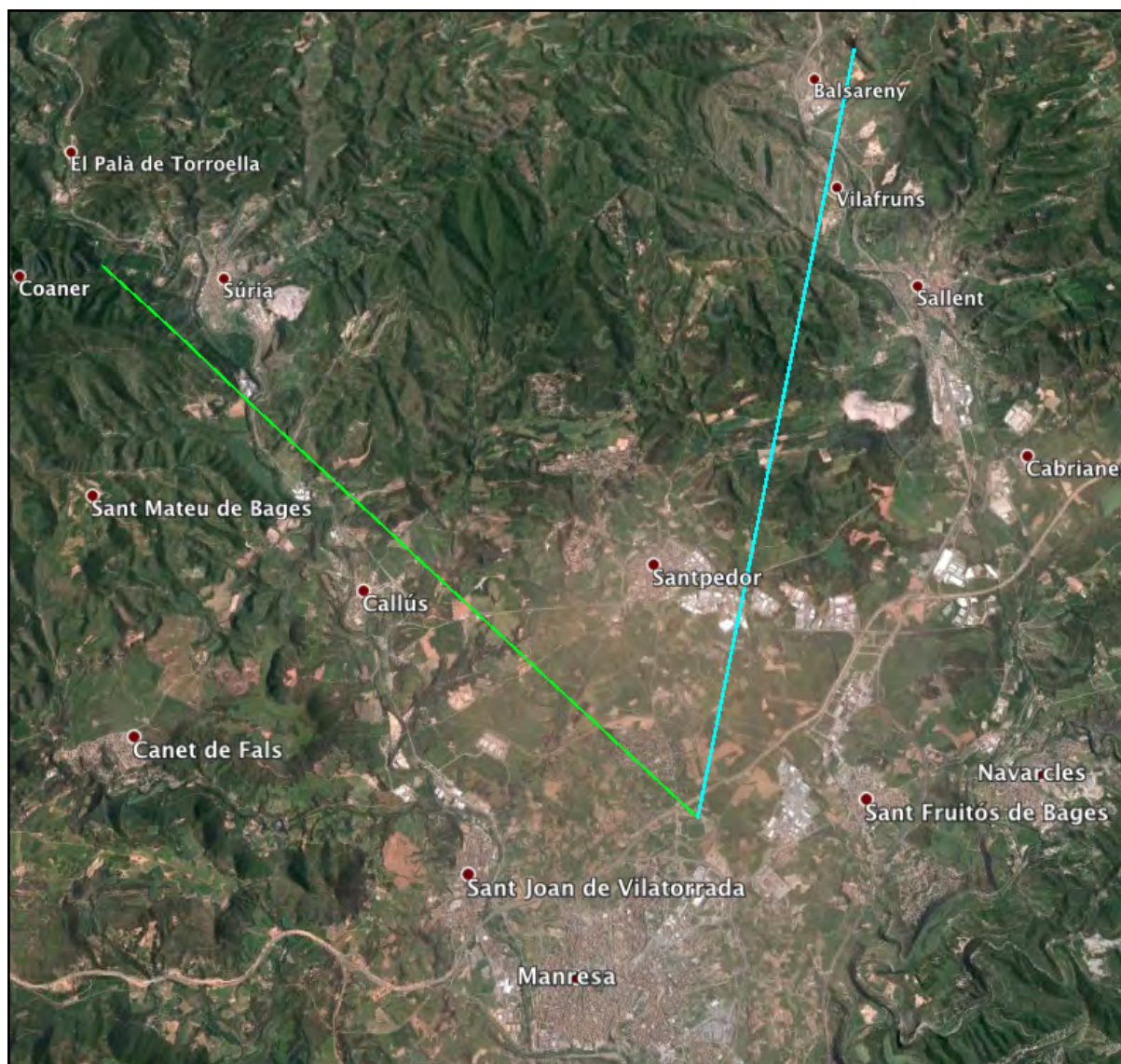


Figura 2.3. Comparativa de les distàncies en línia recta des del punt d'una hipotètica derivació de l'aigua del Cardener (color verd) i la derivació de Balsareny de la Sèquia de Manresa (color blau) fins l'Agulla de Manresa. Elaboració pròpia mitjançant Garmin Basecamp 4.6.2. i visualització en Google Earth 7.1.5.1557.

Evidentment cal recordar que la funció per a la qual es va pensar la construcció de la Sèquia era la de subministrar aigua per al regadiu i no pas per a consum de boca, per tant, l'opció que es planteja de portar l'aigua fins a l'entrada de les muralles de la ciutat és evident no hagués permès abastar tanta superfície de reg com si l'aigua es porta fins a l'Agulla, com es va fer, fet que si que permet regar les dues vessants que envolten Manresa partint del seu nord, la de Viladordis i la del Poal.

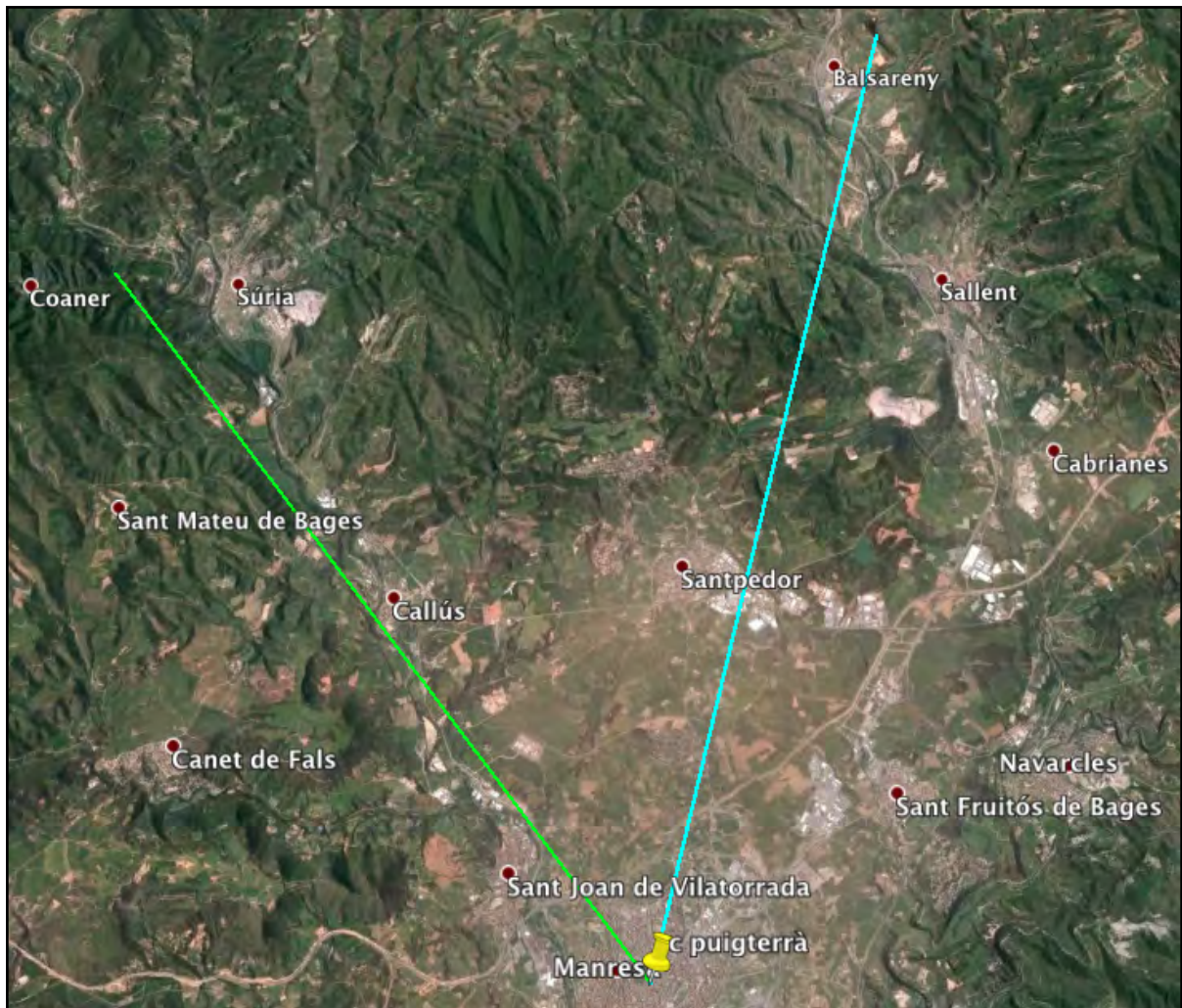


Figura 2.4. Comparativa de les distàncies en línia recta des del punt d'una hipotètica derivació de l'aigua del Cardener (color verd) i la derivació de Balsareny de la Sèquia de Manresa (color blau) fins el carrer Puigterrà de Manresa (el punt a on l'aigua entrava a la ciutat). Elaboració pròpia mitjançant Garmin Basecamp 4.6.2. i visualització en Google Earth 7.1.5.1557.

III) Dificultat tècnica de les diferents alternatives

Aleshores, d'acord el que es desprèn de l'apartat I de la pàgina 249, si la prioritat era poder regar una gran extensió de terres queda clar que la millor opció és portar l'aigua a l'Agulla i, en aquest cas, les distàncies en línia recta són equivalents, cal, doncs pensar en altres factors.

El primer a considerar té a veure en quin és el traçat resultant per a cada opció i, atenent a aquesta traça, quina distància hauria de recórrer el canal al anar resseguint les corbes de nivell? Per respondre a aquesta pregunta comptem amb una dada real, que és la llargada total de la Sèquia de Manresa des de la resclosa de Balsareny fins a l'Agulla. Cal tenir en

compte la llargada original i no l'actual ja que hi ha hagut algunes modificacions, especialment en el segle XX, que han fet variar la traça en alguns punts. Però la llargada original de la Sèquia és una dada coneguda que ha estat mesurada en diverses ocasions.

Per altra banda, per acabar de respondre la pregunta plantejada es fa necessari conèixer quina seria la hipotètica llargada del canal en el cas que aquest hagués captat l'aigua del riu Cardener. Per poder conèixer aquesta llargada cal partir de l'Agulla i, tot mantenint el pendent del 4/10 000, seguir el traçat mantenint la cota adequada pel relleu del terreny, resseguint tant com és possible les isopletes excepte quan cal travessar un torrent o riera, punts aquests que es connectarien mitjançant virtuals aqüeductes.

Aquest treball és equivalent al que van haver de fer els mestre liniadors d'aigua al segle XIV quan, partint de l'Agulla van arribar al punt del Llobregat a on ara hi ha la presa dels manresans. Evidentment es tracta d'un treball de camp que ha de ser molt precís i costa d'imaginar com s'ho van fer amb les tècniques i instruments de l'època. Per fortuna, actualment disposem d'un conjunt d'eines, els sistemes d'informació geogràfica (SIG), que ens permeten elaborar una primera aproximació dels propòsits perseguits sense necessitat de fer el treball de camp sobre el terreny.

Per fer la traça des de l'Agulla al punt sobre el riu Cardener s'ha dibuixat els waypoints resseguint la isopletes corresponents d'aplicar un pendent del 4/10 000 des de l'Agulla i anant a buscar el nivell resultant al punt de la superfície lliure del riu Cardener resultant d'aquest dibuix.

Per realitzar aquesta alineació s'han utilitzat com a base topogràfica els mapes Topohispania 2.04, amb una escala 1:25 000, i com a software el paquet Garmin Basecamp 6.4.2. El mateix s'ha fet amb el traçat de la Sèquia de Manresa, partint de la resclosa de Balsareny i també fins la seva arribada a l'Agulla.

Un cop obtingudes les dues traces la informació s'ha traslladat al visualitzador Google Earth 7.1.5.1557 amb la finalitat d'obtenir una millor comprensió, el resultat es pot observar a la figura 2.5 de la pàgina 255. Per tal d'assegurar els resultats, especialment pel que fa a les elevacions, s'ha fet una comprovació utilitzat l'eina *VISIR* de l'Institut Cartogràfic de Catalunya.

Els resultats obtinguts donen una llargada de 26 690 metres per l'alternativa proposada de prendre l'aigua del riu Cardener en el punt entre la Central de la Ribera i Cal Carreter de Súria fins a l'Agulla de Manresa.

Si comparem aquesta distància amb els 26 319 metres de llargada de la Sèquia veiem que són valors gairebé equivalents, amb una petita diferència de només 371 metres a favor de la traça de la Sèquia de Manresa.

Capítol 2. Qüestions relatives a la construcció de la Sèquia de Manresa



Figura 2.5. Vista comparativa del traçat alternatiu prenent l'aigua del riu Cardener (en color verd) respecte el traçat de la Sèquia de Manresa (en color blau) que la pren del Llobregat. Elaboració pròpia mitjançant Garmin Basecamp 4.6.2. i visualització en Google Earth 7.1.5.1557.

Davant aquest empat tècnic pel que fa a les distàncies de les traces, cal valorar també altres factors com la viabilitat tècnica. En aquest sentit, com a principals dificultats tècniques són el nombre i envergadura dels elements estructurals singulars que caldria construir en base a l'orografia del terreny. Per aquest motiu s'ha estudiat els accidents geogràfics que ha de salvar el traçat de la Sèquia de Manresa, des de la seva partida a Balsareny fins a l'Agulla i s'ha comparat amb els que hauria de salvar l'hipotètic traçat alternatiu que arribaria al mateix punt de l'Agulla però, en aquest cas, partint des de la captació aigües amunt de Súria.

A la taula 2.2 de la pàgina 260 s'han comptabilitzat, d'acord amb l'orografia del terreny, els torrents i les rieres que travessa la Sèquia de Manresa en el traçat que va des del seu començament a la resclosa de Balsareny fins a l'Agulla. En total el canal ha de salvar 11 rieres i torrents, de cabal irregular, que implicà la construcció, en el seu moment, de 11 aqüeductes. Cal esmentar que, actualment, dos d'ells estan inutilitzats per el problema de la subsidència¹²⁶ del terreny i, en el seu lloc, s'han instal·lat sifons.

Cal dir que a banda d'aquests onze aqüeductes per salvar rieres i torrents, la Sèquia compta amb una vintena més d'aqüeductes, de dimensions més reduïdes, per tal de salvar tàlvegs i fondalades allà on no sortia a compte donar una marrada resseguint la corresponent corba de nivell, o bé simplement no es podia aferrar el canal al terreny per ésser massa abrupta la zona.

A banda d'aquests 31 elements estructurals importants cal tenir present també l'existència, en el cas de la Sèquia originària, de la mina del Mas de les Coves. Aquest és un element singular de complexa construcció que cal tenir molt en compte.

S'ha fet el mateix estudi per el cas de l'opció de prendre l'aigua del riu Cardener, és a dir, s'ha comptabilitzat també tots els torrents i totes les rieres que caldria travessar a partir del traçat alternatiu obtingut i presentat en la pàgina 255. La relació obtinguda s'ha presentat en la taula 2.3 de la pàgina 260.

126. Per a més informació sobre el fenomen de la subsidència veure l'apartat 1.7.1 de la pàgina 158.



Figura 2.6. Mapa que mostra l'orografia del terreny per on discorre la Sèquia de Manresa. Elaboració pròpia mitjançant l'aplicació INSTAMAPES de l'ICGC.



Figura 2.7. Mapa que mostra l'orografia del terreny per on hauria de discorre l'hipotètic traçat alternatiu per derivar l'aigua del riu Cardener fins a l'Agulla Elaboració pròpia mitjançant l'aplicació INSTAMAPES de l'ICGC.

Capítol 2. Qüestions relatives a la construcció de la Sèquia de Manresa

El resultat és que aquest hipotètic traçat que portaria l'aigua des del Cardener hauria de salvar un total de 10 accidents geogràfics importants pel que fa a torrents i rieres, és a dir, un menys que en el cas del traçat de la Sèquia que n'ha de salvar 11. No obstant, a aquesta xifra caldria sumar una proporció d'aqüeductes de menor envergadura que s'haurien de construir per salvar alguns tàlvegs, com és el cas de la Sèquia. Si extrapolem la proporció surt un nombre de ponts o aqüeductes molt similar al de la Sèquia, en tot cas un o dos per sota, en el cas del traçat alternatiu del Cardener.

D'altra banda, resseguint el traçat si que s'observen diversos punts de difícil solució tècnica, i en el que el més convenient seria la construcció d'alguna mina. Això passa degut a que el cabal hauria de passar per balseres importants, resseguint una determinada corba de nivell. De fet, aquest problema també existia en el cas del traçat original de la Sèquia, sobretot en la zona del Balç de Balsareny, que amb el temps va acabar cobrint-se, pels problemes de les ensulsiades i els despreniments ocasionats per la inestabilitat del terreny.

En el cas del traçat alternatiu, el lloc de més dificultat es trobaria en el balç del Bosc del Lledó, entre el torrent de Camprubí i el torrent de Bogadella. Cal dir que aquest mateix turó és travessat actualment, mitjançant un túnel de 240 metres de llargada, per la línia del ferrocarril que va de Manresa a Súria.

La traça resultant de l'hipotètic canal hauria de seguir un camí bastant paral·lel a l'actual via del tren. En el cas del canal la llargada d'aquesta mina hauria de situar-se entre 250 i 300 metres. A efectes comparatius resulta una mina de dimensions lleugerament inferiors a la mina del Mas de les Coves.

Taula 2.2. Relació de les rieres i torrents que travessa la Sèquia de Manresa des de Balsareny fins a l'Agulla. Elaboració pròpia.

Nomb re	Accident geogràfic	Element singular
1	Riera de Mujal (antiga riera de Santa Maria)	Pont de Santa Maria
2	Torrent de la Roqueta	Pont dels Gripaus
3	Torrent del Balç	Pont del Balç de Balsareny
4	Riera de Conangle	Pont de Conangle
5	Torrent de Rocaus	Pont de Rocaus
6	Torrent de Soldevila	Pont del Vilar
7	Torrent de els Emprius	
8	Torrent del Mas de les Coves	Pont del Mas de les Coves
9	Torrent de la Sala	
10	Torrent de les Feixelles	
11	Riera de Riu d'Or	Pont de Riu d'Or

Taula 2.3. Relació de les rieres i torrents que hauria de superar un hipotètic canal que prengué l'aigua del Cardener. Elaboració pròpia.

Nombr e	Accident geogràfic
1	Riera de d'Hortons (a l'alçada de Cal Trist)
2	Riera de Tordell (a l'alçada de El Fusteret)
3	Torrent de Camprubí
4	Torrent de Bogadella
5	Riera del Gras Vell (a l'alçada de els Manxons)
6	Riera de la Bogadella (a l'alçada de Cal Ratasa)
7	Torrent de la Tosa (a l'alçada del Pla de la Tosa)
8	Riera de Bellver (a l'alçada de Cal Filosa)
9	Riera de Jonacadella (a l'alçada de l'Ermida de Sant Francesc)
10	Torrent de les Torres (a l'alçada dels Casals)

Així doncs, pel que fa la necessitat de construir elements arquitectònics singulars, les dues opcions presentaven hipotèticament reptes similars, amb una lleuger avantatge a favor de l'opció del Cardener en front de la del Llobregat. Això és per la necessitat d'un menor nombre d'aqüeductes, d'entre 1 i 2 menys, com també per la construcció d'una mina d'una llargada aproximadament un 20% menor. Però, en qualsevol cas, estem davant de magnituds molt similars, gairebé d'un empat tècnic, que difícilment farien decantar la balança per a una de les dues opcions atenent solament a aquest criteri.

Un altre aspecte que resulta convenient analitzar des del punt de vista de la viabilitat tècnica és l'estudi del tipus de sòl. És a dir, es fa necessari determinar quin és el tipus de roca o de terra de una i altra opció i veure i si és més o menys difícil d'excavar; amb l'objectiu de poder comparar les dues opcions i entendre si aquest factor podia influir en la decisió o no.

En aquest sentit a les figures 2.8 i 2.9 de les pàgines 262 i 263 podem veure, respectivament, els mapes geològics de les conques dels rius Llobregat i Cardener. En els mapes podem observar que no hi ha diferències importants pel que fa als materials geològics que es troben en les dues zones objecte de la comparació.

En les dues conques predominen els gresos i les lutites continentals, corresponents als períodes eocè superior i oligocè. Les diferències entre els dos traçats són principalment que, en cas de la conca del Llobregat, existeix també una zona amb presència del gresos calcaris i de margues marines, que corresponen als períodes paleocè i eocè.

A més, aquesta conca presenta també sediments detrítics molt més moderns, d'edat quaternària, com els que donen lloc a les graveres presents en les terrasses fluvials, que es troben sobretot al pas de la Sèquia per Sallent. Per que fa a la conca del Cardener es pot destacar que hi ha una presència més continuada de terrasses fluvials del quaternari que en el cas del traçat que discorre per la conca del Llobregat.

Per tant, malgrat semblen quelcom més favorables, de cara a efectuar les excavacions, els materials que es troben al llarg del traçat per la hipotètica opció de la portada de l'aigua del riu Cardener vers l'opció del riu Llobregat, des de aquest punt de vista tampoc hi ha diferències importants entre les dues opcions.

La conclusió que es pot extreure és que aquest factor, el de la dificultat tècnica de l'excavació associada al tipus de sòl, tampoc hauria d'haver determinat l'elecció entre les dues alternatives.

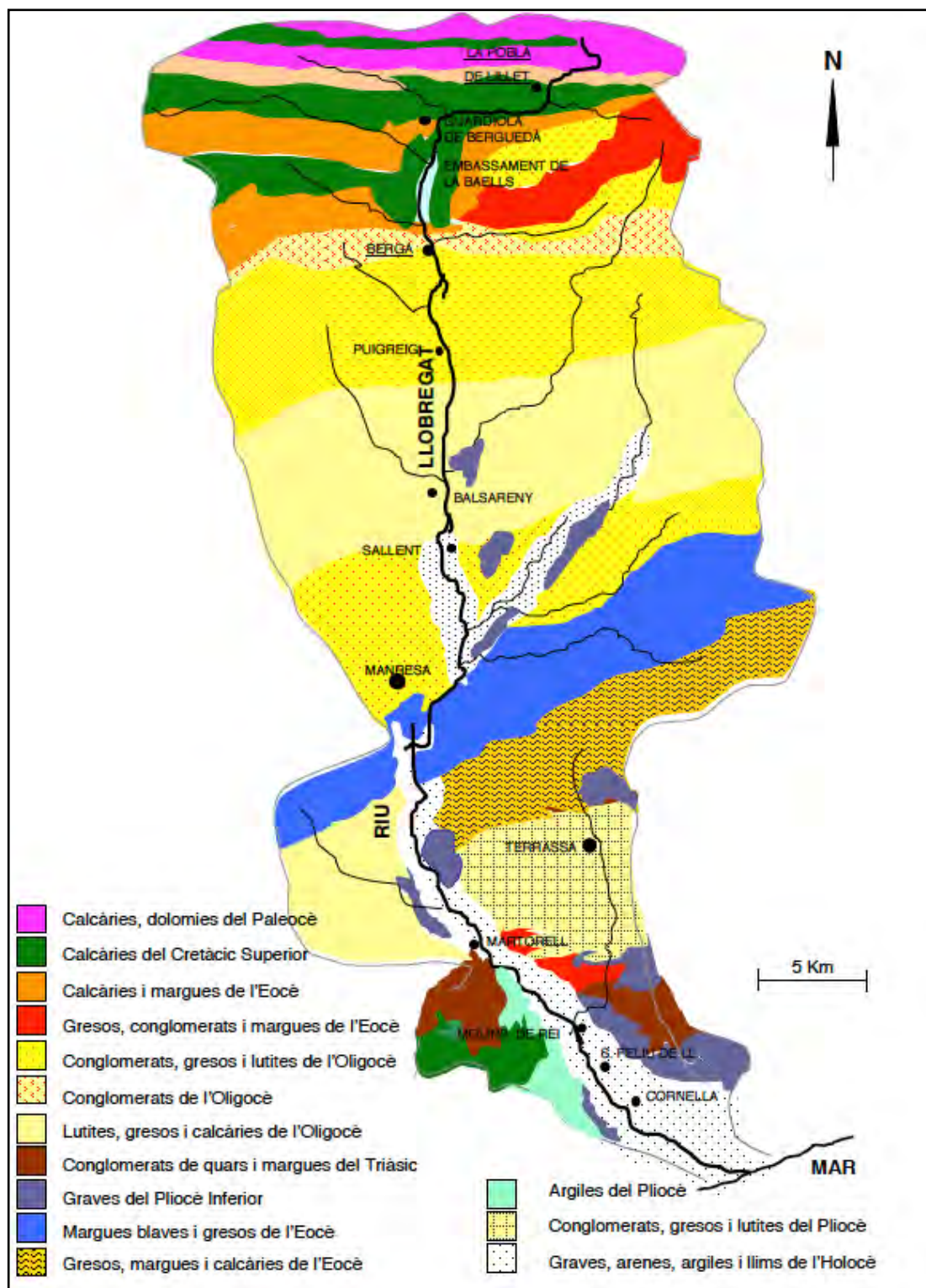


Figura 2.8. Mapa geològic de la conca del riu Llobregat. Font: (Rosas Rodríguez 2001).

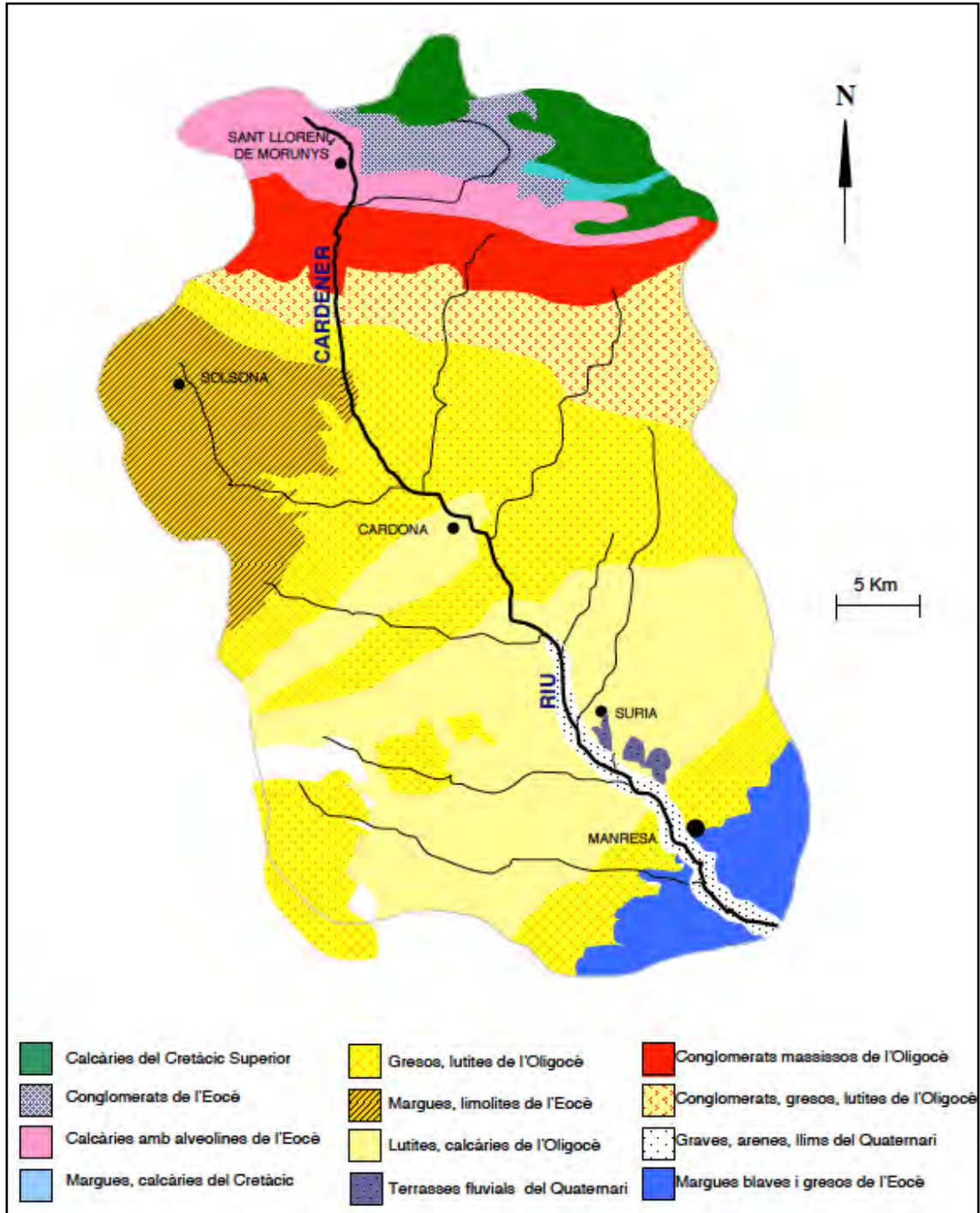


Figura 2.9. Mapa geològic de la conca del riu Cardener. Font: (2001).

IV) La qüestió de la salinitat de l'aigua

A la conca del riu Llobregat trobem aportacions naturals salines que són prèvies a la posada en marxa de les explotacions de potassa descobertes l'any 1912. Les explotacions mineres es van començar a explotar de forma industrial primer a Súria, l'any 1925, després a Cardona, l'any 1931 i abandonada l'any 1990, gairebé al mateix temps que a Sallent, el 1932 i, per últim, a Balsareny l'any 1954.

Les aportacions naturals (Rovira Fernández 2008), prèvies a la activitat minera, que es troben a la conca del Cardener, són principalment:

- a. Al diapir natural emergent, anomenat dom de Cardona, que dona lloc al Rierol Salat. Aquest representa quantitativament l'aportació més important de sal d'origen natural al Cardener.
- b. A l'anticlinal de Súria, a l'anomenada falla del Tordell, que acaba aportant la sal al Cardener a través de la riera d'Hortons i de la riera de Tordell.

D'altra banda les aportacions naturals, prèvies a l'activitat minera, que es troben presents a la conca del Llobregat, són principalment:

- c. A l'anticlinal de Santa Maria d'Oló, a la font Salada d'Oló i al torrent Salat d'Horta d'Avinyó, més al sud. Aquestes aportacions acaben arribant al riu Llobregat a través de la riera Gavarresa.
- d. A la font Salada d'Ensija a la riera de Saldes, a la capçalera del riu Llobregat.

Pel que fa a les aportacions salines d'origen natural que podrien afectar a la Sèquia de Manresa aquestes es limiten a les originades a la font Salada d'Ensija, a la riera de Saldes. Això fa que l'aigua del riu Llobregat a la resclosa de la Sèquia de Manresa, en terme de Balsareny, presenti una salinitat natural de 18 mg Cl-/litre (Lloret 2013).

Quan a la riera Gavarresa, resulta que aquesta desguassa a uns 240 m d'altitud per l'esquerra del riu Llobregat aigües amunt del Pont de Cabrianes, dins el terme municipal d'Artés. Així, doncs, la salinitat natural aportada a la conca del Llobregat per aquests afloraments no poden afectar a la Sèquia de Manresa, degut a que aquesta que pren l'aigua més amunt, a la resclosa de Balsareny amb una cota geodèsica de 299 m.

Tanmateix, si que la salinitat natural és present a la conca del Cardener i, cas de construir-se el traçat alternatiu del canal derivant l'aigua d'aquest riu, inevitablement aquesta aigua presentaria salinitat natural. L'escenari hidrològic salí d'origen natural previsiblement era, en l'època de la construcció de la Sèquia, el següent: el riu Cardener presentava en origen abans de Cardona uns 20 mg de Cl- per litre i aquesta concentració augmentava fins a un màxim de 120 mg Cl-/litre que es situava aigües avall de la zona salina de Súria (2013). En la zona en la que es produiria la captació la concentració es podia situar en torn els 70 mg Cl-/litre.

Capítol 2. Qüestions relatives a la construcció de la Sèquia de Manresa

Això situa la salinitat de l'aigua del riu Cardener a un nivell unes quatre vegades superior al que presentaven les aigües del riu Llobregat, en l'època de la seva construcció, aquest fet resulta ser molt rellevant, tal i com veurem més endavant.

Les dades de la salinitat de l'aigua aigües avall, en l'aiguabarreig dels dos rius, a l'alçada de Castellgalí es situaven en 62 mg Cl-/litre. Aquest nivell de clorurs es mantenia fins a la desembocadura del Llobregat al mar. Així, l'any 1915, s'efectuaren controls a l'aqüífer de Cornellà, connectat a l'alçada de Molins de Rei amb les aigües superficials del riu Llobregat, estant documentat¹²⁷ una concentració de 79.5 mg Cl-/litre i de 86.1 mg de Cl/litre.

Aquestes observacions es prenen com a referència de la qualitat de l'aigua al riu Llobregat abans de l'inici de l'activitat de les explotacions mineres de potassa. Ja a l'any 1935, la salinitat d'aquest aqüífer havia augmentat fins a 200 mg de Cl-/litre degut a les activitats extractives.

El mapa de la salinitat actual, amb dades de l'any 2005, de la conca dels rius Cardener i Llobregat que té en compte tant les aportacions naturals com les antropogèniques es mostra a la figura 2.10 de la pàgina 266. En el mapa es pot veure com els nivells de clorurs es troben per sota del llindar del 50 mg Cl/litre en els punts de captació de les dues alternatives, tant pel que fa a l'alçada dels Castell de Balsareny per la conca del Llobregat com pel que fa al punt aigües amunt de Súria pel que fa a la conca del Cardener.

127. Segons consta documentat al BOE de data 27 de maig de 1930, on es recullen les observacions i els controls realitzats l'any 1915 a la zona de Molins de Rei.

Capítol 2. Qüestions relatives a la construcció de la Sèquia de Manresa

ocupa o també el de la geozona de Gerri on afloren les aigües que han dissolt les sals triàsiques a través dels encavalcaments subverticals del mantell de les Nogueres, en aquests casos la presència de salinitat de les aigües utilitzades en el regadiu ocasiona el mateix problema en els sòls que quan es presenta la salinització d'origen marí. La conseqüència de l'ús continuat d'aigua amb massa sal per al reg en àrees amb poc desguàs i molta evaporació és la progressiva reducció de la fertilitat del sòl per salinització.

Tanmateix, l'argument que la salinitat de l'aigua del riu Cardener perjudiqui els cultius potser no està completament justificada en el cas de la Sèquia de Manresa, com ho demostra la presència continuada de 45 ha de cultiu d'horta al marge esquerra del riu Cardener al seu pas per Súria o, aigües amunt, les 92 ha de regadiu que subministra el mateix riu en el terme municipal de Cardona.

Com a conclusions podem destacar que resulta molt significatiu el fet de que la salinitat present en les aigües del Cardener degut a factors naturals en l'època de la construcció de la Sèquia era d'aproximadament quatre vegades superior a la que presentaven les aigües del Llobregat. Podria haver estat, doncs, aquest un dels principals arguments per a objectivar la decisió presa al elegir la portada d'aigua cap a Manresa procedent del riu Llobregat contra l'opció de fer-ho amb aigua del Cardener.

Així, doncs, resulta molt raonable concloure que aquest argument, el d'una menor salinitat, sumat al de la disponibilitat d'un major cabal, com es veurà a l'apartat V d'aquest capítol, van resultar ser uns factors més importants que el fet de que des de un punt de vista tècnic l'execució de l'obra en l'opció del Cardener hagués estat quelcom menys costosa pel fet de tenir una longitud lleugerament menor i també un petit menor nombre d'elements singulars a construir.

V) La regularitat i la quantia de l'aigua

Els cabals que transporten els rius de les conques interiors catalanes són molt variables, tant pel que fa a la seva estacionalitat com pel que fa la variabilitat anual. Això és així avui dia malgrat que ara es compte amb la regulació i laminació de les grans avingudes que

proporcionen d'una banda el pantà de la Baells¹²⁸ en la conca del riu Llobregat i per un altre costat els pantans de la Llosa del Cavall¹²⁹ i el de Sant Ponç¹³⁰ a la conca del riu Cardener.

Tanmateix, amb les dades de l'ACA¹³¹, el cabal mitjà que porta el riu Llobregat és de gairebé el doble de magnitud que el que porta el riu Cardener. A la confluència dels dos rius l'aportació¹³² d'aigua del Cardener és de 182 hm³/any i la del Llobregat és de 388 hm³/any.

Tanmateix, amb l'arribada a l'any 1382 de l'aigua del Llobregat a Manresa a través de la Sèquia, es produeix un transvasament de 30 hm³/any del Llobregat cap al Cardener, que fa que des deleshores l'aportació del Llobregat a la confluència dels dos rius passi a ser de 358 hm³/any i, si ho consideréssim sense el consum del regadiu manresà, l'aportació del Cardener a la confluència seria de 212 hm³/any.

Al seu pas per Súria el riu Cardener porta un cabal mitjà d'aproximadament 5,5 metres cúbics per segon. Pel que fa al riu Llobregat al seu pas per Balsareny porta un cabal mitjà d'aproximadament 10.5 metres cúbics per segon.

El naixement del Cardener es situa a l'extrem est de la comarca de l'Alt Berguedà. Les fonts afloren a uns 1050 metres d'altitud en la vall que formen les serres del Port del Compte, amb un cim de 2383 m, i del Vert, amb un cim de 2271 m (Valentí 2001). A sis quilòmetres del naixement, després de Sant Llorenç de Morunys, rep l'aportació d'Aigües de Valls que prové del terme de Gósol i, després de discórrer per sota dels penya-segats de la serra de Busa rep el riu Negre pel marge dret.

Més endavant el Cardener rep l'aportació del riu d'Aiguadora que hi aboca les aigües procedents de les serres d'Ensija, amb una elevació de 2307m, i de Rasos de Peguera, amb 2067 m d'altitud. La següent gran aportació la rep aigües avall de Cardona, es tracta

128. El pantà de la Baells es troba situat a la conca alta del riu Llobregat, al municipi de Cercs. Va entrar en funcionament l'any 1976, té una capacitat de 109.5 hm³ i abasta una superfície de conca de 535 km².

129. El pantà de la Llosa del Cavall recull les aigües del curs alt del Cardener i les del seu afluent Aigua de Valls, s'estén pels termes de Navès, Guixers i Sant Llorenç de Morunys. Va entrar en funcionament l'any 1997, té una capacitat de 79.4 hm³ i abasta una superfície de conca de 200 km².

130. El pantà de Sant Ponç es troba situat a la vall mitjana del Cardener, s'estén pels municipis de Clariana de Cardener, Olius i Navés. Va entrar en servei l'any 1954, té una capacitat de 24.4 hm³ i abasta una superfície de conca de 317 km².

131. Agència Catalana de l'Aigua, organisme administratiu responsable en matèria d'aigües en l'àmbit de les competències que corresponen a la Generalitat de Catalunya.

132. Per l'aportació s'entén el volum mitjà d'aigua que circularia per un punt sense modificar l'estat natural del riu, és a dir, si no es veiés influït per usos d'aigua i obres de regulació, com els embassaments.

Capítol 2. Qüestions relatives a la construcció de la Sèquia de Manresa

de la Riera Salada i més endavant també es sumen els petits cabals irregulars que poden aportar estacionalment les rieres de Salo, Hortons i Tordell, així com la de Navel, que és quelcom més rellevant que aquestes últimes.

En el seu tram final el Cardener rep les rieres de Fonollosa, aigües amunt de Manresa, i la de Rajadell acaba confluint amb el riu Llobregat en l'indret denominat Confon (2001).



Figura 2.11. Fonts del Llobregat, a 1295 m d'altitud, en el terme de Castellar de n'Hug. Font: <http://www.catalunya.com/area-dinteres-geologic-fonts-de-llobregat-17-17001-6>. Data d'accés: 07 de abril de 2016.

El riu Llobregat té el seu neixement a Castellar de n'Hug, a 1295 metres d'altitud, en plena serra del Cadí, en el paratge denominat com les Fonts del Llobregat. El Llobregat constitueix el riu més important dels rius pirenaics-mediterranis i en el seu recorregut travessa les principals formacions geològiques catalanes des del Pirineu fins a la mar Mediterrània (2001). En un inici el riu discorre a través de terrenys amb roques calcàries.

El Llobregat rep les aportacions del riu Balsareny que recull les aigües de part de la serra del Cadí a través de la vall de Bagà, la confluència es produeix a l'alçada de Guardiola de Berguedà. Aigües avall, a una distància de dos quilòmetres, el riu rep les aigües del riu Saldes, provinents del massís del Pedraforca. Un cop deixa la zona més muntanyosa el pendent del Llobregat es suavitza i entra en una zona de paisatge geològic obert, amb un predomini més important de les capes horitzontals de l'oligocè.

Continuant el seu curs, el Llobregat recull els afluents de la Riera de la Portella, la Riera de Merlès, la Riera Gavarresa i la Riera de Calders, tots ells pel en el seu marge esquerra. Aquest marge, l'esquerra, és el que delimita amb la part més important de la conca, que és més ampla per aquest costat.

Pel que fa al marge dret, el riu Llobregat rep primer la Riera de Merola i, molt més avall, tot havent passat Manresa, rep les aigües del que és el seu principal afluent, el riu Cardener. En aquest últim tram del Llobregat, les aigües discorren per el Pla de Bages, comarca de la Depressió Central que delimita perfectament amb les conques dels dos rius, el Cardener i el Llobregat.

Així doncs, la ciutat de Manresa queda de bell en mig de les dues conques, essent al marge esquerra del riu Cardener i al marge dret del riu Llobregat.

2.2. Tecnologies emprades en l'execució del traçat

2.2.1. Els instruments d'anivellació

Una de les principals incògnites que es poden plantejar al voltant de la construcció de la Sèquia de Manresa és sobre quin tipus de coneixements i quins tipus de tecnologies utilitzaven els mestres d'anivellament per a traçar un determinat pendent al llarg de grans longituds, com és el cas que ens ocupa del canal manresà.

Lamentablement l'abundant documentació existent al voltant de l'època de la construcció no aporta cap informació sobre quins instruments, eines i tecnologies van emprar els encarregats d'executar l'obra. Evidentment ens podem fer una idea de les eines manuals pròpies per excavar i transportar les terres, graves i roques que calgué remoure, és a dir, els pics, les pales, les escarpes, els punxons, els tascons, etc. Tanmateix, resulta insuficient el coneixement que tenim dels instruments usats per el planejament sobre el terreny, és a dir, per a marcar la traça i, especialment, com determinar el nivell que aquesta traça havia de seguir per mantenir el pendent adequat.

En aquest sentit desconeixem també si disposaven de algun tipus de suport cartogràfic, com ara mapes o plànols del terreny i si aquests incorporaven corbes de nivell. Tampoc sabem si disposaven únicament d'escaires i plomades o bé comptaven també amb la dioptra, un instrument topogràfic inventat probablement per Heró d'Alexandria.

La dioptra fou descrita i perfeccionada per Ptolomeu el segle II dC i millorat pels àrabs que el difongueren per al-Àndalus al segle X (Ginouvens, Martin, & Coarelli, 1985). A finals d'aquest segle la dioptra ja es coneixia a Barcelona i el monjo d'origen occità Gerbert d'Orlhac¹³³, futur papa Silvestre II, que en aquells moments residia entre Sant Benet de Bages i Barcelona, en va aprendre el seu ús i el va difondre posteriorment arreu d'Europa.

Per tant, si es coneix que en ple segle XIV el coneixement de la dioptra estava totalment estés; el seu principal ús era com un element que formava part del astrolabi, àmpliament

133. Nascut a Belliac, l'Alvèrnia, el 938. Morí a Roma el 1003. Fóu el primer Papa d'origen occità de l'Església Catòlica. Científic i erudit, cultivà la filosofia i les matemàtiques. Introduí a Europa el sistema decimal i el nombre zero.

utilitzat en astronomia, aleshores és de suposar que els constructors de la Sèquia en coneguessin els seu ús.

A banda de la dioptra els constructors de la Sèquia podien també treballar amb dos instruments topogràfics més: la groma¹³⁴ i el coròbates.

El coròbates és, segons descriu Vitruvi¹³⁵, en el seu tractat *De Architectura*, un instrument format per un regle llarg de gairebé 20 peus de longitud, aproximadament uns 6 metres (Perrault & Edición, 2007):

"Ara explicaré com cal afrontar el abastaments d'aigua als habitatges i a les vi·les. El primer pas és fer els anivellaments, el que es fa amb les diòptries, amb nivells d'aigua o amb el coròbates. Es fa de forma més precisa amb el coròbates, ja que la diòptria i els nivells indueixen a error. El coròbates és un tauló recte d'uns 20 peus de longitud. En les seves extremitats hi té dues peces transversals perfectament idèntiques i ajustades en escaire als cantons del regle que fan de potes; entre el regle i les peces fixades per espiques, les travesses porten unes línies traçades exactament en perpendicular i té unes plomades suspeses a cada costat del regle que, quan aquest està en situació, s'apliquen d'una manera rigorosament idèntica a les línies traçades indicant que la posició és horitzontal. Si s'escau que el vent els agita i molesta l'operació tot impeding que les línies donin una indicació precisa, cal que a la part superior de l'instrument hi hagi un degoter de 5 peus de llarg, un dit d'ampla i una profunditat d'un dit i mig, abocar-hi aigua i, quan aquesta toqui uniformement els cantons exteriors del degoter se sabrà que està a nivell. Així, quan el coròbates estigui ben anivellat, es coneixerà la importància de la inclinació."

A aquesta descripció del coròbates cal afegir-hi el sistema de visor, que es creu que estava format per dues pínules fixades a ambdós costats del gran eix central del regle i que permeten fer les visuals. El coròbates es calibrava horitzontalment gràcies al nivell d'aigua que incorporava en la part superior en forma de canalet, la precisió adquirida gràcies a la longitud de 6 metres era molt elevada, tanmateix el seu ús era laboriós. Per això el coròbates també comptava amb les plomades verticals, que permetien fer una primera aproximació de forma molt més ràpida, sempre abans de posar l'aigua al nivell del canaló superior. Un cop calibrat el coròbates, el anivellador podia mirar per les pínules definint

134. Veure figura 2.12 a la pàgina 273.

135. Marcus Vitruvius Pollios, nascut al voltant de l'any 75 aC i la seva mort es situa en l'any 10 aC. Va ser un arquitecte, enginyer i tractadista, autor de *De Architectura*, que és l'únic tractat conegut sobre arquitectura grecoromana, compost per 10 llibres.

Capítol 2. Qüestions relatives a la construcció de la Sèquia de Manresa

una línia horitzontal, tot situant als ajudants que llegeixen la regla graduada amb la que fixaran el nivell.

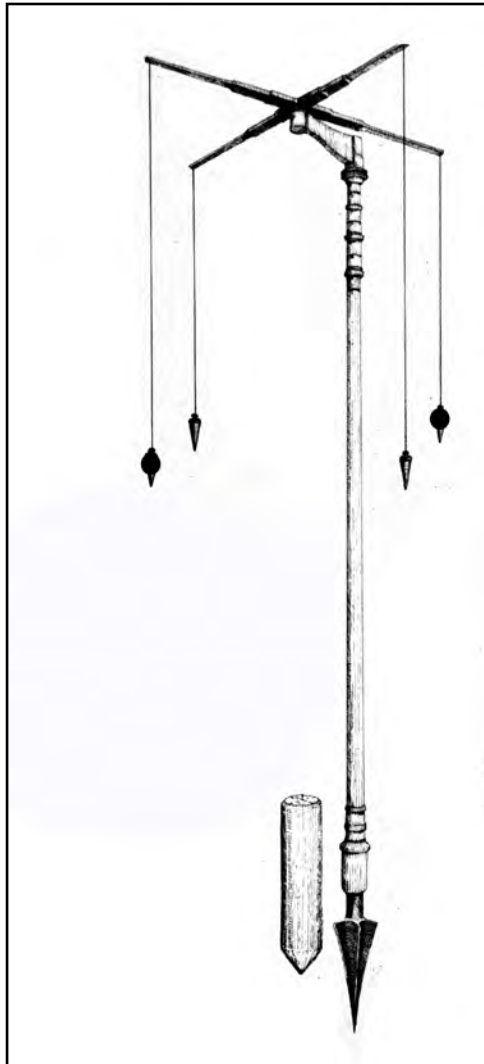


Figura 2.12. Disseny d'una groma segons un exemplar trobat a les ruïnes de Pompeia. Font: Hartmann Linge, 2012. By flamenc, Hartmann Linge [CC BY-SA 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)], via Wikimedia Commons, data d'accés 4/02/2016.

Pel que fa a la groma, es creu que aquesta ja era utilitzada pels mesopotamis i que va arribar a Roma per mitjà dels grecs i els etruscs. Va ser l'instrument que usaven habitualment els agrimensors¹³⁶ romans (Adam 1982).

136. Els romans també anomenaven *gromaticus* als seus agrimensors, com el famós Higi el Gromàtic ("Smith, W. (1873). A Dictionary of Greek and Roman Biography and Mythology, Hygi'nus, Groma'ticus. Vol.1," 1873).

La groma estava constituïda per una perxa vertical que, en la seva part superior, sostenia una creu que pivotava horitzontalment sobre la perxa. Els extrems de la creu sostenien quatre plomades, veure la figura 2.12 de la pàgina 273. El seu ús permetia verificar les alineacions i les seves perpendiculars.

La superioritat de la groma sobre la dioptra esdevé per la seva capacitat de traçar visuals tant horitzontals com verticals així com perquè permet mesurar angles i, per tant, fer triangulacions que permeten determinar distàncies.

Independentment de quin instrument de mesura i d'anivellació va ser emprat per les tasques de planificació i execució de la Sèquia, el que està clar és que es requeria d'un domini de la seva tècnica i d'un nivell d'aplicació considerable ja que per reduir al mínim l'error inherent a aquests aparells calia fer i refer moltes vegades les comprovacions sobre el traçat i, especialment, sobre els pendents.

En primer lloc, per poder realitzar la conducció per gravetat des del punt escollit per la derivació de les aigües fins al lloc on s'ha de portar el cabal, cal situar en una primera anivellació ràpida els punts obligats, lligant els punts de pas principals pels contorns de les valls i els relleus. Un cop establert aquest traçat sumari cal definir amb més precisió un marcatge més de detall, revisant i comprovant els desnivells, donant ja el pendent definitiu a tot el traçat del canal.

2.2.2. Els errors d'anivellació associats als instruments

El francès Claude Larnac ha investigat al voltant dels errors associats a la utilització de coròbates, més concretament els límits de la fiabilitat del sistema ull-coròbates (Larnac 1999). Per a realitzar els seus estudis Larnac va basar-se en la construcció de l'aqüeducte de Nimes i entre les seves conclusions n'hi ha que són molt interessant si les apliquem al cas de la Sèquia.

Una primera conclusió que podem extrapolar dels resultats obtinguts per Larnac és que els pendents de la Sèquia de Manresa són tant petits que sempre resulten ser inferiors als límits de fiabilitat del sistema ull-coròbates. Es dona com a motiu principal d'error l'absència d'òptica en aquest tipus d'aparells, això provoca que la visual obtinguda directament de forma ocular acumuli un error a distàncies relativament curtes.

Entre les causes d'error, Larnac considera en primer lloc el poder separador de l'ull, seguidament la pròpia bastida de l'aparell, de la posada en estació del coròbates mitjançant el nivell d'aigua, de la precisió de les plomades i de la imprecisió de les pínules. Suposant les millors condicions d'observació diürnes, s'arriba a la conclusió de que l'ull és incapaç de separar dos punts que disten menys d'un mil·límetre entre ells a 3.5 metres de

Capítol 2. Qüestions relatives a la construcció de la Sèquia de Manresa

distància. És a dir, 1.4 centímetres a 50 metres o, per extensió, 29 centímetres en 1 quilòmetre.

A aquest primer error cal acumular els següents. Pel que fa al nivell d'aigua, degut a l'efecte de la tensió superficial, resulta que en els extrems del degoter la superfície de l'aigua adopta la forma de menisc. Aquest menisc genera una imprecisió d'almenys 1/2 mil·límetre per una distància de 1.5 metres. És a dir, un marge d'error de l'ordre de 1.6 centímetres a 50 metres o, per extensió, de 33 centímetres al llarg de 1 quilòmetre.

Si afegim l'efecte de la incertesa de les pínules, que és difícil de ajustar, arribem a la conclusió de que les anivellacions realitzades amb el sistema ull-coròbates poden ésser fetes amb errors associats que poden arribar als 3.9 centímetres per 50 metres. És a dir, parlariem d'uns 80 centímetres per cada quilòmetre.

Tenint en compte que el pendent mitjà de la Sèquia és de 40 centímetres per cada quilòmetre, és raonable pensar que el sistema ull-coròbates no permetia traçar els pendents del canal de la Sèquia de Manresa amb prou garanties.

Per tant, si no va ser la utilització d'aquest procediment l'usat per anivellar la Sèquia, aleshores hem d'obrir noves hipòtesis. Ens preguntem quines són les alternatives que pogueren permetre la determinació d'aquests pendent tant febles en el cas que ens ocupa.

El relat que hem construït fins aquest punt parteix de la premissa de que en el segle XIV no s'havia adaptat cap lent òptica a l'instrument o instruments que presumptament foren usats per a l'anivellació de la Sèquia. Però cal plantejar la hipòtesi de que això no fos exactament així.

El fundador del mètode experimental, Roger Bacon¹³⁷, va treballar en el camp de l'òptica amb profunditat. Una de les seves fonts va ser el matemàtic àrab Ibn Al-Haytam¹³⁸, del que estudià els coneixements generals d'òptica. En la seva obra *Opus Maius* presenta les diferents aplicacions del poder de les lents d'augmentar la visualització d'objectes llunyans.

Precisament les ulleres com a instrument d'ús corrent per a persones amb dificultats de visió es varen utilitzar per primera ocasió a Venècia l'any 1285, on fructificà una important indústria del vidre. La tradició del treball del vidre a la veneciana illa de Murano s'inicia a

137. Roger Bacon (1220-1292), filòsof, teòleg i reconegut científic anglès. Un dels treballs per els que és conegut es deu als seus estudis sobre les lents i els miralls, concretament sobre els efectes de la refracció i difracció. Va arribar a esbossar la construcció d'un telescopi, inexistent en l'època, per estudiar els astres.

138. Abū Alī al-Hassan ibn al-Haytham (Bàssora, 965 - El Caire, 1040), conegut a Occident com Alhazen, matemàtic, físic i astrònom. Va fer importants aportacions als principis de l'òptica.

finals del segle XIII i ràpidament aquest illot va esdevenir famós per l'elaboració de les lents més perfectes.

Tornant al treball sobre òptica de Bacon destaca la invenció del que serien els precursors del microscopi i del telescopi, aquest darrer perfeccionat per Galileu Galilei ja en el segle XVII.

Efectivament, existeix un manuscrit de Bacon en el que descriu un aparell que es pot considerar un telescopi a reflexió format per dos miralls i una lent. Així doncs, no és descartable que a Catalunya, uns cinquanta anys més tard, es pogués utilitzar algun instrument d'anivellació millorat mitjançant la incorporació d'algun tipus de lent a una dioptra.

Si ens situem a la Catalunya del segle XIV ens trobem en temps de grans mercaders. Efectivament, després de l'expansió territorial produïda durant el segle XII amb la conquesta de Mallorca i València per Jaume I el Conqueridor, i amb la creació de la corona catalanoaragonesa, es consolidaren els territoris conquerits amb una manera de governança basada en no exercir el poder adquirit pròpiament pel fet estricte de la conquesta sinó per la creació d'un teixit de interrelacions econòmiques, jurídiques, socials, demogràfiques i culturals (Torras i Cortina 2004).

Posteriorment, amb el domini sobre Sicília des de 1283 per la seva conquesta per part del rei Pere II el Gran i la conquesta de Pere III el Cerimoniós de l'illa de Sardenya s'establí una supremacia sobre el Mediterrani. Aquesta supremacia era deguda a la gran expansió que tenia com espai central el Mediterrani per sobre dels territoris peninsulars. El Mediterrani era el centre comercial i econòmic del món europeu.

Així doncs, en aquella època eren molt freqüents els viatges marítims; cal contextualitzar que, ja abans de la creació del Consolat del Mar, en el segle XIII, Catalunya exercia un domini comercial i marítim. Prova d'això és que precisament aquest organisme, el Consolat del mar, va donar lloc a tot un codi jurídic, que prenent com a base els costums marítims i de comerç tradicionals de Barcelona, que va ésser aplicat primer a tota la Mediterrània com a dret mercantil i de navegació, i més tard a l'Atlàntic com a dret internacional.

El *Llibre del Consolat del Mar*, redactat el segle XIV a partir d'una compilació d'anteriors costums, fou la pedra angular que regí el dret comercial marítim a la Corona d'Aragó durant sis segles, fins el 1829, i fins i tot fou traduït del català al castellà, el francès, l'italià, l'anglès, el neerlandès i l'alemany.

Així doncs, els catalans eren capdavanters en l'aixecament de portolans, descripcions i mapes que reflectien la situació de les costes. En aquest context destacaren importants

Capítol 2. Qüestions relatives a la construcció de la Sèquia de Manresa

cartògrafs com el mallorquí d'origen jueu Abraham Cresques¹³⁹, que fou autor del conegut com a *Atlas Català* de l'any 1375 i del que a la es mostra un còpia del segle XIX.

139. Abraham Cresques (Palma de Mallorca, 1325 - 1387). Bruixoler, rellotger i constructor d'instruments nàutics. Considerat un dels geògrafs més importants, elaborà una grans col·lecció de cartes geogràfiques avui perdudes en gran part. Ens ha arribat fins avui el *Atlas Català* de 1375.



Figura 2.13. Còpia del segle XIX del conegut com a Atlas Català, de l'any 1375, de Cresques Abraham i el seu fill Jafudà Cresques. Font: By Cresques Abraham (Unknown) [ns https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Europe_Mediterranean_Catalan_Atlas.jpeg Public domain], via Wikimedia Commo.

Ja a l'any 1154 el geògraf de Ceuta al-Idrīsī va confeccionar un mapa de tota la terra habitada, amb força profusió de detalls. El mapa gran mostrava la totalitat de la terra tot dividint-la en set climes diferents. A més, s'entrava a detallar en 70 mapes parcials els accidents geogràfics, concretant amb bastant detalls els elements naturals com rius i muntanyes així com les ciutats i, tot i que incorporava nombroses imprecisions, suposa un exponent molt avançat que mostra els intents per reunir tota la informació geogràfica coneguda en un atlas.

Si pensem en la cartografia que es podia utilitzar per a l'elaboració de la traça de la Sèquia, hem de partir de la hipòtesi de que no es disposava d'antuvi d'una cartografia amb un grau de detall tant elevat que permetés dibuixar la traça d'un canal, tanmateix, tot indica que en ple segle XIV si que es disposava de prou coneixements com per mitjançant una metodologia concreta plasmar sobre un mapa una planta del traçat a seguir tot detallant-ne els principals accidents geogràfics amb certa precisió.

2.2.3. El càlcul del cabal a derivar

Una altra pregunta que s'ens planteja al voltant del projecte de construcció és la que fa referència al càlcul del cabal a derivar. El primer pas que cal fer per a esbrinar quin va ser o com van determinar el cabal a derivar és intentar aclarir quina va ser l'unitat de mesura de cabal volumètric que s'usava en aquells temps o que es va usar en el cas concret de la construcció de la Sèquia de Manresa. Evidentment en l'època que ens ocupa no es disposava de un sistema d'unitats universal sinó que cada regne, o inclús cada ciutat, utilitzava les unitats que li resultaven més convenients.

A Catalunya la principal unitat de mesura de cabal durant un llarg període¹⁴⁰ de la baixa edat mitjana va ser la *ploma* (Frontí & Gavarró, 2000). L'origen de la ploma cal situar-lo en època romana, però ja en l'època medieval, cada ciutat o comarca va adoptar una mesura de ploma diferent tot i que algunes d'elles derivaven de la *ploma romana*¹⁴¹.

La *ploma de Barcelona* es fixava a partir de una secció formada per un orifici circular de 5.9 mm de diàmetre; la càrrega hidroestàtica era tres quartes parts d'un pam català¹⁴². Amb aquesta càrrega hidroestàtica, la velocitat de l'aigua a la sortida de l'orifici és de 0.92 m/s, el que dona un cabal de 2,185 litres/dia o 91.04 litres/hora per la *ploma de Barcelona*. En

140. Hi ha testimonis de que al s.XV a la ciutat de Barcelona era comú l'ús de la *ploma* i que aquesta unitat s'estengué, a més de l'àmbit de Catalunya, també a Nàpols i, temps més tard, fins i tot s'estengué el seu ús a Cuba per influència dels catalans que s'establiren allà.

141. La *ploma romana*, també anomenada *quinària*, era equivalent a 40 600 litres/dia (2000)

142. El *pam català* equivalia a 14.5 cm.

tractar-se d'una unitat molt petita sembla evident que no fóu la *ploma* la unitat usada per determinar el cabal de la Sèquia.

Una altra possibilitat és que la mesura del cabal usat fos la *regadora*¹⁴³. Ja es diu que el nom fa la cosa o també que la cosa fa el nom, així és que bàsicament la *regadora* era el cabal adequat per a regar de forma còmoda i eficaç. Segons Alcover i Moll, al Pla de Bages una *regadora* es compta com la quantitat d'aigua que pot travessar l'espai que queda conformat entre dues teules àrabs encarades l'una contra l'altra; equival aproximadament a 1850 metres cúbics en 24 hores. Localment hi ha variacions en la quantificació d'aquesta unitat, així per exemple a la Conca de Barberà la *regadora* només té 880 metres cúbics en 24 hores (Alcover & Moll, 1980).

Sabem que la Sèquia porta un cabal de 1 metre cúbic per segon, això vol dir que al llarg de 24 hores acumula un volum d'aigua de 86 400 metres cúbics. Si es fa la conversió d'aquesta quantitat a *regadores*, s'obté que el cabal seria l'equivalent al flux obtingut mitjançant 46.7 *regadores*.

Resulta evident que per comprendre la interpretació d'aquesta magnitud caldria conèixer el sentit que se li donava en el context de l'època, ja em vist que l'ambigüitat de la mesura radica en el fet poc objectiu de assaonar la terra convenientment, més si es té en compte que això depenia del tipus de terra i de cultius establerts.

2.2.4. Unitats de mesura utilitzades en l'època de la construcció

Si posem el focus a les unitats de mesura utilitzades a l'època de la construcció de la Sèquia convé, en primer lloc, atendre la qüestió de quina unitat de longitud va ser utilitzada per als amidaments. Aquí es penetra en un terreny de molta confusió degut a la gran diversitat i la gairebé nul·la harmonització existent que, sumat a la precarietat en les tècniques de mesura, no fa més que complicar l'assumpte.

Contràriament al que succeí en els temps de l'Imperi Romà, els constructors medievals no comptaven amb un sistema de mesura unificat, malgrat els esforços fets en aquest sentit durant l'Imperi Carolingi. Les principals unitats de longitud tenien l'origen en referències del cos humà: el pam, el peu, la passa, la polzada, la colzada, la braça, el pam, el dit,... La variabilitat inherent a aquestes referències generava moltes incerteses alhora de procedir a determinar la mesura de longitud.

143. Segons el diccionari català-valencià-balear d'A.M. Alcover i d'en F. de B.Moll la *regadora* és la mesura d'aigua per a regar una extensió de terra en el menor temps possible però de manera que basti per assaonar-la. Aquesta quantitat resulta variable segons els tipus de terra i dels conreus que s'hi practiquen.

Capítol 2. Qüestions relatives a la construcció de la Sèquia de Manresa

Una altra consideració a fer és que l'organització política i territorial fragmentada era motiu de més dispersió en la utilització de les diferents unitats de mesura; fins el punt que es fa molt difícil establir una relació coherent de les diferents mesures utilitzades per cada període o determinar quines foren les escollides en una obra concreta (Alsina i Català, Claudi; Feliu i Montfort, Gaspar; Marquet i Ferigle 1991).

Per exemple, els textos referits a la construcció de la Sèquia parlen d'una unitat de longitud que és la *cana*. La dificultat rau en saber si la cana a la que es refereix l'autor és la *cana de Barcelona* o la *cana de Montpelier*¹⁴⁴ o a d'altres com la *cana de destre*¹⁴⁵.

La metrologia resulta ser una ciència relativament moderna. La mesura d'una magnitud física com la longitud es fa per comparació amb un element de referència definit i de fàcil disposició. Avui dia, amb l'utilització del Sistema Internacional d'Unitats, i del seu precursor, el sistema mètric decimal, una operació tant corrent com la de mesurar una longitud resulta aparentment simple, segura i fiable. Tanmateix, en ple segle XIV, concretament l'any 1324, el rei Eduard II d'Anglaterra va decidir que per tal de resoldre la indefinició de la *polzada* a partir de la dimensió del dit polze del cos humà, aquesta quedava definida per tres grans de blat alineats un a tocar de l'altre.

Tots aquests aspectes posen de manifest que d'antuvi ha existit una gran indefinició de les mesures a partir de les unitats preses com a referències. Aquesta indefinició només pot fer que incrementar-se si, a més, ens desplace local i temporalment. Però la cana que utilitzaren en Magí Canyelles i en Joan Pere Corrons quan varen canar la Sèquia l'any 1680 és de 8 pams i té una equivalència aproximada de 1.55 metres, i per això el pam seria d'uns 20 centímetres (Alabern i Valentí & Virós i Pujolà, 2002)

Canyelles diu que "*varen estar tres dies enters canan ab corda de deu canas assenyaldes y juntament una cana ab sos palms i quarts*" (Canyelles 1896). Quant a l'any 1815 es va tornar a mesurar es va utilitzar com a unitat les passes, prenen l'equivalència de dues passes com una cana.

144. La cana de Montpelier equivalia a 1.988 metres i era usada a molts indrets dels Països Catalans. La cana de Barcelona equivalia a 1.555 metres, és a dir, 8 pams, 6 peus o 2 passos (l'equivalent a 1 pas romà, és a dir, una mil·lèsima de la milla romana).

145. La cana de destre (també conegut com a *destre*) equivalia a una longitud de 2.82 metres, és a dir, 12 pams de destre.

Capítol 3

Caracterització del flux amb superfície lliure

3.1. Introducció al flux amb superfície lliure

La Sèquia de Manresa és un sistema de transport d'aigua, on aquesta flueix mitjançant l'acció únicament de l'acceleració de la gravetat. L'acceleració de la gravetat és la que proporciona l'impuls necessari per vèncer la resistència que ofereix l'aigua al moviment. Bàsicament és el mateix principi sobre el qual es fonamenta, per exemple, el flux d'un riu o l'escorrentiu de l'aigua de la pluja per les teulades i els carrers.

Una característica particular d'aquest tipus de flux és que es produeix amb presència del que s'anomena *superfície lliure*, que és la entrefase que forma la superfície de l'aigua i l'aire de l'atmosfera. Per aquest motiu a aquest tipus de flux se l'acostuma a denominar com a *flux amb superfície lliure* o també *flux en canal obert*. El flux sota superfície lliure és objecte d'estudi de l'àrea de la *Física* que es coneix com a *Mecànica de Fluids*.

Una de les diferències més importants del flux amb superfície lliure amb el flux intern, que és el que es dona per l'interior de canonades o conductes tancats, és que en aquest últim cas l'energia consumida en el moviment de fluid prové de la diferència de pressions entre l'entrada i la sortida del conducte. Per contra, en el cas del flux amb superfície lliure, la pressió de la superfície sempre és la pressió atmosfèrica i, per tant, aquesta pot considerar-se constant. En no manifestar-se un gradient de pressions al llarg de les diferents seccions, en el cas del flux amb superfície lliure, el balanç de forces que governen i determinen el comportament del flux es limita a les de la gravetat i a les de la fricció. Una altra particularitat del flux amb superfície lliure és que només es dona en líquids mentre que el flux en conductes es pot produir per a qualsevol tipus de fluid, sigui aquest el cas dels líquids com també dels gasos.

El fet de tenir la superfície lliure sota una pressió constant facilita i complica alhora l'anàlisi del problema. D'una banda el facilita ja que la línia piezomètrica coincidirà sempre justament amb la superfície lliure del flux. Però, per un altre costat, la forma que adoptarà aquesta superfície lliure no pot ésser coneguda a priori sinó que dependrà de la profunditat de la làmina d'aigua respecte la solera del canal i, alhora, aquesta profunditat dependrà de la resta de condicions del flux.






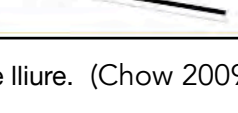
Flux Estacionari	• Uniforme		Profunditat constant en tot moment
	• Gradualment variable		Darrera la barrera la profunditat varia lentament amb la distància
	• Ràpidament variable		El ressalt hidràulic causa sobtades variacions de la profunditat amb la distància i dissipa molta energia
Flux No Estacionari	• Uniforme		La profunditat varia sobtadament de forma ocasional (molt rar)
	• Gradualment variable		La profunditat varia lentament, p.e.: ona llarga de pleamar
	• Ràpidament variable		La profunditat varia sobtadament, p.e.: ona d'un sisme marí (Tsunami)

Figura 3.1. Tipus de flux amb superfície lliure. (Chow 2009).

3.1.1. Aproximació unidimensional al flux amb superfície lliure

El primer factor del comportament de l'aigua dins d'un canal obert és la que es coneix com *condició de no desplaçament*. Aquest principi es basa en la propietat dels fluids viscosos que estableix que en la seva superfície de frontera amb un sòlid, el fluid tindrà una velocitat nul·la relativa a la frontera del sòlid. És a dir, la velocitat del fluid en la zona de contacte fluid-sòlid és la mateixa que la de la superfície del sòlid. Conceptualment, podem pensar que les molècules de fluid més properes a la superfície del sòlid s'adhereixen a les molècules del sòlid sobre les que flueix (Brun, Mathieu, & Martinot-Lagarde, 1979).

La condició de no desplaçament afecta tant a les parets laterals com a la solera del canal. Com a conseqüència, tots els canals oberts presenten una distribució tridimensional de la velocitat, essent aquesta igual a zero a les parets i assolint el seu valor màxim molt a prop de la superfície lliure. Com que la superfície lliure no està en contacte amb un sòlid sinó amb l'aire atmosfèric, es dona que la superfície lliure també flueix amb una certa velocitat. Tanmateix, la velocitat màxima d'aquesta distribució es dona aproximadament a una cinquena part de la profunditat total, per sota de la superfície lliure. El resultat és que, per a una secció d'un canal molt ample en relació a la seva profunditat, el perfil de velocitats presenta una distribució logarítmica (Mott 1994).

Capítol 3. Caracterització del flux amb superfície lliure

El flux d'aigua que flueix per la Sèquia de Manresa es pot aproximar a un flux unidimensional en règim estacionari. També es pot considerar que la densitat de l'aigua no varia ni d'una secció a una altra ni amb el temps.

Aleshores, de l'equació de conservació de la massa es dedueix que el cabal volumètric es mantindrà en un valor constant per a tota la llargada del canal:

$$Q = u(x) \cdot S(x) = k \quad (1.3)$$

Essent u la velocitat mitjana i S la secció transversal del canal i k una constant.

Del principi de conservació de l'energia es pot obtenir també una relació unidimensional, que en aquest cas serà expressada en termes d'alçada d'energia específica. Si designem els punt 1 i 2 respectivament com aigües amunt i aigües avall resulta, per a flux estacionari (White & Vera Coello, 2004):

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g} + z_2 + H_f \quad (2.3)$$

Essent l'últim terme de l'equació (3.2) l'alçada d'energia equivalent a les pèrdues per fricció ocasionades entre les dues seccions, 1 i 2; i essent z l'energia potencial de la superfície lliure. Aquesta energia potencial està formada per la suma de l'alçada de la solera del canal més la profunditat de l'aigua en la secció del canal.

Com que les pressions sobre la superfície lliure són iguals a la pressió atmosfèrica, que en termes relatius val zero, aleshores l'equació (3.2) es redueix a:

$$\frac{u_1^2}{2g} + z_1 = \frac{u_2^2}{2g} + z_2 + H_{f_{1-2}} \quad (3.3)$$

El terme de pèrdues per fricció que apareix a les equacions (3.2) i (3.3) guarda analogia amb les pèrdues per fricció en un conducte d'acord amb l'equació proposada e 1845 per Darcy i Wiesbach:

$$H_{f_{1-2}} = f \frac{x_2 - x_1}{4R_h} \frac{u^2}{2g} \quad (4.3)$$

Essent el radi hidràulic, R_h , la relació entre la secció mullada i el perímetre mullat de la secció de la canonada o del canal:

$$R_h = \frac{S}{P} \quad (5.3)$$

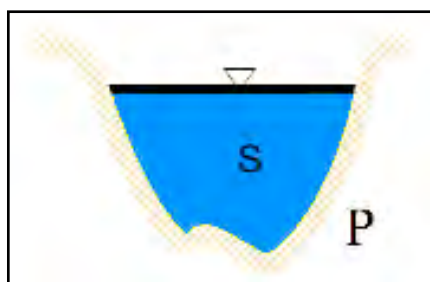


Figura 3.2. Secció mullada i perímetre mullat per al càlcul del radi hidràulic d'una secció. Elaboració pròpia.

El perímetre mullat inclou tant les parets laterals com també la solera del canal però s'exclou la superfície lliure.

3.1.2. Classificació del flux amb superfície lliure

I) Atenent al número de Reynolds

El número de Reynolds és el paràmetre adimensional que relaciona les forces d'inèrcia amb les forces viscoses:

$$Re = \frac{4R_h \cdot u \cdot \rho}{\mu} \quad (6.3)$$

Essent el denominador del número de Reynolds la viscositat absoluta definida per Newton, també anomenada viscositat dinàmica. Es defineix el quocient entre la densitat i la viscositat absoluta com la viscositat cinemàtica, aleshores l'equació (3.6) queda expressada com:

$$Re = \frac{4R_h \cdot u}{\nu} \quad (7.3)$$

D'acord amb el valor del número de Reynolds el flux amb superfície lliure es pot classificar en:

- a) Flux laminar (Re < 500)
- b) Flux de transició (500 < Re < 2000)
- c) Flux turbulent (Re > 2000)

El flux laminar és bastant inusual, excepte per a seccions transversals molt petites (Fox & McDonald, 1978). Per trobar exemples de flux laminar en el cas de l'aigua caldria pensar en una làmina prima d'aigua formada per l'escorrentiu de l'aigua de la pluja en superfícies que presentin poc pendent. Per valors del número de Reynolds entre 500 i 2000 es dona el cas d'un flux transitori, on es pot manifestar regions amb flux laminar i, al mateix temps, regions del flux amb turbulència. Generalment els fluxos naturals i artificials, com els que es donen en canals oberts, solen ser turbulents. Això és degut d'una banda a la baixa viscositat que presenta l'aigua i de l'altra a les dimensions de la secció del canal, resultant normalment valors de Reynolds per sobre de 10^5 (Gerhart, Gross, & Hochstein, 1995).

II) Atenent al número de Froude

El número de Froude és un paràmetre adimensional que relaciona les forces d'inèrcia amb les degudes a l'acció de la gravetat. S'expressa com la relació entre la velocitat del flux i la velocitat de propagació de les ones superficials infinitesimals en el canal. Si la profunditat del canal és constant, el número de Froude pot calcular-se mitjançant:

$$Fr = \frac{u}{\sqrt{g \cdot y}} \quad (8.3)$$

Essent y la profunditat de l'aigua. D'acord amb el valor del número de Froude podem establir la següent classificació per el flux amb superfície lliure:

- a) Flux subcrític, lent o fluvial (Fr < 1)
- b) Flux crític, o de transició (Fr = 1)
- c) Flux supercrític, ràpid o torrencial (Fr > 1)

3.2. Propagació d'ones de superfície

Considerant un canal obert que conté líquid inicialment en repòs i amb una paret mòbil en un dels seus extrems, com es mostra a la figura 3.3. Si es provoca un moviment sobtat de la paret, es forma la petita ona superficial que es mostra a la part esquerra de la figura, aquesta ona viatja a través del canal de forma que es tracta d'un règim variable. Però si situem l'origen del sistema inercial de referència sobre la pròpia ona, com es mostra a la part dreta de la figura, aleshores el sistema es pot considerar estacionari. La velocitat de propagació de l'ona c es pot calcular a partir de les equacions bàsiques de conservació de la massa i la quantitat de moviment.

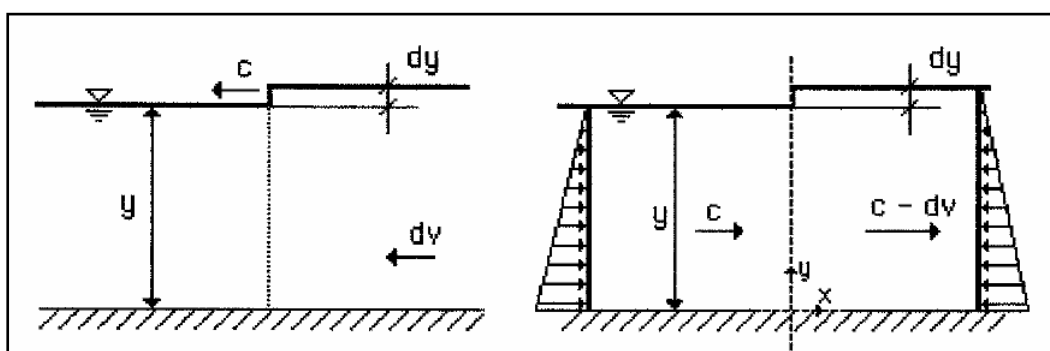


Figura 3.3. Anàlisi de la propagació d'una ona superficial. A l'esquerra flux variable. A la dreta s'obté flux estacionari al fixar el sistema inercial de referència sobre la ona. Elaboració pròpia.

A partir de l'equació de conservació de la massa, aplicada al volum de control de la part dreta de la figura 3.3 i essent b l'amplada constant, resulta:

$$\rho \cdot c \cdot y \cdot b = \rho(c - dv)(y + dy)b \quad (9.3)$$

I per tant:

$$dv = \frac{c \cdot dy}{y + dy} \quad (10.3)$$

Capítol 3. Caracterització del flux amb superfície lliure

Aplicant l'equació de conservació de la quantitat de moviment per al mateix volum de control, suposant que les forces externes que actúen sobre el volum de control són únicament les de la pressió hidrostàtica i menystenint els efectes dels esforços viscosos i de la tensió superficial (Acheson 1990), s'obté, per a flux estacionari:

$$F_{p1} - F_{p2} = \dot{m} \cdot \Delta v \quad (11.3)$$

Desenvolupant:

$$\rho \cdot g \cdot \frac{y}{2} \cdot y \cdot b - \rho \cdot g \cdot \frac{y + dy}{2} \cdot (y + dy) \cdot b = \rho \cdot c \cdot y \cdot b \cdot (c - dv - c) \quad (12.3)$$

Simplificant:

$$g \left(1 + \frac{dy}{2y} \right) dy = cdv \quad (13.3)$$

Substituint dv segons l'equació (3.10) s'obté:

$$\left(1 + \frac{dy}{2y} \right) dy = c^2 \frac{dy}{y + dy} \quad (14.3)$$

O bé:

$$c^2 = gy \left(1 + \frac{dy}{2y} \right) \left(1 + \frac{dy}{y} \right) \quad (15.3)$$

Segons es dedueix a partir de l'equació (3.15), en el límit en el que dy tendeix a 0 ($dy \ll y$), resulta:

$$c_0 = \sqrt{gy} \quad (16.3)$$

La velocitat c_0 representa la velocitat de propagació d'una petita ona superficial i és funció de la profunditat local y . En conseqüència, c_0 serà més gran en la cresta de l'ona que en la seva part anterior o posterior, i per aquest motiu les ones reals d'amplada finita es fan més pronunciades conforme van avançant. Un exemple d'aquest efecte es pot trobar en el trencament de les onades quan aquestes s'aproximen a la platja.

Aleshores resulta l'equació que dona la velocitat mitjana del flux a partir del radi hidràulic de la secció del canal, del pendent de la solera del canal i de la constant de Chézy:

$$u = C \sqrt{R_h \cdot s_0} \quad (19.3)$$

Obtenint-se també, a partir de l'equació (3.19), una expressió per al cabal volumètric:

$$Q = C \cdot S \cdot \sqrt{R_h \cdot s_0} \quad (20.3)$$

Les equacions (3.19) i (3.20) són conegudes com les fórmules de Chézy per flux uniforme en canals oberts. Fòren obtingudes per l'enginyer francès Antoine Chézy mitjançant els seus experiments en el riu Sena i el canal Courpalet al voltant de l'any 1769 (Chézy et al., 1785).

El coeficient C de les fórmules de Chézy varia des d'aproximadament $30 \text{ m}^{1/2}$, per a canals amb seccions transversals petites i amb superfícies de les parets i el fons molt rugoses, fins a $90 \text{ m}^{1/2}$ per a canals amb seccions grans i més llisos.

Multitud d'investigadors s'han dedicat a cercar la correlació del coeficient de C de Chézy amb la rugositat, pendent i forma dels canals oberts. Les aproximacions més populars es deuen a Ganguillet i Kutter l'any 1869, Manning l'any 1888, Bazin l'any 1897 i Powell l'any 1950. La més acceptada universalment és la de Manning (Chow 2009).

Segons la proposta de Manning, la correlació amb la constant C de Chézy pren l'expressió:

$$C = \frac{1}{n} \cdot R_h^{1/6} \quad (21.3)$$

Essent n el coeficient de rugositat relativa de Manning i que aproximadament val:

$$n = 0.0382 \cdot \varepsilon^{1/6} \quad (22.3)$$

Essent ε la rugositat absoluta de les superfícies del fons i de les parets del canal.

Així, doncs, introduint el coeficient de Manning a la fórmula de Chézy (3.19) de la pàgina 293, resulta la següent expressió:

$$u_0 = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot s_0^{1/2} \quad (23.3)$$

L'equació (3.23) dona el valor normal de la velocitat mitjana de l'aigua per a flux uniforme en funció del coeficient de Manning, del radi hidràulic de la secció transversal del canal i del pendent de la solera del mateix. Aquesta expressió multiplicada per la secció S transversal del canal ens proporciona la següent equació, que dona el cabal volumètric circulant (Cabrera 1996):

$$Q = \frac{1}{n} \cdot S \cdot R_h^{2/3} \cdot s_0^{1/2} \quad (24.3)$$

A la taula 3.1 de la pàgina 295 es relacionen els valors experimentals del coeficient de Manning i de la rugositat absoluta per a canals artificials; a la taula 3.2 de la pàgina 295 es relacionen els valors experimentals del coeficient de Manning i de la rugositat absoluta per a canals excavats a terra, com és el cas de la Sèquia de Manresa; i a la taula 3.3 de la pàgina 296 es relacionen els valors experimentals del coeficient de Manning i de la rugositat absoluta en el cas de canals naturals, és a dir, el cas de cursos fluvials i/o torrencials en lleres naturals sense cap intervenció (White & Vera Coello, 2004).

D'acord amb els valors relacionats en la taula 3.2 de la pàgina 295, per a canals excavats a terra i nets, a la Sèquia de Manresa li correspon un coeficient de Manning de 0.0224. S'estima aquest valor en el marge alt per la incloure la presència de petita vegetació en el fons i les parets.

Capítol 3. Caracterització del flux amb superfície lliure

Taula 3.1. Valors experimentals del factor n de Manning i de la rugositat absoluta per canals artificials. Font: White, F.M., 2004.

Tipus de material del canal	n	Alçada mitjana de la rugositat ϵ (mm)
Vidre	0.010±0.002	0.3
Llautó	0.011±0.002	0.6
Acer llis	0.012±0.002	1.0
Acer pintat	0.014±0.002	2.4
Acer rivetejat	0.015±0.002	3.7
Ferro fos	0.013±0.003	1.6
Ciment polit	0.012±0.002	1.0
Ciment no polit	0.014±0.002	2.4
Fusta polida	0.012±0.002	1.0
Teula de fang	0.014±0.002	2.4
Enrajolat	0.015±0.002	3.7
Asfaltat	0.016±0.003	5.4
Metall ondulat	0.022±0.005	37

Taula 3.2. Valors experimentals del factor n de Manning i de la rugositat absoluta per canals excavats en terra. Font: White, F.M., 2004.

Tipus de material del canal	n	Alçada mitjana de la rugositat ϵ (mm)
Net	0.022±0.004	37
Amb graveta	0.025±0.005	80
Amb vegetació	0.030±0.005	240
Pedregós, còdols	0.035±0.010	500

Taula 3.3. Valors experimentals del factor n de Manning i de la rugositat absoluta per canals naturals. Font: White, F.M., 2004.

Tipus de material del canal	n	Alçada mitjana de la rugositat ε (mm)
Nets i rectes	0.035 ± 0.005	240
Amplis i profunds	0.040 ± 0.010	900
Grans rius	0.035 ± 0.010	500

3.3.1. Pèrdua de càrrega en flux uniforme

A partir de les equacions (3.4) i (3.19), i tenint en compte que les pèrdues seran directament proporcionals al pendent i a la longitud, resulta:

$$H_L = s \cdot L = \left[\frac{U \cdot n}{R_h^{2/3}} \right]^2 \cdot L \quad (25.3)$$

3.3.2. Valors normals

La profunditat normal correspon a la profunditat per a flux uniforme. Fent l'aproximació per a canal rectangular ample resulta que la profunditat normal coincideix amb el radi hidràulic:

$$R_h = \frac{S}{P} = \frac{y_n \cdot b}{y_n + 2b} \approx y_n \quad (26.3)$$

Aleshores, substituint aquest valor a l'equació (3.20) s'obté el valor de la profunditat normal en funció del cabal volumètric Q , de la constant de Chézy C , de l'amplada b i del pendent de la solera del canal s_0 :

$$y_n = \left(\frac{Q^2}{C^2 b^2 s_0} \right)^{1/3} \quad (27.3)$$

Si s'agrupa el quocient del cabal volumètric amb l'amplada del canal s'obté el cabal per unitat d'amplada $q = Q/b$. Substituint aquest valor a l'equació (3.27) resulta:

$$y_n = \left(\frac{q^2}{C^2 s_0} \right)^{1/3} \quad (28.3)$$

3.4. Energia específica d'un flux

L'energia específica d'una secció d'un flux és un concepte introduït per Boris Alexandrovich Bakhmeteff l'any 1911 i es defineix l'energia específica d'una secció d'un flux a la suma dels termes d'energia cinètica i profunditat (Bakhmeteff, Díaz-Ambrona Moreno, & Hoz, n.d.):

$$E = y + \frac{u^2}{2g} \quad (29.3)$$

Que també es pot expressar en funció del cabal per unitat d'amplada, q :

$$E = y + \frac{q^2}{2gy^2} \quad (30.3)$$

A l'equació (3.30) s'expressa la variació de l'energia específica en funció de la profunditat y . El primer terme de l'equació és una relació lineal i correspon a una recta, el segon terme respon a una hipèrbola. La representació de les dues corbes i la de la seva suma es representen a la figura 3.5.

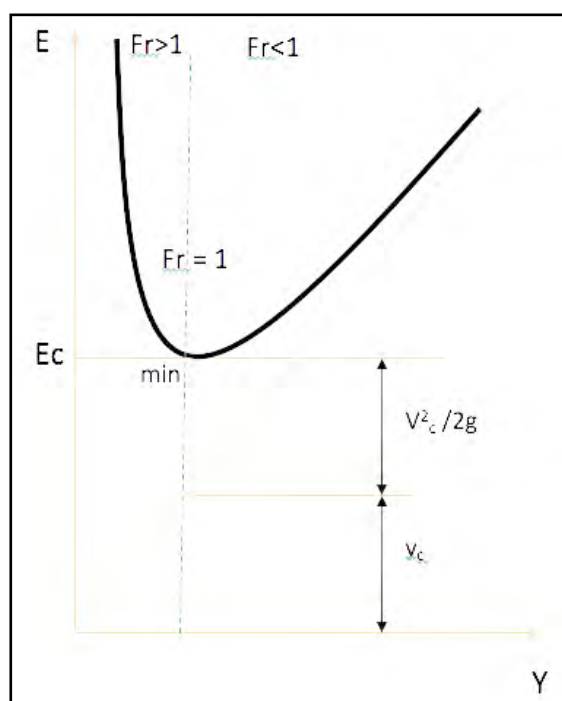


Figura 3.5. Representació de l'energia específica en funció de la profunditat y . Elaboració pròpia.

3.4.1. Flux crític

El mínim de la corba representada a la figura 3.5 correspon a l'energia mínima per a transportar un cabal donat. Per $E < E_{min}$, no existeix solució a la figura, per tant el flux és físicament impossible. L'energia mínima pot ésser determinada trobant el valor de profunditat i velocitat que produeixen aquest mínim. Així podem derivar l'expressió de l'energia respecte la variable y i igualar a zero:

$$\frac{dE}{dy} = 0 \Rightarrow \frac{d}{dy} \left(y + \frac{q^2}{2gy^2} \right) = 0 \Rightarrow 1 - \frac{q^2 \cdot 2g \cdot 2y}{(2gy^2)^2} = 0 \Rightarrow 1 - \frac{q^2}{gy^3} = 0$$

Resultant el valor de la profunditat que fa aquesta energia mínima, que s'anomenarà profunditat crítica:

$$y_c = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3} \quad (31.3)$$

O bé, expressant-ho en funció del cabal volumètric total, Q :

$$y_c = \left(\frac{Q^2}{gb^2} \right)^{1/3} \quad (32.3)$$

Aleshores, l'energia mínima o energia crítica s'obindrà tot substituint aquesta expressió de la profunditat crítica en l'equació (3.30):

$$E_c = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3} + \frac{q^2}{2g} \frac{1}{\left(\frac{q^2}{g} \right)^{2/3}} = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3} + \frac{1}{2g} \frac{q^2}{\frac{q^{4/3}}{g^{2/3}}}$$

$$E_c = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3} + \frac{1}{2} \frac{g^{2/3} q^2}{g q^{4/3}} = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3} + \frac{1}{2} \frac{q^{2/3}}{g^{1/3}} = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3} + \frac{1}{2} \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3}$$

És a dir:

$$E_c = \frac{3}{2} y_c \quad (33.3)$$

La velocitat crítica pot obtenir-se a partir de la profunditat crítica:

$$E_c = y_c + \frac{u_c^2}{2g} = \frac{3}{2}y_c \Rightarrow \frac{u_c^2}{2g} = \frac{1}{2}y_c$$

Resultant:

$$u_c = \sqrt{g \cdot y_c} \quad (34.3)$$

La velocitat crítica correspon a la velocitat de propagació d'una ona superficial elemental, per tant, el número de Froude d'un flux que té l'energia crítica és igual a la unitat, $Fr = 1$.

Per $E > E_c$, hi ha dues possibles solucions:

- a) $y > y_c$ amb $u < u_c$; amb $Fr < 1$ (Flux subcrític, tranquil o fluvial)
- b) $y < y_c$ amb $u > u_c$; amb $Fr > 1$ (Flux supercrític, ràpid o torrencial)

3.4.2. Variacions de l'energia específica

Quan un flux es produeix amb un balanç energètic proper al valor de la E_c normalment es manifesten grans variacions en la profunditat y per a petits canvis de E , tal i com es pot observar en la figura 3.5 de la pàgina 297. Les petites variacions d'energia específica E resulten inevitables a la pràctica degut a petites pèrdues de càrrega provocades per singularitats reals que no figuren en els càlculs com, per exemple, lleugeres variacions en la rugositat de les parets o el fons del canal, mala alineació de les mateixes, petits obstacles de fons, variacions en els angles de les parets, variacions en la secció o insignificants canvis en el pendent del canal.

Els efectes pràctics de les petites variacions de l'energia específica d'un flux amb superfície lliure quan aquesta energia específica és propera a la energia crítica són que la superfície lliure es torna inestable, amb grans canvis en la profunditat de l'aigua que es manifesten com ondulacions del flux. Al mateix temps també es produeixen canvis sobtats en les velocitats locals. Aquestes ondulacions són indesitjables per a les condicions de disseny d'un canal i, generalment, es considera que per $E > 1.2 E_c$ ja no existeix el risc de fluctuacions en la superfície lliure.

3.4.3. Pendent crític

A banda de la profunditat crítica, y_c , i de la velocitat crítica, u_c expressades mitjançant les equacions (3.32) i (3.34), també resulta important conèixer el pendent crític.

El pendent crític és aquell pendent que donaria lloc a un flux uniforme amb energia mínima i, per tant, es caracteritza per la coincidència entre els valors normals i els valors crítics. Si a

l'equació (3.20) es substitueix el cabal volumètric Q pel cabal per unitat d'amplada b i el radi hidràulic per la profunditat normal s'obté, per a flux crític, l'expressió:

$$q = C \cdot y_c^{3/2} \cdot s_c^{1/2} \quad (35.3)$$

Per altra banda, el cabal per unitat d'amplada està relacionat amb la profunditat crítica segons l'equació (3.32), de la qual es pot aïllar el cabal:

$$q = \left(g \cdot y_c^3 \right)^{1/2} \quad (36.3)$$

Igualant les expressions (3.35) i (3.36) s'obté una expressió del pendent crític en funció del coeficient de Chézy i de l'acceleració de la gravetat:

$$s_c = \frac{g}{C^2} \quad (37.3)$$

Si s'expressa en funció del coeficient de fricció de Darcy-Weisbach, aleshores resulta per al pendent crític l'expressió:

$$s_c = \frac{f}{8} \quad (38.3)$$

I en funció del coeficient de Manning, també s'obté l'expressió per al pendent crític:

$$s_c = \frac{g \cdot n^2}{R_h^{1/3}} \quad (39.3)$$

3.5. Flux ràpidament variable: el ressalt hidràulic

El flux ràpidament variable es produeix quan un flux supercrític ha de canviar bruscament a flux subcrític, en aquest cas la transició sempre es fa a través d'un ressalt hidràulic com el representat a la figura 3.6. El ressalt hidràulic implica que el corrent aigües amunt és ràpid i de poca profunditat, mentre que aigües avall del mateix el flux és més profund i lent.

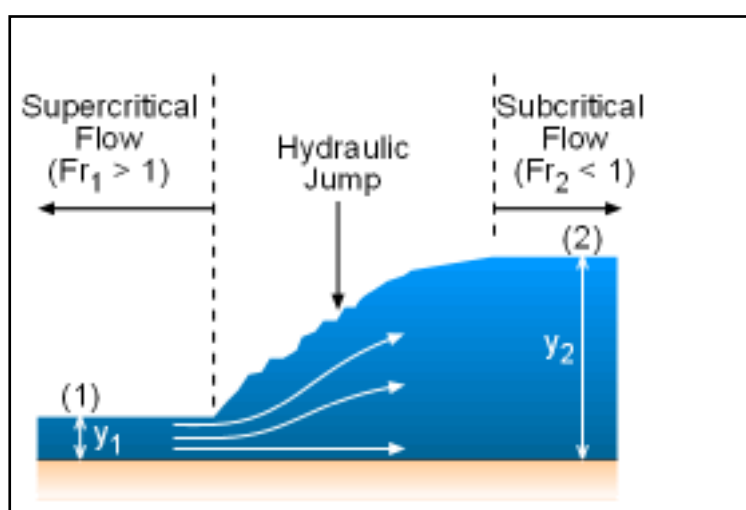


Figura 3.6. Ressalt hidràulic. Font: (Chow 2009).

El ressalt hidràulic suposa una discontinuïtat del flux en la que es destrueix molta de la seva energia. El ressalt hidràulic és extremadament turbulent i la intensitat de la turbulència generada en el seu interior és funció del número de Froude, equació (3.8), aigües amunt del ressalt, que passa a ser la principal variable en la caracterització del ressalt, especialment de la seva intensitat. En aquest sentit, la geometria del canal i el número de Reynolds del flux tenen un paper secundari (Shames 2001).

Aplicant les equacions de conservació de la massa i de la quantitat de moviment, equació (5.9) i equació (5.26), a un volum de control que contingui el ressalt s'obté l'expressió (3.40).

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{8F_r^2 + 1} - 1 \right) \quad (40.3)$$

L'energia dissipada dins del ressalt s'obté mitjançant l'equació de l'energia (3.30) per a flux estacionari entre les seccions 1 i 2, obtenint l'equació (3.41):

$$H_f = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4y_1y_2} \quad (41.3)$$

S'observa que l'energia destruïda és funció únicament de la relació de les profunditats aigües amunt i aigües avall del ressalt i aquesta relació, al seu torn, ja hem vist que ve determinada per el valor del número de Froude aigües amunt, segons l'equació (3.40). A la taula 3.4 es presenten els possibles tipus de ressalts hidràulics i les seves característiques fonamentals, en funció del número de Froude aigües amunt.

Taula 3.4. Classificació dels ressalts hidràulics en funció del número de Froude.

Número de Froude	Tipus de ressalt	Característiques
$Fr_1 < 1$	Ressalt impossible	-
$1 < Fr_1 < 1.7$	Ressalt Ondular	Ona estacionària. Extensió aproximada al voltant de $4y_2$. La dissipació de l'energia és baixa, al voltant del 5 %.
$1.7 < Fr_1 < 2.5$	Ressalt dèbil	La superfície s'eleva lentament amb l'aparició de petits remolin. La dissipació de l'energia es troba de entre el 5 al 15 %.
$2.5 < Fr_1 < 4.5$	Ressalt oscil·lant	Cada pulsació irregular genera una gran ona que viatja quilòmetres aigües avall, provocant danys en els marges del canal i altres estructures. No es recomanable per condicions de disseny. Dissipació entre el 15 i el 45 %.
$4.5 < Fr_1 < 9$	Ressalt estacionari	Estable. Ben equilibrat, és el que té les millors característiques de funcionament, el millor règim de disseny i no és sensible a les condicions aigües avall. La dissipació està entre el 45 i el 70 %.
$Fr_1 > 9$	Ressalt fort	Tempestuós, quelcom intermitent, però de bones característiques. Dissipació d'energia entre el 70 i el 85%.

3.6. Flux lentament variable

En el cas del flux lentament variable varien a cada secció del flux tant el pendent de la solera del canal com també la profunditat de l'aigua i, per extensió, la velocitat i el terme d'energia cinètica. Per analitzar aquest tipus de flux, cal partir de les següents hipòtesis:

- Pendent gradualment variada.
- Profunditat gradualment variada.
- Secció transversal gradualment variada.
- Distribució unidimensional de les velocitats.
- Distribució de les pressions hidrostàtica.

Amb aquestes hipòtesis de partida, el flux queda determinat per l'equació de continuïtat (3.1) i l'equació de l'energia amb pèrdues per fricció (3.3). Considerant el balanç energètic per les seccions d'entrada i de sortida en la figura 3.7 es pot formular l'expressió recollida en l'equació (3.42).

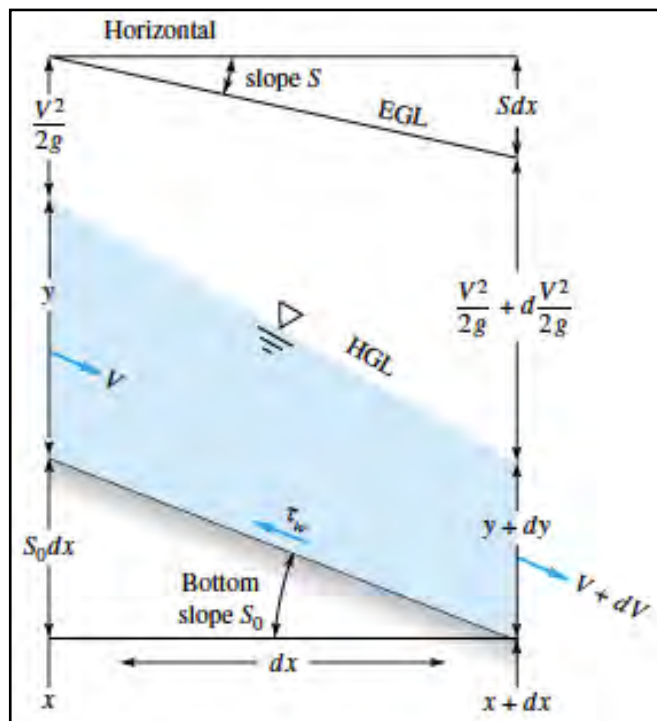


Figura 3.7. Balanç energètic entre dues seccions per a un flux lentament variable. Font: (White & Vera Coello, 2004).

$$\frac{v^2}{2g} + y + s_0 dx = s dx + \frac{v^2}{2g} + d\left[\frac{v^2}{2g}\right] + y + dy \quad (42.3)$$

Que es pot reescriure com:

$$s_0 - s = \frac{dy}{dx} + \frac{d}{dx}\left[\frac{v^2}{2g}\right] \quad (43.3)$$

Essent: $dz = -s_0 dx$

I també: $dH_L = -s dx$

A més, per a canal rectangular prou ample: $v = \frac{Q}{yb}$

Aleshores, derivant l'expressió (3.43):

$$\frac{d}{dx}\left[\frac{v^2}{2g}\right] = \frac{d}{dx}\left[\frac{Q^2}{2gy^2b^2}\right] = -\frac{v^2}{gy} \frac{dy}{dx} \quad (44.3)$$

Essent: $Fr^2 = \frac{v^2}{gy}$; resulta: $\frac{d}{dx}\left[\frac{v^2}{2g}\right] = Fr^2 \frac{dy}{dx}$; que combinat amb l'equació (3.43)

resulta l'expressió (3.45):

$$\frac{dy}{dx} = \frac{s_0 - s}{1 - Fr^2} \quad (45.3)$$

L'equació (3.45) canvia de signe segons si el número de Froude és subcrític ($Fr < 1$) o supercrític ($Fr > 1$), però també segons quin valor prenguin les magnituds relatives s_0 i s .

El comportament general dels perfils de superfície pot ser analitzat de forma senzilla per a canals rectangulars de gran amplada, on $b \gg y$, i on també el radi hidràulic R_h es pot aproximar a la profunditat y . En aquestes condicions es pot analitzar el perfil de superfície d'acord amb l'expressió :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{s_0 - s}{1 - Fr^2} = \frac{s_0 \left(1 - \left(\frac{s}{s_0}\right)\right)}{1 - Fr^2} \quad (46.3)$$

Coneixem el pendent constant de la línia d'energia, s , que s'ha suposat la mateixa que la corresponent a un flux amb profunditat normal d'igual velocitat i radi hidràulic en cada secció on, segons l'equació de Manning (3.23), s'obté:

$$s = \frac{n^2 v^2}{R_h^{4/3}} = \frac{n^2 Q^2}{b^2 y^{10/3}} \quad (47.3)$$

D'altra banda, per un cabal que flueixi per un canal rectangular de gran amplada, amb una rugositat de superfície determinada i amplada b , el pendent de la solera del canal, s_0 es relaciona amb la profunditat normal, y_n :

$$s_0 = \frac{n^2 Q^2}{b^2 y_n^{10/3}} \quad (48.3)$$

De forma que:

$$\frac{s}{s_0} = \left[\frac{y_n}{y} \right]^{10/3} \quad (49.3)$$

Combinant l'equació de continuïtat, equació (3.1), amb l'expressió del número de Froude, equació (3.8), resulta:

$$Q = vyb = v_c y_c b \quad (50.3)$$

Aleshores, el número de Froude es pot expressar en funció de la profunditat crítica i la profunditat local, com:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}} = \frac{v_c \frac{y_c}{y}}{\sqrt{gy}} = \frac{y_c \sqrt{gy_c}}{g \sqrt{gy}} = \left[\frac{y_c}{y} \right]^{3/2} \quad (51.3)$$

Substituint les equacions (3.49) i (3.51) en l'equació diferencial (3.46), s'obté:

$$\frac{dy}{dx} = s_0 \frac{1 - \left[\frac{y_n}{y} \right]^{10/3}}{1 - \left[\frac{y_c}{y} \right]^3} \quad (52.3)$$

L'equació (3.52) mostra que el signe de dy/dx és funció únicament de la relació entre les profunditats local, y , normal, y_n , i la crítica, y_c .

Aleshores, en funció dels valors relatius d'aquestes profunditats es poden tenir les tres situacions bàsiques *a*, *b* i *c* exposades a continuació, més la *d* i la *e* si es té en compte també la possibilitat de que el pendent del canal sigui igual a zero (cas del canal horitzontal) o de que el pendent sigui negatiu (pendent del canal advers):

- a. Si $y_n > y_c$, és degut a que $s_0 < s_c$; per tant, es tracta de **pendent suau, M**
- b. Si $y_n = y_c$, és degut a que $s_0 = s_c$; per tant, es tracta de **pendent crític, C**
- c. Si $y_n < y_c$, és degut a que $s_0 > s_c$; per tant, es tracta de **pendent pronunciada, S**
- d. Si $s_0 = 0$; es tracta de **canal horitzontal, H**
- e. Si $s_0 < 0$; es tracta de **pendent advers, A**

Per a cada valor de pendent del canal, s_0 , el pendent del perfil de la superfície lliure dy/dx , és funció de la profunditat local, y , de cada secció i de la seva relació amb la profunditat normal, y_n , i la profunditat crítica, y_c .

Així, per a cadascuna de les 5 possibles pendents del canal, existiran també 3 possibles relacions de les profunditats:

- Corbes tipus **1**: quan $y > y_n$ i $y > y_c$
- Corbes tipus **2**: quan $y_n > y > y_c$ o $y_c > y > y_n$
- Corbes tipus **3**: quan $y < y_n$ i $y < y_c$

En total resulten 12 perfils de superfície lliure diferents, o corbes de rabeig, que queden representats en la figura

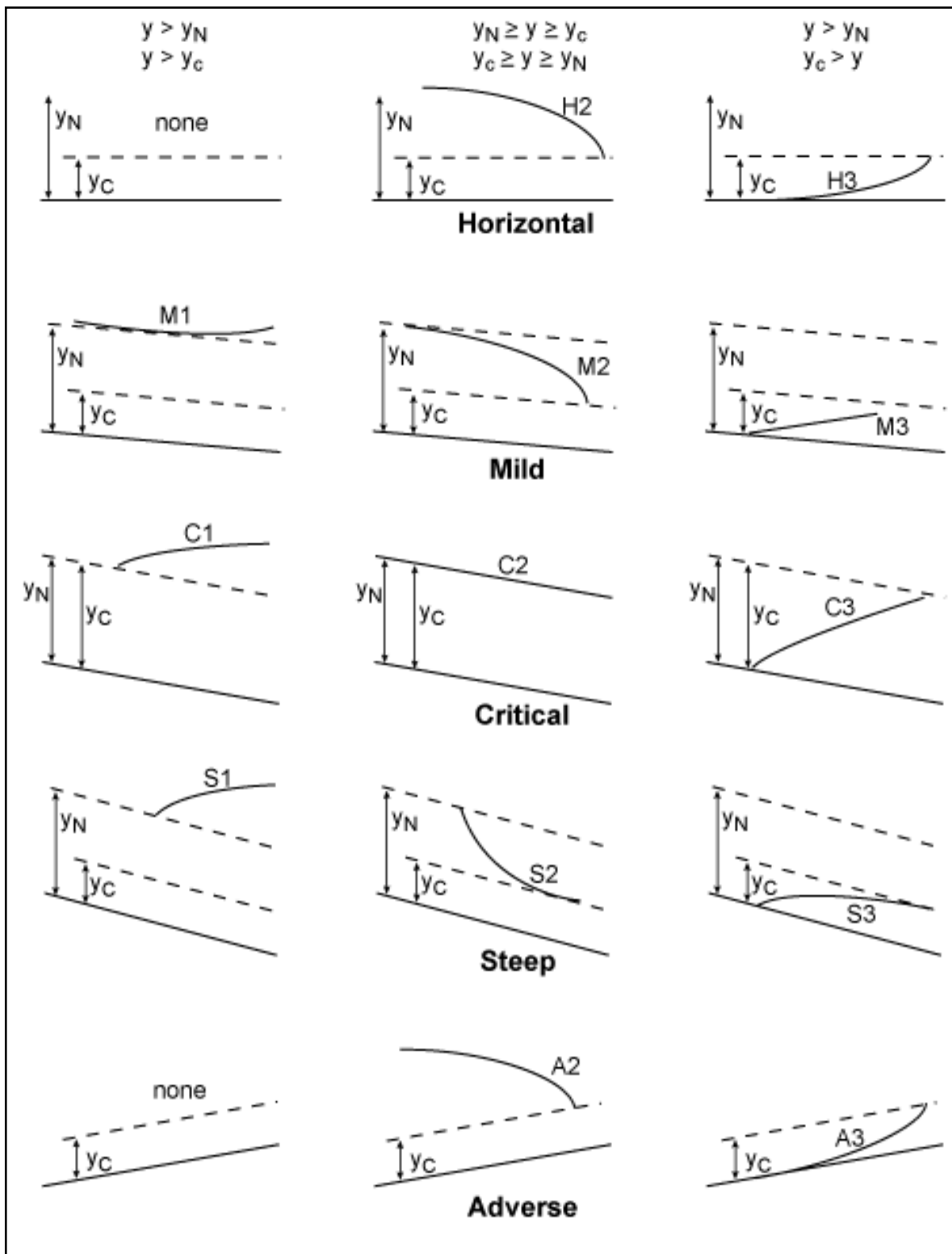


Figura 3.8. Perfils de corbes de rabeig. Font: (Chow 2009).

3.7. Estudi de les principals variables hidràuliques del canal

En base a les dades recollides a l'aixecament topogràfic¹⁴⁶ realitzat sobre el traçat actual de la Sèquia, s'ha procedit, primerament, a relacionar els valors de les característiques morfològiques necessàries per al càlcul de les variables hidràuliques per a cada secció de la qual s'han obtingut les dades. Les característiques morfològiques de cada secció, requerides per l'estudi hidràulic són:

- Elevació acumulada (m).
- Distància acumulada (m).
- Material.
- Amplada de la secció transversal (m).
- Profunditat local (m).

En base a aquestes característiques s'ha procedit a calcular, per a cada secció, les següents variables derivades:

- Coeficient de Manning.
- Coeficient de Chézy.
- Secció transversal disponible (m²).
- Perímetre de la secció disponible (m).
- Radi hidràulic de la secció disponible (m).

Aplicant l'equació de Manning per a flux uniforme i permanent, equació (3.23), han estat obtinguts els valors de les següents variables:

- Velocitat normal (m/s).
- Cabal volumètric (m³/s).
- Profunditat normal (m).

A més, d'acord amb l'equació (3.8), s'ha determinat els corresponents números de Froude:

- Número de Froude corresponent a la profunditat local.

146. L'aixecament topogràfic s'adjunta en l'apèndix 33 de la pàgina 533.

Capítol 3. Caracterització del flux amb superfície lliure

- Número de Froude corresponent a la profunditat normal.

I d'acord amb les equacions (3.32), (3.34) i (3.39) s'obtenen, per a cada secció, les restants següents variables hidràuliques:

- Profunditat crítica.
- Velocitat crítica.
- Pendent crític.

Els valors de tots aquests paràmetres es relacionen a l'apèndix 34, de la pàgina 547 a la pàgina 563.

Els valors mitjans obtinguts per al llarg del traçat del canal han estat:

- Coeficient de Manning mitjà: 0.0179
- Coeficient de Chézy mitjà: 47.11
- Amplada del canal: 2.14 m
- Profunditat local mitjana: 1.07 m
- Secció transversal disponible mitjana: 2.25 m²
- Perímetre mitjà de la secció disponible: 4.27 m
- Radi hidràulic mitjà de la secció disponible: 0.486 m
- Secció transversal mullada mitjana: 1.25 m²
- Radi hidràulic mitjà de la secció mullada: 0.26 m
- Número de Froude mitjà: 0.20
- Pendent mitjà del canal: 0.000450
- Pendent crític mitjà: 0.005280
- Profunditat normal mitjana: 0.94 m
- Profunditat crítica mitjana: 0.33 m
- Velocitat normal mitjana: 0.61 m/s
- Velocitat crítica mitjana: 1.81 m/s
- Cabal volumètric mitjà: 1.21 m³/s

Capítol 3. Caracterització del flux amb superfície lliure

Capítol 4

El Mòdul Hidromètric de la Sèquia de Manresa

4.1. La limitació del cabal de la Sèquia de Manresa

La Sèquia de Manresa presenta unes característiques geomètriques que limiten la seva capacitat màxima de transport d'aigua. Amb una secció rectangular, d'amplada mitjana¹⁴⁷ 1.5 metres i una profunditat que no sobrepassa aquest mateix valor, el canal segueix les línies de nivell amb un pendent molt baix, com ja s'ha vist, del 0.0004¹⁴⁸. De forma general, un dels costats de la secció està atalussat en el terreny. Aquests condicionants limiten la capacitat de transport màxima del canal. Efectivament, qualsevol increment del cabal captat aigües amunt es tradueix en un increment de la línia piezomètrica al llarg de tot el recorregut del canal, incrementant-se el risc de sobreiximent.

De fet, ocasionalment les parets atalussades del canal s'ensulsien i han de ser reparades, especialment quan es manifesten episodis de pluges fortes que fan incrementar el nivell de la làmina d'aigua. Precisament, per tal d'evitar aquestes conseqüències nefastes, al llarg del canal hi ha construïts una setantena de pontarrons que tenen la funció de canalitzar les aigües pluvials dels marges i evitar que aquestes s'incorporin a la Sèquia.

D'altra banda, al llarg de tot el traçat de la Sèquia hi ha nombrosos sobreixidors que alliberen cabal en cas de que aquest creixi fins el punt de posar en perill l'integritat de les parets del canal.

A més, al llarg del trajecte hi ha presents alguns punts crítics que limiten i actuen com a reguladors naturals de cabal. És el cas dels aqüeductes i les mines, ja que aquests compten amb unes seccions més estretes¹⁴⁹ i, a més, tenen la seva part superior coberta. Cal tenir en compte que de per si, la superfície lliure de l'aigua en condicions normals ja passa molt propera dels sostres en aquests trams coberts. Tot plegat fa que el cabal transportat per la Sèquia no pugui excedir aproximadament dels 1250 litres per segon, que és el cabal de concessió actual. Això ho corrobora el fet de que, en l'actualitat, es fa necessari procedir, un mínim de dos vegades a l'any, a l'eliminació de les algues que creixen al llit del canal; ja que, de no fer-se, l'increment de la cota de la solera provocat per la presència de la vegetació té

147. En els trams reformats, sobretot durant la segona meitat del s.XX i fins l'actualitat, l'amplada del canal s'ha ampliat fins els 2 metres.

148. La Sèquia de Manresa presenta un desnivell de tant sols 10.4 metres en els seus 26 quilòmetres de recorregut, el que equival a un pendent del 4/10 000.

149. En la majoria d'aqüeductes antics, així com a la mina del Mas de les Coves, l'amplada de la secció transversal es situa en 1.3 metres.

com a conseqüència una forta disminució del cabal transportat, a nivells per sota d'aquest valor nominal.

Per tots aquests motius exposats anteriorment no va ser necessari cap dispositiu de regulació o limitació del cabal més enllà dels sobreeixidors de nivell abans ja esmentats. Tot i això resulta manifest¹⁵⁰ que la captació d'una dotació important d'aigua del riu Llobregat a l'alçada de Balsareny comportava recels en tots els qui explotaven el curs del riu aigües avall i que veien que el cabal restant disminuïa a conseqüència de la nova captació.

De la informació que es té de l'època de la construcció del canal, en el segle XIV, només hi ha una referència sobre el cabal i sembla ser en sentit de requerir als constructors encarregats de l'obra que el canal tingui una certa capacitat mínima, concretament es fa referència a un cabal de "*quatorce mulneres*¹⁵¹ o *mulnerades*". Aquesta és la quantitat que s'obligava a conduir per la Sèquia als constructors que es contractaven en "*el segon preu fet*" de l'any 1345.

4.2. Els primers litigis per limitar la dotació de cabal

El primer indici documental que evidencia un conflicte al voltant de la dotació del cabal de la Sèquia de Manresa del riu Llobregat data del 8 d'agost de 1857 i és una carta que envià l'alcalde de Manresa al Governador Civil de la província de Barcelona en contestació a una comunicació que s'hauria rebut el 22 de desembre de 1856 en referència a una sol·licitud efectuada per Eusebi Soler a la Reina Isabel II sobre la dotació d'aigües de la Sèquia. En la carta, en la que es demana al Governador Civil que atengui la sol·licitud formulada a la Reina Isabel II, s'exposa:

"Como V.E. observara en lo expuesto por ambas corporaciones¹⁵² el canal de Manresa data de unos tiempos muy remotos utilizándose las aguas desde ellos, bajo la espada protectora de los gobernantes y tribunales de justicia, no solo para riego exclusivo del término de ella, si que también para el abastecimiento de la misma, necesidad creciente del día en día, en razón de la alhagueña posción en que se ha colocado esta población con las carreteras

150. En l'apartat 1.3.4 de la pàgina 57, l'apartat 1.9.5 de la pàgina 217 i també en l'apartat 1.9.4 de la pàgina 201, s'expliquen els problemes creats arran del conflicte d'interessos sobre els usos de l'aigua en diferents èpoques i per diferents motius.

151. Segons el diccionari català-valencià-balear d'Alcover i Moll, la *mulnera* és una mesura d'aigua equivalent a la necessària per a fer moure un molí. I apunta que etimològicament prové del llatí *molinaria*.

152. Fa referència a la Junta de la Sèquia i a l'Ajuntament de Manresa.

Capítol 4. El Mòdul Hidromètric de la Sèquia de Manresa

provinciales y ferro-carril en construcción que empalmaran en ella, así es que, si antes se había considerado ya la acequia como alma de prosperidad y riqueza pública de la Ciudad, mucho más deberá serlo ahora que aumentando las relaciones con los principales..., no solo del Principado, si que también del Reyno, mediante tan expeditos medios de comunicación, va a transformarse en una de las ciudades más importantes de Cataluña."

Existeix un esborrany d'un informe de data 6 d'abril de 1859 elaborat per l'enginyer en cap de la província, José Mato, i dirigit a l'enginyer Marià Parellada, on es computen les necessitats de consum d'aigua de Manresa. Concretament per a la necessitat de satisfer la demanda de les 1691 hectàrees de regadiu de la ciutat es calcula un cabal de 845 litres per segon, a raó de 1/2 litre per hectàrea i segon. Pel que fa al consum d'aigua degut als 15,260 habitants de la ciutat, es parteix per al càlcul d'una dotació de 120 litres per habitant i dia, incloent en aquest comput el consum de boca, l'aigua necessària per a la neteja dels carrers de la ciutat, també la demanda per a usos industrials¹⁵³ i per a cases de banys. A més, es té en compte un increment poblacional del 25% que es computa en 5 litres per segon addicionals a efectes del càlcul. El resultat d'aquesta partida és de 26 litres/segon que, afegits a l'anterior xifra, sumen un total de 871 litres per segon. A aquesta quantitat se li suma les fuites degudes a evaporació i infiltracions al llarg dels 27¹⁵⁴ quilòmetres de la canalització, resultant una xifra total de 1000 litres per segon.

Resulta important assenyalar que el mateix informe de l'enginyer José Mato indica que no és necessari prendre cap mesura ni executar cap obra que limiti el cabal i ho justifica amb la següent argumentació:

"Por lo tocante a las obras que convenga ejecutar a fin de que no tome mas agua de la que corresponda; creo que no debe ejecutarse ninguna, en primer lugar porque las dimensiones y pendiente del cabal, no permiten que se tome mayor cantidad, y en segundo lugar porque las obres de fábrica tienen un cajero arreglado al mismo gasto, por lo tanto esperando en la real orden en que se fije la cantidad de agua que no puedan en ningún caso alterar la sección y pendiente del canal a su paso por las obres de fábrica queda completamente garantizada la exactitud en la cantidad de agua."

Al cap de poc temps, el 19 de maig de 1859, surt publicada a la Gaceta de Madrid, número 139, l'Ordre que porta la data del 12 de maig de 1859, en la que manifestament s'està d'acord amb el criteri exposat per l'enginyer en cap provincial José Mato. Així és que l'ordre

153. Només dues indústries, la fàbrica de Sant Martí i la del Guix, prenen aigua directament de la Sèquia. La resta de indústries utilitzava els sobrants dels desguassos dels canals de regadiu i les escorrialles que conflüen en els llits dels torrents dels Predicadors i Sant Ignasi.

154. Distància fins als ullals, on es repartia l'aigua per els diferents ramals de la ciutat.

fixa la dotació de la Sèquia de Manresa en 1000 litres per segon i deixa ben clar que no s'exigeix efectuar cap obra amb la finalitat de limitar el cabal de dotació. A continuació es transcriu el text de la *Real Orden*:

"Ilmo. Sr. Visto lo expuesto por el Ingeniero Jefe de la Provincia de Barcelona encargado de proponer la dotación que debería señalarse a la acequia de Manresa con arreglo a las bases establecidas en la Real Orden de 23 de Diciembre del año último, de acuerdo con lo informado por la Junta consultiva de Caminos, Canales y Puertos, S.M. la Reina (D.Q.G.) ha tenido a bien fijar en 1.000 litros por segundo la expresada dotación y mandar que sin necesidad de hacer ninguna obra en la presa de la acequia, toda vez que atendidas las condiciones actuales de esta no puede recibir mayor cantidad de agua, se imponga a la Junta directiva de la misma la absoluta de prohibición de alterar en ningún caso la sección y pendiente del canal a su paso por las obras de fábrica.

De Real Orden lo digo a V.I. para su conocimiento y efectos consiguientes. Dios guarde a V.I. muchos años. Madrid 12 de Mayo de 1859. Corvera. Sr. Director General de Obras Públicas."

No hi ha cap més notícia al respecte fins que en data de 28 d'agost de 1961, tot just poc més d'un any després i coincidint amb l'època més calorosa i seca de l'estiu, el qui era l'alcalde de Sallent, en Joan Soler de la Torre, en representació del seu fill Eusebi Soler, que al seu torn era el titular de la concessió del canal de la dreta del riu Llobregat, fan arribar de nou al *Gobernador Civil de la Provincia de Barcelona*, el Sr. Ignacio Llasera i Esteve una nova carta de queixa en la que s'explica que els encarregats de la Sèquia modifiquen a voluntad la geometria de la secció d'entrada, a l'alçada de la captació, per tal d'agafar més aigua i, en la mateixa carta, solliciten a les autoritats que obliguin a que no es prengui més aigua que els 1000 litres per segon estipulats en la *Real Orden* del 12 de maig de 1859.

En data 11 d'abril de 1962 l'enginyer en cap de la província de Barcelona, el Sr. Safe, va realitzar uns amidaments sobre el terreny que aportaren com a resultat un cabal mesurat de 1066.43 litres per segon, una xifra un 6.6% per sobre del cabal de concessió.

4.3. El projecte de construcció del Mòdul Hidromètric de la Sèquia de Manresa

Els litigis sobre el cabal finalment condueixen a la construcció del Mòdul Hidromètric l'any 1864. La seva construcció es va realitzar d'acord amb el cabal de concessió establert en 1000 litres per segon per ordre de la reina Isabel II, segons la Reial Ordre emesa el dotze de maig de 1859, per tal de que no passés cap a Manresa més cabal d'aigua que el que contemplava la concessió.

En data 15 de maig de 1862 el Governador Civil de la província de Barcelona, el Sr. Ignacio Llàsera i Esteve, envia un escrit al *Presidente de la Junta Directiva del Canal de la Acequia titulada de Manresa*, on diu que en base al dictamen redactat per l'Enginyer en cap de la província, s'ordena la construcció d'un mòdul en un lloc proper a l'embocadura del canal per limitar el cabal als 1000 litres per segon establerts en la concessió.

L'ordre dictada pel Governador Civil es va fonamentar en l'article número 15 del *Real Decreto* de data 29 d'abril de 1860, publicat el 6 de maig de 1860, en el que s'ordenen les autoritzacions i concessions d'aigua. Aquest article ja contempla la conveniència de la instal·lació de mòduls per a assegurar que els cabals captats excedeixin els valors assignats en les concessions corresponents, així es diu:

"Art. 15. A medida que lo permitan las atenciones del cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, se practicará un escrupuloso reconocimiento de todos los aprovechamientos existentes que no tuviesen determinada la dotación de agua que han de utilizar, y se fijará la que les corresponda según sus necesidades, estableciendo a costa de los interesados los módulos convenientes."

Davant d'aquesta ordre la Junta de la Sèquia de Manresa emprèn la recerca d'un enginyer per a encarregar-li el projecte de disseny i construcció del Mòdul. Segons la documentació de l'Arxiu de la Junta de la Sèquia de Manresa es té constància de que la Junta va contactar tres enginyers: Fidel de Luna, Clemente Genescà i Jaime de Castro.

Consta la negativa de Fidel de Luna expressada mitjançant una carta, datada el 28 d'octubre de 1862, en la que rebutja l'encàrrec de fer el projecte del Mòdul.

L'encàrrec de la construcció del Mòdul el rebé, en data 27 d'abril de 1863, l'enginyer D. Jaime de Castro, sota la supervisió de l'enginyer de districte D. Marian Parellada qui, segons

ens apunta Joaquim Sarret i Arbós, "fou qui amb molt encert calculà que Manresa necessitava pel regadiu i demés necessitats a raó de mig litre d'aigua per hectàrea".

Sembla ser que paral·lelament l'enginyer industrial Clemente Genescà treballava també amb els preparatius del projecte ja que hi ha un seguit de cartes de Clemente Genescà dirigides a Joaquim Torrents; datades el 16 de març, el 26 d'abril, el 13 de maig i el 19 de juliol de 1963; on el tècnic explica els detalls d'uns amidaments efectuats a l'aqüeducte de Conangle i a l'aqüeducte de Santa Maria.

L'enginyer Jaime de Castro, en data 10 d'agost de 1863, va lliurar una memòria del projecte acompanyada d'un plànol¹⁵⁵. En la memòria¹⁵⁶ del Mòdul Hidromètric s'estableixen els següents punts:

- 1- Que el nivel de las aguas en la acequia se fijará en el de aguas bajas.*
- 2- Que la cantidad de 1000 litros que se fija de dotación será aproximada y no fija, conocida la imposibilidad de hacer la de una manera precisa, atendiendo la extraordinaria fluctuación del nivel de las aguas del río.*
- 3- Que habiendo considerado el módulo por vertedero preferible a todo otro sistema se establecerá uno de 3.40 de ancho por 0.3 de carga y por lo tanto una pérdida de 0.3 de desnivel en todo el largo de la acequia, cantidad insignificante atendiendo al largo considerable que tiene dicha acequia.*
- 4 - Para modificar la diferencia de gasto de agua que pasa por el vertedero, se establecerá un regulador automático para evitar la imposibilidad o descuido que pudiera tener el encargado que al efecto se nombrase.*
- 5- Que dicho módulo se establecerá entre la presa de agua y el primer bagante de riego del canal, afín de desviar la dotación de agua, antes de hacer uso de ella."*

155. A les figures 4.1 i 4.2 es pot veure alguns dels plànols de la memòria, concretament el que correspon a la vista superior i les seccions dels dipòsits o arquetes de regulació, respectivament. Una reproducció completa dels plànols continguts en el projecte original del Mòdul Hidromètric de Jaime de Castro es pot veure a l'apèndix 104 de la pàgina 608.

156. Una reproducció de la memòria del projecte redactat per Jaime de Castro l'any 1863 s'adjunta en l'apèndix, concretament de la pàgina 609 a la 616 de l'apèndix.

Capítol 4. El Mòdul Hidromètric de la Sèquia de Manresa

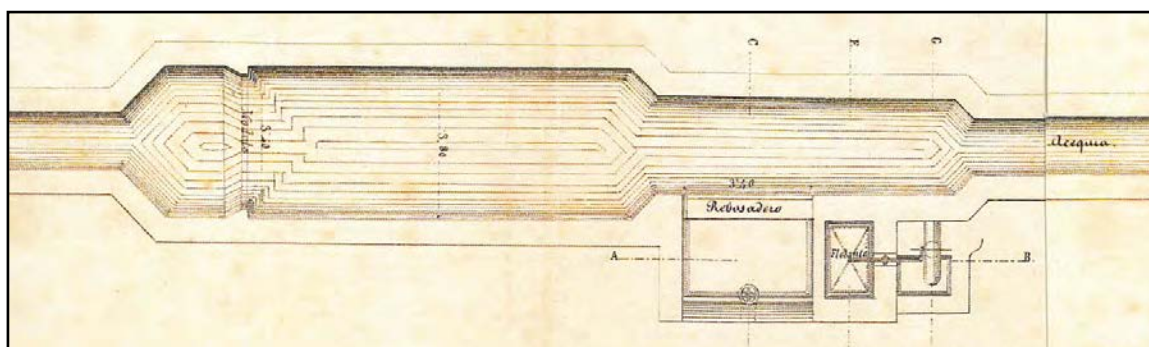


Figura 4.1. Vista superior del Mòdul Hidromètric dissenyat per l'enginyer Jaime de Castro l'any 1963. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font.

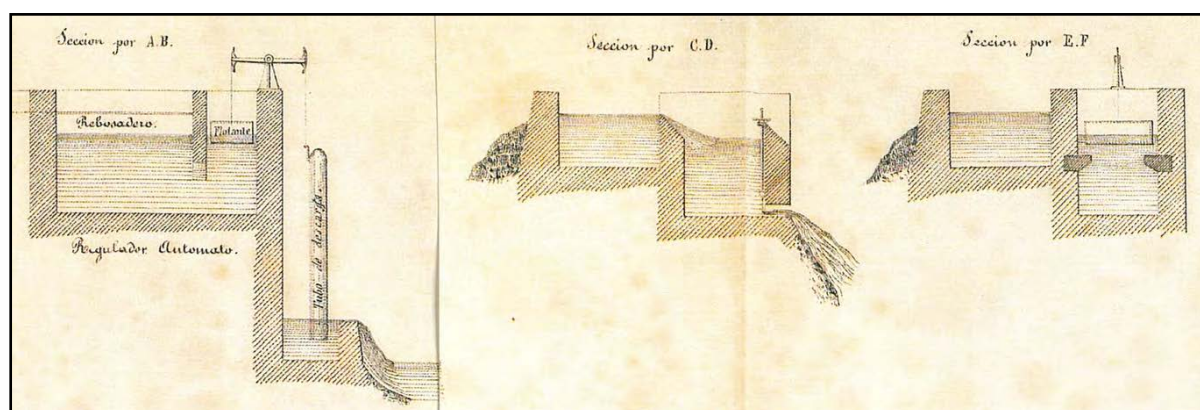


Figura 4.2. Seccions de les arquetes de regulació del Mòdul Hidromètric dissenyat per l'enginyer Jaime de Castro l'any 1863. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font.

El la mateixa memòria, Jaime de Castro especifica els detalls i les característiques del Mòdul Hidromètric en la següent descripció:

"El sistema que se propone es el de un vertedero de 3.40 de ancho por 0.30 de carga por el qual pasarán mil litros de agua por segundo y un regulador automático que funcionando por medio de un flotante extraiga de la acequia el sobrante de la dotación.

El módulo se establece en la misma dirección de la acequia, y dispuesto de modo que ensanchándose lo suficiente pueda el agua regularizar su corriente y nivel y evite torbellinos al pasar por el módulo.

Por el proyecto que acompaña se comprende facilmente que el agua al pasar por los depósitos preparatorios establecen un nivel que en el estado normal será de 0.30 sobre el vertedero, y a dicha altura dejará escapar una cantidad de agua de 0.02 de altura por el rebosadero que hay en la pared de la izquierda de la acequia. El objeto de este escape es llenar un depósito en donde se establece y opera el flotante u afín de que las oscilaciones o remolinos que provengan de la caída del agua del rebosadero no produzcan oscilaciones bruscas al flotante, se ha dividido el depósito por medio de una

pared transversal que dejando hueco por debajo, haga que el agua se comunique por debajo, o sea por el fondo y no por la superficie.

En el fondo del depósito habrá una abertura que practicamente se determinaran sus dimensiones por el cual dará paso al agua del rebosadero y de modo tal que teniendo este una carga de 0.02 se establezca un nivel constante en el depósito donde hay el flotador.

En esta disposición el flotante abrirá según pase más o menos agua por el rebosadero debido a las oscilaciones del nivel de la acequia.

El flotante estará en comunicación por medio de un balancín con una válvula circular que llevará el tubo de descarga. Este tubo que empalmará con la acequia estará sumergido en un pequeño depósito, afín de estar lleno constantemente y opere instantáneamente, tan pronto como el flotante abra la válvula del tubo. Este tendrá 0.30 de diámetro interno y por lo tanto puede dar paso a más de la mitad de la dotación, de modo que aún cuando en la acequia pasara un exceso de 50% sobre la dotación, el tubo de descarga la asuma dando salida al exceso de agua en la acequia, volviendo al río el sobrante. Así es que afín de que haya facilidad en conducir el agua al río y el tubo de descarga pueda operar bajo una carga de 4 o 5 metros el módulo deberá establecerse a 500 metros de la presa, aproximadamente."

D'acord amb aquesta última prescripció, el Mòdul Hidromètric es va construir uns 100 metres després del pont de Santa Maria, a una distància molt superior a la especificada en el projecte, exactament a 1,561 metres des de la captació a la resclosa, tal i com es pot veure en la imatge figura 4.3 . Probablement l'elecció de l'emplaçament en aquest punt va ser motivat per raons pràctiques, evidents alhora de facilitar l'accés a l'obra dels constructors i dels materials, donada la seva proximitat al camí i al nucli de Balsareny.

El fet que l'aigua hagués de passar per l'aqüeducte de Santa maria abans d'arribar al Mòdul fa que el cabal que podia arribar-hi ja estés limitat per la pròpia geometria de l'estructura de l'aqüeducte i el sobreeixidor que la protegeix.



Figura 4.3. Imatge satèl·lit de l'emplaçament del Mòdul Hidromètric respecte la resclosa de captació, sota el Castell de Balsareny.

El 6 d'octubre de 1863 la Junta de la Sèquia va rebre un comunicat enviat per un enginyer del cos nacional d'enginyers, en el que es fa referència a un escrit del Governador Civil de la Província de Barcelona de data 24 d'agost invocant al recent projecte aprovat del Mòdul, en el que es demana que se li comunicui la data d'inici de les obres de la seva construcció.

La Junta de la Sèquia publica, en data 11 de desembre de 1863, les condicions de la subhasta per l'adjudicació de *el desbates y labra de la piedra* destinat a les obres del Mòdul Hidromètric:

- "1- Queda obligado el contractista a cuyo favor quede el remate a recibir la piedra para su trabajo, tal cual se presente extraída de cantera.*
- 2- La piedra sera arreglada estrictamente a las plantillas que se le entregarán y debiendo ser labrada, la dejara cual corresponde y en disposición de ser recibida por el Director del canal.*
- 3- Dará principio de su Trabajo a primeros de Enero próximo, llevándole con más o menos actividad según la obra o exija, y por ello se les pagará lo ejecutado, mediante certificación del director, dejando un cinco por ciento hasta el final del contrato, que le será devuelto, probado que sea, que haya cumplido su compromiso.*
- 4- El tipo para la subasta será de 150 reales por metro cúbico en las piedras de plantilla, que como se ve en el plano serán labradas por todas las caras. 60 reales por metro cúbico la piedra canteada."*

Segons consta en el mateix document en Agustí Soler¹⁵⁷ va ser qui va guanyar la subhasta per un preu de 141 reals per metre cúbic de pedra treballada en carreus i per 50 reals el metre cúbic de la pedra escairada. No consta qui va rebre l'encàrrec de fabricar el mecanisme de regulació automàtica del Mòdul.

Les obres van començar l'any 1864, en data 26 de març l'enginyer del projecte Jaime de Castro envia una carta¹⁵⁸ a Joaquim Torrens avisant de que visitarà les obres, el que indica que en aquesta data ja estaven iniciats els treballs. Just al cap d'un mes, el 26 d'abril de 1864, el sots-director del canal, en Lluís Calvet, emet una certificació d'obra on també s'inclouen les obres de reforma de l'aqüeducte de Santa Maria¹⁵⁹. En aquest document es certifica l'amidament de un total de 59 metre cúbics de carreus. S'especifica que 26 metres

157. Segons consta en el document de la subhasta, en Agustí Soler consta com a *Albañil de Sallent*.

158. Una còpia d'aquesta carta es pot consultar en l'apèndix 113 de la pàgina 617.

159. En aquest document de certificació de les obres del Mòdul s'inclou una partida per import de 4,445.5 reals destinats a les obres de reforma de l'aqüeducte de Santa Maria.

Capítol 4. El Mòdul Hidromètric de la Sèquia de Manresa

cúbics són emplaçats en les parets i que en resten 33 metres cúbics més pendents de col·locar. En el mateix document s'estima que aquesta reserva serà suficient per a poder concloure l'obra.

Sembla que les obres es van allargar fins ben entrat l'any següent, el 1865. Efectivament, en data 15 de desembre de 1865 es rep una comunicació de l'enginyer de la província que ordena un reconeixement de les obres del Mòdul amb l'objecte de que es pugui procedir a la verificació i prova oficial.

El 28 de març de 1866 l'enginyer en cap de la província retorna la memòria i plànols del projecte a la Junta de la Sèquia, que havien estat enviats en data 19 de desembre de 1865.

Encara el 23 de febrer de 1869 l'enginyer en cap de la província, en una nova comunicació, es dirigeix al President de la Junta de la Sèquia de Manresa i li comunica oficialment que dona per bones les obres ja que aquestes s'ajusten al projecte redactat i que es verifica que el Mòdul Hidromètric limita de manera efectiva el cabal, de forma que aquest no superi en cap cas els 1000 litres per segon de la dotació.

Gairebé al mateix temps que s'afrontava la construcció del Mòdul Hidromètric la Junta de la Sèquia empenia també altres actuacions tant o més urgents i costoses: la construcció dels anomenats Dipòsits Vells i de la reparació del tram del Mal Pas. Per poder fer front a aquestes obres i també al cost de la construcció del Mòdul Hidromètric, la Junta de la Sèquia de Manresa havia tret a subhasta, en data 7 d'octubre de 1861, diversos salts d'aigua de la seva propietat, el més important dels quals era el Salt dels Gossos. Gràcies a la subhasta dels salts la Junta va obtenir un total de 14 000 duros. D'aquests diners 4000 duros es van utilitzar per la construcció dels dipòsits vells, 3000 duros van ser utilitzats per reparar el canal en el tram del Mal Pas i només 2000 duros són els que es destinaren a sufragar la construcció del Mòdul Hidromètric. La resta, uns 5000 duros, restaren com a fons de reserva de l'entitat.

4.4. El projecte de l'any 1959 per la construcció d'un nou Mòdul Hidromètric

Sembla ser que amb el pas del temps els elements mecànics de l'automatisme del Mòdul Hidromètric havien quedat inoperants. Així, en data 15 de setembre de 1959 es va presentar un nou projecte del Mòdul Hidromètric, redactat per l'enginyer de camins Joan Baptista Ripoll Gómez, amb motiu de la *Orden Ministerial* amb data del 20 de febrer de 1959, en la que queda inscrita dins el *Registro de Aprovechamientos Hidráulicos*, amb el número 1316 i amb el nom de *Acequia de Manresa* sota el condicionant de instal·lar un Mòdul Hidromètric que limiti el cabal als 1000 litres per segon reconeguts en la concessió.

El nou projecte contemplava primer la instal·lació del nou Mòdul en el mateix emplaçament que l'antic, aprofitant totes les estructures d'obra, entenent que només calia substituir els elements propis del mecanisme automàtic de regulació¹⁶⁰. Però sembla que, arran d'una visita de reconeixement, efectuada en data 20 de juny de 1963, per part de l'enginyer de la *Comisaría de Aguas*, el Sr. Mariano Alomar Josa, s'objectà que el nou Mòdul s'instal·lés en el mateix lloc que l'antic.

Així, en una carta¹⁶¹ enviada pel *Comisario Jefe de Aguas del Pirineo Oriental* de data 10 de juliol de 1963 a l'alcalde de Manresa i president de la Junta de la Sèquia de Manresa, el Sr. Josep Moll i Vall, es sol·licita un nou emplaçament del nou Mòdul:

"Visto su escrito de fecha 15 de septiembre de 1959, solicitando aprobación del Proyecto, que se acompañaba, para módulo limitador de caudal concedido a ese Ayuntamiento y Junta de la Acequia de Manresa, por O.M. de 20 de febrero de 1959, en un aprovechamiento de aguas del río Llobregat, inscrito en los Libros Registro de Aguas Públicas con el nº 1316, habiéndose puesto de manifiesto con motivo del reconocimiento del terreno efectuado que resultando justificadas la disposición y características adoptadas en el módulo de referencia, se halla sin embargo a más de 1000 m. de la obra de toma del río, desviándose aguas antes del mismo para una turbina. Habiendo sitio adecuado junto a la toma en el comienzo de la acequia, resulta obligado que efectúen la instalación del módulo en este lugar, al objeto de que

160. El disseny de nou mecanisme de regulació proposat era exactament igual a l'antic a excepció de que es substituïa el sistema de balancí per un de politges amb cable i cadena dentada per a l'accionament de la vàlvula circular i que es reduïa les dimensions del flotador.

161. Una còpia d'aquesta carta s'adjunta a l'apèndix 115 de la pàgina 619.

Capítol 4. El Mòdul Hidromètric de la Sèquia de Manresa

se ajust el caudal derivado al concedido, otorgándoles el plazo de un mes a partir de esta comunicación para llevarlo a cabo, debiendo notificar a esta Comisaría de Aguas el cumplimiento de las órdenes recibidas a los efectos oportunos."

És evident que l'exigència d'un nou emplaçament suposava un increment molt important dels costos d'execució del projecte. A més, tal i com justifica el Sr. Josep Moll Vall, president de la Junta de la Sèquia, en una carta de contestació a aquest requeriment datada el 10 de juliol de 1963, el canvi d'emplaçament suposaria un greuge per l'Ajuntament de Balsareny ja que aquest aprofitava les aigües sobrants per accionar una turbina que alimentava les bombes que subministraven l'aigua potable a la població provinent del riu Llobregat. També s'assenyala en el mateix escrit que les aigües que surten de l'esmentada turbina retornen al riu Llobregat amb anterioritat a qualsevol altre aprofitament i, per tant, aquesta instal·lació no suposa cap perjudici als altres usuaris situats aigües avall. Amb aquestes raons es sol·licita no haver de canviar l'emplaçament consignat en el projecte.

La petició formulada per la Junta de la Sèquia quedà rebutjada finalment en la resolució de data 18 de novembre de 1963 en la que es nega els drets de l'Ajuntament de Balsareny sobre l'aprofitament de les aigües per alimentar la turbina. En l'escrit es diu que el cabal captat per la Sèquia és de 1300 litres per segon, és a dir, que excedeix en 300 litres/segon el reconegut en la concessió, establert en 1000 litres per segon, i que el cabal derivat per l'Ajuntament de Balsareny es fa després de la captació i que, per tant, s'entén que ha d'estar computat dins dels 1000 litres per segon de la dotació.

Malgrat tot, no es té constància de que la reforma del Mòdul s'acabés realitzant i, en canvi, si que es coneix que als anys seixanta del segle XX el Mòdul Hidromètric es trobava totalment fora de servei.

4.5. Fi de servei i noves dotacions

L'any 1992 es va procedir a retirar el mecanisme del Mòdul Hidromètric del seu emplaçament original, va ser restaurat per l'Escola Taller el curs 1994/1995 i posteriorment, l'any 2004, museïtzat al Museu de la Tècnica de Manresa, on forma part de l'exposició permanent *La Sèquia i l'Aigua*. El muntatge es pot veure a la figura 4.6 de la pàgina 329.



Figura 4.4. Balancí del mecanisme original de regulació del Mòdul Hidromètric a l'arribada al Museu de la Tècnica de Manresa. Font: Museu de la Tècnica de Manresa.

Capítol 4. El Mòdul Hidromètric de la Sèquia de Manresa



Figura 4.5. Canonada de descàrrega, vàlvula circular i accionament de la vàlvula que formaven part del mecanisme de regulació del Mòdul Hidromètric a l'arribada al Museu de la Tècnica de Manresa. Font: Museu de la Tècnica de Manresa.

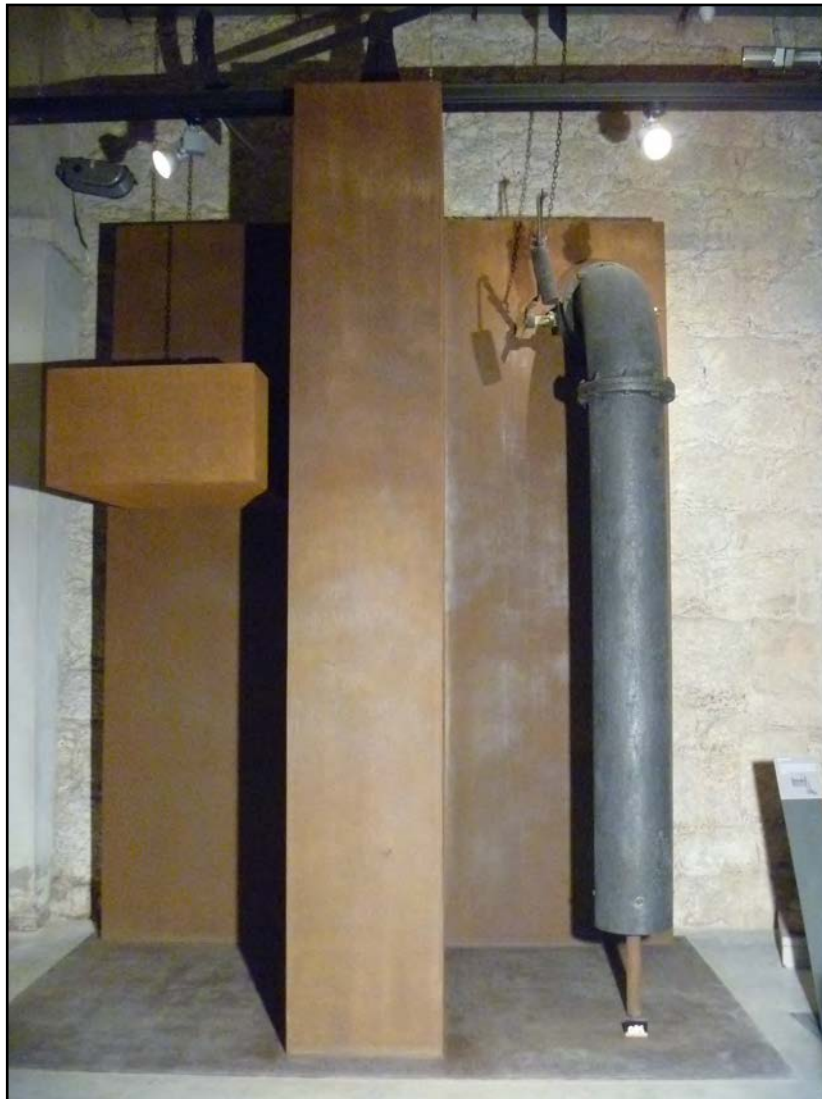


Figura 4.6. Museïtzació del mecanisme de regulació del Mòdul Hidromètric al Museu de la Tècnica de Manresa, flotador (reproducció), balancí, vàlvula circular i canonada de descàrrega. Font: Museu de la Tècnica de Manresa.

L'obra de fàbrica del Mòdul Hidromètric continua avui dia totalment dempeus, sense que s'hi hagin practicat modificacions, amb l'excepció ja esmentada de la retirada del mecanisme automàtic i del també del vessador central, però es conserven la resta d'estructures: parets, xamfrans, dipòsits laterals i també la caseta cobertora, tal i com es pot observar a la figura 4.7 . De fet, respecte els plànols originals de 1863, l'única estructura afegida posteriorment és precisament aquesta caseta que protegia tots els elements mecànics de les inclemències meteorològiques així com també de qualsevol manipulació o sabotatge extern.

El fet d'haver retirat el vessador central fa que el nivell de l'aigua en els cossos centrals dels Mòdul s'hagi reduït substancialment. Aquesta baixada de nivell és la que fa que la superfície lliure de l'aigua quedi molt per sota del sobreexidor o vessador lateral que derivava l'aigua cap a les arquetes de regulació del Mòdul, evitant així la necessitat de tapar o recreïxer l'alçada d'aquest i per aquest motiu s'ha pogut conservar també tal i com es va dissenyar originàriament.



Figura 4.7. Estructura del Mòdul Hidromètric que es conserva avui dia com l'original. Es pot observar les llindes que delimitaven el vessador central, actualment desmantellat. Imatge presa el març de 2016.



Figura 4.8. Interior de la caseta del Mòdul Hidromètric. Es poden observar el vessador lateral, protegit per una reixa, i les dos arquetes de regulació. En primer terme l'arqueta on hi ha la comporta de fons, en segon terme l'arqueta on es situava el flotador, al fons l'espai on es situava la canonada de descàrrega. Imatge presa el març de 2016.

Actualment s'utilitza l'estructura del Mòdul com a suport del sensors electrònics de mesura del cabal. Aquests sensors faciliten la informació sobre el nivell de l'aigua i aquesta informació s'utilitza per actuar, si s'escau, sobre el bagant que hi ha uns metres abans de l'estructura del Mòdul Hidromètric i que es pot veure a la figura 4.10 de la pàgina 332.

Aquest sistema es suma a la limitació de cabal que efectua la comporta d'entrada¹⁶² al canal i els diferents sobreexidors que es troben al llarg del canal, començant per l'anomenat *bagant petit* que actua com a bagant de desguàs (Zurita Ruiz 1996), situats dins la caseta contigua a la resclosa de captació, veure la figura 1.19 de la pàgina 89.

162. Anomenat com a *Restallador Gran*.



Figura 4.9. Vista general del l'estructura del Mòdul des de la seva entrada. A l'esquerra de la imatge hi ha l'edifici que acull els dipòsits de regulació. Sobre la paret de l'edifici hi ha situat un sensor de nivell. Imatge presa el març de 2016.



Figura 4.10. Bagant de derivació de l'excés de cabal accionat per motor elèctric i comandat a distància. Imatge presa el març de 2016.



Figura 4.11. Detall d'una regla limnimètrica situada en una de les parets de l'estructura del Mòdul Hidromètric. Imatge presa el març de 2016.

L'any 1987 es va obtenir una nova concessió per a satisfer les noves demandes dels municipis de la rodalia, com Santpedor, Sant Fruitós de Bages, Sant Joan de Vilatorrada i Sant Mateu de Bages. La nova concessió és incremental i està xifrada en un total de 250 litres per segon a afegir a la concessió anterior de 1000 litres per segon, resultant finalment un total de 1250 litres per segon.

Capítol 5

Modelització mitjançant CFD del Mòdul Hidromètric

5.1. Introducció a la modelització mitjançant CFD

5.1.1. Fonaments de la Dinàmica de Fluids Computacional

Durant el segle XVII es va produir un gran desenvolupament dels fonaments de l'experimentació en la dinàmica dels fluids i durant els segles XVIII i XIX es va anar aprofundint gradualment en la concepció teòrica de la Mecànica de Fluids.

Antoine de Chézy, Henri Pitot, Jean-Charles de Borda, Moritz Weber, James B. Francis, Gotthilf Heinrich Ludwig Hagen, Jean Louis Marie Poiseuille, Henry Darcy, Robert Maning, Henri-Émile Bazin, Julius Weisbach, varen formular les seves teories a partir de resultats obtinguts experimentalment.

Issac Newton, Daniel Bernoulli, Leonard Euler, Jean D'Alembert, Joseph Louis Lagrange, Pierre Simon Laplace, Claude Navier, George Stokes, basaven les seves troballes en complexos desenvolupaments matemàtics.

Durant dècades els dos grups van avançar en els seus coneixements però sense poder arribar a una conceptualització general de la Fluidodinàmica, la part de la Mecànica de Fluids que n'estudia els fluxos, de forma que teoria i experimentació semblaven no coincidir en molts casos. Un clar exemple n'és la paradoxa de D'Alembert (Acheson 1990; Redondi 1985).

Les conseqüències fóren les següents: l'àmplia i freqüent experimentació dels enginyers ha proporcionat abundant informació d'incalculable valor per als tècnics d'avui dia, però donada la manca d'una teoria general, aquests resultats fóren en va, especialment alhora d'afrontar nous problemes. D'altra banda, els matemàtics al no disposar de la laboriosa informació experimental amb la que contrastar les seves teories, es varen veure forçats a establir hipòtesis simplificatives per tal d'aconseguir resultats segurs.

William Froude, Robert Froude, Osborne Reynolds, Navier Stokes, Ludwing Prandtl, Theodore Von Kármán, Sir Geoffrey Taylor, constitueixen un tercer grup que va basar el seu treball en reunir les idees d'uns amb les experiències dels altres. Aquesta unificació va permetre, a inicis del segle XX, resoldre molts problemes desconeguts fins aleshores, com ho és el cas de la Aerodinàmica que va suposar, per fi, que l'home pogués volar.

Probablement, en la l'exposició anterior, siguin absents noms de deixebles i col·laboradors, famosos o anònims, però tots ells formen part d'un sol conjunt de científics que es varen plantejar preguntes semblants sobre un mateix tema. Són els pares de la Mecànica de Fluids.

Davant la complexitat geomètrica dels problemes on intervenen els fluxos, resulta que les equacions generals de la Mecànica de Fluids no admeten solucions analítiques en tots els casos. Per aquest motiu el seu estudi ha estat abordat tradicionalment des d'enfocaments diversos: l'experimentació, l'anàlisi matemàtic simplificat i l'anàlisi dimensional. Gràcies a l'evolució dels ordinadors, des de mitjans del segle passat es pot comptar a més amb una nova i avançada tècnica d'anàlisi: l'estudi computacional dels fluxos, generalment conegut com Dinàmica de Fluids Computacional (Fernández Oro 2012), conegut de forma universal com *Computational Fluid Dynamics*, o CFD. Els mètodes basats en CFD constitueixen un tercer enfocament en l'estudi i desenvolupament global com a disciplina de la Fluidodinàmica (Anderson 2011). En general, els models numèrics permeten el disseny, l'avaluació, l'optimització i els nous desenvolupaments dins de la recerca, essent de gran importància per als processos de investigació, dins d'un espai de desenvolupament científic i tecnològic en l'àmbit de la Mecànica de Fluids.

5.1.2. Avantatges i inconvenients de la modelització numèrica

Una de les principals avantatges que presenta la utilització de les tècniques CFD és que proporciona una reducció de temps i costos en la fase de disseny (Peyret 2000). A més, ens permet conèixer el comportament de les variables en cada punt o cel·la de la malla, talment com si cada element fos un sensor que mesura totes les variables del flux; això pot facilitar l'extracció d'una quantitat ingent d'informació del problema objecte d'estudi (Anderson 1995).

Un altre aspecte favorable és el fet de que permet simular aquelles situacions en les que l'experimentació no és segura o cal estudiar el problema amb sistemes sota condicions perilloses, com temperatures elevades, simulacions de incendis, accidents, etc. Altres casos on resulta favorable la utilització dels CFD són aquells que resulten molt difícils de reproduir experimentalment com, per exemple, ho pot ser problemes en situacions de ingravidesa.

D'altra banda, la modelització numèrica es troba sotmesa a limitacions, especialment degut a la potència de càlcul dels ordinadors. Un altre aspecte que pot condicionar en gran mesura la seva aplicació és l'elevat cost dels programes així com la necessitat de comptar amb personal altament qualificat per a la definició dels models i l'anàlisi de les solucions. També cal assenyalar la tendència a creure cegament els resultats obtinguts mitjançant la modelització sense contrastar-los suficientment amb altres evidències (Fernández Oro 2012). En aquest sentit, cal no oblidar que els resultats obtinguts són aproximacions dels valors reals, degut a la transformació de les equacions diferencials en integrals dins dels volums finits, també degut a la discretització i al nombre finit d'iteracions que es poden generar en els càlculs (Ferziger & Perić, 2002).

5.1.3. Modelització de fluxos amb superfície lliure

En l'àmbit de l'aplicació de la metodologia dels CFD, en el cas de problemes amb superfície lliure, es sol utilitzar el model VOF, *Volum of Fluid*, degut a que permet mantenir la hipòtesi de evolució de la superfície lliure, partint de la base de que els dos fluids implicats, normalment l'aigua i l'aire, no es mesclen entre ells.

La simulació tridimensional de fluxos amb superfície lliure mitjançant la dinàmica de fluids computacional és freqüent en el disseny de infraestructures hidràuliques en l'àmbit de l'enginyeria civil. Sovint resulta ser el recurs que proporciona més fidelitat en la solució dels problemes fluidodinàmics, sempre que es dissenyin correctament les condicions de contorn i s'escullin apropiadament els models de turbulència.

L'estudi de vessadors de làmina lliure i de paret prima mitjançant la simulació numèrica amb CFD i VFM i la seva posterior validació ha estat aplicada en nombroses ocasions amb bons resultats (Hargreaves, Morvan, & Wright, 2007), (Arvanaghi & Oskuei, 2013), (Namaee, Rostami, Jalaledini, & Habibi, 2014) i (Zeng, Zhang, Ansar, Damisse, & González-Castro, 2017). El cas especial de vessador lateral en paret prima, com és el cas del vessador que desguassa a l'arqueta de regulació, ha estat també estudiat en diverses ocasions usant la mateixa metodologia (Aydin, Altan-Sakarya, & Sisman, 2011), (Taghavi & Ghodousi, 2015) i (Namaee & Shadpoorian, 2016). I el software de simulació CFD Flow3D de FlowScience ha estat freqüentment aplicat per problemes amb superfície lliure en general i, en particular, en el cas de làmina lliure i vessadors de paret prima (Sarkardeh, Reza Zarrati, Jabbari, & Marosi, 2014) i (Taghavi & Ghodousi, 2015).

5.2. Metodologia aplicada en CFD

5.2.1. Metodologia emprada per a la modelització

En el camp dels CFD la majoria de programes comercials han optat per el mètode de volums finits per resoldre numèricament les equacions de la Mecànica de Fluids. L'expressió general del transport, tenint en compte els termes convectius, difusius, de generació i/o destrucció i els temporals pren la forma de l'equació (5.1):

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_V \rho \phi dV + \oint_A \rho \phi \vec{v} d\vec{A} = \oint_A \Gamma \nabla \phi d\vec{A} + \int_V S_\phi dV \quad (1.5)$$

Essent la variable ϕ una variable genèrica que, en funció del valor que adopti, pot retornar les cadascuna de les equacions conservatives; per exemple: $\phi = 1$ per l'equació de conservació de la massa (principi de continuïtat), $\phi = h$ (entalpia) per el cas de la conservació de l'energia, $\phi = u$ (component en x de la velocitat) per el cas de la conservació de la quantitat de moviment en x , etc.

La metodologia seguida per a la modelització segueix les següents fases:

1. Discretització del domini en un número finit de volums de control
2. Aplicació de les equacions generals de conservació per a la massa, l'energia, la quantitat de moviment, etc.
3. Discretització i linealització de les equacions i obtenció d'un sistema algebraic d'equacions
4. Obtenció de la solució mitjançant la resolució iterativa del sistema d'equacions
5. Anàlisi dels resultats

Aquests passos es concreten, en el cas de la majoria de solucions comercials, en una estructura de tres estadis molt diferenciats:

- a. **Pre-procés:** Configuració de la geometria del model, generació del mallat, identificació dels fenòmens físics i químics que tenen lloc i han de ser modelats, definició de les propietats dels fluids que intervenen i introducció de les condicions inicials i de contorn del problema. Tots els passos són importants, però resulta clau per a la qualitat dels resultats obtinguts el grau de detall del mallat. De forma que com més detallada és la malla millors resultats s'obtenen i més propera a la realitat serà la simulació obtinguda. Tanmateix, l'elevat grau de detall del mallat suposa penalitzar el temps de càlcul que, en ocasions, pot resultar inviable i fa que l'elecció i dimensionat del mallat resulti una solució de compromís que cal valorar detingudament.
- b. **Solver:** Consisteix en la resolució mitjançant iteracions de les equacions que han estat configurades prèviament en la fase de pre-procés. Arribat a aquest punt es pot dir que les cartes estan llançades en el sentit de que només queda esperar que el treball dels algorismes i dels microprocessadors obtingui la solució. Tanmateix, és summament necessari atendre el procés de càlcul monitoritzant el criteri de convergència per assegurar que s'arriba a una solució. L'obtenció de la solució final pot demorar-se des de pocs minuts a dies o, inclús, setmanes en funció de la complexitat del mallat i de la potència de càlcul del maquinari.

- c. **Post-procés:** Consisteix en l'anàlisi de resultats per, en primer lloc, la validació del model i de la solució i les eventuais revisions i millores del model. Les eines d'anàlisi pròpies del post-procés inclouen elements gràfics i quantitativs que han de permetre obtenir gràfiques i distribucions de les diferents variables, mapes de contorns de les variables, vectors de velocitats, trajectòries de partícules i línies de corrent, visualització de vòrtex, etc.

5.2.2. Equacions fonamentals

I) Camp vectorial cinemàtic

A l'equació (5.2) es defineix un camp de velocitats a partir de l'adopció d'una concepció euleriana del problema a resoldre:

$$\vec{V}(r,t) = u(x,y,z,t)\vec{i} + v(x,y,z,t)\vec{j} + w(x,y,z,t)\vec{k} \quad (2.5)$$

Derivant respecte el temps el camp de velocitats de l'equació (5.2) es genera l'equació (5.3) per a la velocitat u :

$$\frac{du}{dt} = \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = \frac{\partial u}{\partial t} + (\vec{V} \cdot \nabla)u \quad (3.5)$$

Apliquem el mateix desenvolupament per el cas de la velocitat v , obtenint l'equació (5.4):

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = \frac{\partial v}{\partial t} + (\vec{V} \cdot \nabla)v \quad (4.5)$$

Igualment fem amb el cas de la velocitat w , obtenint l'equació (5.5):

$$\frac{dw}{dt} = \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = \frac{\partial w}{\partial t} + (\vec{V} \cdot \nabla)w \quad (5.5)$$

Resultant l'equació (5.6) per l'acceleració:

$$a = \frac{dV}{dt} = \frac{\partial V}{\partial t} + \left(u \frac{\partial V}{\partial x} + v \frac{\partial V}{\partial y} + w \frac{\partial V}{\partial z} \right) = \frac{\partial V}{\partial t} + (V \cdot \nabla)V \quad (6.5)$$

El primer terme de l'equació (5.6) representa l'acceleració local, que és funció de si es tracta de flux estacionari o de flux permanent. El segon terme correspon a l'acceleració convectiva, aquesta varia amb el moviment del flux d'una a altra regió.

II) Teorema del transport de Reynolds

El teorema del transport de Reynolds, RTT, facilita la conversió d'una descripció lagrangiana a euleriana dels problemes. És a dir el RTT, habilita l'anàlisi d'un sistema en volums de control per poder aplicar les lleis bàsiques a regions específiques enlloc de a masses concretes.

El RTT pot ser aplicat tant a volums de control fixos com en els casos en que aquests estàn en moviment, tenint en compte que hi ha un flux d'entrada i un de sortida, aleshores una variable qualsevol ϕ (massa, quantitat de moviment, pressió, energia, etc.) compleix que

$\dot{\phi}_{neta} = \dot{\phi}_{sortida} - \dot{\phi}_{entrada}$. Així doncs, el RTT per a una variable ϕ adopta l'expressió:

$$\frac{d\phi_{sistema}}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\int_{VC} \phi \rho dV \right) + \int_{SC} (\phi d\dot{m})_e - \int_{SC} (\phi d\dot{m})_s \quad (7.5)$$

Essent el flux màssic $d\dot{m} = \rho v_n dA$ i la component normal de la velocitat $v_n = v \cos \theta$, per un angle de la velocitat respecte la normal $\theta > 90^\circ$ per a la secció d'entrada i de $\theta < 90^\circ$ per a la secció de sortida, es pot formular com:

$$\frac{d\phi_{sistema}}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\int_{VC} \phi \rho dV \right) + \int_{SC} \phi \rho v \cos \theta dA_{sortida} - \int_{SC} \phi \rho v \cos \theta dA_{entrada} \quad (8.5)$$

III) Equació de conservació de la massa

L'equació de conservació de la massa, coneguda també com a equació de continuïtat, determina que la variació de la massa a l'interior d'un element fluid és conseqüència del flux net de massa en l'esmentat element. Degut a que la massa no es pot crear ni destruir, a excepció dels casos on intervenen reaccions nuclears, l'expressió en forma diferencial, no estacionària i tridimensional en un determinat punt per un fluid resulta:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{v}) = 0 \quad (9.5)$$

Si el flux és incompressible, aleshores la densitat és constant tant en el temps com en l'espai del domini estudiat (Acheson 1990), i això fa que l'equació (5.9) quedi reduïda a:

$$\nabla \cdot \vec{v} = 0 \quad (10.5)$$

IV) Equació de la conservació de la quantitat de moviment

La figura 5.1 mostra un element infinitesimal de fluid en moviment, sobre aquest element es defineixen les forces generades, és a dir, les de l'acció de la gravetat així com les degudes a la pressió normal i tallant que actuen sobre les superfícies. L'anàlisi d'aquest element resulta molt convenient per derivar l'equació de conservació de la quantitat de moviment així com també la de conservació de l'energia.

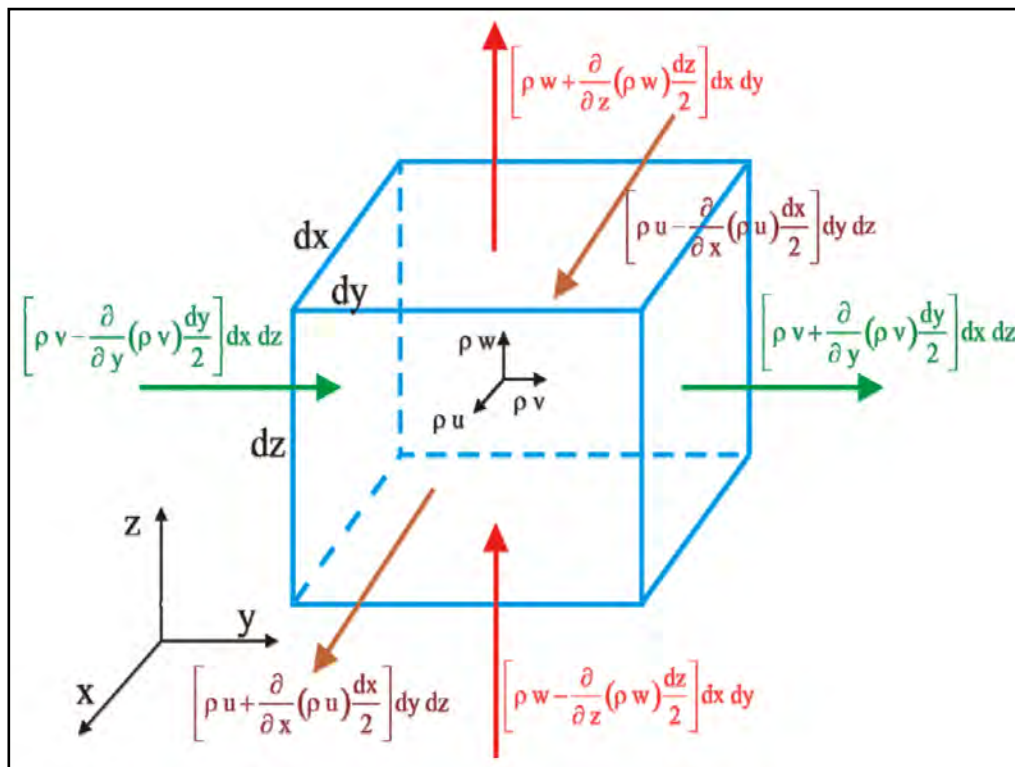


Figura 5.1. Tensions generades sobre un element infinitesimal de fluid en moviment. (Anderson 2011).

Essent la massa de l'element $dm = \rho dx dy dz$, aleshores la força total resultant en la direcció x , es pot expressar d'acord amb l'equació (5.11):

$$F_x = \left[-\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} \right] dx dy dz + \rho f_x dx dy dz \quad (11.5)$$

Combinant la segona llei de Newton, $F = ma$, amb l'equació (5.11) i tenint en compte que $a_x = du/dt$, essent u la component x de la velocitat de l'element infinitesimal de fluid, es pot obtenir:

$$\rho \frac{du}{dt} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} + \rho f_x \quad (12.5)$$

I, de forma similar, per les components en les direccions y i z :

$$\rho \frac{dv}{dt} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} + \rho f_y \quad (13.5)$$

I també:

$$\rho \frac{dw}{dt} = -\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} + \rho f_z \quad (14.5)$$

Les equacions (5.12), (5.13) i (5.14) expressen la quantitat de moviment associada al element infinitesimal considerat en la figura 5.1 però estan expressades en forma no conservativa. El francès M. Navier i l'anglès G. Stokes van formular-les en forma conservativa, essent conegudes com *equacions de Navier-Stokes*.

Les equacions de Navier-Stokes es poden obtenir tenint en compte el terme de l'esquerra de l'igualtat de l'equació (5.12) es pot expressar també com la suma de dues derivades parcials:

$$\rho \frac{du}{dt} = \rho \frac{\partial u}{\partial t} + \rho \vec{v} \cdot \nabla u \quad (15.5)$$

Si es desenvolupa la següent derivada parcial:

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} = \rho \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial \rho}{\partial t} \quad (16.5)$$

Reorganitzant-la:

$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial(\rho u)}{\partial t} - u \frac{\partial \rho}{\partial t} \quad (17.5)$$

D'altra banda, utilitzant el vector identitat, aplicant les propietats dels camps vectorials (Aris 1989) :

$$\nabla \cdot (\rho u \vec{v}) = u \nabla \cdot (\rho \vec{v}) + (\rho \vec{v}) \cdot \nabla u \quad (18.5)$$

Que es pot escriure també com:

$$\rho \vec{v} \cdot \nabla u = \nabla \cdot (\rho u \vec{v}) - u \nabla \cdot (\rho \vec{v}) \quad (19.5)$$

I si es combina aquesta equació (5.19) amb l'equació (5.15) i l'equació (5.17), es pot obtenir l'expressió:

$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial(\rho u)}{\partial t} - u \frac{\partial \rho}{\partial t} - u \nabla \cdot (\rho \vec{v}) + \nabla \cdot (\rho u \vec{v}) \quad (20.5)$$

Que pot reformular-se com:

$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial(\rho u)}{\partial t} - u \left[\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{v}) \right] + \nabla \cdot (\rho u \vec{v}) \quad (21.5)$$

El terme entre parèntesi de l'equació (5.21) és zero d'acord amb l'equació (5.9) de conservació de la massa. Per tant, l'equació (5.21) queda reduïda a l'expressió:

$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho u \vec{v}) \quad (22.5)$$

Al substituir l'equació (5.22) dins de l'equació (5.12) s'obté l'expressió de l'equació (5.23). I de forma similar es poden obtenir, per les altres dues components, les expressions (5.24) i (5.25):

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho u \vec{v}) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} + \rho f_x \quad (23.5)$$

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho v \vec{v}) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} + \rho f_y \quad (24.5)$$

$$\frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho w \vec{v}) = -\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} + \rho f_z \quad (25.5)$$

Per a un fluid newtonià¹⁶³ i incompressible, Stokes va obtenir l'any 1845 les expressions dels tallants (Anderson 2011):

$$\tau_{xx} = \lambda(\nabla \cdot \vec{v}) + 2\mu \frac{\partial u}{\partial x} \quad (26.5)$$

$$\tau_{yy} = \lambda(\nabla \cdot \vec{v}) + 2\mu \frac{\partial v}{\partial y} \quad (27.5)$$

$$\tau_{zz} = \lambda(\nabla \cdot \vec{v}) + 2\mu \frac{\partial w}{\partial z} \quad (28.5)$$

$$\tau_{xy} = \tau_{yx} = \mu \left[\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right] \quad (29.5)$$

$$\tau_{xz} = \tau_{zx} = \mu \left[\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right] \quad (30.5)$$

$$\tau_{yz} = \tau_{zy} = \mu \left[\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right] \quad (31.5)$$

Essent μ el coeficient de viscositat molecular i λ és el coeficient de segona viscositat degut a la turbulència. Stokes va proposar la hipòtesi de que:

$$\lambda = -\frac{2}{3}\mu \quad (32.5)$$

Combinant les equacions (5.26), (5.27), (5.28), (5.29), (5.30) i (5.31) amb les equacions (5.23), (5.24) i (5.25) s'obté el conjunt d'equacions de Navier-Stokes en forma conservativa:

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u^2)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho uv)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho uw)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial x} \\ + \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \nabla \cdot \vec{v} + 2\mu \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \right] + \rho f_x \end{aligned}$$

163. Un fluid newtonià és aquell que presenta una relació lineal entre la tensió tallant i la deformació, d'acord amb la llei de Newton de la viscositat.

(33.5)

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho uv)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v^2)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho vw)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial y} \\ + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \nabla \cdot \vec{v} + 2\mu \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) \right] + \rho f_y \end{aligned} \quad (34.5)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho uw)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vw)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w^2)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial z} \\ + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \nabla \cdot \vec{v} + 2\mu \frac{\partial w}{\partial z} \right) + \rho f_z \end{aligned} \quad (35.5)$$

V) Equació de conservació de l'energia

Considerant que el flux amb superfície lliure és incompressible, que es produeix a baixa velocitat i menystenint la dissipació viscosa, l'expressió de l'equació de l'energia expressada en termes de l'entalpia específica és (Fernández Oro 2012):

$$\frac{\partial(\rho h)}{\partial t} + \nabla(\rho \vec{v} h) = \nabla(k \nabla T) + S_h \quad (36.5)$$

Essent ρ la densitat, h la entalpia específica, k el coeficient de conductivitat tèrmica del fluid, T la variable temperatura i S_h la font entàlpica.

L'entalpia és funció de la temperatura, segons l'expressió:

$$dh = C_p dT \quad (37.5)$$

Combinant les equacions (5.36) i (5.37) resulta l'expressió de l'equació (5.38):

$$\frac{\partial(\rho h)}{\partial t} + \nabla(\rho \vec{v} h) = \nabla \left(\frac{k}{C_p} \nabla h \right) + S_h \quad (38.5)$$

5.2.3. Discretització de l'espai i definició de les equacions algebraiques

Es disposa de diferents alternatives per a discretitzar l'espai del domini físic. Els mètodes més utilitzats són tres: mètode de diferències finites, FDM; el mètode del volums finits, FVM i el mètode d'els elements finits, FEM (Zikanov 2010).

I) Mètode de les diferències finites

El mètode de les diferències finites es basa en aproximar les derivades en les equacions diferencials que governen el problema utilitzant les sèries de Taylor.

Si es considera l'equació (5.39) unidimensional en derivades parcials:

$$\frac{d\phi}{dx} + \phi = 0 \quad ; \quad 0 \leq x \leq 1 \quad ; \quad \phi(0) = 1 \quad (39.5)$$

El domini unidimensional es pot discretitzar en una malla amb cinc nodes equidistants, segons l'esquema de la figura 5.2, essent $\Delta x = 1/4$ la distància entre ells.

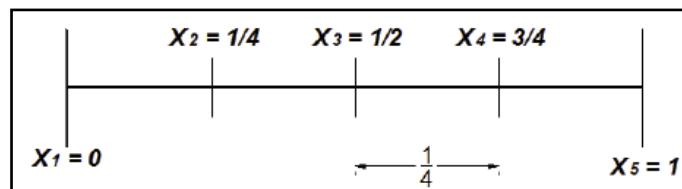


Figura 5.2. Discretització d'un domini unidimensional amb 5 nodes. (Fernández Oro 2012).

Com que l'equació (5.39) ha de ser aplicable a tots els punts del domini, aleshores podem expressar-la en la forma de l'equació (5.40), on el subíndex i representa el valor de la funció en un node x_i qualsevol del domini.

$$\left(\frac{d\phi}{dx} \right)_i + \phi_i = 0 \quad (40.5)$$

Desenvolupant la sèrie de Taylor es pot obtenir una expressió de la derivada en funció de ϕ en els nodes del mallat:

$$\phi_{i-1} = \phi_i - \Delta x \left(\frac{d\phi}{dx} \right)_i + \frac{\Delta x^2}{2} \left(\frac{d^2\phi}{dx^2} \right)_i - \frac{\Delta x^3}{3!} \left(\frac{d^3\phi}{dx^3} \right)_i + \dots \quad (41.5)$$

Si es menystenen els termes d'ordre superior de l'equació (5.41) i es reagrupen els termes restants, s'obté l'expressió de l'equació (5.42):

$$\left(\frac{d\phi}{dx} \right)_i = \frac{\phi_i - \phi_{i-1}}{\Delta x} + 0(\Delta x) \quad (42.5)$$

L'error de truncament que es comet pel fet de menystenir els termes d'ordre superior de l'equació (5.41) és de l'ordre $0(\Delta x)$, raó per la que es diu que aquesta representació discreta té una precisió de primer ordre (2012). Per últim, combinant l'equació (5.42) amb l'equació (5.40), s'obté l'expressió:

$$\frac{\phi_i - \phi_{i-1}}{\Delta x} + \phi_i = 0 \quad (43.5)$$

L'equació (5.43) està lliure de derivades, és a dir que s'ha passat de tenir una equació diferencial definida sobre tot el domini a tenir una equació algebraica sobre un node. Aleshores, la resolució de la solució aproximada consisteix en resoldre el sistema d'equacions definides en cada node del mallat construït sobre el domini.

II) Mètode dels volums finits

En el cas del mètode dels volums finits es divideix el domini en un nombre finit de cel·les no superposades tal i com mostra la figura 5.3, sobre aquestes cel·les s'aplicaran les equacions conservatives, per aquest motiu aquest mètode també s'anomena mètode dels volums de control (Versteeg & Malalasekera, 2007).

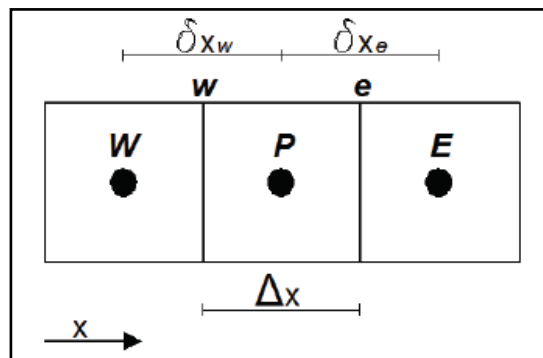


Figura 5.3. Discretització del domini unidimensional en cel·les contigües en el cas del mètode per volums finits. (Fernández Oro 2012).

A continuació s'aplica els principis conservatius sobre la variable ϕ de forma discreta, la manera de fer-ho és integrant l'equació (5.40) sobre el volum de control unidimensional P de la figura 5.3 , és a dir:

$$\int_w^e \left(\frac{d\phi}{dx} \right) dx + \int_w^e \phi dx = 0 \quad (44.5)$$

Si es suposa una distribució lineal de la variable ϕ entre els centres o nodes de les cel·les, essent $\bar{\phi}$ el valor mitjà de la variació de la variable en cada cel·la, s'obté:

$$\frac{\phi_E - \phi_P}{\Delta x} - \frac{\phi_P - \phi_W}{\Delta x} + \bar{\phi} \Delta x = 0 \quad (45.5)$$

L'equació (5.45) es pot reescriure introduint els coeficients a_p , a_E , a_W ; que corresponen als coeficients de les variables en cada node implicat; i el coeficient b , que representa un terme font. Les equacions obtingudes per a cada cel·la, com l'equació (5.46), constitueixen una nova col·lecció d'equacions algebraiques que poden resoldre's conjuntament com a sistema d'equacions.

$$a_p \phi_i = a_E \phi_E + a_W \phi_W + b \quad (46.5)$$

El mètode dels volums finits té la particularitat de que sempre garanteix la conservació de la variable sobre cada cel·la, és a dir que els fluxos entrants i sortints són iguals per a cada cel·la. Tanmateix pot passar que existeixi la conservació però que el resultat sigui imprecís, especialment si el domini ha estat discretitzat en un nombre insuficient de cel·les. Això és degut al fet d'haver suposat una distribució lineal de la variable per passar de l'equació (5.44) a l'equació (5.45) (Moukalled, Mangani, & Darwish, 2016).

III) Mètode dels elements finits

El mètode dels elements finits consisteix en representar la solució numèrica mitjançant una funció contínua. És a dir, enlloc de cercar una solució a base de representar discretament la funció en un conjunt de punts, el que es fa és resoldre un conjunt de funcions contínues denominades *base* v_i , de manera que es compleixi que:

$$\phi = \sum_{i=1}^N \phi_i v_i \quad (47.5)$$

Degut a que la solució no serà exacte, caldrà aplicar un mètode per minimitzar el residu obtingut en la primera aproximació. Les funcions base es defineixen com interpolacions polinòmiques restringides als elements contigus, normalment aquests elements estan constituïts en quadrilàters o triangles de dos dimensions. Aquestes interpolacions poden ser lineals, quadràtiques o d'ordre superior, recomanant-se per problemes de fluidodinàmics al menys les quadràtiques per tal d'assegurar certa precisió de les segones derivades.

5.2.4. Generació de la malla

L'espai del domini ha de ser discretitzat en cel·les que formen un malla. La configuració del malla és potser la part més important del procés de modelització en CFD ja que els resultats obtinguts depenen directament del tipus de malla escollit i del seu grau de definició (Stasa, P.; Kebo, V.; Kodym 2014). Les cel·les són la unitat fonamental de la malla i aquesta ha de tenir un nombre finit de cel·les. A més de estar format per les cel·les, la malla també s'organitza al voltant dels conceptes: cara, vèrtex i node, veure la configuració a la figura 5.4 per a malles en 2 dimensions:

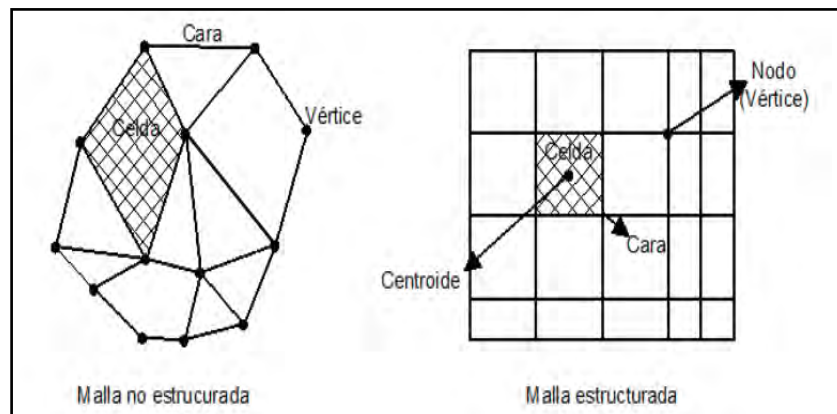


Figura 5.4. Elements presents en una malla. (Fernández Oro 2012).

Les malles poden ser **estructurades** o **no estructurades**. Les malles estructurades, com la de la figura 5.5 ofereixen la millor solució per fluxos tridimensionals degut a la seva forma hexaèdrica, al mateix temps presenten una millor precisió i un menor temps de càlcul que les no estructurades. Per aquests motius les malles estructurades són les més utilitzades en CFD (Ali, Tucker, & Shahpar, 2017).

Les malles no estructurades, com els exemples de la figura 5.6, s'ajusten millor a qualsevol geometria arbitrària, solen conformar-se amb cèl·lules triangulars (en dos dimensions) o tetraèdriques (en tres dimensions).

En certes ocasions pot resultar convenient aplicar mallats híbrids. Els mallats híbrids es basen en una regió principal amb mallat estructurat i, allà la geometria és més complicada i necessita de més detall, la malla passa a ser no estructurada. Un exemple on convé aplicar mallat híbrid és en l'anàlisi de la capa límit.

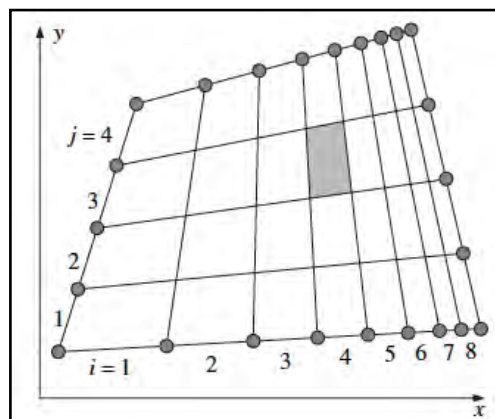


Figura 5.5. Exemple de malla estructurada en 2-D. (Çengel, Cimbala, & Kanoglu, 2010).

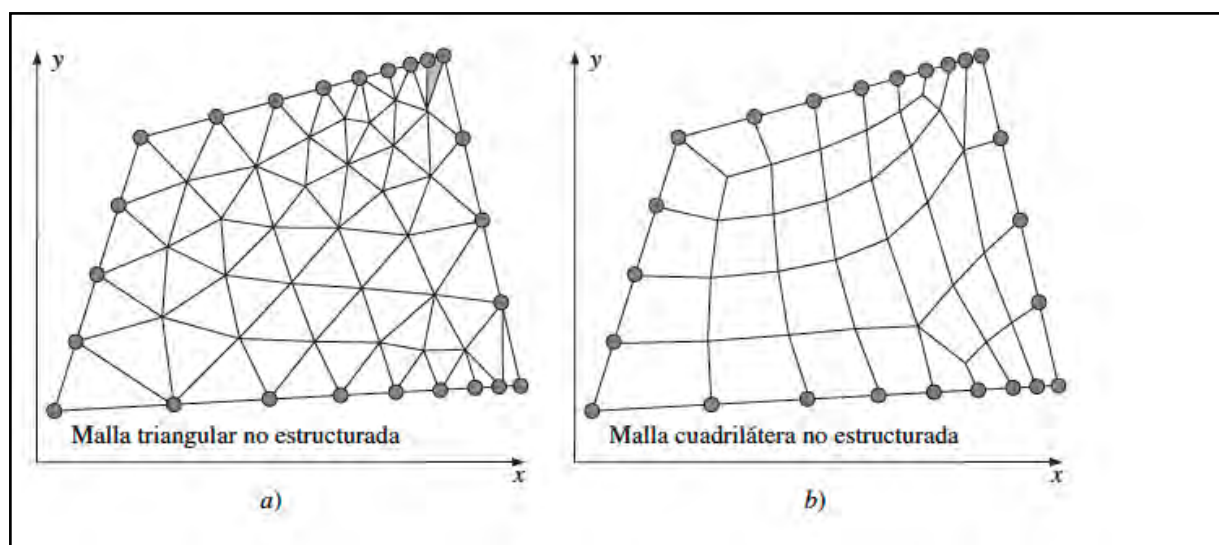


Figura 5.6. Exemples de malles no estructurades en 2-D: a) triangular; b) quadrilàtera. (2010).

5.2.5. Modelització de la turbulència

El fenomen de la turbulència apareix en els fluxos en els que les forces viscoses resulten ser no suficients per estabilitzar-los en règims laminars d'acord amb la teoria de la viscositat de Newton. Perquè aparegui la turbulència cal l'existència d'un flux, és a dir, un fluid en moviment, en el que els fenòmens de convecció (inercials) associats a la velocitat siguin diversos ordres de magnitud superiors als efectes difusius (dissipatius) relacionats amb la viscositat del fluid (Kundu, Cohen, & Dowling, 2012). Aquesta relació es coneix com el número de Reynolds, paràmetre adimensional que estableix la frontera aproximada entre les condicions de flux laminar i les del flux turbulent .

La turbulència és un fenomen físic d'extrema complexitat, de comportament caòtic i de difícil aproximació al seu comportament sinó és únicament des d'una òptica estadística. L'inici de la turbulència té origen a partir de l'aparició de irregularitats en les condicions inicials o de contorn del flux. L'aparició d'aquestes inestabilitats ocasiona una forta retroalimentació i ampliació del fenomen que es manifesta per l'aparició de vòrtex turbulents que es creen i es destrueixen cíclicament (McComb 1990).

Les propietats essencials que caracteritzen el comportament turbulent són (Fernández Oro 2012):

- *Aleatorietat*. Aquesta característica resulta ser la més evident dels fluxos turbulents. Es tradueix en l'aparició de fluctuacions brusques de les variables fluidodinàmiques com la

pressió, la velocitat, la densitat, la temperatura, etc. Les fluctuacions són a diferents escales espacials i temporals, amb clara irregularitat. Una particularitat és que aquest caràcter marcadament no estacionari es dona inclús en fluxos estacionaris¹⁶⁴.

- *Vorticitat*. Tots els fluxos turbulents són rotacionals ($\nabla \times \vec{v} \neq 0$) i els nivells de vorticitat són variables en l'espai i en el temps.
- *Difusivitat*. La turbulència desencadena una intensificació del transport de l'energia, de la quantitat de moviment i de la massa, de forma que, a escala macroscòpica, es confirmen efectes de mescla semblants als de caràcter molecular, purament difusius, però amb longituds de mescla similars a les dels fenòmens convectius.

Altres propietats rellevants que caracteritzen la turbulència són:

- *Tridimensionalitat*. Propietat inherent dels fluxos turbulents.
- *Dissipació*. La turbulència porta associada dissipació d'energia. Un cop desenvolupat un flux turbulent, la turbulència es maté gràcies a l'aportació contínua d'energia, si aquesta aportació desapareix, aleshores desapareix també la turbulència.
- *Número de Reynolds*. Per sota de certs valors del número de Reynolds el flux pot mantenir-se en règim laminar gràcies al predomini de les forces viscoses sobre les inercials. Per valors elevats del número de Reynolds, depenent de cada problema en particular, les irregularitats el les capes del tallant es tornen inestables i, al escapar de la tangencialitat, activen els mecanismes turbulents que, al seu torn, no fan més que intensificar els mateixos fenòmens.

164. En aquest cas, s'ha d'entendre per fluxos estacionaris aquells en que els valors pro-mitjos de les seves variables són invariants temporalment, és a dir que tenen un caràcter estadísticament estacionari.

I) Model de la longitud de mescla de Prandtl

La longitud de mescla de Prandtl es pot considerar la primera proposta de model de turbulència¹⁶⁵. El model defineix la distància mitjana perpendicular a la capa tallant. La capa tallant és aquella en la qual una partícula de fluid perd la seva quantitat de moviment turbulent i adquireix la velocitat mitjana de la seva nova posició. Per mitjà de l'anàlisi dimensional es pot establir la relació entre la viscositat turbulenta i les escales característiques de longitud i velocitat de flux:

$$v_t \approx cvl \quad (48.5)$$

Essent c una constant de proporcionalitat, l una longitud característica del flux.

La relació entre la velocitat característica i la longitud d'escala ha de guardar proporcionalitat amb el gradient de velocitat entre capes en la direcció normal:

$$\frac{v}{l} \approx c' \left| \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \right| \quad (49.5)$$

Essent c' una nova constant de proporcionalitat.

Combinat les equacions (5.48) i (5.49) i substituint la viscositat dinàmica per la cinemàtica, s'obté:

$$\mu_t = \rho l_m^2 \left| \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \right| \quad (50.5)$$

Essent la longitud de mescla funció de la relació de distància a la paret, $l_m = ky$, essent k la constant de Von Kàrman, de valor $k = 0.41$.

165. El model de longitud de mescla fou introduït per Prandtl l'any 1926 (Prandtl 1926).

II) Model de turbulència k-epsilon

El model de turbulència de dos equacions anomenat $k - \epsilon$ (Launder & Spalding, 1972) és el que més acceptació i aplicació ha adquirit en l'àmbit de la dinàmica de fluids computacional degut a la seva economia, al seu nivell de precisió i a la solidesa del model, que ha servit per a abordar multitud de fluxos turbulents, entre els que destaquen la simulació de molts dels fluxos en l'àmbit industrial, especialment en els problemes de transferència de calor.

El mètode es basa en un model semi-empíric de dos equacions que relacionen l'existència d'energia cinètica turbulenta k_T i la taxa de dissipació de l'energia ϵ_T i la viscositat turbulenta μ_t segons una funció del tipus:

$$\mu_t = f\left(\frac{\rho k^2}{\epsilon}\right) \quad (51.5)$$

El mètode $k - \epsilon$ és especialment indicat en els casos en que hi ha un baix gradient de pressions, quan la turbulència està plenament desenvolupada i quan els efectes de la viscositat són menyspreables.

L'equació del transport per l'energia cinètica turbulenta k_T s'obté sumant cadascuna de les equacions de Navier-Stokes (5.33), (5.34) i (5.35) de la pàgina 348, multiplicades prèviament per la component turbulenta corresponent de la velocitat. Combinat cadascuna de les equacions de Navier-Stokes amb cadascuna de les equacions del teorema del transport de Reynolds, s'obté:

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k \bar{v}_i) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + 2\mu_t S_{ij} S_{ij} - \rho \epsilon \quad (52.5)$$

Essent la taxa de dissipació viscosa funció del tensor fluctuant de deformacions:

$$s'_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v'_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v'_j}{\partial x_i} \right) \quad (53.5)$$

Essent la taxa de dissipació turbulenta:

$$\varepsilon = 2\nu \overline{s_{ij}s_{ij}} \quad (54.5)$$

Aleshores, introduint-ho a l'equació (5.52) tot afegint també el tensor promig de deformacions de producció de turbulència: $G_k = 2\mu_t S_{ij} S_{ij}$, resulta l'expressió:

$$\frac{\partial(\rho\varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho\varepsilon\bar{v}_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} G_k - \rho C_{\varepsilon 2} \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (55.5)$$

Quedant definida finalment una funció per a l'equació (5.51) segons:

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (56.5)$$

Ajustant experimentalment el model s'han obtingut els valors de les constants adimensionals que proporcionen solucions correctes dels fenòmens turbulents en una majoria de problemes (Fernández Oro 2012); aquests valors es relacionen a continuació:

$$C_\mu = 0.09 \quad C_{\varepsilon 1} = 1.44 \quad C_{\varepsilon 2} = 1.92 \quad \sigma_k = 1.0 \quad \sigma_\varepsilon = 1.3$$

Quedant, amb la definició d'aquestes constants adimensionals, totalment formulat el model.

5.3. Parametrització del model mitjançant el software Flow3D

El programa *Flow3D*, de la companyia *Flow-Science*, és un software comercial de CFD (*Computational Fluid Dynamics*) líder en el mercat en quan a la simulació i anàlisi tridimensional de fluids sota superfície lliure i en règim transitori.

Flow3D resol el sistema d'equacions de Navier-Stokes en tres dimensions per simular el flux de fluids. Utilitza un mètode exclusiu de volum de líquid, *VOF*, patentat per seguir la superfície lliure. Aquest enfocament és un dels trets definitoris del programari i proporciona tres funcions importants de franc superfície de flux: ubicació precisa i orientació de les superfícies lliures dins de les cèl·lules computacionals, seguiment molt acurat del moviment de la superfície lliure a través de les cel·les i una condició de límit precís aplicada a la interfície gas-líquid que conforma la superfície lliure (Burnham 2011).

El programa *Flow3D* pot operar en nombroses aplicacions degut al seu entorn multi-físic, per exemple, presenta l'avantatge de que permet l'anàlisi de la interacció del fluid amb l'estructura amb la que entra en contacte i permet estudiar les forces, les tensions i les deformacions resultants sobre parets i cossos. Aquesta particularitat resulta fonamental en el cas que ens ocupa en aquesta investigació per poder estudiar el funcionament del mecanisme de regulació del Mòdul Hidromètric, ja que està basat en una vàlvula accionada mitjançant una boia que es mou en funció del nivell de l'aigua dins el dipòsit regulador.

El software *Flow3D* ofereix també altres capacitats destacables, entre elles:

- Sistema de referència no inercial.
- Forces d'acceleració en les tres dimensions.
- Multi-fase, diversos fluids i diversos estats.
- Diferents models de turbulència.
- Transferència de calor.
- Modelat de processos químics.
- Modelat de partícules discretes.
- Interacció aire-fluid a la superfície lliure.
- Contempla efectes de vent i onatge.
- Cavitació.

- Mitjans porosos.
- Interacció completa fluid-estructura, incloent parets elàstiques.
- Erosió i sedimentació

Tot plegat fa que software *Flow3D* s'utilitzi habitualment per resoldre problemes pròpiament hidràulics, però també qualsevol en el que intervinguin fluids, essent les seves aplicacions tant variades com, per exemple:

- Simulació de fluxos amb superfície lliure en règim transitori.
- Ressalts hidràulics.
- Hidràulica fluvial.
- Hidràulica marítima i costanera.
- Estudis d'erosió/sedimentació.
- Dilució de contaminants.
- Depuració d'aigües.
- Simulació de màquines hidràuliques.
- Foneria.
- Simulació de flux en vàlvules.
- Bescanviadors de calor
- Aerodinàmica i hidrodinàmica.
- Sistemes de climatització.
- Humidificació evaporativa/spray.
- Sistemes d'injecció de combustible/tinta.
- Sistemes de sanejament.
- Ventilació natural.
- Sistemes de reg.
- Refrigeració sistemes electrònics.

Degut al caràcter multi-físic del paquet informàtic *Flow3D*, aquest presenta una diversitat de recursos i prestacions molt extensa per poder abordar un gran nombre de problemes diferents. Moltes d'aquestes funcionalitats no seran utilitzades necessàriament en la modelització del Mòdul Hidromètric. Per aquest motiu, en els apartats següents es farà una descripció únicament d'aquelles funcions o característiques que, o bé seran utilitzades en el model, o bé poden ajudar a entendre la metodologia de modelització específica d'aquest programa per a una millor seguiment i comprensió del mètode utilitzat.

Per poder portar a terme la present investigació la companyia *Flow-Science* ha proporcionat una llicència temporal de recerca. La versió del software utilitzada ha estat la 11.2.1.06win64 02/01/2017 pel *Solver* i la versió 11.2.1.3 02/02/2017 per la *Interface*, amb la llicència de recerca *hydr3d16*, vàlida des del 22 de març de 2017 fins el 22 de juliol de 2017.

5.3.1. Mètodes de càlcul i algorismes utilitzats

I) Sistema d'equacions i paràmetres específics

Tenint en compte les equacions del transport de Reynolds, les equacions de Navier-Stokes i la turbulència, resulten un total de 17 equacions diferencials amb 17 incògnites que governen qualsevol problema general de la Mecànica dels Fluids. És evident que un sistema com aquest resulta excessivament complicat de resoldre analíticament tenint en compte el gran nombre de cel·les sobre les que cal aplicar-lo. Per tal de reduir la complexitat es pot partir d'una primera simplificació: en aquells problemes en que la densitat del fluid no depengui de la temperatura (fluid barotròpic), considerar que la densitat és una variable funció únicament de la pressió. Amb aquesta simplificació el sistema queda reduït a un problema mecànic (en haver desacoblat la part tèrmica del problema). I el sistema d'equacions passa a ser un sistema de 4 equacions i 4 incògnites, al quedar reduït a la conservació de la massa o equació de continuïtat, equació (5.10) de la pàgina 343, i la conservació de la quantitat de moviment o equacions de Navier-Stokes, equacions (5.33), (5.34) i (5.35) de la pàgina 348.

El software *Flow3D* defineix el sistema de 4 equacions i 4 incògnites de la següent forma:

$$\frac{\partial}{\partial x}(u \cdot A_x) + R \frac{\partial}{\partial y}(v \cdot A_y) + \frac{\partial}{\partial z}(w \cdot A_z) + \xi \frac{u \cdot A_y}{x} = \frac{R_{SOR}}{\rho} \quad (57.5)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{V_F} \left(u \cdot A_x \cdot \frac{\partial u}{\partial x} + v \cdot A_y \cdot R \cdot \frac{\partial u}{\partial y} + w \cdot A_y \cdot R \cdot \frac{\partial u}{\partial z} \right) - \xi \frac{A_y \cdot v^2}{x \cdot V_F} = \\ = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} + G_x + f_x - b_x - \frac{R_{SOR}}{\rho \cdot V_F} (u - u_w - \delta u_s) \end{aligned} \quad (58.5)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{V_F} \left(u \cdot A_x \cdot \frac{\partial v}{\partial x} + v \cdot A_y \cdot R \cdot \frac{\partial v}{\partial y} + w \cdot A_z \cdot R \cdot \frac{\partial v}{\partial z} \right) - \xi \frac{A_y \cdot v \cdot u}{x \cdot V_F} = \\ = -\frac{1}{\rho} \left(R \cdot \frac{\partial p}{\partial x} \right) + G_y + f_y - b_y - \frac{R_{SOR}}{\rho \cdot V_F} (v - v_w - \delta v_s) \end{aligned} \quad (59.5)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial w}{\partial t} + \frac{1}{V_F} \left(u \cdot A_x \cdot \frac{\partial w}{\partial x} + v \cdot A_y \cdot R \cdot \frac{\partial w}{\partial y} + w \cdot A_y \cdot R \cdot \frac{\partial w}{\partial z} \right) = \\ = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} + G_z + f_z - b_z - \frac{R_{SOR}}{\rho \cdot V_F} (w - w_w - \delta w_s) \end{aligned} \quad (60.5)$$

La primera expressió, l'equació (5.57), és la de continuïtat i les altres tres restants, (5.58), (5.59) i (5.60), corresponen a les equacions de conservació de la quantitat de moviment de Navier-Stokes. Tanmateix, *Flow3D*, hi introdueix alguns paràmetres *ad hoc*:

A_i : Fracció de l'àrea de flux en la direcció i .

R : Coeficient utilitzat per passar de coordenades cartesianes a cilíndriques.

ξ : Per coordenades cartesianes pren el valor 0.

R_{SOR} : Font de massa. Permet l'entrada de cabal, per exemple.

V_F : Fracció de volum de fluid

u_w ; δu_s : Components de velocitats relatives relacionades amb la font de massa.

G_i : Component de l'acceleració de la gravetat en la direcció i . Correspon a la component de la força màssica de l'expressió de la quantitat de moviment (Navier-Stokes).

f_i : Component de les forces viscoses en la direcció i .

b_i : Paràmetre que representa la porositat de cossos. En el cas del present estudi serà igual a 0.

El sistema d'equacions té solució ja que és compatible determinat, tanmateix es requereix d'una gran capacitat de càlcul computacional donat l'elevat nombre de cel·les que han de complir amb les equacions. Les dimensions de les cel·les determinen el grau de precisió de la solució i, fins i tot, el que aquesta pugui ésser determinada o no en funció de si el càlcul és convergent o no.

II) Metodologia de càlcul del software Flow3D

La metodologia utilitzada pel software *Flow3D* és una cascada de processos de càlcul iteratiu, així és: utilitza successives aproximacions numèriques per resoldre les equacions (5.57), (5.58), (5.59) i (5.60) mitjançant la seva aplicació sobre un gran nombre de volums finits, seguint el mètode FVM de la pàgina 350. Els valors de les variables s'obtenen generalment de forma explícita però l'aplicació utilitza també mètodes implícits quan es requereix, per a les pressions en les equacions de la quantitat de moviment i per les velocitats en l'equació de continuïtat. Aquesta resolució semi-implícita de diferències finites

Capítol 5. Modelització mitjançant CFD del Mòdul Hidromètric

obté molts bons resultats per a flux incompressible i baixes velocitats. En general, s'obté un procés estable, que resulta simple i molt sòlid des d'un punt de vista computacional.

Una de les condicions que imposa l'estabilitat del programa és la que l'equip tècnic anomena condició de Courant¹⁶⁶:

$$c = \frac{u^* \cdot \Delta t}{\Delta x} \leq 1 \quad (61.5)$$

Essent el terme u^* la velocitat de propagació d'una pertorbació dins el fluid, c la celeritat, Δt l'interval de temps i Δx la dimensió d'una cella.

Es desprèn de la condició de Courant que quan més gran és la velocitat aleshores, a igual dimensió de cella, més petit ha de ser l'interval de pas del temps per al càlcul per tal de que el mètode sigui estable.

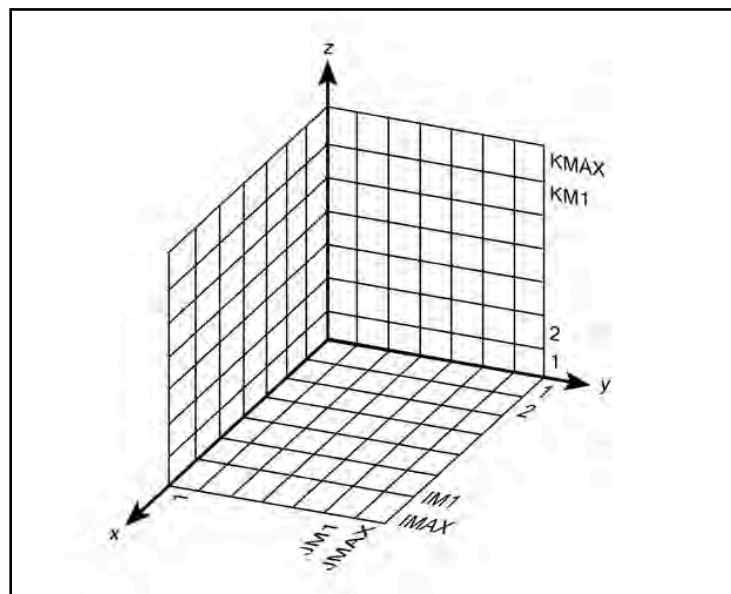


Figura 5.7. Notació del mallat. (2012).

166. Anomenada també *Multidimensional Stability and Implicit Treatment of Advective Terms*, publicada amb el nombre d'instrucció 87 (Flow Science 2012).

Així doncs, les dimensions de les cel·les que formen el mallat són essencials per a l'estabilitat del mètode i, alhora, condicionen el temps de càlcul per obtenir la solució. *Flow3D* utilitza cel·les rectangulars de costats: δx_i , δy_i i δz_i . La regió de la malla activa té un nombre IFILES de cel·les en la direcció x (amb etiqueta i), un nombre JFILES de cel·les en la direcció y (amb l'etiqueta j) i KFILES de cel·les en la direcció z (amb l'etiqueta k). A més, s'incrementa el nombre de cel·les mitjançant capes fictícies o de contorn que tenen la funció de facilitar la imposició de les condicions de contorn del problema.

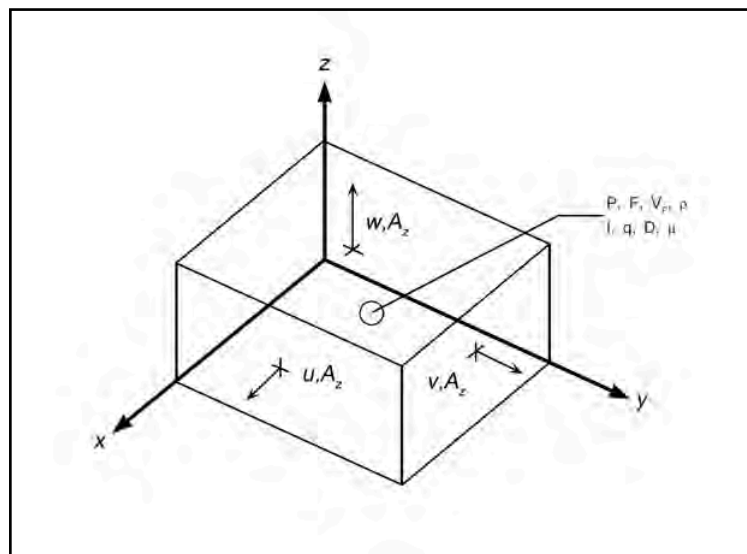


Figura 5.8. Notació de les variables en una cel·la de la malla. (2012).

La figura 5.8 representa els punt concrets de la cel·la on es comptabilitza els valors de les variables a estudiar com, per exemple, la velocitat i la pressió. Les velocitats u i les fraccions de les àrees A_x es situen en els centres de les cares de les cel·les normals a la direcció x . En el cas de les velocitats v , i de les fraccions de les àrees A_y , es troben en els centres de les cares de les cel·les normals a la direcció y . Per últim, en el cas de les velocitats w i les fraccions de les àrees A_z , es situen en els centres de les cares de les cel·les normals a la direcció z . D'altra banda, en els centres de les cel·les, es localitzen les pressions p , les fraccions de fluid F , les fraccions de volum V , les densitats ρ , les energies internes I , les energies de turbulència q , les energies de dissipació D , i les viscositats μ .

Es segueix un mètode de càlcul en el que, per incrementar un nou interval de temps δt , es procedeix en tres fronts:

- a. Es calculen aproximacions explícites per a satisfer les equacions de la quantitat de moviment en la primera iteració en el nou pas de temps (*Time Step*) per les velocitats, a partir de les condicions inicials o els valors obtinguts en el pas de temps previ. Això es fa també per totes les acceleracions.
- b. Es calculen aproximacions implícites per a satisfer l'equació de continuïtat. La forma d'ajustar les pressions en cada cel·la és per iteracions, de forma que els canvis de velocitats generats a cada canvi de pressió s'introdueixen en el pas l.
- c. L'últim pas és l'aplicació del mètode VOF (veure l'apartat 5.IV a la pàgina 366), per les cel·les de la superfície lliure o entre-fase entre fluids. En aquest tercer pas també s'integren les quantitats d'energia turbulentes en el balanç de les equacions.

III) L'algoritme FAVOR™

El software *Flow3D* compta amb un algoritme anomenat *FAVOR™*, *Fractional Area/Volume Obstacle Representation Method*, que té la funció de suavitzar el contorn en objectes curvilinis amb la finalitat d'evitar haver de crear unes malles excessivament detallades que implicarien un cost computacional molt elevat.

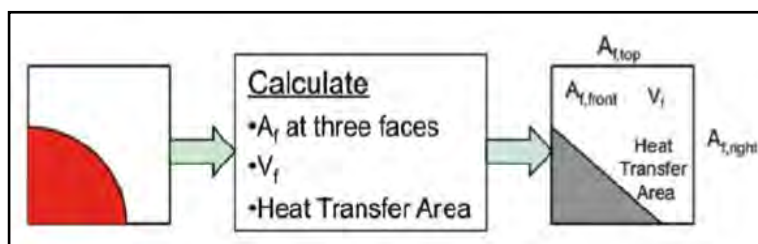


Figura 5.9. Esquema de l'algoritme FAVOR™. (2012).

L'algoritme FAVOR™ assigna a cada cel·la del mallat que correspon a un objecte un valor entre 0 i 1 per definir el grau de porositat del mitjà. El valor 1 correspon a un material que no ofereix barrera, és a dir totalment permeable, mentre que el valor 0 correspon a un material barrera, és a dir totalment impermeable. En el cas de que el valor es trobi entre els valors 0 i 1, l'algoritme determina una línia recta (en 2-D) o un pla recte (en 3-D) dins la cel·la per determinar l'angle de la frontera. L'efecte assolit és el de suavització de la superfície, eliminant l'escalat típicament associat a malles estructurades rectangulars, patró que es mostra a la figura 5.10 i l'aplicació pràctica en el cas dels xamfrans de les parets del model del Mòdul Hidromètric en la figura 5.20 de la pàgina 378.

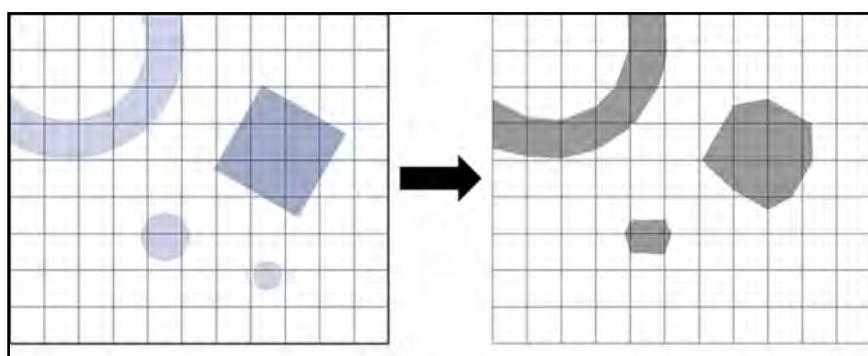


Figura 5.10. Objectes reals (esquerra) i discretització amb malles rectangulars (dreta). (2012).

L'aplicació del mètode FAVOR™ disminueix el temps de concepció i formació de la malla però, sobretot, permet canvis en el temps de la geometria dels objectes sense necessitat de modificar la malla. Aquest punt és fonamental en els casos de objectes mòbils o deformables, com és el cas del mecanisme mòbil de regulació del Mòdul Hidromètric que s'acciona per un flotador.

IV) El mètode VOF

Els fluxos amb superfície lliure presenten regions del domini on, en un punt temporal, pot haver-hi o no fluid. El moviment de la superfície lliure que delimita la frontera entre líquid i gas complica la modelització del fenomen. Certament, la superfície lliure canvia amb el temps i l'espai i això fa que les variables només adquireixen valors en l'àmbit de la fracció de fluid, però no s'han de comptabilitzar fora d'aquest àmbit, és a dir, en el buit no s'han de resoldre les equacions. En aquest sentit, la superfície lliure delimita el domini de computació, que correspon al flux, del domini on està exclòs el flux (Nichols & Hirt, 1971). L'aplicació *Flow3D* utilitza un mètode específic, el VOF (*Volume of Fluid*) per concretar la superfície lliure a partir del concepte de fracció de volum. El VOF té una concepció semblant a la del mètode FAVOR™ ja que és una derivació seva (Hirt & Nichols, 1981). El mètode VOF assigna valors 1 i 0 a les cel·les en funció de si són plenes o no i valors entre 0 i 1 si són parcialment plenes.

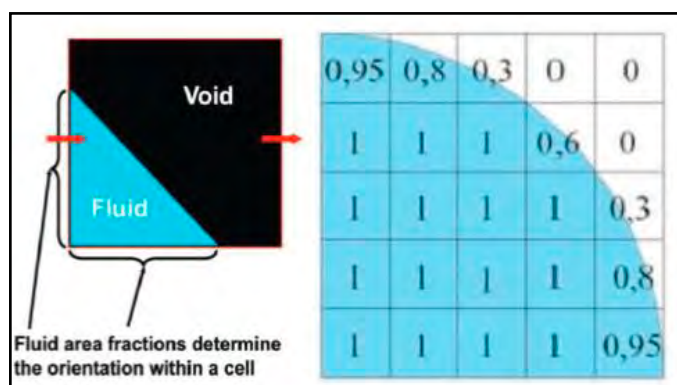


Figura 5.11. Funcionament del mètode VOF. (Flow Science 2012).

El mètode VOF genera diversos avantatges per la definició de la superfície lliure respecte a altres mètodes. Entre aquests n'hi ha un de destacat: amb el mètode VOF no cal modificar la malla, es pot mantenir fixa i no és necessari adaptar-la o deformar-la per seguir la superfície lliure, cosa que sí cal fer en altres mètodes. El fet de mantenir la malla fixa facilita el desenvolupament dels algoritmes de simulació, millora el rendiment i redueix significativament el temps de càlcul.

El software també disposa d'un algoritme que corregeix l'efecte de cel·les perdudes (*misty cells*). Les cel·les perdudes generen disrupcions en l'equació de conservació de la massa. Els paràmetres d'aquest algoritme poden ser supervisats a través de l'opció *Multi-Block Error* en l'*interface* del programa. També és modulable el valor VOF a partir del qual la cel·la es considera plena.

V) Dissipació energètica

Per valorar l'energia dissipada en un flux cal tenir present la teoria de la capa límit de Prandtl que explica les tensions tallants que apareixen en la interacció entre fluid i estructura. La capa límit és una regió molt petita del domini fluid dins de la qual es genera una subcapa laminar encara més petita que acull el 99% del gradient de velocitats; això explica l'elevat esforç tallant degut atribuïble a la viscositat, veure la figura 5.12. La resta de la capa límit acull les tensions turbulentes. La dissipació total d'energia en un flux tridimensional és deguda a la suma d'ambós tensions, les viscoses i les turbulentes.

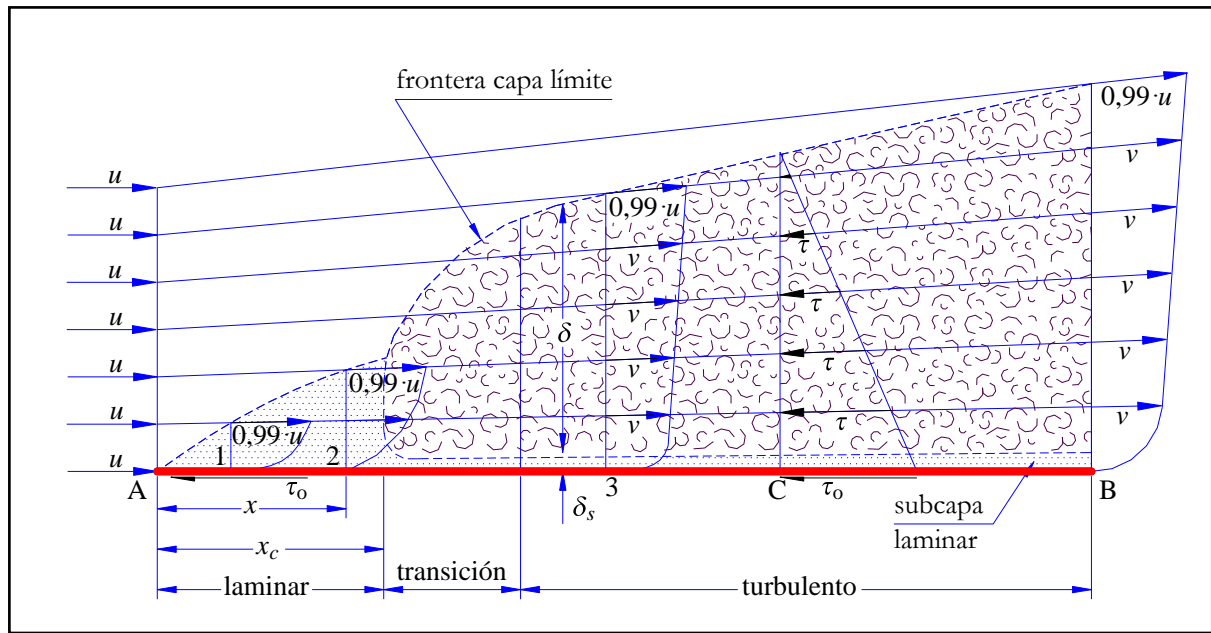


Figura 5.12. Teoria de la capa límit de Prandtl per a placa plana. (Agüera Soriano 2002).

Entre les variables que influeixen en el problema apareix també la rugositat del material de l'estructura, k . *Flow3D* permet incorporar la rugositat individual de cada element estructural del model, de forma que afecta el desenvolupament de la capa límit. El mètode per incorporar els efectes de dissipació deguts a la turbulència és el de sumar un terme, el producte $\rho \cdot k \cdot u \cdot r$, a la viscositat dinàmica μ . Aquest increment modifica el gradient de velocitats dins la capa límit, fent que el perfil de velocitats sigui més vertical i dissipï una quantitat d'energia més gran.

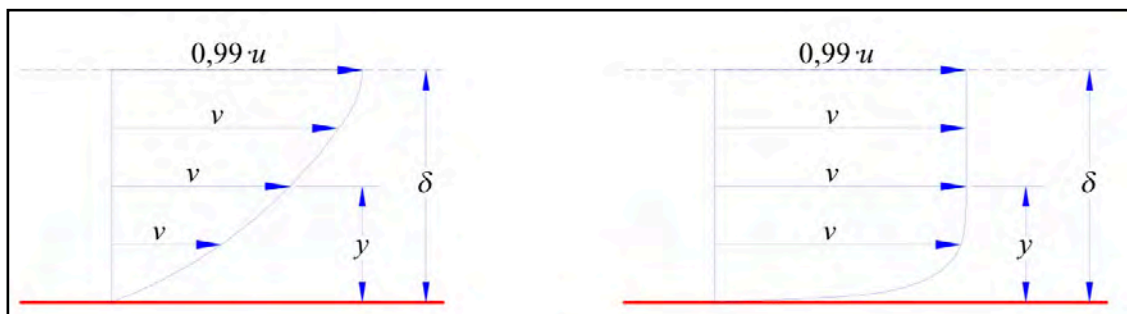


Figura 5.13. Perfil de velocitats dins la capa límit laminar (esquerra) i perfil de velocitats dins la capa límit turbulenta (dreta). (2002)

VI) Models de turbulència aplicables

Segons els estudis de turbulència realitzats per Reynolds, la velocitat presenta ràpides fluctuacions, com les que es mostren en la figura 5.14 .

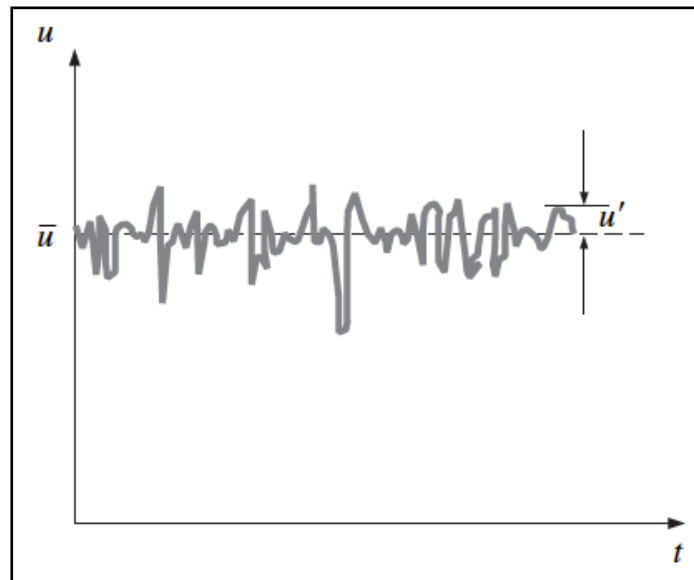


Figura 5.14. Variabilitat de la velocitat en funció del temps per a flux turbulent. (Çengel et al., 2010).

Per poder integrar aquestes ràpides variacions de la velocitat degudes a la turbulència es necessita modelar el problema amb una malla amb cel·les de unes dimensions tant reduïdes que no seria viable des de un punt de vista dels recursos computacionals necessaris. Aquestes dificultats del tractament matemàtic recomanen la utilització de models de turbulència que simplifiquin el càlcul. Generalment els models de turbulència descomponen la velocitat puntual en una velocitat mitjana més un terme de fluctuació (Versteeg & Malalasekera, 2007).

Utilitzant aquests valors mitjans i afegint un terme de tensions turbulentes, de les equacions de Navier-Stokes s'obté el que s'anomenen equacions de Reynolds, equació (5.62), tenint ara un sistema de 4 equacions però amb 7 incògnites, el que suposa l'aparició de l'anomenat problema del tancament de la turbulència de Reynolds, consistent en tenir més incògnites que equacions.

$$-\nabla \bar{p} + \mu \Delta \bar{v} + \nabla \tau_R + \rho b = \rho \frac{d\bar{v}}{dt} \quad (62.5)$$

En l'equació (5.62) presenta els valors mitjans de les pressions i de les velocitats i s'ha afegit un nou terme, $\nabla \tau_R$, que representa les tensions turbulentes o de Reynolds. Una solució al problema del tancament de la turbulència potser associar un gradient de turbulència al tensor de Reynolds (Boussinesq 1873), $\tau_R = \rho \mu_T \nabla \cdot \bar{\bar{v}}$, essent μ_T el terme corresponent a la viscositat turbulenta. Substituint aquest gradient turbulent en l'equació (5.62), resulta:

$$-\nabla \bar{p} + \mu \Delta \bar{v} + \rho \mu_T \bar{\bar{v}} + \rho b = \rho \frac{d\bar{v}}{dt} \quad (63.5)$$

El paquet *Flow3D* proposa un total de 5 mètodes per trobar el valor de la viscositat atribuïble a la turbulència, μ_T . Les diferents opcions de models de turbulència són:

- a. **Model de longitud de mescla de Prandtl.** Els seus fonaments es detallen en l'apartat 5.2.5l a la pàgina 356. És el model que implica una menor quantitat de recursos computacionals degut a la seva simplicitat. Funciona bé en el cas de flux uniforme i en règim estacionari. Per tant, no és el més recomanable en el cas que ens ocupa per ser un règim transitori.
- b. **Model *One-Equation*.** Aquest model suposa una simplificació del model de dos equacions. Permet obtenir solucions en règim estacionari i té l'avantatge de ser més sòlid i estable que el model de longitud de mescla de Prandtl. Els requeriments de potència de càlcul són reduïts però presenta problemes de imprecisió en geometries complexes. En el nostre cas no és recomanable per tractar-se de règim transitori i donada la complexitat geomètrica del model.
- c. **Model RNG.** El model RNG, o *Renormalization Group Method*, es basa en l'aplicació de mètodes probabilístics a les derivades de les equacions de l'energia cinètica turbulenta i a la taxa de dissipació. S'obtenen bons resultats per a números de Reynolds moderats (poc grau de turbulència). Aquest model es podria aplicar al flux estacionari en seccions rectes del canal de la Sèquia, però no és convenient en el cas del Mòdul Hidromètric donat que hi ha regions del flux que presenten una elevada turbulència, com ho són aigües avall dels vessadors.
- d. **Model LES.** El model LES, o *Large Eddy Simulation*, proposa la simplificació de les equacions de Navier-Stokes per a escales petites per acabar afegint un terme compensatori de la viscositat deguda a la vorticitat d'aquestes mateixes regions (*Eddy*

viscosity). Degut a la heterogeneïtat geomètrica del problema estudiat no resulta recomanable l'aplicació d'aquest mètode en el cas del Mòdul Hidromètric.

- e. *Model k-epsilon*. Els fonaments d'aquest model estan detallats en l'apartat 5.2.5II a la pàgina 357. Serà el model escollit per modelar el Mòdul Hidromètric pel seu bon comportament en règim transitori. Un dels problemes que presenta és que no dona bons resultats quan en el problema intervenen importants gradients de pressions; tanmateix, en el cas que ens ocupa, no existeixen gradients de pressions importants i, per tant, això no ha de presentar cap problema.

5.3.2. La interface gràfica

El software *Flow3D* presenta una *interface* gràfica, veure la figura 5.15, que ofereix un entorn amigable per a la establiment del model, per a la configuració dels processos i paràmetres que el definiran i per a la visualització de la solució i la seva anàlisi. Tot el sistema computacional està orientat amb la finalitat de facilitar una bona comprensió del comportament del fenomen estudiat.

Una particularitat que presenta el paquet informàtic és que, en cas de presentar-se algun error, es poden fer les correccions sobre el model per tal d'evitar l'error, sense necessitat de aturar la simulació, recarregant i ajustant de forma dinàmica les noves condicions del model a partir del moment de la modificació o ajust. Aquest és un avantatge important perquè permet supervisar el comportament del model i corregir-lo amb la mínima pèrdua de temps (Flow Science 2012).

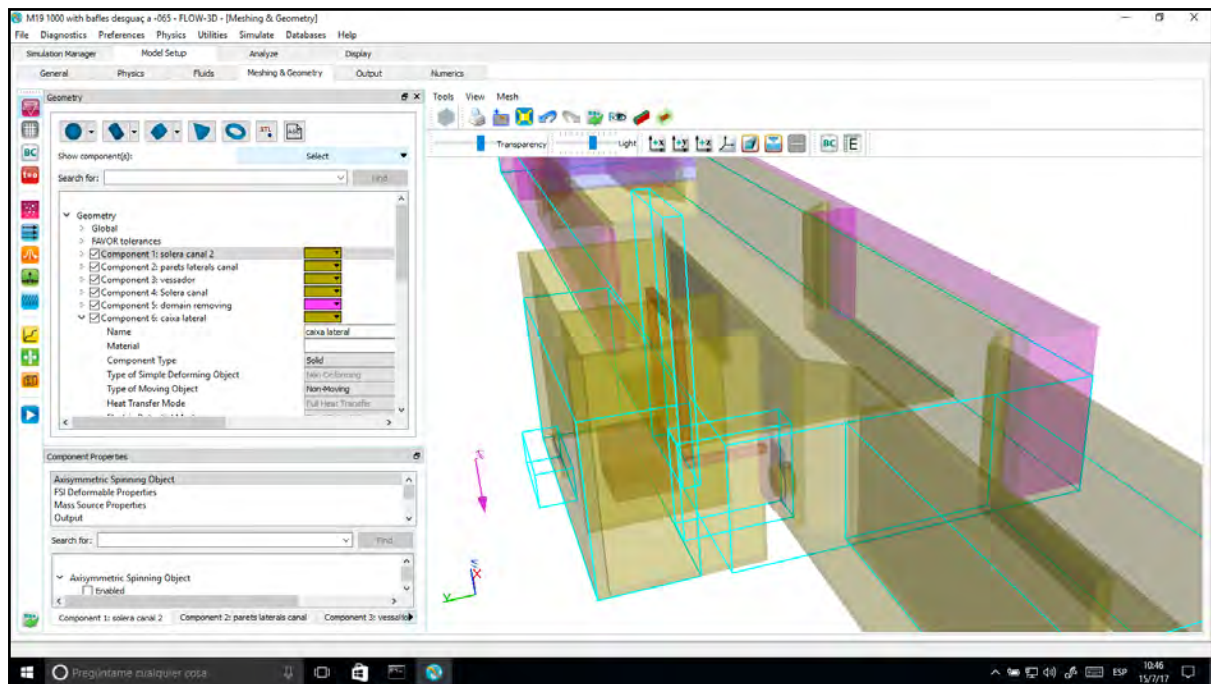


Figura 5.15. Procés de construcció de la geometria. Elaborat amb el software *Flow3D*.

5.3.3. Definició del problema a modelar

En modelització numèrica s'entén que un bon model és aquell que reproduïx amb exactitud la realitat i que, en el que és objecte d'estudi, té el mateix comportament físic. Els mètodes numèrics permeten utilitzar diversos models de turbulència i variar les condicions inicials i de contorn amb la finalitat d'ajustar-se al màxim al problema real. La definició de tots aquests paràmetres ha de ser estudiada detingudament prèviament, tenint present els següents aspectes:

- Definir clarament l'objectiu de la modelització.
- Definir el sistema de referència, les escales i la geometria del problema.
- Definir el tipus de mallat per aplicar el mètode de càlcul CFD.
- Definir les condicions de contorn del fenomen.
- Definir el tipus de fluid i les seves propietats.
- Establir les condicions inicials del fenomen, tant del fluid com del seu contorn.
- Delimitar la durada de la simulació.
- Elecció de les variables que hauran de ser recopilades per interpretar els resultats.

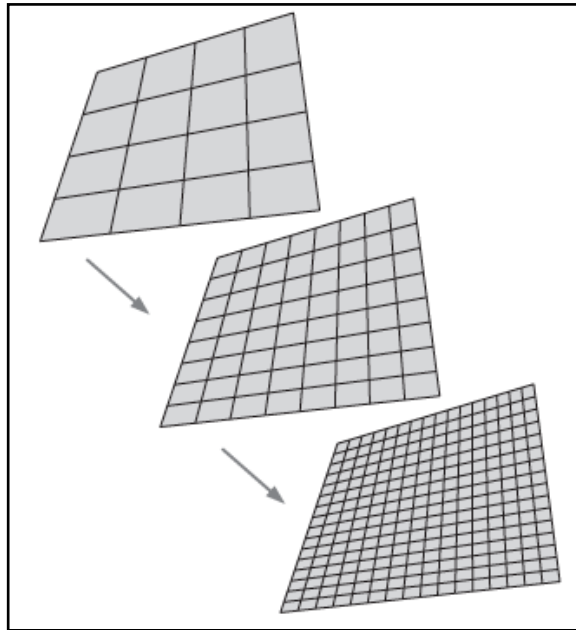


Figura 5.16. Redefinició progressiva del mallat. (Çengel et al., 2010).

Freqüentment es comença construint un model de baixa resolució, en especial atenent a la definició del mallat, per reduir els costos de càlcul i agilitzar el procés. Posteriorment, a partir dels resultats obtinguts, es procedeix a redefinir el model tal i com es mostra a la figura 5.16. D'aquesta forma és va augmentant el nivell de definició de forma gradual quan ja es té la certesa de que el model està fidelment reproduït i s'han resolt tots els problemes que ocasionalment hagin pogut sorgir.

5.3.4. Geometria i domini computacional

La discretització de la geometria ha de fer-se correctament per poder ser usada en el programa *Flow3D* amb la màxima simplificació possible alhora que sense que això alteri el comportament del fenomen.

Hi ha l'opció de construir la geometria del model des de la mateixa aplicació, per això el software *Flow3D* compta amb un editor que permet definir figures de 2 i 3 dimensions de forma simple. Per models de geometria més complexa resulta convenient dibuixar el model amb solucions més orientades al disseny i, posteriorment, importar l'arxiu elaborat a l'aplicació de CFD.

Én aquest cas és el que s'ha fet, per a poder fer la simulació del model del Mòdul Hidromètric s'ha procedit a construir primer un arxiu CAD de la geometria del fons i les

parets laterals del mòdul, així com la caixa lateral de regulació, utilitzant la llicència número de sèrie 900-84247438/797H1 per a recerca del paquet informàtic *AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL 2016*. Una vegada obtingut aquest arxiu de dibuix de la geometria s'ha convertit al format ASCII STL per a poder importar-lo al programa *Flow3D* que és el paquet informàtic de Dinàmica de Fluids Computacional usat per a fer la construcció del model i per a fer les diferents simulacions numèriques amb la finalitat de determinar els cabals de regulació del Mòdul Hidromètric.

El primer pas per poder importar la geometria al entorn del programa *Flow3D* és el la detecció d'errors continguts en les superfícies de l'arxiu ASCII STL; per a aquest objectiu s'ha utilitzat l'aplicació *MiniMagics*. A continuació, els errors detectats han estat corregits de forma automàtica mitjançant l'eina *qAdmesh*, que es troba incorporada en el mateix paquet de *Flow3D*.

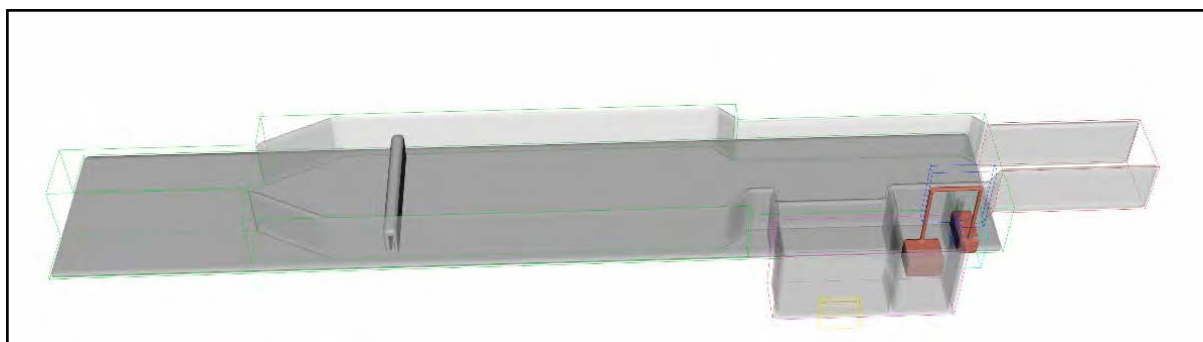


Figura 5.17. Model geomètric del Mòdul Hidromètric amb els dispositius de regulació. Elaborat amb el software *Autodesk Inventor Professional 2016*.

Una vegada importat el disseny del mòdul a l'aplicació s'estableix l'eix x per a la direcció del flux, l'eix y per la secció normal al flux i normal a la solera del canal i, finalment, tot seguint la regla de la mà dreta, a l'eix z s'atribueix la direcció de la component acceleració de la gravetat en el marc d'un sistema inercial de referència.

Per a obtenir les dimensions del Mòdul i poder construir-ne el model s'ha utilitzat els plànols del projecte original així com també s'ha fet un seguit de comprovacions sobre els elements estructurals que encara avui dia estan intactes. Efectivament, actualment el Mòdul Hidromètric encara manté part de la seva estructura original: s'ha conservat les parets dels dos cossos o trams centrals així com també els dos calaixos que, malgrat que estan buits i inutilitzats es conserven en perfecte estat gràcies a estar protegits per la caseta del Mòdul. El vessador lateral de regulació hi resta intacte delimitat per una reixa, integrat en una de les parets de la caseta. Actualment només hi manca el vessador principal que va ser retirat, i el sistema de regulació format per el flotador, el balancí, la cadena i el tub amb la vàlvula de descàrrega van ser desmuntats i avui dia es troben exposats al Museu de la Tècnica de

Capítol 5. Modelització mitjançant CFD del Mòdul Hidromètric

Manresa, dins l'exposició permanent La Sèquia i l'Aigua. El projecte original, amb els seus plànols, es troben dipositats en el Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font.

El model del Mòdul Hidromètric en el seu conjunt està format per els següents elements o seccions, seguint la direcció del flux:

- a. [Primera secció.](#) La primera secció del model correspon al tram del canal d'arribada. Aquest primer tram té les característiques nominals del canal, de 1.5 metres d'amplada i una alçada de paret de 2 metres. En el model s'ha pres una longitud d'aquest primer tram de 6 metres com a suficient per a que el cabal d'entrada s'estabilitzi.
- b. [Segona secció.](#) A continuació d'aquest primer tram es troba un eixamplament a 45° que dona lloc a un segon tram del Mòdul de 7 metres de longitud i una amplada superior, concretament de 2.4 metres d'amplada, aquesta segona secció és la que acull en el seu lateral esquerra el vessador de la caixa de regulació.
- c. [Tercera secció.](#) El canal continua amb un segon eixamplament també a 45° que dona lloc al tercer tram del Mòdul, és la part final del conjunt de regulació. Aquest tercer tram és el que presenta la secció més ample de tot el mòdul, amb una amplada de 3.8 metres i una longitud de 13.4 metres. Aquesta secció és la que acull el vessador que assegura el nivell aigües amunt per a que funcioni el mecanisme de regulació situat en la caixa lateral, a l'esquerra del segon tram. El vessador situat en el tercer tram, està situat quasi en la seva part final, justament a 1.8 metres de la constricció de la secció. Aquesta constricció o reducció de secció presenta un angle més suau que els eixamplaments anteriors, en aquest cas és a 30°, i serveix per recuperar l'amplada nominal del canal, de 1.5 metres en el que serà el quart i últim tram del model.
- d. [Quarta secció.](#) Per a la simulació, aquesta última secció del canal, de 1.5 metres d'amplada, s'ha establert amb una longitud de 8 metres, suficient per tal de que es pugui estabilitzar el flux. Això dona una llargada total del model de 34 metres, 20 metres pròpiament del que és estrictament el Mòdul i 14 metres que corresponen als dos trams de canal, a l'entrada i a la sortida. L'alçada de les parets del model s'ha establert en 2 metres en els quatre trams.
- e. [Vessador inundable de paret prima.](#) El vessador és l'estructura que interfereix el flux de forma que aquest ha de passar per damunt en forma de làmina d'altura variable H (en funció del cabal). El vessador és de paret prima, secció rectangular i inundable. Les dimensions de la paret que forma el vessador són: 3.8 metres d'amplada (eix y) i 1 metre d'alçada (eix z). El gruix de la paret és de 0.4 metres (eix z). En funció de l'alçada de la làmina H sobre el vessador, es tindrà un nivell $H+1$ metres de profunditat d'aigua

en el tercer i segon tram del Mòdul que, en funció d'aquesta cota, es derivi o no aigua pel vessador lateral cap als calaixos de regulació.

- f. Primer calaix de regulació. D'altra banda també hi ha els dos calaixos de regulació que es troben adossats a la part esquerra del segon tram del Mòdul. El primer calaix, en el sentit del flux, és el que rep l'aigua a través del vessador lateral. Aquest vessador lateral té una alçada (respecte la solera del canal) de 1.28 metres, és a dir, 28 centímetres més que el vessador principal vist en el punt anterior. El primer calaix té una secció rectangular de 6 m^2 (3 metres en l'eix x i 2 metres en l'eix y) i una alçada de 3.5 metres (eix z). L'estructura del primer calaix té habilitada, en la seva paret més allunyada de l'eix central del Mòdul i paral·lela a aquest, una comporta de fons. Aquesta comporta de fons fa 1 metre d'amplada i pot ser regulada en alçada. La comporta té la funció de desguàs, per tal d'alliberar el cabal sobrant i mantenir una alçada de càrrega més o menys constant que alimente el segon calaix. El primer calaix també té practicada una obertura en una de les parets normals a l'eix del Mòdul que serveix per comunicar amb el segon calaix i permet que aquest s'ompli d'aigua.
- g. Segon calaix de regulació. El segon calaix té unes dimensions de 1.4 metres en l'eix x i 2 metres en l'eix y . Aquest segon calaix té una alçada de 2.5 metres. En el segon calaix és on es troba situat el mecanisme de flotació que, a partir d'un cert nivell de l'aigua en aquest calaix, pot accionar l'obertura de la comporta de regulació del forat cilíndric de 30 centímetres de diàmetre interior, aquest orifici està practicat a la paret vertical lateral esquerra del segon tram del mòdul.
- h. Mecanisme de regulació. El mecanisme de regulació està format per un flotador, un sistema de palanca i una comporta. El flotador prismàtic té unes dimensions de 1 metre en la direcció x , 0.7 metres en la direcció y i 0.7 metres en la direcció z . El sistema de balancí original s'ha substituït en el model per un sistema rígid de barres que connecten el flotador amb la tapa de l'orifici de descàrrega, de forma que, complint amb la mateixa funció, aquesta simplificació redueix significativament el cost de la simulació.

A les dues vistes en perspectiva de la figura 5.21 es poden apreciar els elements que s'han descrit i que conformen la geometria del model del Mòdul Hidromètric.

El pendent mitjà del canal és de 4/10 000; això vol dir que per a la longitud total del model, que tal i com s'ha ja s'ha exposat és de 34 metres, correspon un desnivell entre l'entrada i la sortida de 0.0136 metres. Per tant, el desnivell que li correspon és molt petit, de només 1.36 centímetres. Alhora, més important encara, cal assenyalar que el Mòdul no està format per un tram net on la solera del canal segueixi aquest pendent de forma constant en tota la longitud del model sinó que, precisament, existeix un important obstacle que trenca aquest pendent: el vessador principal. Efectivament, el vessador situat a la part final del tercer tram

Capítol 5. Modelització mitjançant CFD del Mòdul Hidromètric

del model (segon del Mòdul), de 1 metre d'alçada, interfereix el flux de forma que suposa una important discontinuïtat dels gradients energètics. Aquest efecte és substancialment més important que el del petit gradient que genera el pendent de la solera. Per aquests motius es menystindrà l'efecte del pendent en el comportament del flux dins el Mòdul i el model es dissenyarà amb pendent zero.

El pas següent és el de millorar la discretització de la geometria utilitzant l'algoritme FAVOR™, explicat en l'apartat 5.3.5III a la pàgina 365. L'utilització de l'algoritme FAVOR™ millora l'estabilitat numèrica, resolt les superfícies de interacció entre regions de fluid i regions nul·les i redueix el fenomen de l'advecció en les fronteres dels objectes. L'avantatge final de la seva utilització és el evitar la necessitat de fer córrer el model per detectar els problemes de interacció de la geometria i la malla i posteriorment redefinir la malla per corregir-los.

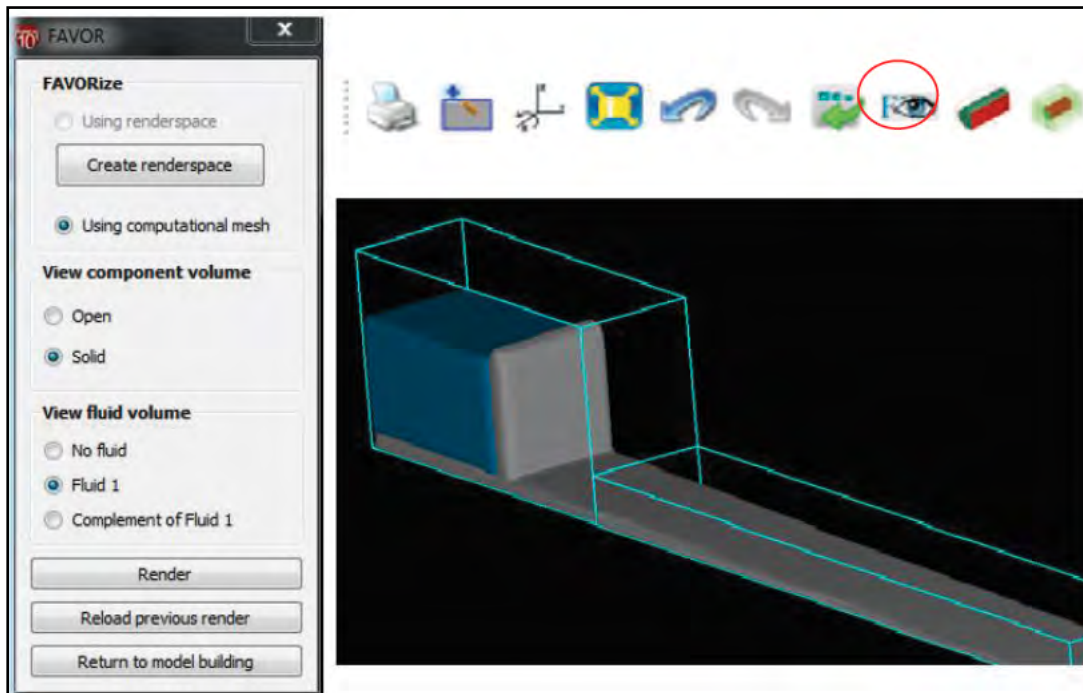


Figura 5.18. Interface de l'algoritme FAVOR™. (Flow Science 2012).

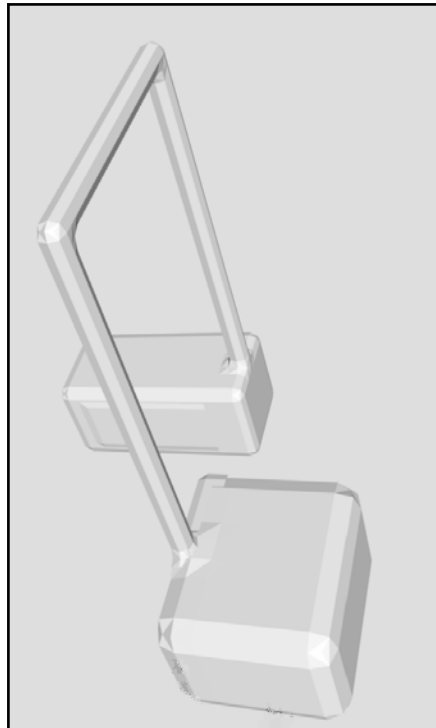


Figura 5.19. Vista 3D del mecanisme de regulació del Mòdul abans d'aplicar el suavitzat mitjançant l'algoritme FAVOR™. Elaborat amb el software *Flow3D*.

A la figura 5.20 s'observa que en la zona dels xamfrans, que connecten els diversos trams rectes del model, apareix l'efecte de l'escalat de malla. Es pot apreciar la millora d'aquestes superfícies després d'aplicar la correcció amb l'algoritme *FAVOR*™ en les imatges de la figura 5.21 .

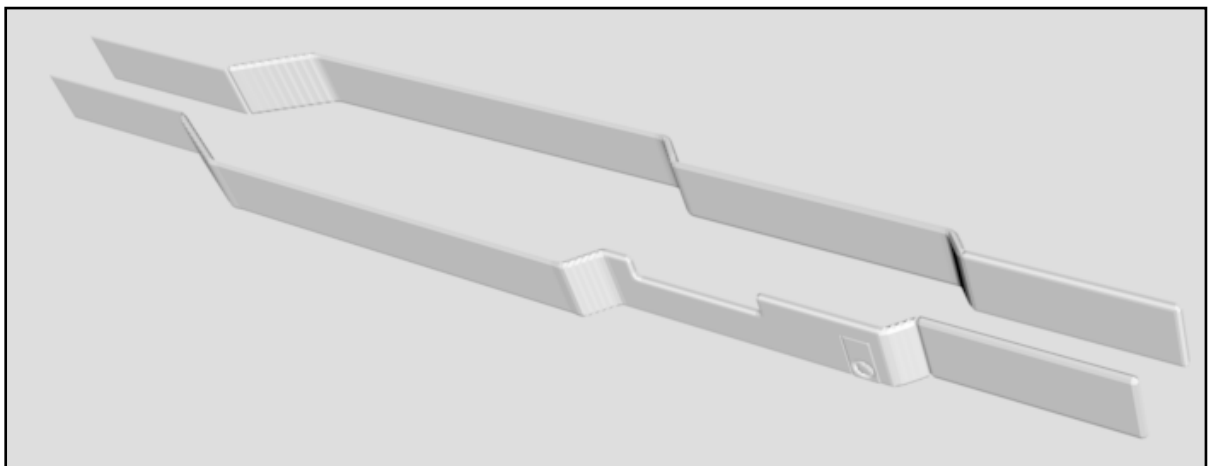


Figura 5.20. Vista 3D de les parets laterals del model del Mòdul on s'observa l'efecte de l'escalat, en les zones de xamfrans. Elaborat amb el software *Flow3D*.

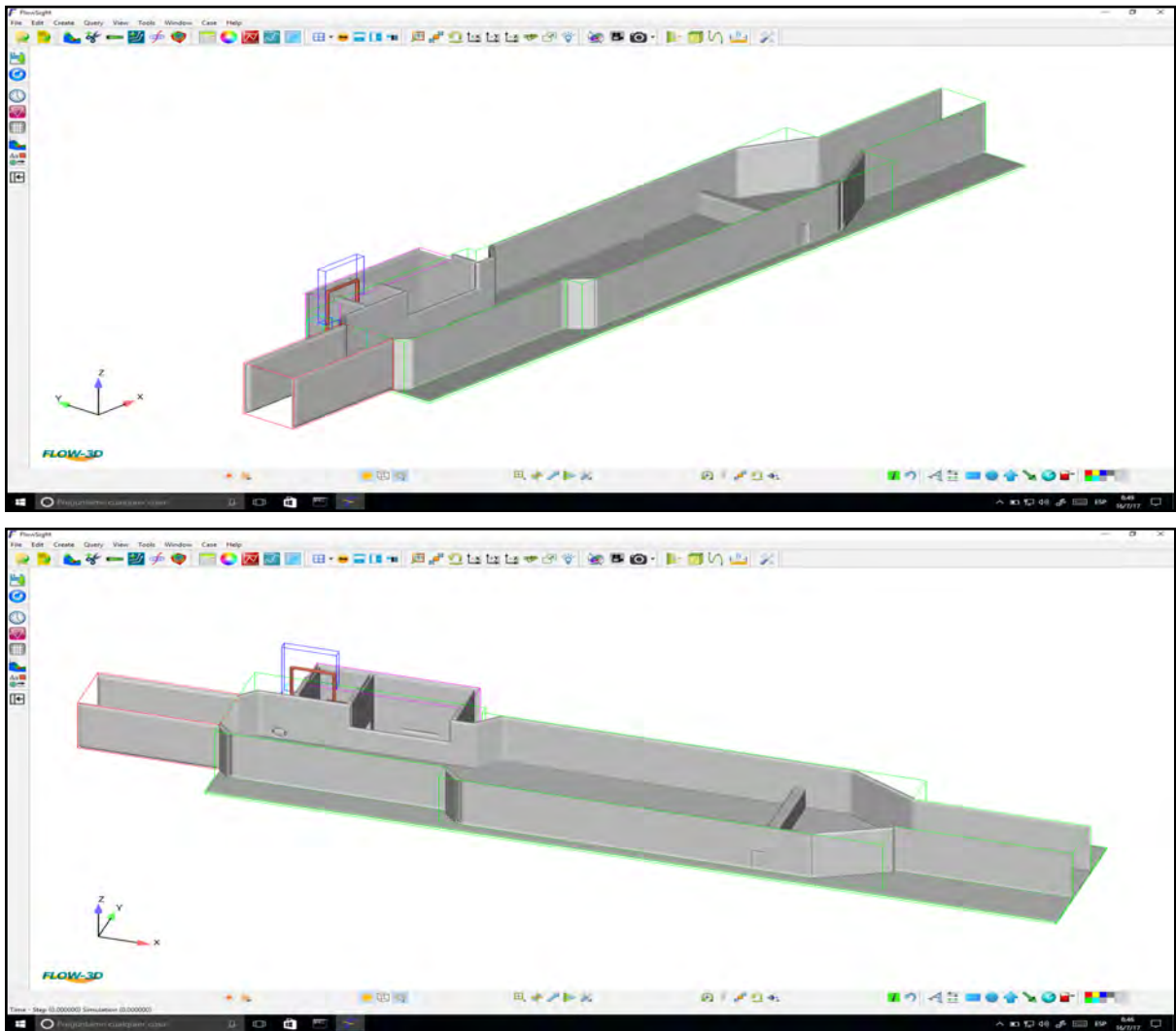


Figura 5.21. Perspectives del model geomètric del Mòdul Hidromètric. Elaborat amb els software *Flow3D* i *FlowSight*.

5.3.5. Procediment

Per a la simulació del comportament de l'aigua en el Mòdul Hidromètric s'ha aplicat un model de superfície lliure mitjançant mecànica de fluids computacional. Per la resolució de les equacions de Navier-Stokes en el domini estudiat s'ha utilitzat el software comercial Flow3D, establint les condicions de contorn de les diferents seccions de la geometria així les propietats i el comportament dinàmic dels elements de regulació que incorpora el mòdul, com el vessador central, el vessador lateral, el sistema de flotació i la vàlvula de descàrrega. Per poder estudiar l'efecte de la turbulència s'ha utilitzat el model estàndard K-Ypsilon. (Aydin 2016) ha analitzat la superfície lliure sobre vessadors laterals y ha conclós que el mètode VOF es la millor opció per simular el comportament del flux del flux si es combina

amb el model k-epsilon. Aquests models es sustenten en el mètode dels volums finits i resulten adequats per simular el flux sobre vessadors de paret prima (Andersson, Andreasson, & Staffan Lundström, 2013). En el cas del vessador lateral, les condicions del flux aigües amunt i aigües avall causen una gran influència en el comportament del flux sobre el vessador (Namaee & Shadpoorian, 2016). Els resultats dels càlculs obtinguts per a les diferents variables com la pressió i la velocitat i, de forma especial, els cabals volumètrics resultants en les seccions significatives han estat computats, analitzats i comparats amb els valors dels cabals de entrada al mòdul.

5.3.6. Configuració del mallat

En els programes de modelació numèrica la configuració del mallat conceptualment es tradueix en la discretització del domini. La discretització de l'espai, ja sigui utilitzat el mètode de les diferències finites, el mètode dels volums finits o el mètode dels elements finits, és el nucli sobre el qual funcionen els mètodes CFD. D'aquí ve la gran importància del procés de configuració de la malla, ja que l'eficàcia del càlcul reposa i està basat en la seva correcta estructuració, tal i com ja s'ha explicat en l'apartat 5.2.4 de la pàgina 352, on s'ha vist que l'elecció del tipus i detall de la malla és vital per a l'obtenció de bons resultats.

La metodologia usada en l'aplicació *Flow3D* per a la configuració de la malla està molt simplificada. El programa utilitza els conceptes de *Mesh-Block*, *Mesh-Plane* i *Domain Removing*.

El *Mesh-Block* és un bloc o una regió de l'espai on la malla té les mateixes característiques. Per crear aquests blocs primer cal escollir si seran prismàtics o cilíndrics, que són les dues formes proposades en *Flow3D*. Les dimensions dels blocs s'introdueixen mitjançant les coordenades dels límits espacials que el defineixen: sis coordenades en el cas dels prismes i tres coordenades que determinen un punt en l'espai, més un radi i una longitud pel cas dels blocs cilíndrics. Es poden crear múltiples blocs de malla i aquest poden tenir diferents nivells de detall; per exemple, en el cas del Mòdul Hidromètric podem definir una malla gruixuda (baixa resolució) per les zones amb poc gradient de velocitats (com els trams d'entrada i sortida i central del Mòdul) mentre que en les zones de més variabilitat i turbulència i allà on cal fer l'anàlisi (com les zones implicades en la regulació) es pot mallar amb cel·les més petites (alta resolució) per poder contenir més informació.

Tanmateix, no és recomanable fer canvis molt grans en les dimensions de les cel·les de mallats contigus. En aquest sentit, l'equip tècnic de *Flow3D* preconitza que les mides de dos mallats contigus mantinguin una relació al voltant de 1 a 2. Aquesta condició s'ha imposat en totes les malles del model, com es veurà més endavant.

Tampoc és molt recomanable crear un nombre molt gran de blocs diferents. El motiu és que les fronteres entre blocs o malles creen problemes afegits en el càlcul de la solució i poden generar errors. En aquest sentit, el model s'ha construït amb un total de 6 blocs de malla diferents, ja que no ha estat possible reduir el nombre d'aquests degut a la complexitat del model. Idealment seria convenient fer la simulació a partir d'una sola malla de gran definició que integrés tot el domini, però aquesta opció normalment és inviable ja que requereix d'un cost de computació extraordinari.

Les condicions límit especifiquen les variables del flux o els seus gradients dins dels límits del domini del flux de les variables computacionals. El límit aigües amunt es pot instal·lar en una secció del canal on es pot conèixer el nivell de l'aigua per a un cabal determinat. Aquesta secció ha d'estar suficientment apartada del primer vas de relaxació per evitar l'efecte de reflexió (Bhajantri, Eldho, & Deolalikar, 2006).

Concretament, en el cas del Mòdul, tenim una longitud de 34 metres, una amplada màxima de 6 metres i una alçada de 4.5 metres (tenint en compte els calaixos); si aquesta malla es configura amb cel·les de 0.01 metres donaria lloc a un total de 918 000 000 cel·les.

D'acord amb les consideracions fetes anteriorment, sobre el model del Mòdul Hidromètric es configuren un total de 6 blocs diferents de mallat, atenent a les diferents regions necessàries per definir el problema:

- Mallat del tram central del Mòdul Hidromètric, o canal principal
- Mallat del tram d'entrada al Mòdul Hidromètric
- Mallat de la caixa lateral de regulació
- Mallat del desguàs regulable rectangular de la caixa lateral de regulació
- Mallat del desguàs automàtic de regulació
- Mallat de la regió del desplaçament del mecanisme de regulació

A la part central de la pantalla mostrada en la figura 5.22 es poden observar les 6 regions de mallat. I a la part dreta de la pantalla de la mateixa figura 5.22 es mostra el menú de configuració de cada mallat.

El *Mesh-Plane* defineix els límits de cada bloc de malla (*Block-Mesh*) i ofereix la utilitat de facilitar l'ajust de cada malla a una geometria concreta. Aquesta funcionalitat permetrà ajustar el mallat a les parets del canal i a les també a les parets dels calaixos, tal i com es mostra també en la figura 5.22 .

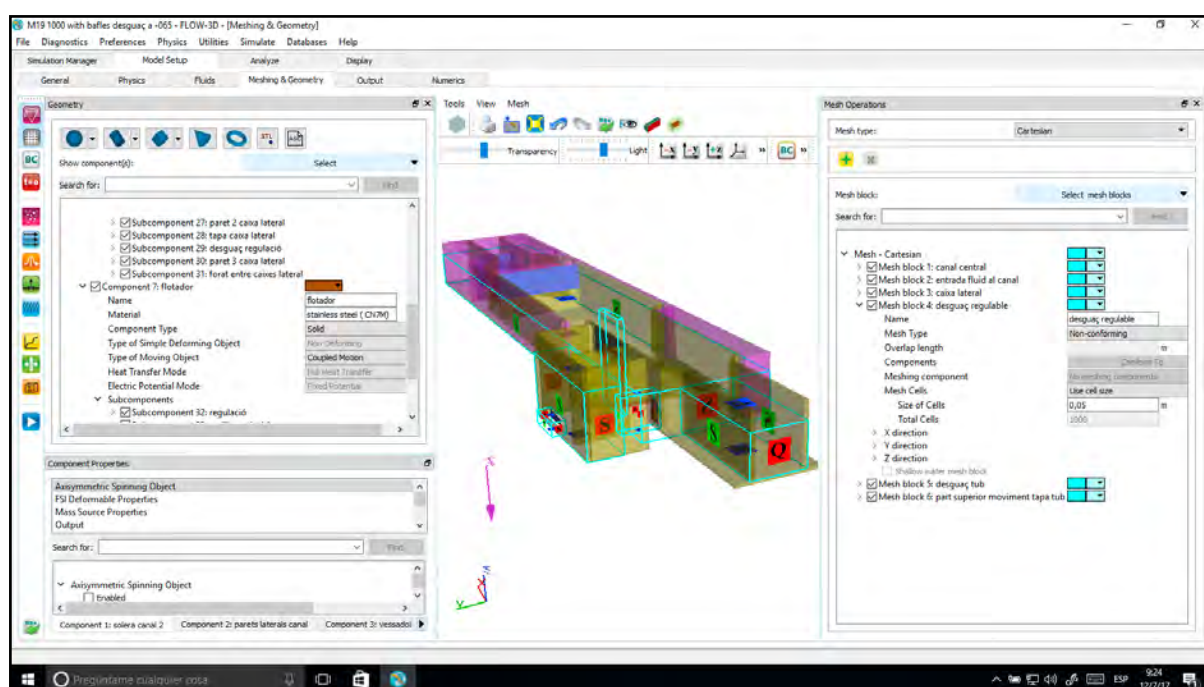


Figura 5.22. Procés de configuració del mallat. Elaborat amb el software *Flow3D*.

En funció de la regió s'establiran diferents tipus de definició de malla, com es pot observar en la figura 5.23 . En les regions menys crítiques, com ho és la zona central del mòdul, s'estableix unes cel·les cúbiques de 0.1 m de costat. En altres regions més sensibles, com la caixa lateral de regulació, s'estableixen cel·les cúbiques amb una relació de 1/2 m de costat respecte la malla principal. Igualment, en el cas del mecanisme de regulació, aquest pot tenir un recorregut vertical de ascensió quan s'eleva el nivell de l'aigua en l'arqueta de regulació i requereix una major definició de mallat. A mida que el flux avança aigües avall del vessador, la interacció del flux amb les estructures del mòdul ja no són tant importants i decreix el gradient de velocitats, podent alleugerir el grau de definició del mallat de la darrera secció del mòdul, fins a recuperar les dimensions del mallat principal.

Per a la part central del canal, tant d'entrada com de sortida, així com en els dos vasos de relaxació centrals, s'ha escollit una malla ortogonal amb cel·les cúbiques de 0.1 m de costat. La mateixa definició de malla s'ha utilitzat per a la primera arqueta de regulació, però per a la segona de les arquetes, la que acull el flotador, s'ha realitzat un refinament de la malla per tal d'aconseguir una millor descripció dels fenòmens turbulents que engloba (Stasa, P.; Kebo, V.; Kodym 2014), amb cel·les cúbiques de 0.05 m de costat. El mateix s'ha fet pel volum al voltant de la comporta de fons de sortida de la primera arqueta i també per al volum al voltant de la vàlvula de descàrrega del mecanisme regulador. A més, tot l'espai a través del qual es pot moure el mecanisme també ha estat configurat amb cel·les cúbiques de 0.05 m

Capítol 5. Modelització mitjançant CFD del Mòdul Hidromètric

de costat. A la taula 5.1 es mostra un resum de les malles de les diferents seccions del domini estudiat, així com la mida de les cèl·les i el nombre total de cèl·les que resulten en cada regió.

Taula 5.1. Relació de les seccions de mallat que componen el domini.

Malla	Secció del domini	Tamany Cella (m)	Nombre de cel·les (unitats)
M1	Cos central i vassos de relaxació	0.10	158 400
M2	Secció d'entrada al Mòdul Hidromètric	0.10	10 080
M3	Primera arqueta de regulació	0.10	13 225
M4	Regió al voltant de la comporta de fons	0.05	2 800
M5	Segona arqueta de regulació	0.05	16 128
M6	Regió d'evolució del mecanisme de regulació	0.05	6 720

La funció *Domain Removing* serveix per eliminar del càlcul aquelles zones de la malla en les que és molt improbable que hi arribi el flux. Eliminar regions del domini que no intervinen en el problema redueix significativament les necessitats computacionals del model i agilitza el procés de càlcul i així es pot reduir el temps d'obtenció de la solució. A la figura 5.24 es mostra la pantalla de configuració de les regions de malla que s'han d'excloure del càlcul. La manera de definir aquestes regions en *Flow3D* segueix la mateixa metodologia que per definir els volums de malla, és a dir, a partir de les coordenades límit.

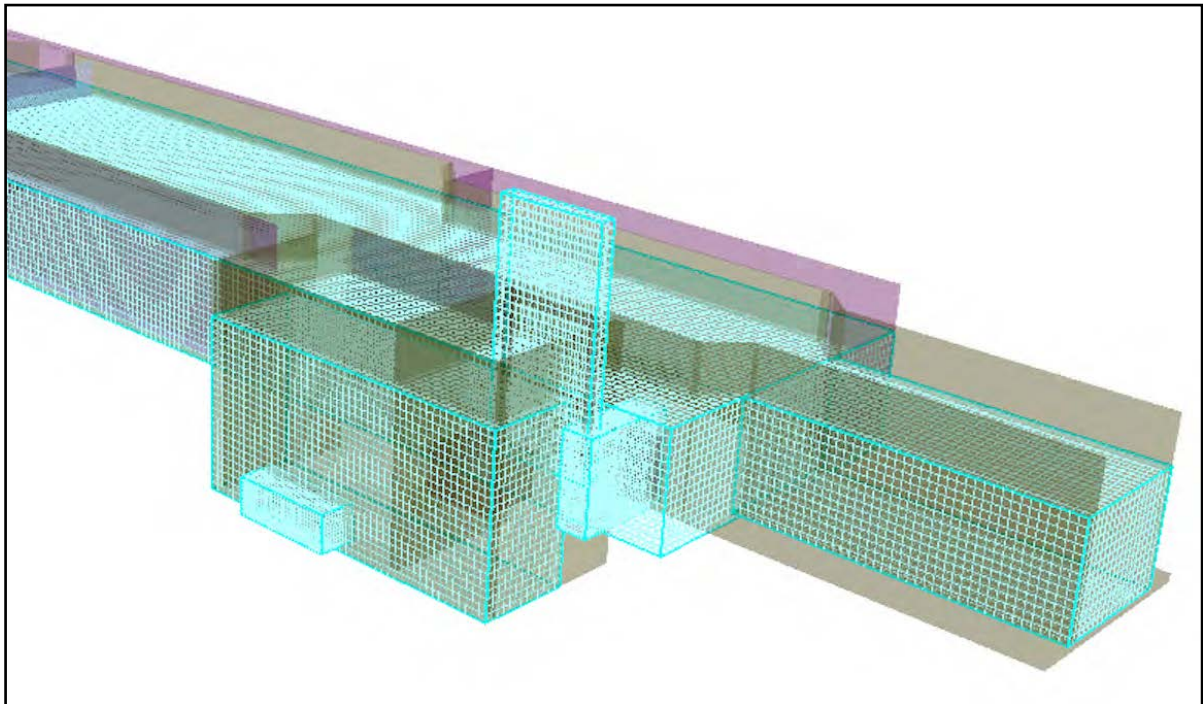


Figura 5.23. Detall del diferent grau de definició de les cel·les en funció de les diferents regions de mal·lat. Elaborat amb el software *Flow3D*.

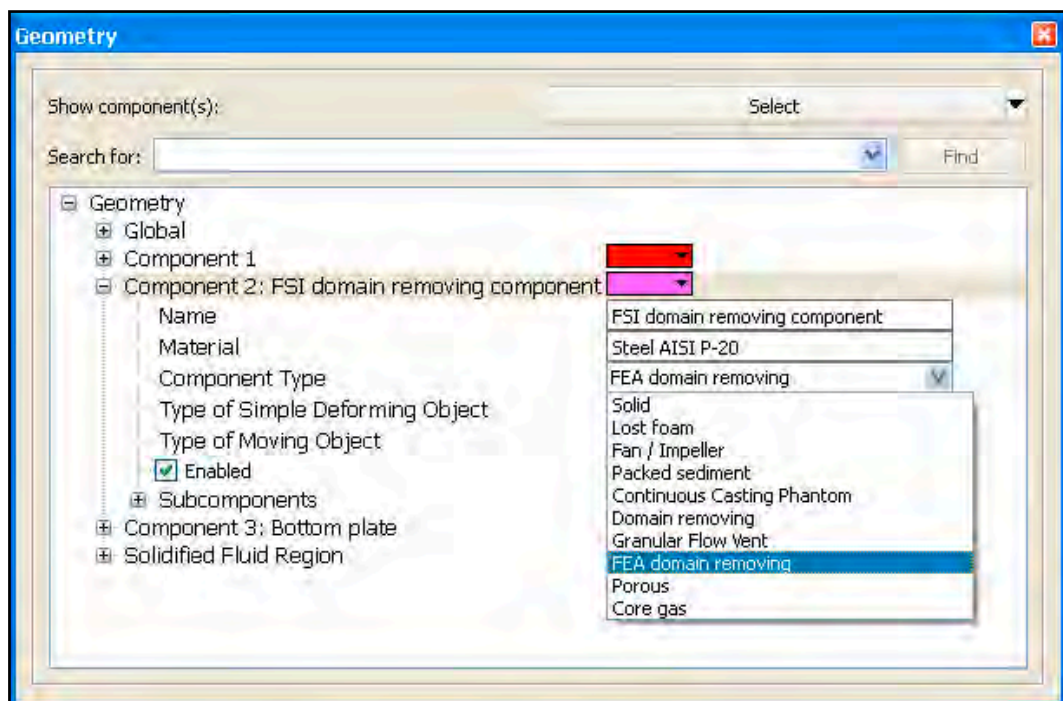


Figura 5.24. Interface per configurar les regions excloses del domini (Domain Removing). (Flow Science 2012).

Capítol 5. Modelització mitjançant CFD del Mòdul Hidromètric

En el model del Mòdul Hidromètric s'han definits 6 regions inhàbils (mitjançant la funció *Domain Removing*), la zona superior del model aigües avall del vessador principal a més de les zones del domini que queden fora de les parets laterals del canal. Aquestes regions descartades es poden observar en la figura 5.25 , assenyalades en color lila.

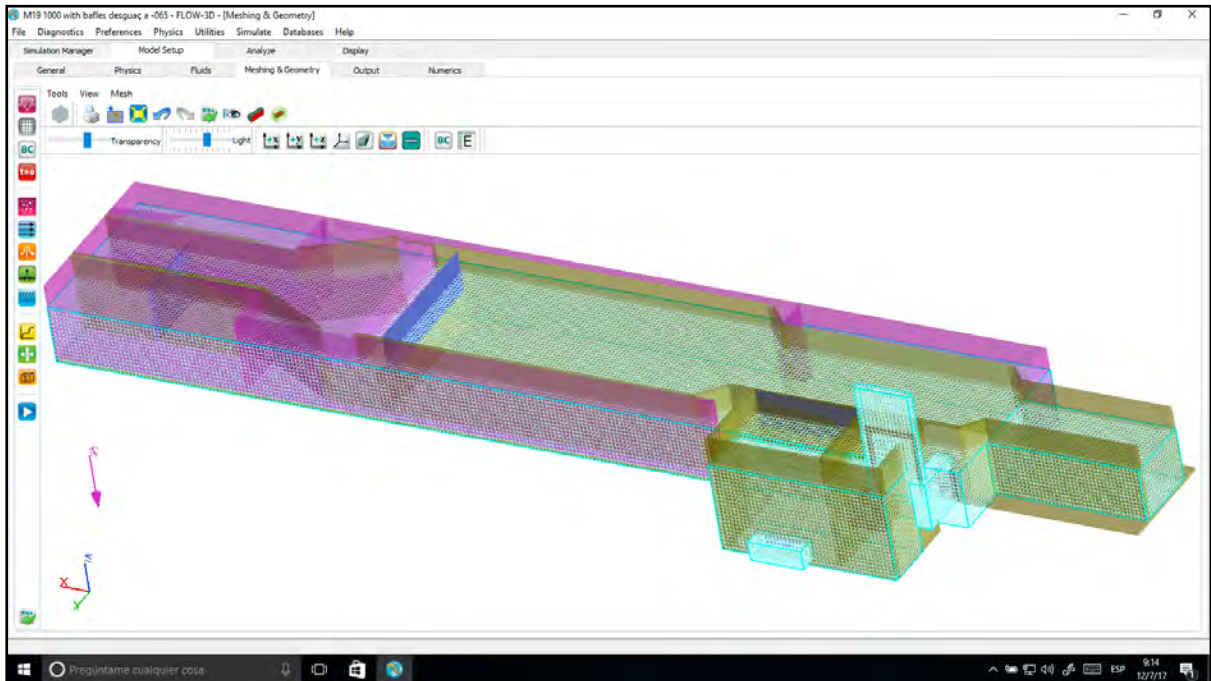


Figura 5.25. Exclusió del mallat de les regions que no intervien en el problema. Elaborat amb el software *Flow3D*.

5.3.7. Definició de les propietats dels components fluids i sòlids del model

El programa *Flow3D* pot simular fluxos multi-fase i habilita l'opció de carregar les propietats de molts fluids diferents presents a la seva base de dades. En el cas del Mòdul Hidromètric el flux real és d'aigua dolça a temperatura ambient, en el model escollirem de la base de dades el fluid *Water at 293K*, tal i com es pot visualitzar en la captura de pantalla mostrada en la figura 5.26 . Tenint en compte que 293K corresponen aproximadament a 20°C s'agafarà aquest fluid per a la simulació.

Una vegada escollit un fluid de la base de dades, aquest porta associades totes les seves propietats, tanmateix, el programa permet, si es considera necessari, l'edició de tots els paràmetres del fluid seleccionat, no essent necessari en el aquesta modelització.

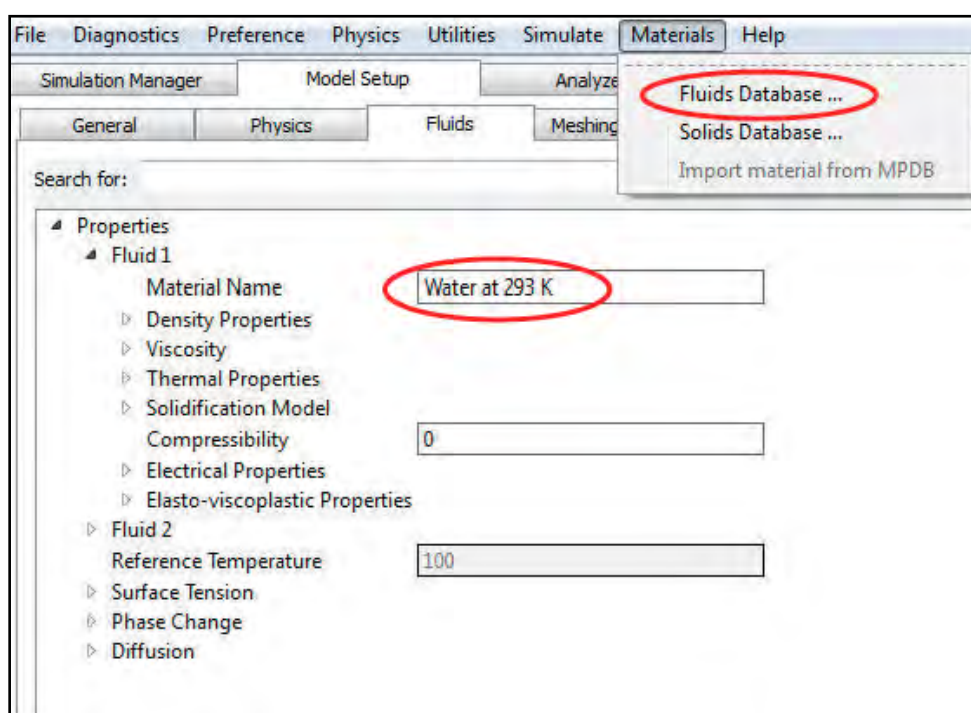


Figura 5.26. Interface de selecció de materials en el menú Model Setup/ Fluids. (2012).

Pel que fa als elements sòlids s'ha fet la següent configuració: en primer lloc, a les parets del canal s'ha escollit mamposteria de pedra amb una rugositat de 0.05 metres. Pel que fa a la solera del canal, malgrat que és un enllosat de pedra que podria tenir una rugositat menor,

Capítol 5. Modelització mitjançant CFD del Mòdul Hidromètric

s'ha mantingut la mateixa rugositat de 0.05 metres degut a la sedimentació i a la presència d'algues.

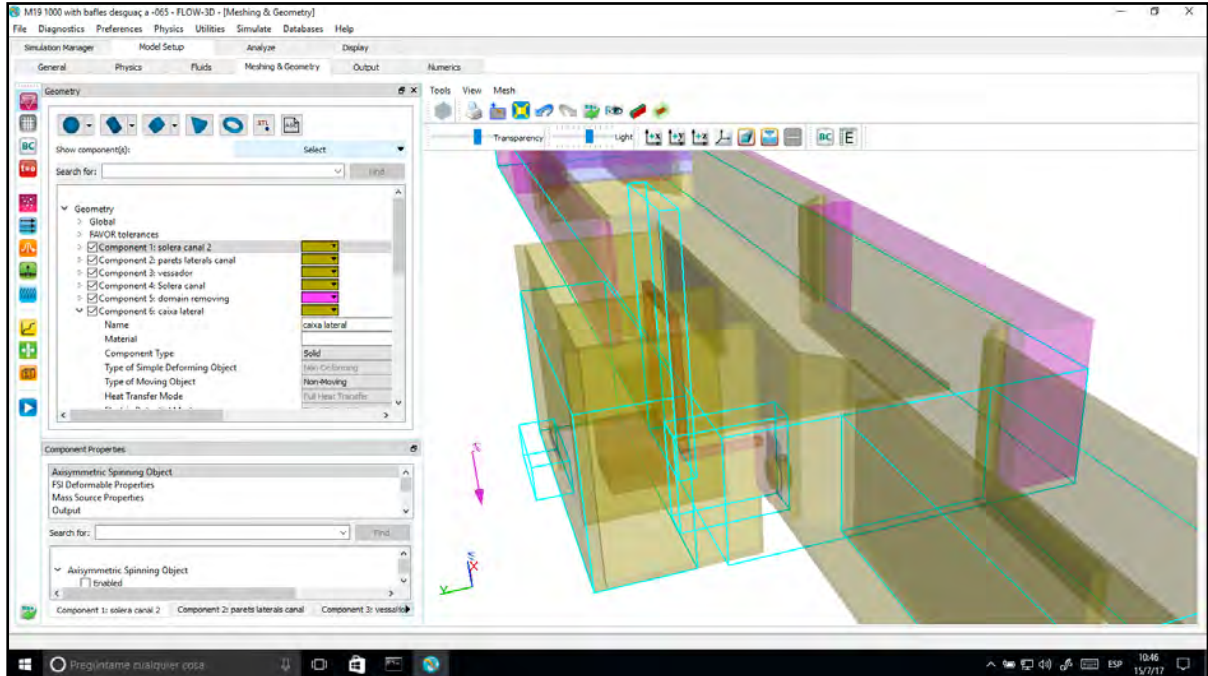


Figura 5.27. Interface del programa Flow3D per a la configuració de les característiques dels elements de la geometria del model. Elaborat amb el software *Flow3D*.

Quan a tot el mecanisme de regulació, format per el flotador, les barres de connexió i la comporta de fons de l'orifici cilíndric, així com la comporta de fons rectangular del primer dipòsit de regulació, s'ha escollit un acer H13.

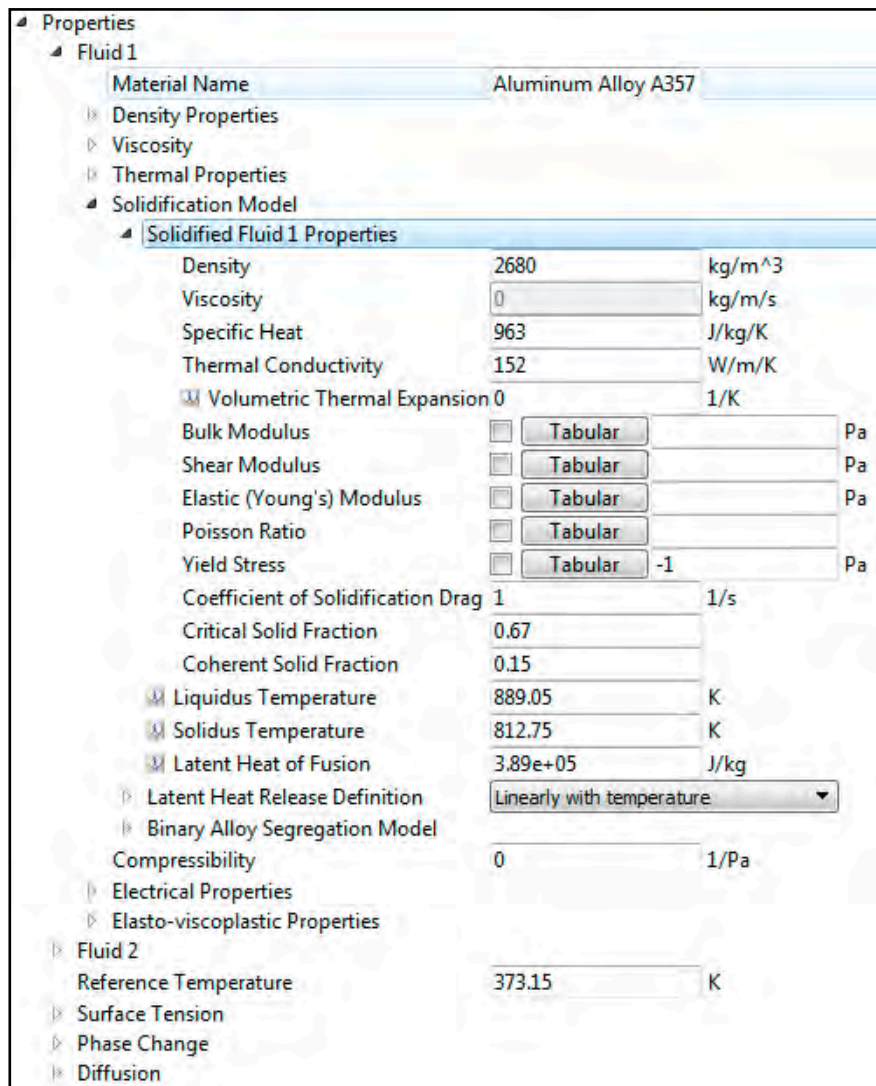


Figura 5.28. Interface de selecció de materials.(2012).

5.3.8. Definició del model físic

En el cas del model del Mòdul Hidromètric, la definició del model físic passa per activar, en el programa *Flow3D*, els conjunts de configuració següents:

- *Gravity and Non-Inertial Reference Frame*
- *Viscosity and Turbulence*
- *Moving and Simple Deforming Objects*

La pantalla que mostra l'activació d'aquests 3 mòduls de configuració de paràmetres físics es pot veure en la figura 5.29 .

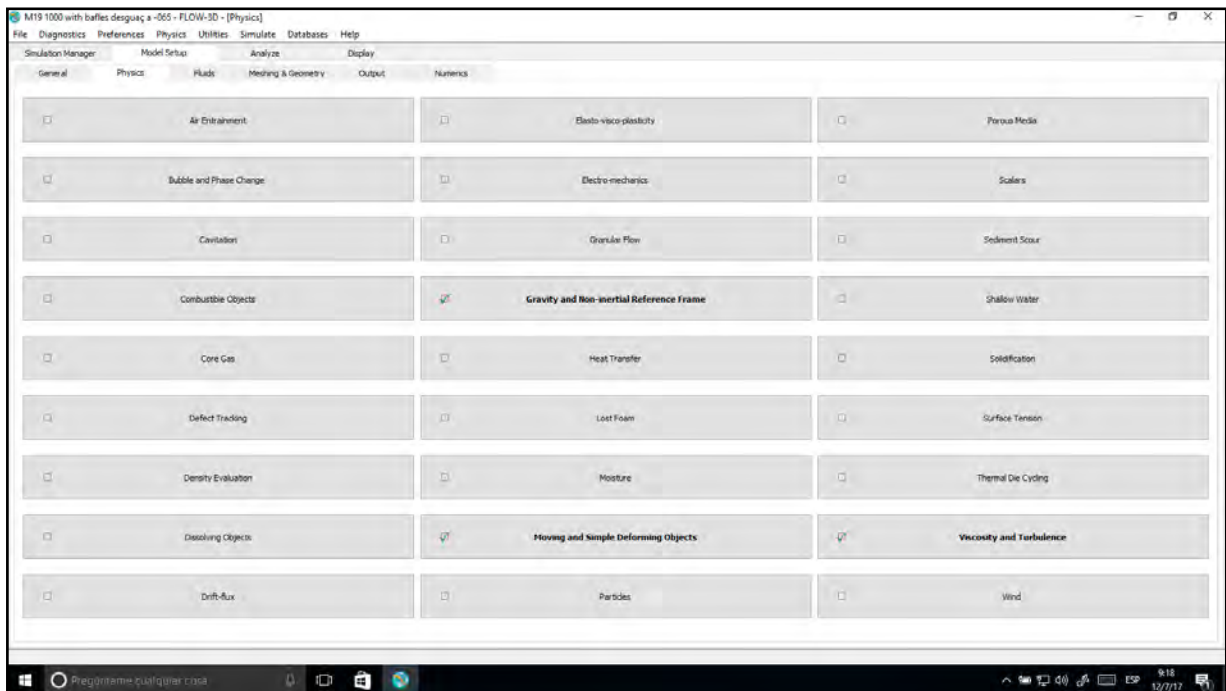


Figura 5.29. Interface per a la definició dels paràmetres del model físic. (2012).

Del primer conjunt de configuració, *Gravity and Non-Inertial Reference Frame*, s'ha d'activar el vector acceleració de la gravetat en l'eix z del model, prenent el valor -9.81 m/s^2 .

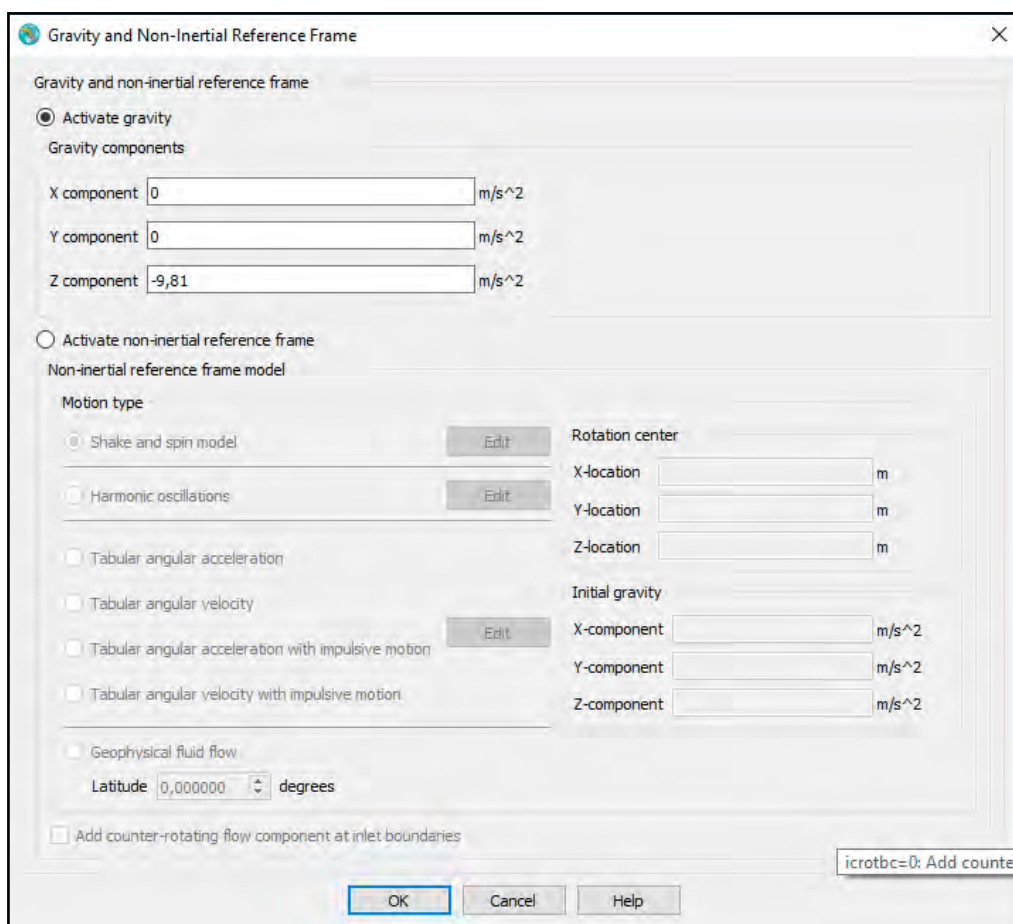


Figura 5.30. Interface d'activació dels paràmetres físics: acceleració de la gravetat. (2012).

Per a l'elecció del model de turbulència s'ha tingut en compte la discussió de l'apartat 5.2.5 de la pàgina 354 i, especialment, la de l'apartat 5.3.5-VI de la pàgina 369.

D'acord amb els criteris exposats finalment s'ha optat per el model de dos equacions k-epsilon, en el model M17 (model de base per establir el flux en el punt temporal $t = 56$ segons) i el model definitiu M18 (basat en el M17 i que abasta del punt $t = 56$ segons fins a $t = 240$ segons).

Cal assenyalar que també s'ha fet proves amb altres models previs, concretament el model M13 i M14 amb el model de flux laminar, el M15 amb el model de turbulència la longitud de Prandtl i el M16 amb el model RNG. Tot i que els models M13, M14, M15 i M16 van ser més àgils, pel que fa a necessitar menys potència de càlcul, els resultats obtinguts no van ser els esperats, de forma que s'ha optat per realitzar el model M18 mitjançant el mètode k-epsilon que assegura un millor resultat, més proper a la realitat de les zones altament turbulentes, malgrat que aquest model implica haver d'afrontar un cost superior de temps de còmput.

Capítol 5. Modelització mitjançant CFD del Mòdul Hidromètric

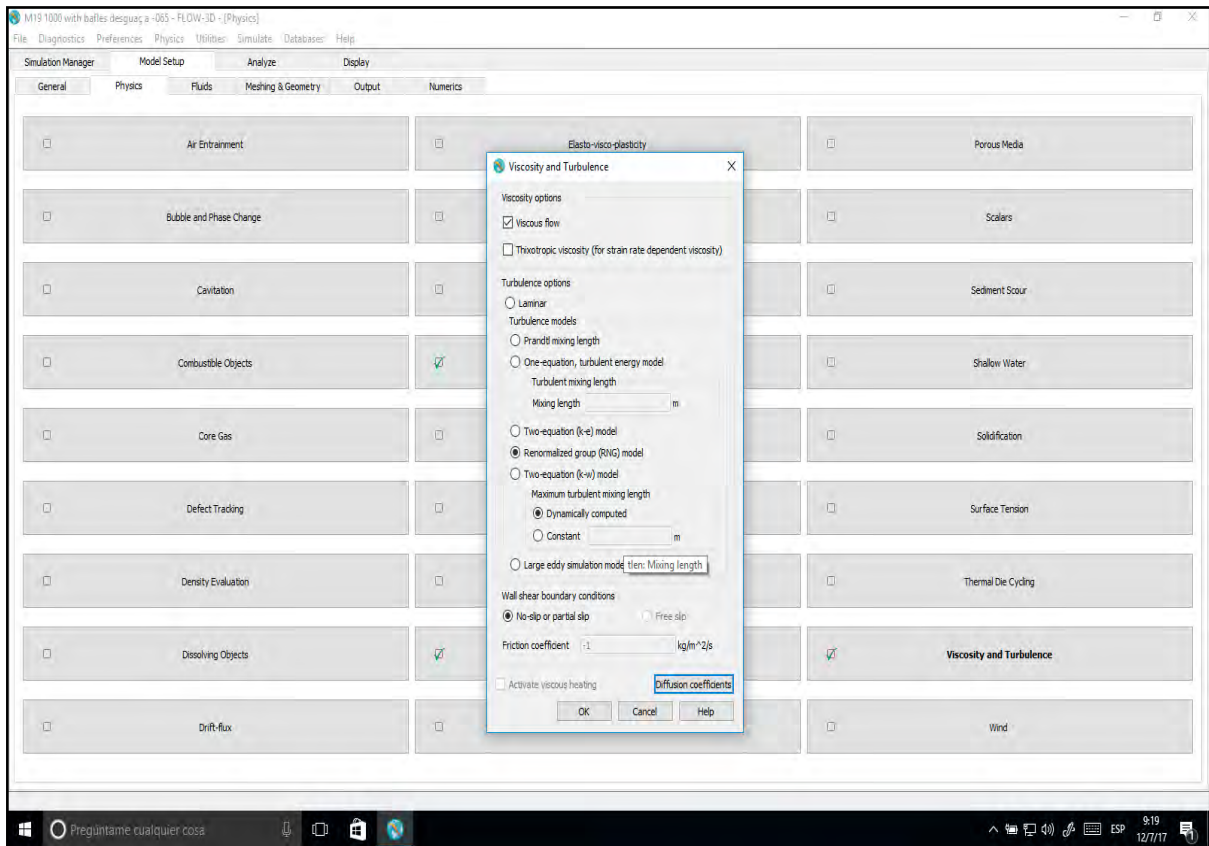


Figura 5.31. Interface de configuració dels paràmetres del model de turbulència. Elaborat amb el software *Flow3D*.

5.3.9. Definició de les fronteres del model

Els límits dels blocs que conformen les malles automàticament són interpretades com les fronteres del domini. Totes les fronteres han de ser parametritzades convenientment.

Les opcions que presenta el programa *Flow3D* per a configurar les condicions de contorn en les superfícies de frontera o *Mesh Boundary Conditions* són molt variades i permeten moltes configuracions (per exemple, comportaments periòdics com onades), però moltes d'elles no són aplicables al cas que ens ocupa així que a continuació es relacionarà només les que resulten més convenientes per al model del Mòdul Hidromètric:

- a. Symmetry. Per defecte totes les superfícies dels blocs de les malles tenen assignada la propietat simetria. Aquesta configuració de simetria significa que aplicarà un gradient nul de la velocitat normal a la superfície. Assenyalat amb la lletra S.
- b. Volume Flow Rate. Aplica un cabal volumètric que travessa la superfície escollida, sigui d'entrada o de sortida (*Inflow/Outflow*). Assenyalat amb la lletra Q. Hi ha l'opció també de configurar l'entrada (o sortida) amb un cabal màssic o una velocitat mitjana normal a la superfície.
- c. Specified Pressure. Especifica un valor de pressió normal a la superfície de la frontera. En el cas del model s'escollirà per les superfícies en les que no es coneix prèviament que no hi arribarà el fluid, el valor de pressió en aquests casos ha de ser zero (valor de pressió relativa). Assenyalat amb la lletra P.
- d. Wall. Aplica la condició de no lliscament a la superfícies de la frontera, és a dir, imposa sobre aquesta superfície una velocitat zero en qualsevol direcció de l'espai, és a dir, que les dues components: normal i tangencial són nul·les (en relació a la superfície). Amb aquesta condició la superfície es comporta com una paret impermeable. Assenyalat amb la lletra W.

Aquestes quatre possibles configuracions són les que han estat utilitzades en el model, tal i com es pot observar a la figura 5.33 , on es mostren totes les superfícies dels blocs de malla amb la identificació del tipus de contorn assignat a cada frontera.

Capítol 5. Modelització mitjançant CFD del Mòdul Hidromètric

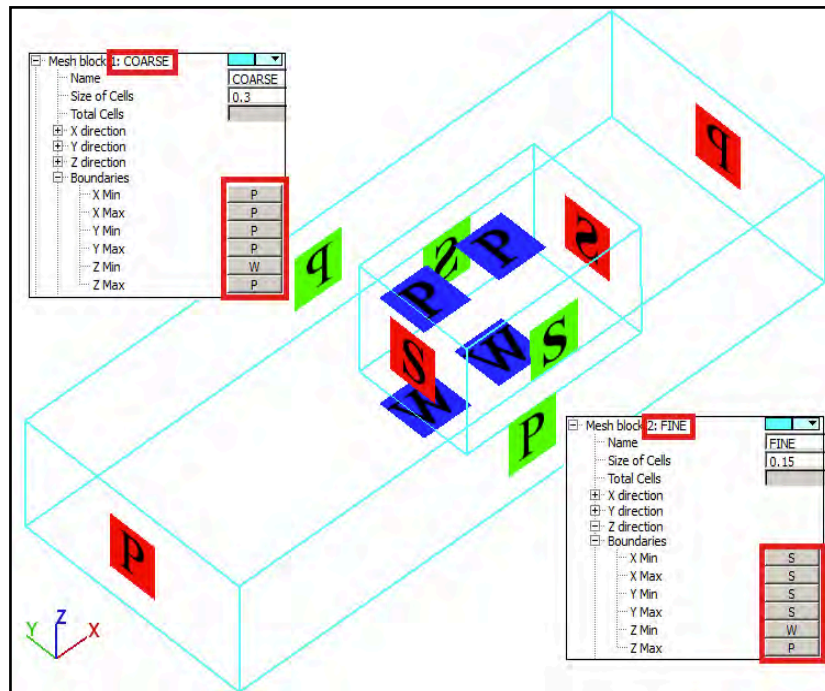


Figura 5.32. Interface de configuració de les condicions d'entorn a partir de les fronteres dels blocs de malla. (2012).

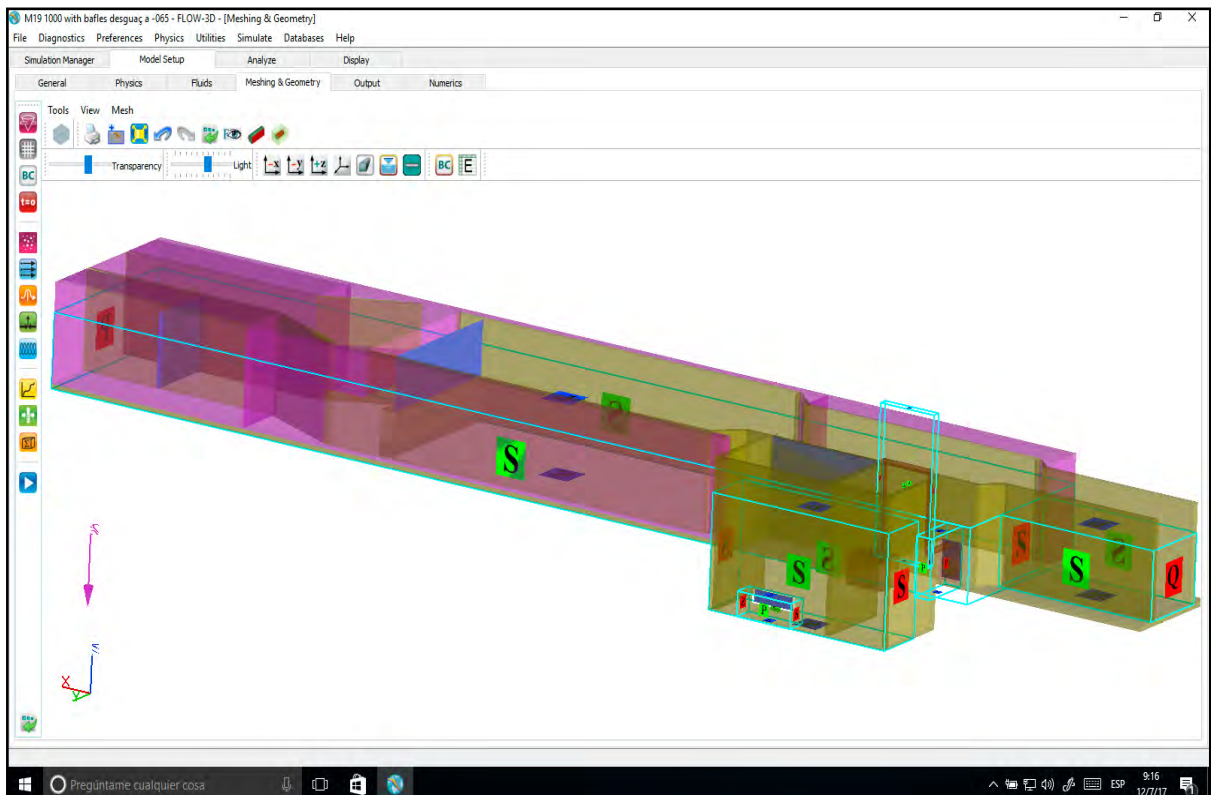


Figura 5.33. Definició de les fronteres del sistema en el model. Elaborat amb el software Flow3D.

5.3.10. Definició de les variables d'entrada, de sortida i de contorn

Per establir les condicions límit, s'imposa un perfil de velocitat d'entrada constant, $u=(u_{ref},0,0)$. Per a les condicions del domini de sortida del model, s'utilitza una condició convectiva limitant, establint la pressió relativa igual a zero. Per a les parets del canal així com per a la base del canal, s'estableixen condicions simètriques sense lliscament. S'imposen condicions de pressió relativa iguals a zero per a la part superior del domini d'acord amb la presència d'aire a pressió atmosfèrica per a tota la superfície lliure. Per a definir les condicions de les variables d'entrada i de contorn s'ha utilitzat el software Flow3D.

A la figura 5.34 es pot observar la pantalla de entrada de les condicions de contorn del programa *Flow3D*. Les condicions de frontera han d'introduir-se per a cada bloc de malla (*Mesh Block*), la configuració per defecte és *Symetry* (S). El bloc de malla que correspon al primer tram del Mòdul ha de configurar-se amb el cabal d'entrada. El valor de la variable serà estudiat en diferents simulacions prèvies que han servit per tal d'ajustar el model, d'acord amb la taula 5.2. Aquestes simulacions prèvies han centrat el focus en el comportament del model en funció de l'alçada de regulació de la comporta de fons en la primera arqueta.

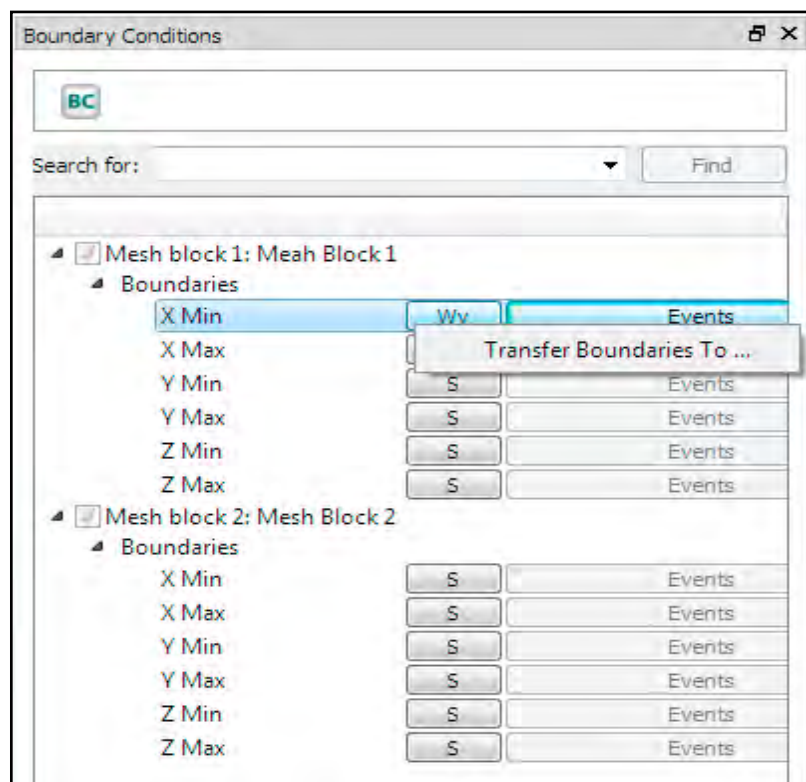


Figura 5.34. Interface del programa Flow3D per a la definició de les condicions de contorn. (2012).

Taula 5.2. Valors de les principals variables de control del Mòdul Hidromètric per les simulacions prèvies d'ajust del model.

Simulació	Cabal d'entrada (m ³ /s)	Alçada comporta de fons H (m)	T _{inicial} (s)	T _{final} (s)
M13-1500	1.5	0.15	0	240
M13-1300	1.3	0.15	0	240
M13-1200	1.2	0.15	0	240
M13-1100	1.1	0.15	0	240
M13-1000	1.0	0.15	0	240
M17-1000	1.0	0.20	0	56
M18-1000	1.0	0.20	56	240
M18-900	0.9	0.20	56	240
M18-800	0.8	0.20	56	240
M18-700	0.7	0.20	56	240
M19-1000	1.0	0.25	56	360

Aquelles superfícies en les que es preveu que no hi arribi en cap circumstància l'aigua del flux, com ara les cares superiors dels blocs de malla on hi haurà sempre aire, és convenient que es configuren amb la condició de contorn de pressió (P).

La figura 5.35 mostra la pantalla de configuració del valor de pressió de una de les superfícies. A la imatge es pot veure el valor de la pressió en valor absolut, també es possible configurar el valor de la pressió en l'escala de pressions relatives.

Per a la secció de sortida, aigües avall del Mòdul, s'imposa la condició de pressió relativa zero, ja que aquesta és la més convenient per a superfícies que actuen com a desguàs,

especialment en els fluxos per gravetat i amb superfície lliure, no seria aquest el cas de fluxos pressuritzats.

Es configuren també sota pressió relativa zero resta de seccions que actuen com a desguàs en la comporta de fons del primer dipòsit de regulació, també en el cas de la sortida de l'orifici cilíndric que actua com a regulador en la paret lateral del segon tram central del Mòdul.

Igualment, la resta de seccions superiors dels *Mesh Blocks* de les dues arquetes de regulació també es configuren imposant pressió relativa zero. El mateix succeeix en totes les superfícies superiors de la resta dels quatre trams centrals del Mòdul, delimitades per la coordenada z_{\max} .

Les superfícies dels blocs de malla que tenen la posició z_{\min} es configuren com a *Wall* (W) en tractar-se de barreres impermeables. El mateix es fa per a les superfícies laterals dels blocs de malla que estan en contacte amb les parets de l'estructura del Mòdul, aquestes parets normalment tenen les coordenades y_{\max} i y_{\min} principalment, però també x_{\max} i x_{\min} en el cas dels blocs de malla que estan confinats en les arquetes de regulació.

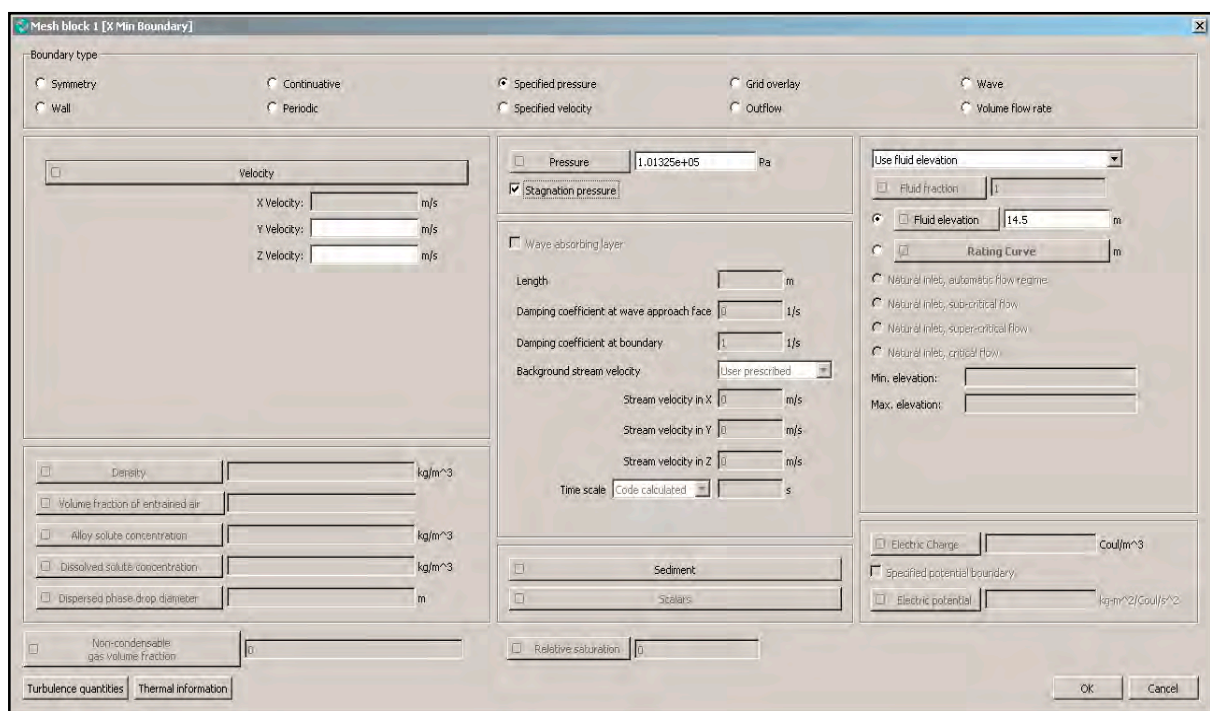


Figura 5.35. Interface per la configuració de les condicions de contorn de una superfície. En aquest cas s'imposa el valor de pressió. *Elaborat amb el software Flow3D.*

5.3.11. Definició de les condicions inicials

El model pot ser definit amb presència d'aigua en l'instant inicial, això es pot fer definint un nivell d'aigua, si s'escau, en cada bloc de malla. La hipòtesi inicial amb flux per gravetat i sota superfície lliure pot ser introduïda com una alçada d'aigua (profunditat) o bé es pot entrar com un volum. L'avantatge evident d'introduir condicions inicials és el de agilitzar el procés d'estabilització del flux tot eliminant temps de càlcul. Tanmateix, en el cas del model del Mòdul, s'ha optat per fer córrer la simulació base M17-1000, des de el temps $T = 0$ fins el temps $T = 56$ segons i posteriorment utilitzar l'opció *Restart* que permet reconfigurar la simulació des del resultat obtingut amb la simulació base M17-1000, iniciant la nova simulació (per exemple la M18-1000) des de el temps $T=56$ segons fins a $T = 240$ segons.

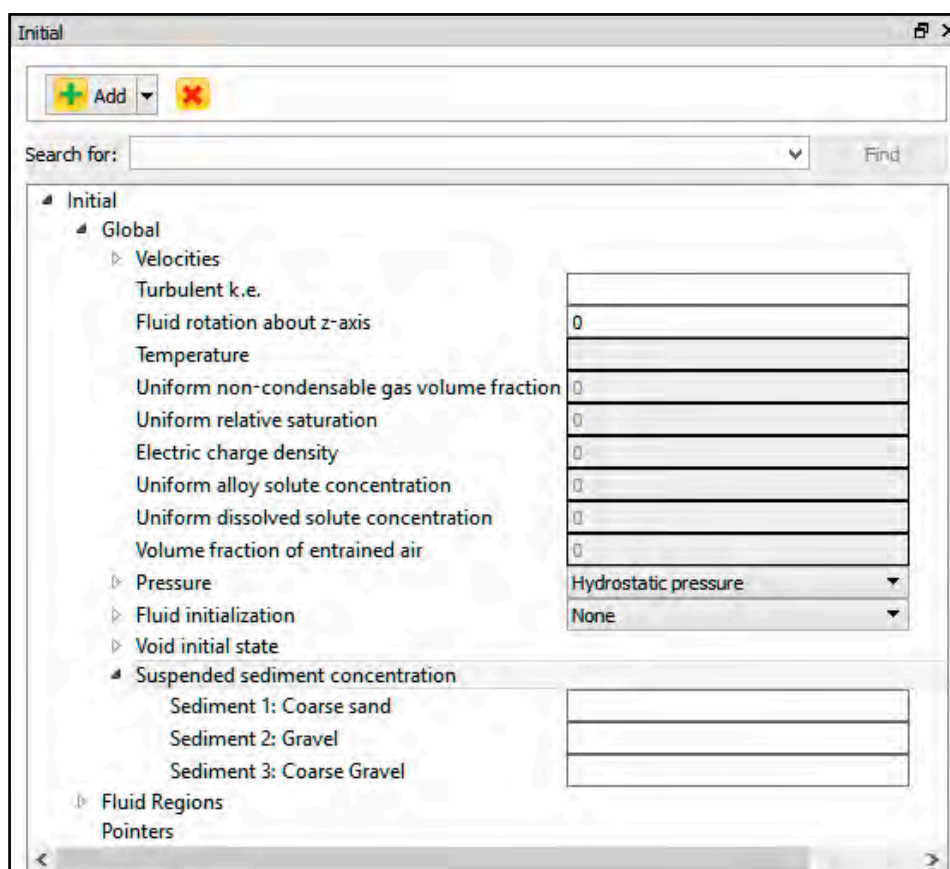


Figura 5.36. Interface de configuració de les condicions inicials. (2012).

La simulació que servirà de base o punt de partida s'atura al temps final $T = 56$ segons donat que en aquest punt ja s'ha establert completament el flux sobre el vessador principal i l'aigua està a just a punt d'iniciar la deriva per sobre del vessador lateral de regulació. A

partir d'aquest punt temporal el model entra en la seva fase més complexa donat la multiplicitat de fenòmens que es produeixen en el conjunt del model, al activar-se el sistema de regulació que implica que, a més de l'aigua, també s'ha de computar els objectes en moviment (sistema flotador i vàlvula de descàrrega).

Un cop ajustat el model, es procedeix a fer un conjunt de simulacions finals del model tornant a iniciar el temps de simulació des de un instant inicial $T_{inicial} = 0$ s, allargant el temps de la simulació fins a $T_{final} = 360$ s, és a dir un temps de simulació total de 6 minuts que ha de resultar suficient per analitzar el comportament hidràulic del mòdul, d'acord amb els resultats obtinguts en les simulacions prèvies. En aquesta sèrie de simulacions final, es manté el model per a una alçada de comporta de $H = 0.25$ m. Em total, la sèrie de simulacions final està formada per 6 simulacions que abasten un cabal d'entrada entre els 1000 i els 1500 litres/segon, amb salts de 100 litres/segon, tal i com es mostra a la taula 5.3.

Taula 5.3. Valors de les principals variables de control del Mòdul Hidromètric per la sèrie de simulacions final.

Simulació	Cabal d'entrada (m ³ /s)	Alçada comporta de fons H (m)	$T_{inicial}$ (s)	T_{final} (s)
M20-1000	1.0	0.25	0	360
M20-1100	1.1	0.25	0	360
M20-1200	1.2	0.25	0	360
M20-1300	1.3	0.25	0	360
M20-1400	1.4	0.25	0	360
M20-1500	1.5	0.25	0	360

5.3.12. Definició dels baffles de mesura

El programa *Flow3D* disposa d'una funcionalitat, anomenada *Baffle*, que defineix una paret prima, aquesta paret pot ser total o parcialment permeable¹⁶⁷ al fluid. La principal funció dels

167. *Flow3D* utilitza el concepte de la porositat, aquesta porositat del *Baffle* ha de ser configurada i

Capítol 5. Modelització mitjançant CFD del Mòdul Hidromètric

Baffles és la de servir de comptador de variables de flux, podent mesurar les velocitats, els cabals màssics o els cabals volumètrics que travessen aquestes parets. Els *Baffles* poden configurar-se en menú de *Meshing and Geometry* dins de l'apartat *Model Setup*.

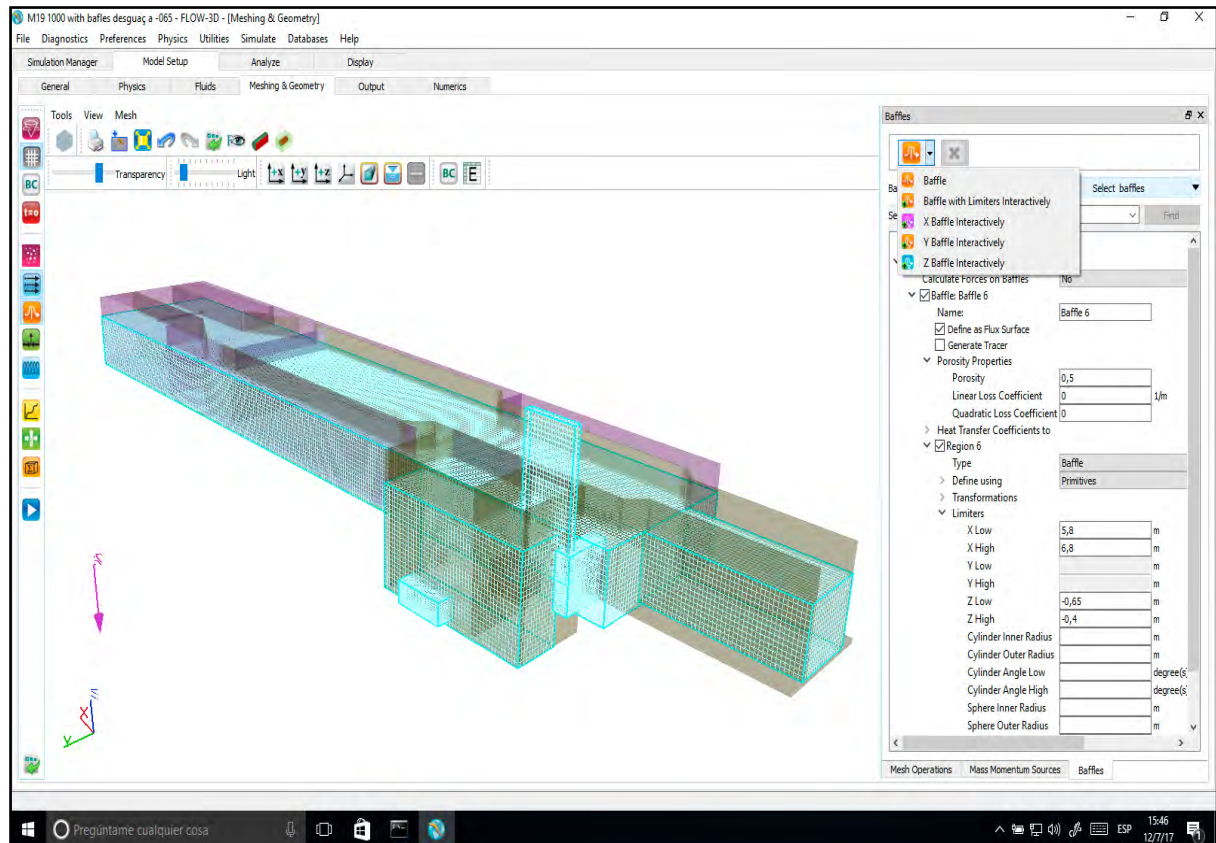


Figura 5.37. Interface de configuració dels baffles per a la mesura de les variables. Elaborat amb el software *Flow3D*.

En el model M19 del Mòdul Hidromètric s'han creat un total de 5 *Baffles*, situats sobre les seccions següents:

- Baffle 1*. Secció sobre el vessador principal (tercer tram recte del model, segon cos central del Mòdul)
- Baffle 2*. Secció de sortida del Mòdul al canal (quart tram recte del model)

el seu valor pot anar des de el 0 (0% de porositat) fins al valor 1 (100% de porositat).

- c. *Baffle 3*. Secció sobre el vessador lateral (entre el segon tram recte i la primera caixa de regulació del model)
- d. *Baffle 4*. Secció de la comporta de fons rectangular (en la primera arqueta de regulació del model)
- e. *Baffle 5*. Secció de la comporta de desguàs cilíndrica (en el segon tram recte del model)

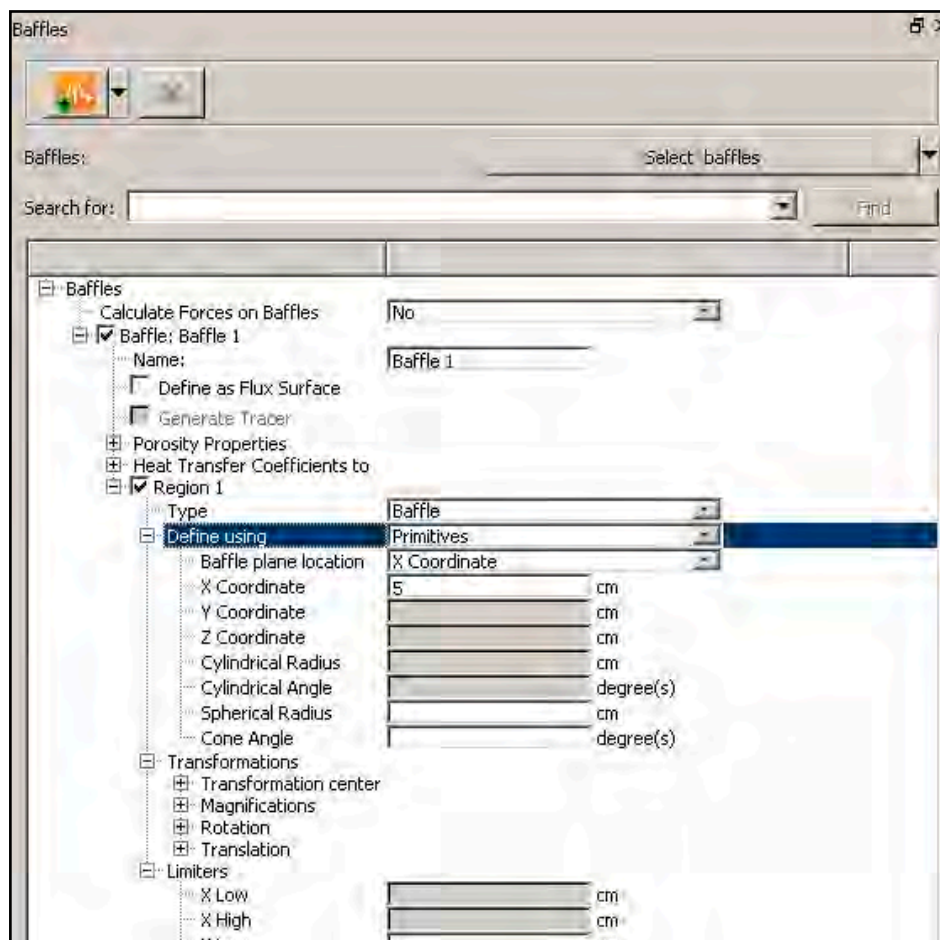


Figura 5.38. Interface de configuració dels Baffles de mesura. Elaborat amb el software Flow3D.

5.3.13. Calibració de les variables de control temporals i de sortida

Per a obtenir solucions convergents de les equacions de govern i que els resultats de les simulacions siguin coherents cal prestar atenció a la configuració dels paràmetres que controlen els intervals de càlcul, especialment la relació del temps de pas del càlcul respecte al temps de durada total de la simulació.

Un principi general és que l'interval de pas de temps curt afavoreix la convergència de la solució de les equacions. Tanmateix, un interval de pas de temps curt també genera grans quantitats d'operacions de còmput i alenteix l'obtenció de la solució durant hores o dies.

Per simular el comportament fluidodinàmic del Mòdul s'ha fet diversos models, com ja s'ha indicat anteriorment, i s'ha provat diverses configuracions de interval de pas de temps, que van des de 0.1 segons fins a 1 segons. Els càlculs han estat realitzats utilitzant una CPU Intel Core i7 7700 s 1151 amb 16 GB de memòria RAM i targeta gràfica MSI GTX 1050 TI 4GT LP. El temps total de durada de la simulació ha anat des dels 40 segons fins els 340 segons, i el temps de càlcul de les diferents solucions dels models ha anat des de 53 hores fins a més de 11 dies. Evidentment, aquests temps de còmput tant elevats dificulta el poder llançar més simulacions, més tenint en compte que la llicència del programa estava limitada a un període de només 4 mesos, en els que cal fer el pre-procés, el càlcul pròpiament i el post-procés.

Una de les línies futures d'estudi podria ser, cas de disposar d'una nova llicència, seguir fent més simulacions per tal d'obtenir solucions per un ventall de cabals més gran que el que s'ha portat a terme en aquesta recerca. Per exemple, seria interessant determinar el cabal mínim per el qual no es presenta derivació a través del vessador lateral cap al dipòsit o arqueta de regulació, és a dir fer diverses simulacions per cabals inferiors a 700 litres/segon.

Dins del menú *Model Setup* hi ha l'opció *Output* i dins d'aquesta es pot configurar l'interval de pas de temps així com la durada temporal de la simulació. En la mateixa *interface* es pot seleccionar les dades que es vol que siguin obtingudes per a un posterior anàlisi o tractament, tal i com es pot observar a la figura 5.39 .

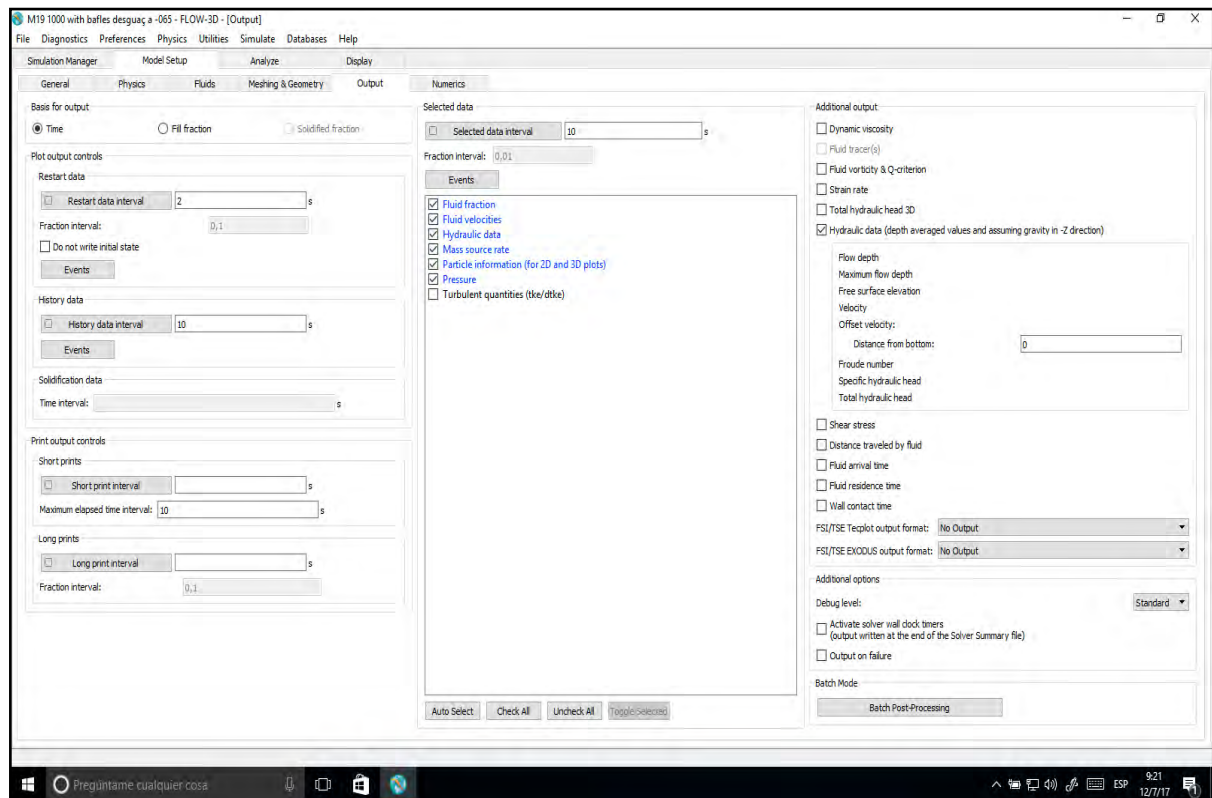


Figura 5.39. Interface Model Setup/ Output, de selecció de les variables temporals de control de la simulació. (2012)

Els paràmetres de gestió de la solució numèrica es poden configurar a la *interface Numerics* dins del menú *Model Setup*, veure la figura 5.40 . En la mateixa *interface* també es poden definir els algorismes que utilitza *Flow3D* per calcular les diferents variables, com la pressió normal, la velocitat, l'esforç tallant o la superfície lliure.

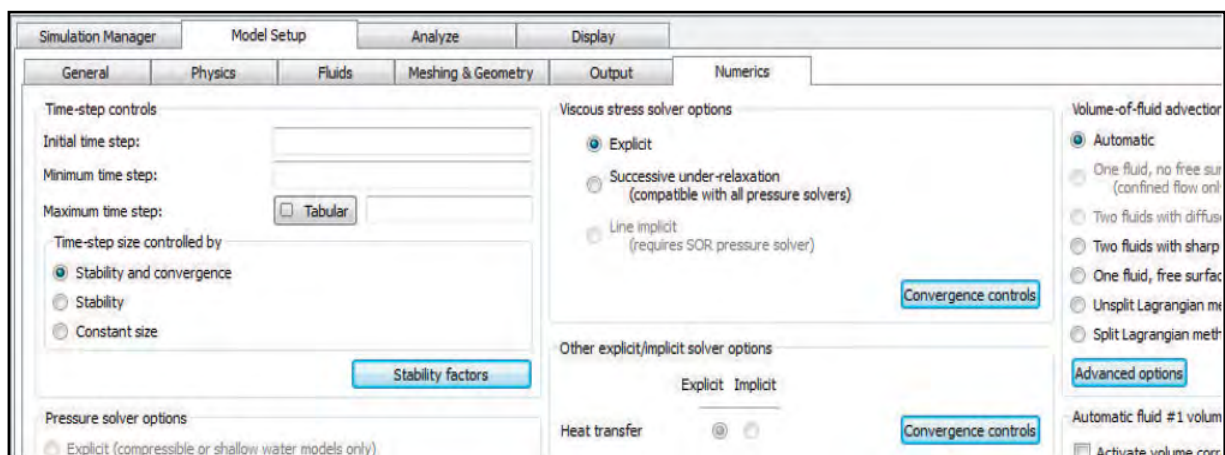


Figura 5.40. Interface Model Setup/ Numerics, per a la configuració dels paràmetres de gestió dels al-

goritmes de calcul de la solució. (2012).

Quan tots aquests paràmetres estan convenientment configurats ja és possible fer córrer la simulació. Abans però, convé utilitzar l'opció *Simulation Manager / Preprocess Simulation*; efectivament, *Flow3D* disposa d'una eina de pre-procés que obté de forma molt ràpida un test d'auto-diagnòstic en el que es verifiquen tots els paràmetres del model i que serveix per detectar problemes o conflictes que poden bloquejar la solució.

L'informe que remet la funció *Preprocess Simulation* conté la identificació de tots els elements de geometria, blocs de malla, condicions de contorn, condicions inicials, i tots els paràmetres de configuració del model. A més, també resumeix la mida del fitxer de dades de sortida per fer una previsió dels requeriments d'espai del disc així com també fa una previsió del temps de càlcul de la solució.

Cal assenyalar que, per pròpia experiència, el programa dona una estimació de mida del fitxer que és molt acurada. És a dir, que no diferirà substancialment de la que serà la mida final del fitxer. Si bé també cal dir que, en quan a l'estimació del temps de durada d'obtenció de la solució, aquest normalment és inferior al que realment acabarà necessitant la simulació. Per exemple, en algunes simulacions que es preveia una durada aproximada de 6 dies van acabar durant-ne més d'11.

Un cop llançada una simulació, hi ha una pantalla¹⁶⁸ d'informació que permet seguir la evolució del procés, que informa de si hi ha algun problema¹⁶⁹ i que permet fer modificacions de alguns dels paràmetres de control, com ara la durada total del temps de la modelització.

La funcionalitat que permet modificar paràmetres de control, durant la simulació activa, pot resultar molt útil per escurçar o allargar el temps de la modelització en aquells casos que es consideri convenient. Certament, si es detecta, per exemple, una estabilització dels valors residus, fet que indica que la simulació ha entrat en una fase estacionària, aleshores es pot reduir el temps de la simulació i acabar-la en aquest punt i així estalviar tot el càlcul restant. I al contrari, en el cas de que s'estigui arribant al punt temporal final de la simulació i es detectin encara grans alteracions, que indiquen un comportament clarament no estacionari, aleshores és molt fàcil afegir un temps de càlcul extra al previst inicialment, amb la finalitat de millorar la solució obtinguda.

168. Veure la figura 5.41 de la pàgina 405.

169. Un dels errors detectats amb més freqüència és la presència de flux convectiu que excedeix el límit d'estabilitat fixat. Això pot ésser corregit en la mateixa pantalla entrant a *Runtime Options* i modificant els valors de l'error permès.

En relació a l'obtenció d'un règim estacionari cal fer notar que això no és l'objectiu en el cas model del Mòdul Hidromètric donat que és un flux amb un comportament clarament no estacionari. Certament, el sistema de regulació en que es fonamenta el Mòdul fa que els cabals principal i derivat oscil·lin entre uns valors mínims i màxims de forma cíclica, per molt que s'allargui el temps de la simulació. D'altra banda, els programes de simulació de models 3D tampoc no poden assolir equilibris totalment estables ni en el cas de fluxos estacionaris, això és degut a la resolució interna de les equacions de govern, que implica que els resultats presentin sempre una fluctuació de petita amplitud al voltant d'un cert valor.

5.3.14. Simulacions prèvies d'ajust del model

La sèrie de simulacions final, la nomenada M20, s'ha configurat d'acord amb els resultats obtinguts en les simulacions prèvies. Per exemple, en la simulació prèvia M17-1000 es comprova l'estabilització del flux sobre el vessador central per $t = 56$ s i, a partir d'aquest instant, l'aigua comença a remuntar el vessador lateral de regulació. A continuació, una nova simulació d'ajust, la simulació M19-1000 engega en el temps $t = 56$ s i arriba al punt temporal $t=240$ s. Aquesta simulació, la M19-1000, ha comportat un temps de càlcul de $9.81282E+05$ segons o, el que és el mateix, 11 dies més 8 hores i 34 minuts amb 42 segons i els resultats han estat l'accionament efectiu del mecanisme de regulació.

A la figura 5.41 de la pàgina 405 es visualitza la pantalla de informació de seguiment del procés d'obtenció de la solució de la simulació quan aquest procés a arribat a la seva fi. En aquest cas correspon al model M19-1000.

A la taula 5.4 de la pàgina 405 es relacionen els valors de l'àrea mullada, el cabal volumètric i la velocitat mitjana obtinguts en la secció de la làmina d'aigua que es presenta sobre el vessador central, *baffle* 1, per a la simulació M19-1000, des de el temps $t = 56$ s. fins al final de la simulació per $t = 240$ s. Els valors de les mateixes variables per a la secció de sortida del Mòdul Hidromètric, *baffle* 2, també es presenten en la taula 5.5 de la pàgina 406; els de la secció corresponent a la secció de la làmina d'aigua sobre el vessador lateral, *baffle* 3, es presenten a la taula 5.6 de la pàgina 406; els corresponents a la secció de desguàs de la comporta de fons de la primera arqueta de regulació, *baffle* 4, es presenten a la taula 5.7 de la pàgina 407 i, finalment, a la taula 5.8 de la pàgina 408 es presenten els valors per a la secció de desguàs de la vàlvula de descàrrega automàtica, *baffle* 5.

Capítol 5. Modelització mitjançant CFD del Mòdul Hidromètric

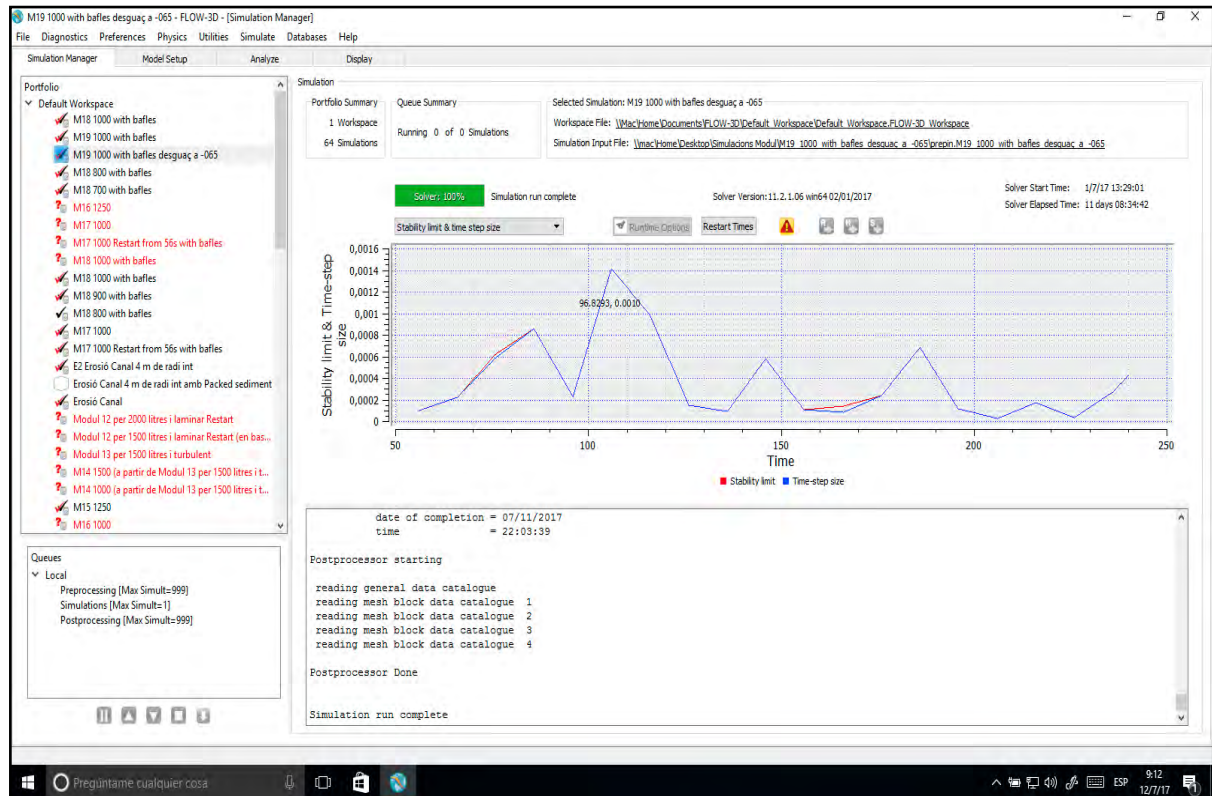


Figura 5.41. Finalització de la simulació M19-1000 i visualització des de la pantalla de control. Elaborat amb el software Flow3D.

Taula 5.4. Resultats mesures baffle 1: làmina sobre vessador central.

Temps (s)	Àrea mullada (m2)	Cabal volumètric (m3/s)	Velocitat mitjana (m/s)
56,00	0,3888387	0,2449272	0,6298941
66,00	0,6761898	0,6847168	1,0126104
76,00	0,7192163	0,7270039	1,0108279
86,00	0,7194565	0,7262686	1,0094684
96,00	0,7197129	0,7250741	1,0074491
106,00	0,7197853	0,7244541	1,0064864
116,00	0,7198777	0,7211112	1,0017135
126,00	0,7199193	0,7242135	1,0059648
136,00	0,7199268	0,7208487	1,0012805
146,00	0,7199259	0,7217237	1,0024972
156,00	0,7199526	0,7259231	1,0082929
166,00	0,7199665	0,8238304	1,1442621
176,00	0,7267657	0,8748227	1,2037204
186,00	0,7523682	0,8566713	1,1386331

196,00	0,7628611	0,8788459	1,1520392
206,00	0,7689285	0,8925574	1,1607807
216,00	0,7703005	0,8972104	1,1647538
226,00	0,7639999	0,8772278	1,1482041
236,00	0,7602960	0,8737473	1,1492199
240,00	0,7578304	0,8678745	1,1452094

Taula 5.5. Resultats mesures baffle 2: sortida canal.

Temps (s)	Àrea mullada (m ²)	Cabal volumètric (m ³ /s)	Velocitat mitjana (m/s)
56,00	0,443799	0,088979	0,200494
66,00	0,638063	0,482380	0,756007
76,00	0,678224	0,665467	0,981191
86,00	0,721971	0,736722	1,020432
96,00	0,671987	0,767634	1,142333
106,00	0,761550	0,691201	0,907624
116,00	0,751075	0,758940	1,010472
126,00	0,708499	0,751968	1,061353
136,00	0,733626	0,755471	1,029777
146,00	0,727133	0,735740	1,011837
156,00	0,686179	0,936301	1,364515
166,00	0,746150	0,799993	1,072160
176,00	0,739006	0,848545	1,148224
186,00	0,760014	0,856971	1,127573
196,00	0,696105	1,000973	1,437963
206,00	0,761858	0,834748	1,095674
216,00	0,754422	0,942303	1,249041
226,00	0,696375	0,809190	1,162004
236,00	0,779857	0,864140	1,108075
240,00	0,742390	0,890735	1,199821

Taula 5.6. Resultats mesures baffle 3: vessador lateral.

Temps (s)	Àrea mullada (m ²)	Cabal volumètric (m ³ /s)	Velocitat mitjana (m/s)
56,00	0,049896	0,003424	0,068619
66,00	0,237246	0,155454	0,655243
76,00	0,296998	0,230167	0,774980
86,00	0,296478	0,241663	0,815115

Capítol 5. Modelització mitjançant CFD del Mòdul Hidromètric

96,00	0,292645	0,249049	0,851028
106,00	0,295386	0,243258	0,823526
116,00	0,295620	0,245929	0,831907
126,00	0,297367	0,239967	0,806971
136,00	0,294554	0,246592	0,837172
146,00	0,295158	0,244895	0,829706
156,00	0,340407	0,154459	0,453748
166,00	0,393643	0,076128	0,193394
176,00	0,424169	0,053414	0,125926
186,00	0,405476	0,085329	0,210441
196,00	0,418775	0,083098	0,198431
206,00	0,435821	0,054649	0,125394
216,00	0,440588	0,069424	0,157571
226,00	0,433660	0,032971	0,076029
236,00	0,416806	0,140755	0,337699
240,00	0,411312	0,117730	0,286231

Taula 5.7. Resultats mesures baffle 4: desguàs comporta de fons de la primera arqueta de regulació.

Temps (s)	Àrea mullada (m ²)	Cabal volumètric (m ³ /s)	Velocitat mitjana (m/s)
56,00	0,000000	0,000000	0,000000
66,00	0,000000	0,000000	0,000000
76,00	0,036079	0,051134	1,417272
86,00	0,057889	0,084895	1,466522
96,00	0,051905	0,081871	1,577327
106,00	0,114407	0,242638	2,120833
116,00	0,114566	0,210152	1,834327
126,00	0,061142	0,079599	1,301885
136,00	0,059466	0,062570	1,052197
146,00	0,117587	0,196702	1,672822
156,00	0,040447	0,062650	1,548942
166,00	0,040078	0,060828	1,517737
176,00	0,063831	0,098337	1,540601
186,00	0,123809	0,259705	2,097621
196,00	0,050294	0,071536	1,422352
206,00	0,029526	0,047812	1,619333
216,00	0,064726	0,089746	1,386559
226,00	0,027388	0,037744	1,378140
236,00	0,110404	0,121371	1,099340

240,00	0,118981	0,165823	1,393692
--------	----------	----------	----------

Taula 5.8. Resultats mesures baffle 5: sortida vàlvula de regulació.

Temps (s)	Àrea mullada (m ²)	Cabal volumètric (m ³ /s)	Velocitat mitjana (m/s)
56,00	0,049356	0,008201	0,166154
66,00	0,049377	-0,000000	-0,000008
76,00	0,049398	-0,000006	-0,000129
86,00	0,049398	0,000000	0,000009
96,00	0,049396	0,038656	0,782583
106,00	0,049827	0,091469	1,835715
116,00	0,050687	0,139664	2,755403
126,00	0,051117	0,192841	3,772571
136,00	0,051117	0,194517	3,805320
146,00	0,051118	0,193056	3,776644
156,00	0,051119	0,194412	3,803112
166,00	0,051120	0,194843	3,811506
176,00	0,051120	0,196678	3,847355
186,00	0,051121	0,196486	3,843565
196,00	0,051121	0,197494	3,863294
206,00	0,051122	0,200184	3,915855
216,00	0,051122	0,198247	3,877925
226,00	0,051121	0,196877	3,851167
236,00	0,051122	0,197198	3,857403
240,00	0,051122	0,197033	3,854182

Analitzant gràficament els resultats, especialment la variació del cabal en funció del temps, es pot deduir el comportament dinàmic del model i, d'aquesta forma, poder comprovar si les condicions de contorn i les condicions inicials han estat ben definides i reproduïxen el comportament que s'espera de la simulació numèrica. És així doncs, que a la figura 5.42 de la pàgina 410 es pot observar que el cabal sobre el vessador central es manté estabilitzat fins $t = 156$ s. entorn a un valor de 700 litres per segon i que a partir d'aquest punt creix fins a estabilitzar-se en torn als 890 litres per segon fins al final de la simulació. Això ens indica que és efectiva la derivació del cabal a través del vessador lateral fins que el cabal derivat, un cop estabilitzat el model, queda situat entorn al 10 % del cabal d'entrada. Amb correspondència amb aquest cabal que passa sobre el vessador central es pot veure que el cabal de sortida del Mòdul Hidromètric, per la secció final que connecta de nou amb la secció del canal, s'obté el cabal que travessa aquesta secció i que es representa en la figura 5.43 de la pàgina 410. Efectivament la correspondència és visible, amb el decalatge lògic;

Capítol 5. Modelització mitjançant CFD del Mòdul Hidromètric

tanmateix, s'observa que en aquest cas el cabal resultant presenta unes marcades oscil·lacions, a diferència del cabal sobre el vessador. L'explicació de la presència d'aquestes variacions és que el flux passa de ser supercrític a subcrític i això aboca a la formació d'un ressalt hidràulic aigües avall del vessador que, donat el seu caràcter marcadament turbulent, origina les fluctuacions tant de la profunditat de la superfície lliure com de la velocitat mitjana i, consegüentment, també del cabal.

La figura 5.44 de la pàgina 410 mostra l'evolució del cabal volumètric sobre el vessador lateral. En aquest cas s'observa que el cabal derivat fins $t = 140$ s. es manté quasi constant en torn a 240 litres per segon i que, a partir d'aquest punt, el cabal disminueix bruscament fins a un valor entorn als 100 litres per segon, essent això degut a l'activació del mecanisme automàtic de regulació i l'augment del cabal derivat, afegint en aquest cas el que es deriva a través de la vàlvula de descarrega situada en el lateral del primer vas de relaxació del mòdul. Examinant la figura 5.46 de la pàgina 411, que correspon al cabal de desguàs a través de la vàlvula automàtica, es comprova la correspondència efectiva entre la disminució del cabal sobre el vessador lateral i l'augment del cabal derivat a través de la vàlvula de descàrrega. Al mateix temps, mitjançant la figura 5.45 de la pàgina 411, es visualitza el comportament molt variable del flux a través de la comporta de fons, comportament bàsicament produït per les importants fluctuacions que es generen aigües avall del vessador lateral, dins de la primera arqueta, al passar de flux supercrític a subcrític i generar un altre ressalt hidràulic.

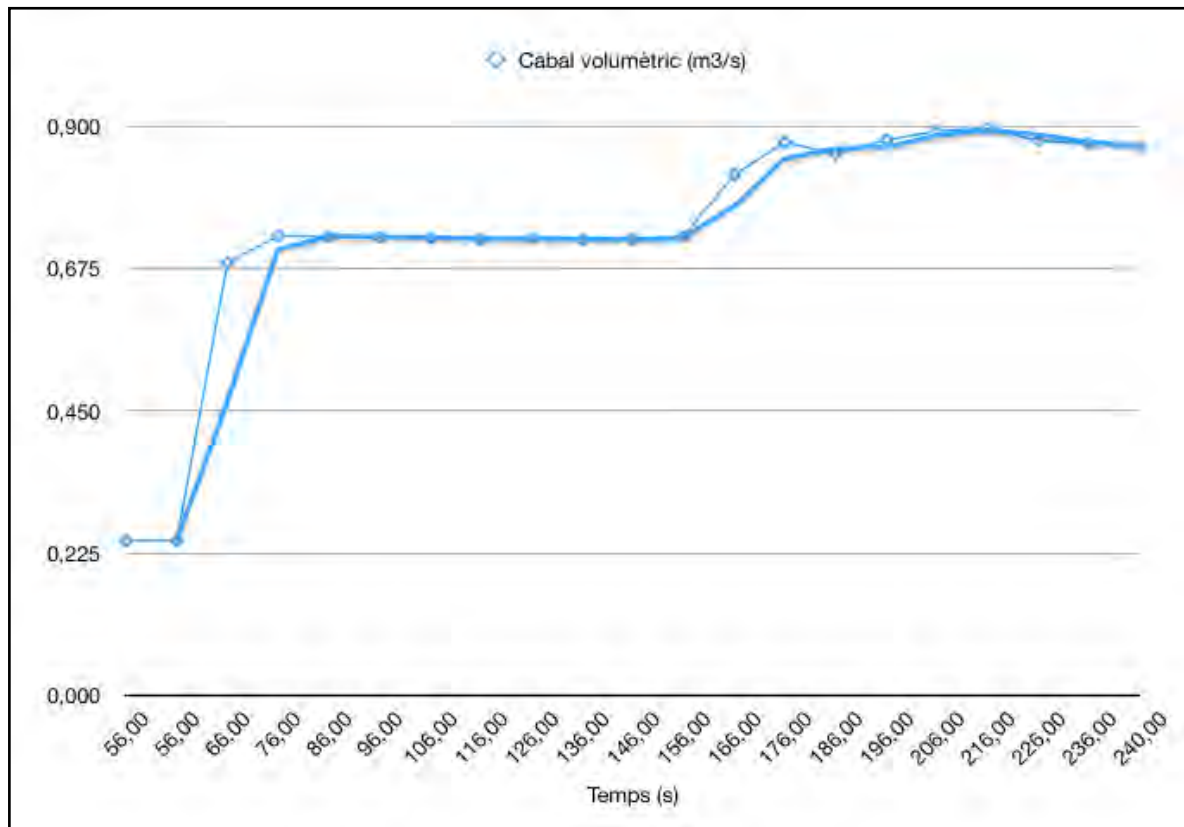


Figura 5.42. Valors i línia de tendència del cabal volumètric de la làmina lliure sobre el vessador central (Baffle 1).

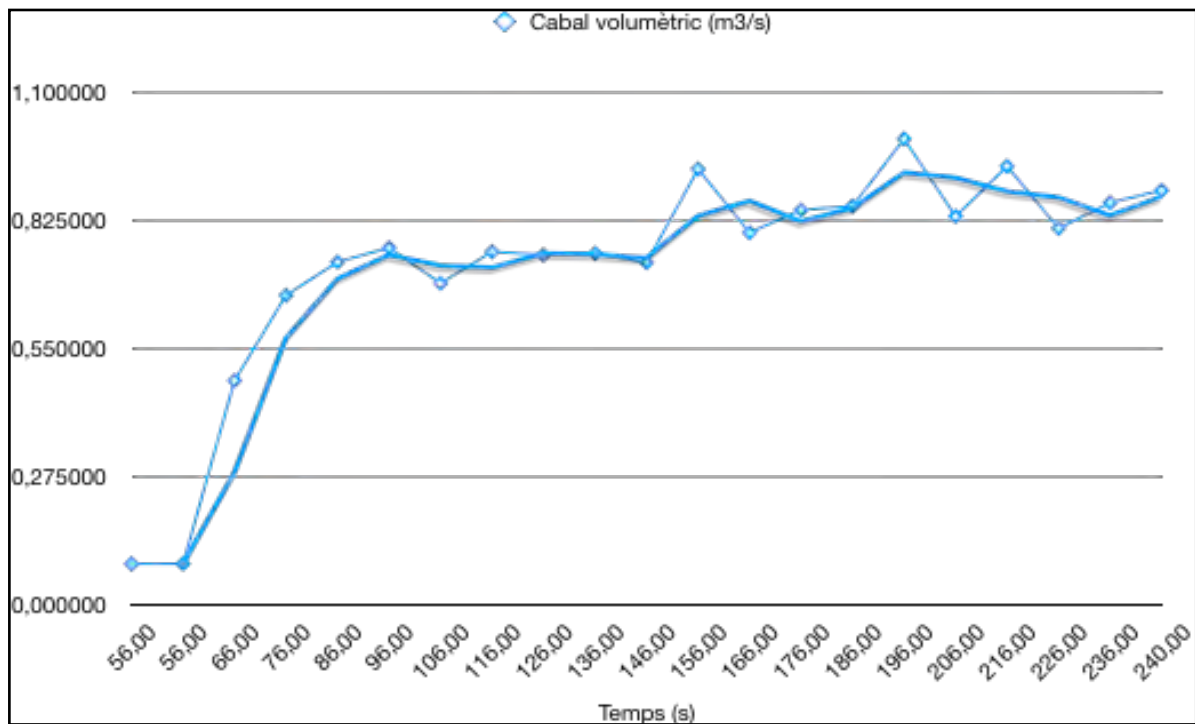


Figura 5.43. Valors i línia de tendència del cabal de sortida del mòdul (Baffle 2, situat al tram del model corresponent al tram de canal de sortida).

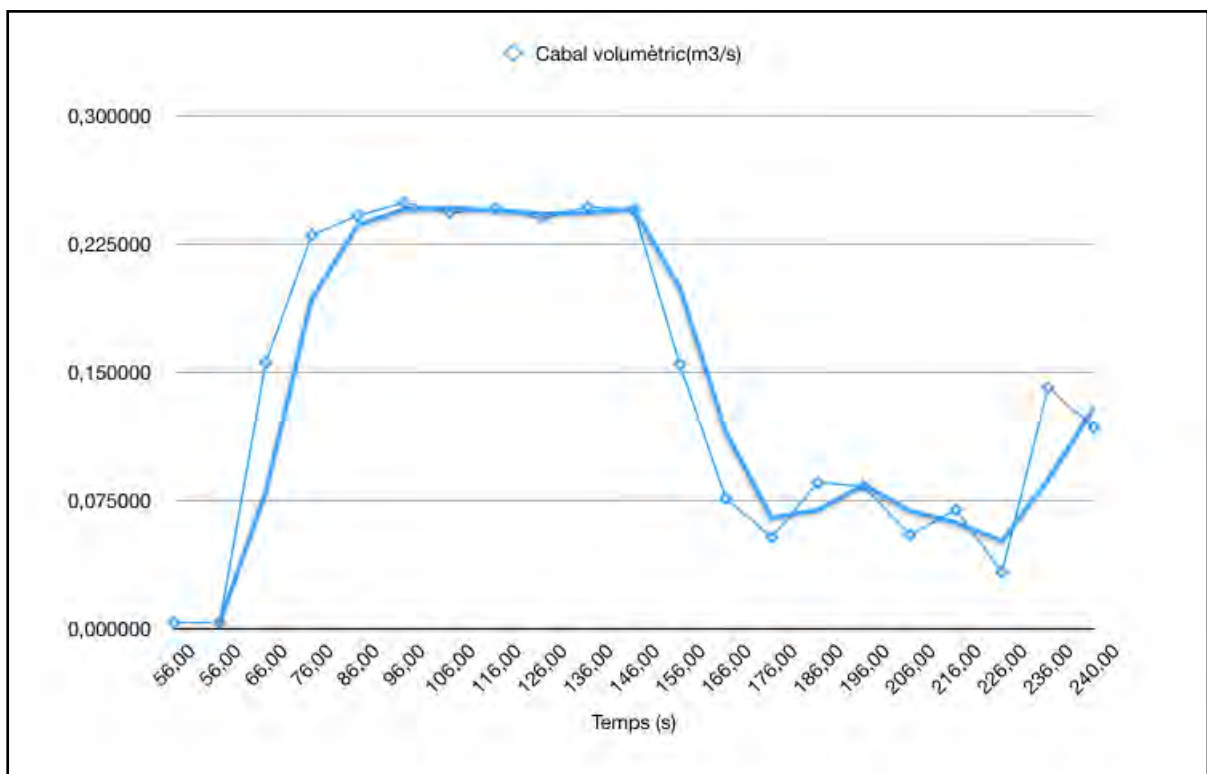


Figura 5.44. Valors i línia de tendència del cabal de la làmina d'aigua sobre el vessador lateral de regu-

lació (Baffle 3).

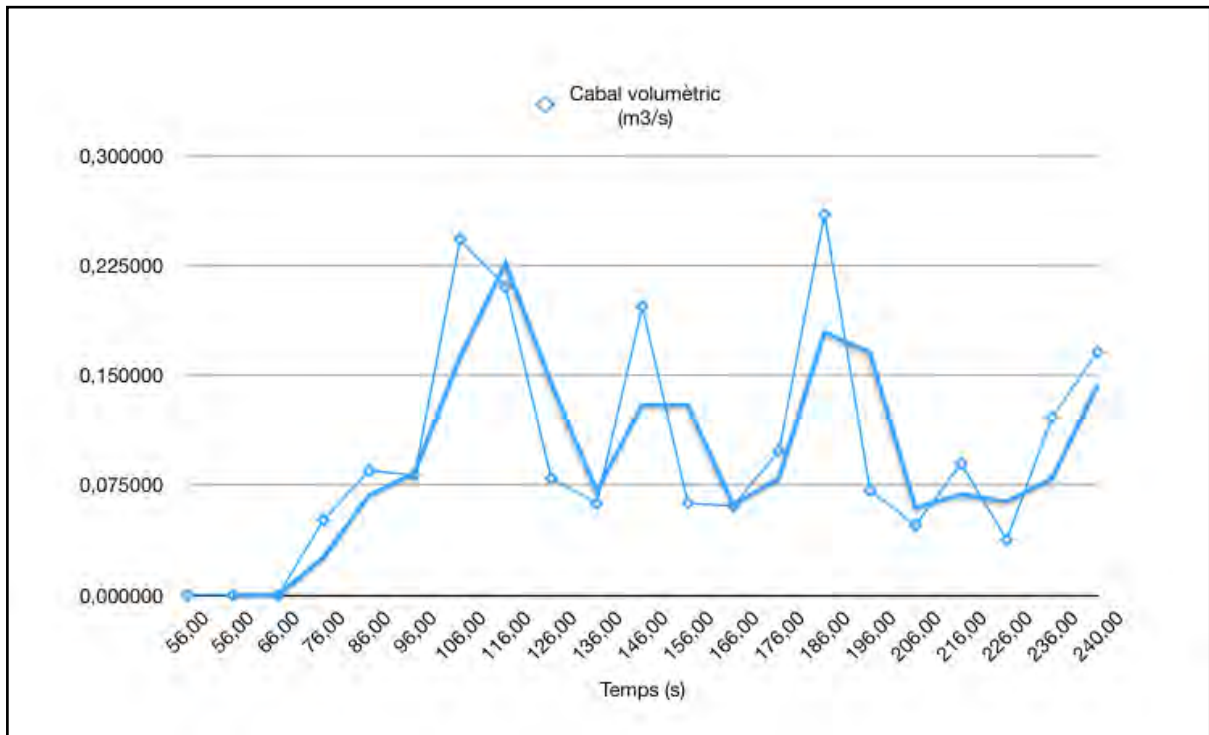


Figura 5.45. Valors i línia de tendència del cabal de sortida per la comporta de fons de la primera arqueta de regulació (Baffle 4).

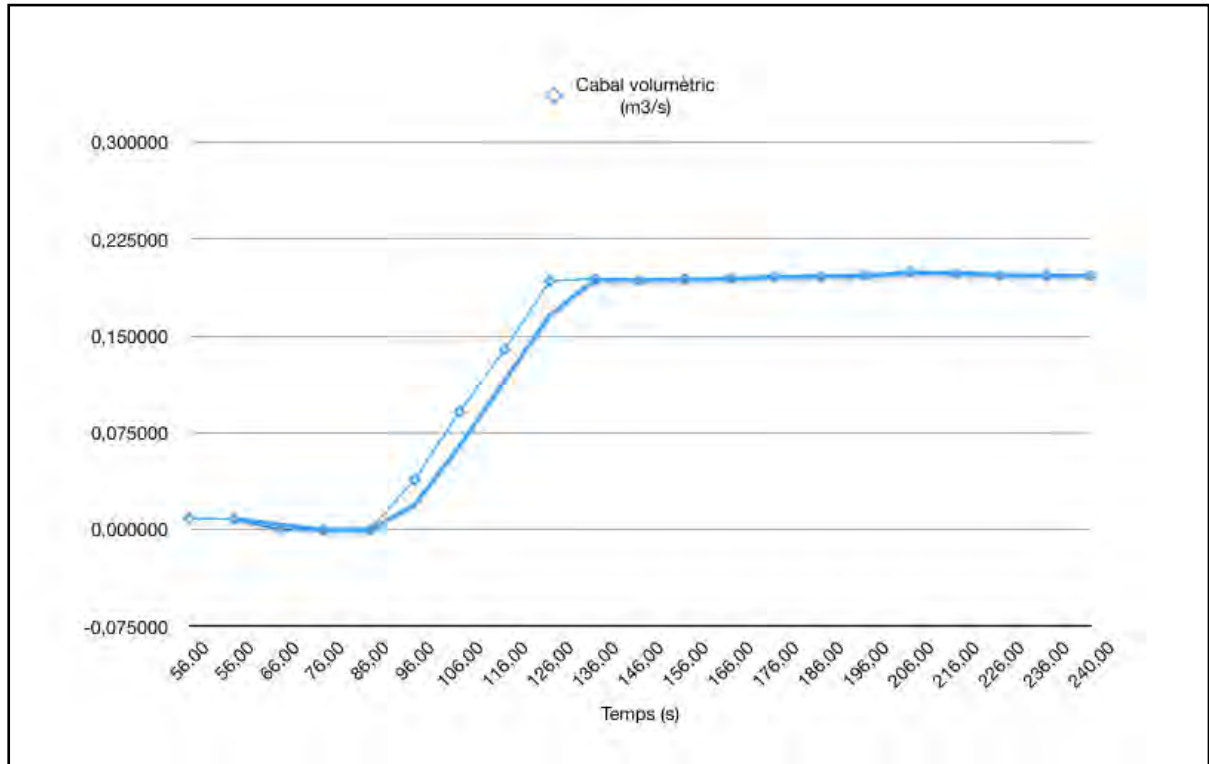


Figura 5.46. Valors i línia de tendència del cabal de sortida de la vàlvula del mecanisme de regulació (Baffle 5).

La correspondència entre els diferents cabals de sortida (*baffles* 2, 4 i 5) i els cabals mesurats sobre els dos vessadors (*baffles* 1 i 3), es poden analitzar millor a través de la figura 5.47 en el cas de un cabal d'entrada de 1000 litres per segon. El mateix es pot fer per un cabal de 900 litres per segon mitjançant la figura 5.48 de la pàgina 413 i per un cabal de 800 litres per segon en el cas de la figura 5.49 de la pàgina 413.



Figura 5.47. Comparació dels cabals volumètrics mesurats en els 5 baffles per un cabal d'entrada de 1000 litres/segon.

Capítol 5. Modelització mitjançant CFD del Mòdul Hidromètric

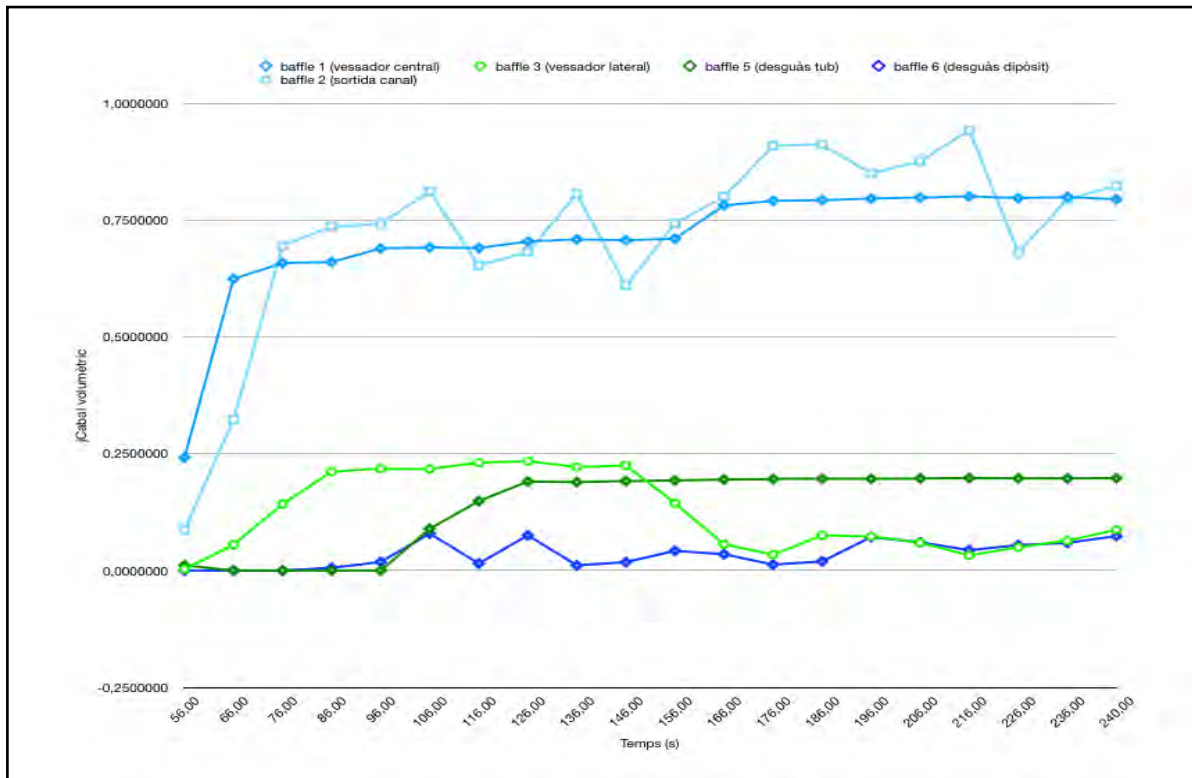


Figura 5.48. Comparació dels cabals volumètrics mesurats en els 5 baffles per un cabal de 900 litres/segon.

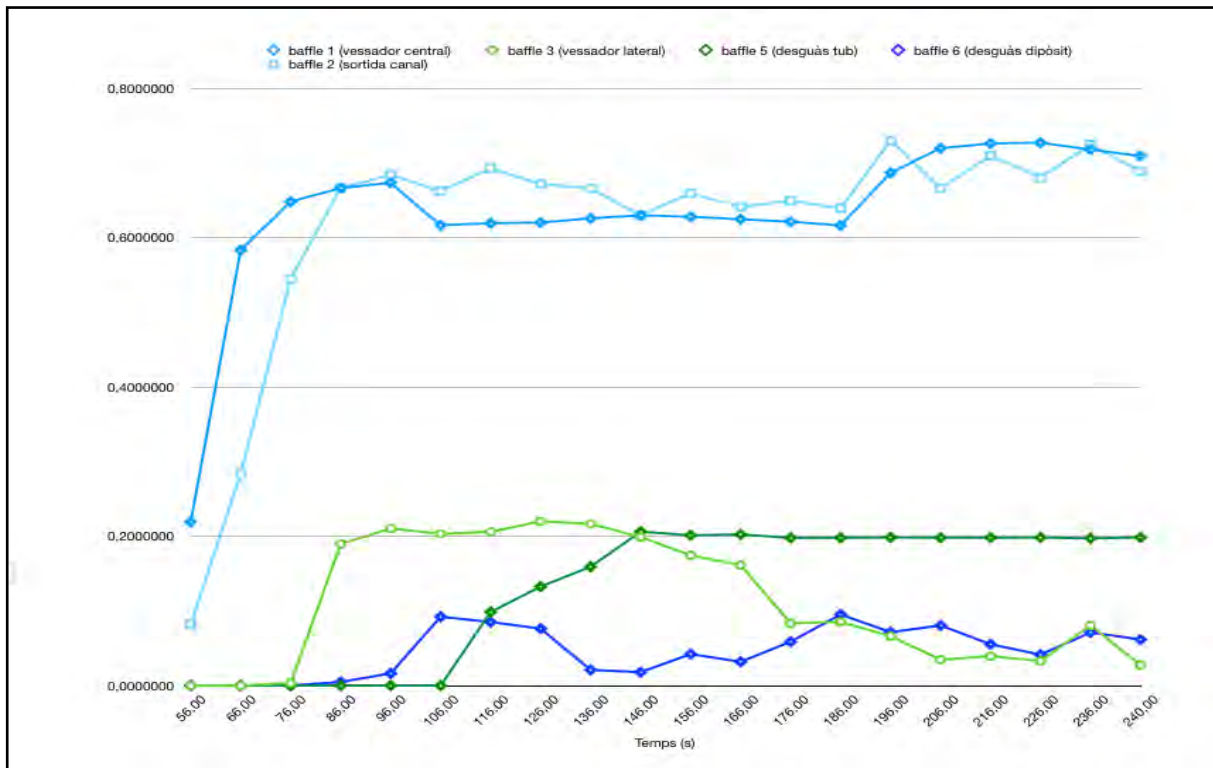


Figura 5.49. Comparació dels cabals volumètrics mesurats en els 5 baffles per un cabal d'entrada de 800 litres/segon.

En la figura 5.50 de la pàgina 415 es presenten els cabals volumètrics obtinguts sobre el vessador central per als tres models analitzats, per a 800, 900 i 1000 litres per segon respectivament. En aquesta gràfica es pot veure que el patró de comportament és molt similar en els tres models i que varien els cabals de forma proporcional al cabal d'entrada. D'altra banda també es comprova com hi ha un alentiment o demora en l'obertura de la vàlvula de descàrrega automàtica a mida que el cabal d'entrada és menor, fet que també es correspon amb la previsió del comportament desitjat del model.

La figura 5.51 de la pàgina 415 mostra la comparació dels cabals volumètrics de sortida per la secció final del mòdul en el cas dels tres models analitzats en aquest apartat, per a 800, 900 i 1000 litres per segon respectivament. Aquí es manifesta la presència de fluctuacions en els valors obtinguts per als tres models, comportament totalment previsible degut a l'evident formació del ressalt hidràulic després del vessador, presència del ressalt que indueix un comportament oscil·lant al flux aigües avall.

Els cabals volumètrics resultants sobre el vessador lateral per als tres models estudiats en aquest apartat es presenten de forma comparada en la figura 5.52 de la pàgina 416. Es pot comprovar com el comportament dels tres models és molt similar, guardant les proporcions d'acord amb els cabals d'entrada de 800, 900 i 1000 litres per segon respectivament, comportament que verifica l'esperat balanç d'entrades i sortides i que concorda amb els valors de la resta de cabals obtinguts en la simulació per les altres seccions d'entrada i sortida.

Finalment, a la figura 5.53 de la pàgina 416 es presenten els resultats dels cabals volumètrics obtinguts a través de la secció de desguàs de la vàlvula de descàrrega automàtica. L'anàlisi d'aquesta gràfica corrobora el comportament esperat dels models, tot i que cal destacar un resultat sorprenent pel que fa a que s'observa que el valor màxim del cabal de desguàs tendeix a ser el mateix per als tres casos, situant-se entorn als 200 litres per segon, independentment del cabal d'entrada. Això resulta molt rellevant i ens indica que el mòdul pot presentar una limitació efectiva de la regulació entorn aquesta xifra, fet que haurà de ser estudiat amb més profunditat en les simulacions finals.

Capítol 5. Modelització mitjançant CFD del Mòdul Hidromètric

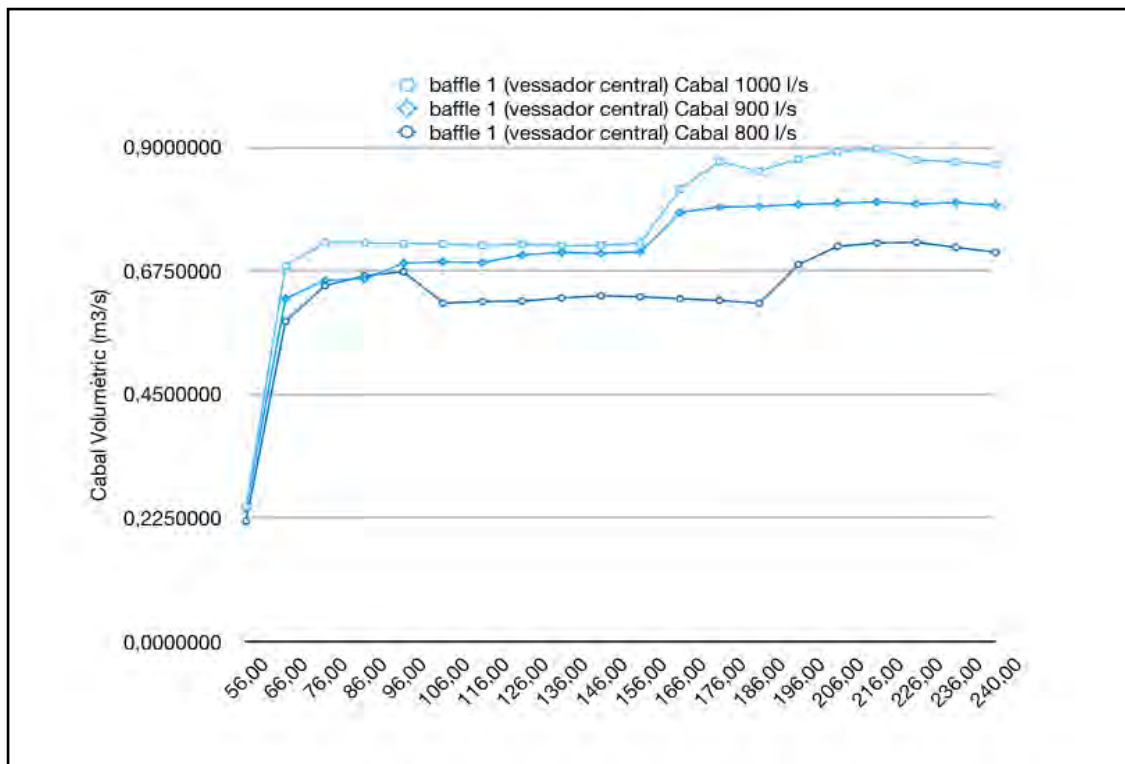


Figura 5.50. Comparació del cabal volumètric mesurat sobre el vessador central per als cabals d'entrada de 1000, 900 i 800 l/s.

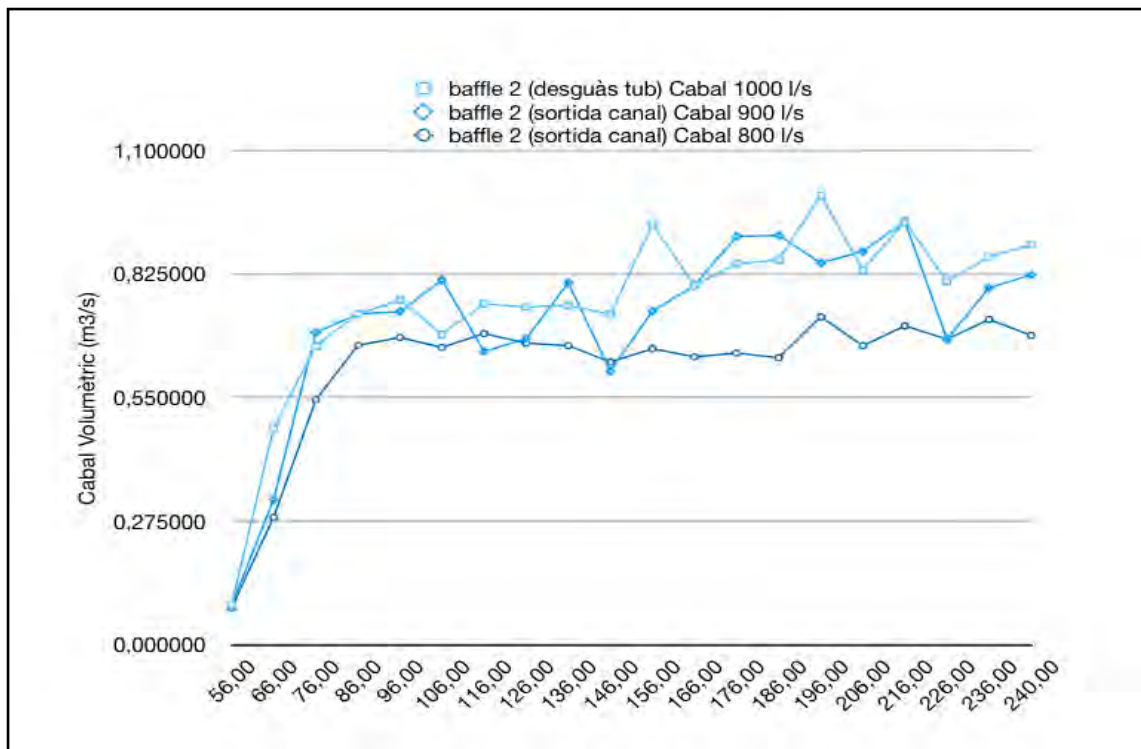


Figura 5.51. Comparació del cabal volumètric mesurat a la sortida del Mòdul per als cabals d'entrada

de 1000, 900 i 800 l/s.

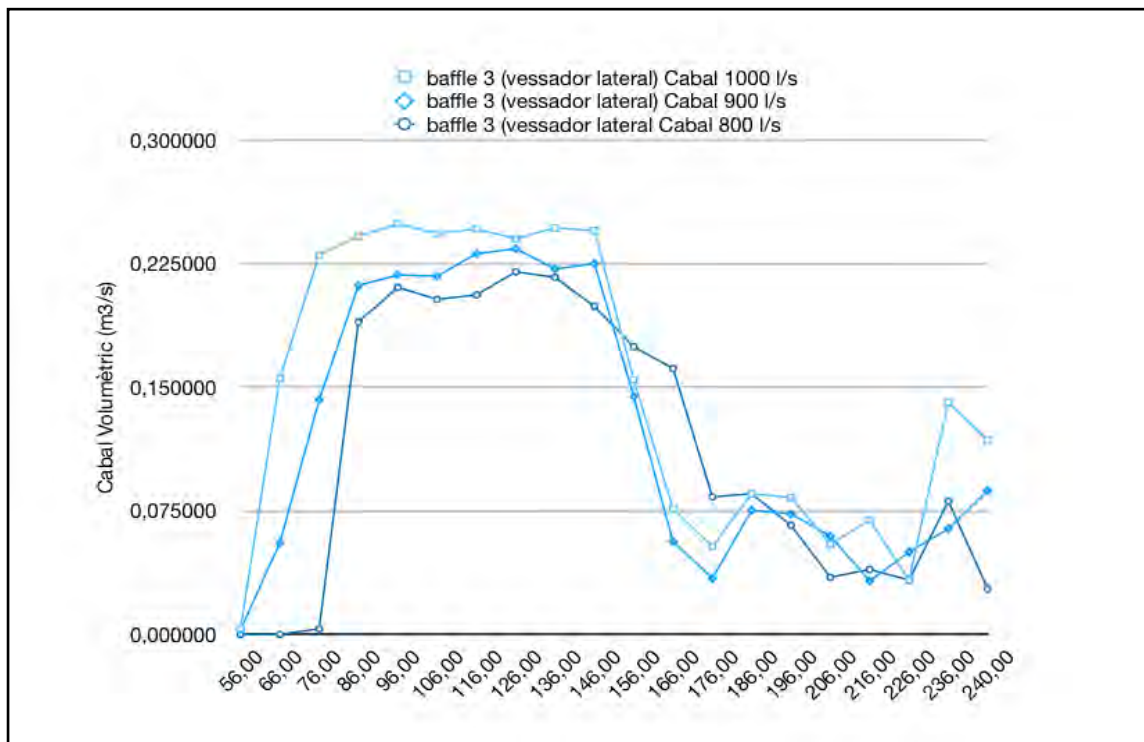


Figura 5.52. Comparació dels cabals volumètrics mesurats sobre el vessador lateral per als cabals d'entrada de 1000, 900 i 800 l/s.

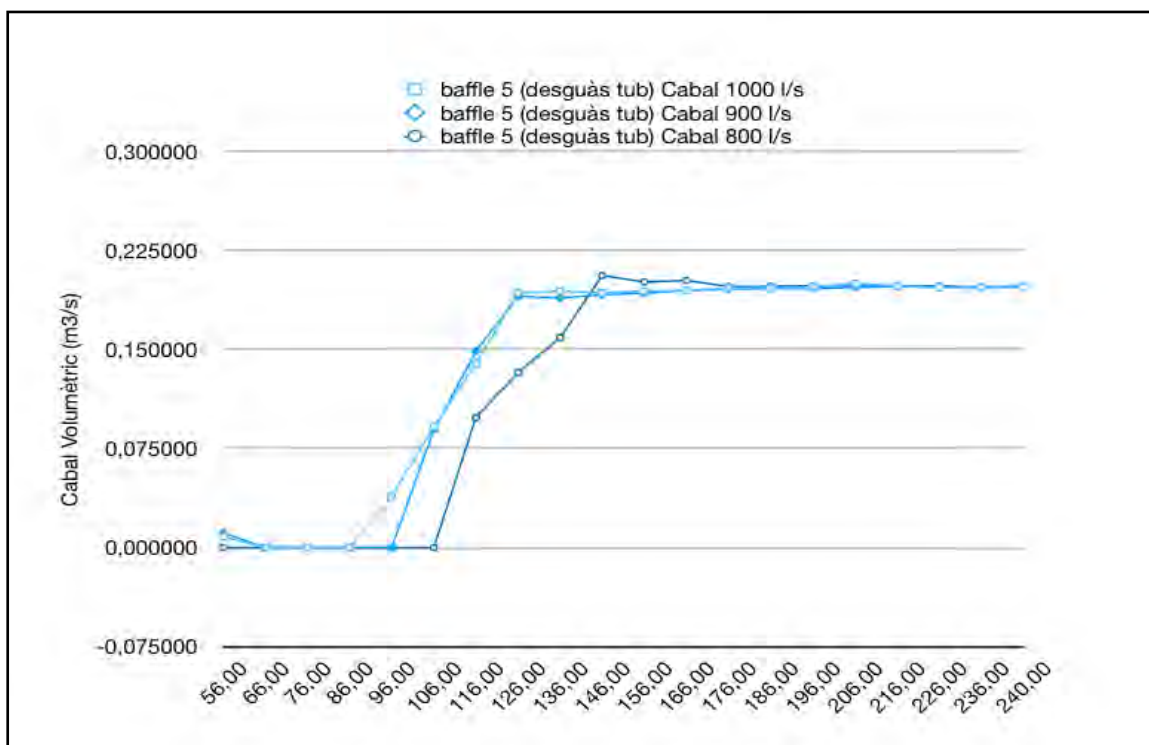


Figura 5.53. Comparació dels cabals volumètrics mesurats en el desguàs de regulació per als cabals

d'entrada de 1000, 900 i 800 l/s.

5.3.15. Post-procés i anàlisi dels resultats de la simulació

Una vegada ha finalitzat una simulació es pot procedir a analitzar els resultats obtinguts. L'anàlisi de la modelització conté dos àmbits d'actuació. En primer lloc es procedeix a avaluar els patrons del flux i en aquesta avaluació no s'analitzen encara els resultats numèrics; es tracta de comprovar, simplement mitjançant visualització gràfica, que el comportament dels fluxos presenten analogies amb el quadre de patrons esperats. A continuació es procedeix, en una segona avaluació, a l'anàlisi dels valors numèrics dels resultats obtinguts en la simulació; és el moment de trobar dades rellevants, definir els valors límit dels cabals obtinguts i trobar relacions i dependències que expliquin el comportament del model simulat. Per al primer anàlisi, la visualització gràfica, *Flow3D* té integrat un mòdul que ofereix una gran possibilitat de visualització dels resultats. Per a fluxos amb superfície lliure, *Flow3D* permet obtenir seccions de làmina d'aigua, per a qualsevol instant de la simulació, en qualsevol dels plans paral·lels als eixos X,Y i Z. També es possible obtenir perspectives en tres dimensions en les que es mostri l'evolució de la superfície lliure. Es pot també mostrar el gradient de la variable a estudiar de forma gràfica en les visualitzacions de una, dos i tres dimensions. Les visualitzacions dels resultats en 1D es presenten a través d'un eix, per les visualitzacions 2D, els resultats es presenten en un pla i per a les visualitzacions 3D els resultats es mostren en múltiples perspectives dins un entorn tridimensional. A la es pot observar la pantalla que permet configurar la manera de presentar l'anàlisi dels resultats obtinguts, en el cas mostrat es tracta de una representació 3D.

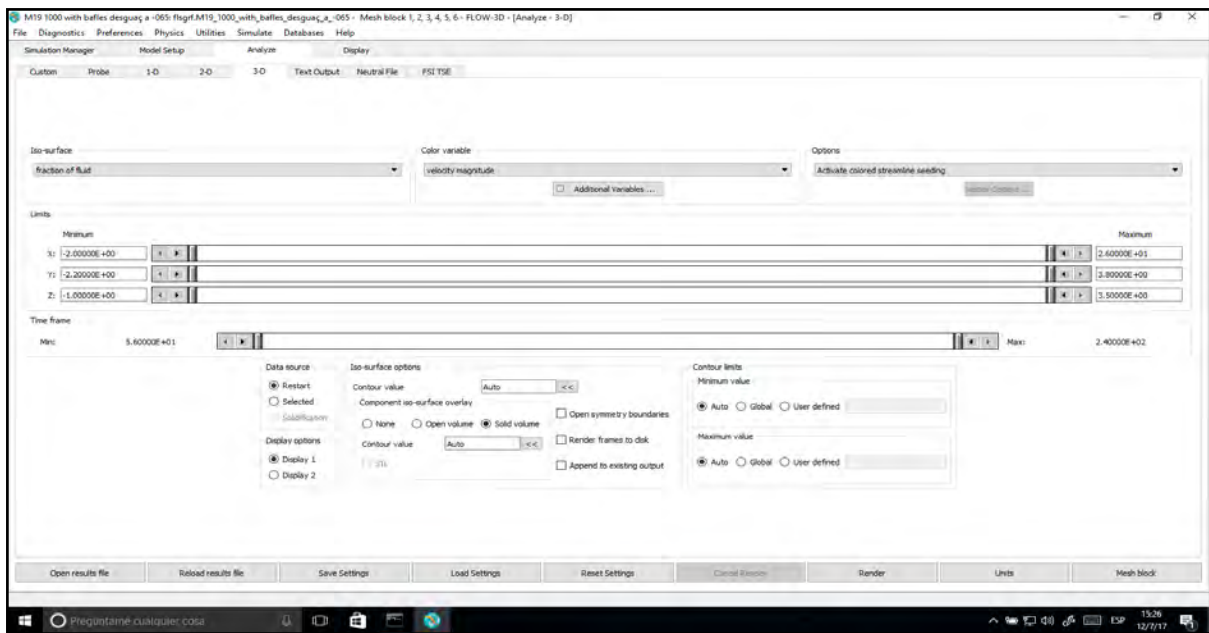


Figura 5.54. Pantalla de configuració de la presentació dels resultats de la simulació. En aquest cas mostra la selecció per visualització 3D. Elaborat amb el software *Flow3D*.

El paquet ofert per *FlowScience* amb *Flow3D* incorpora, a més, una aplicació específica, anomenada *FlowSight*, per al tractament gràfic dels resultats que millora l'experiència d'usuari, amplia les possibilitats de visualització i millora la qualitat dels resultats que es poden obtenir. Per exemple, incorpora la possibilitat de mostrar línies de corrent (*Streamlines*), seguiment de partícules o traces, i és molt efectiu per la generació d'animacions dels resultats.

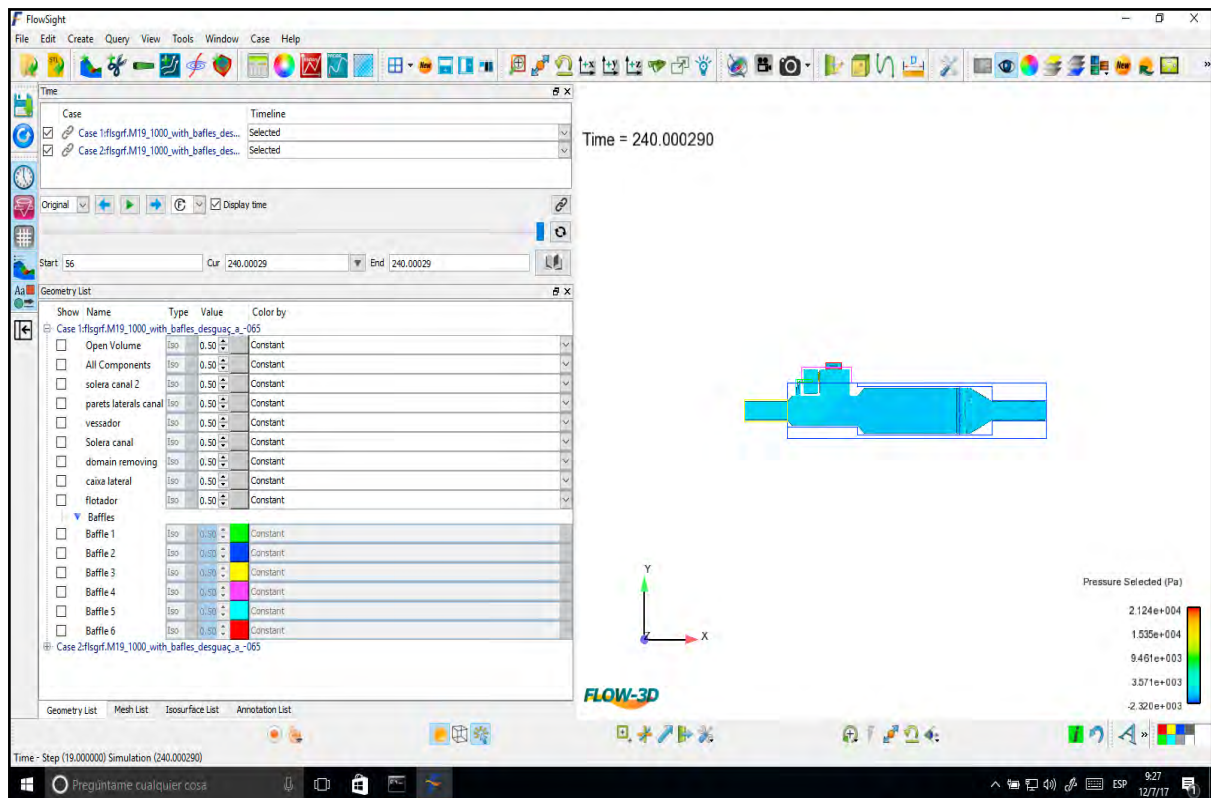


Figura 5.55. Interface de l'aplicació FlowSight per al tractament gràfic dels resultats obtinguts amb la simulació. Elaborat amb el software FlowSight.

I) Anàlisi gràfic dels resultats de la modelització

La figura 5.57 de la pàgina 420 mostra la pel·lícula de l'aigua netament, és a dir, sense mostrar les estructures ni les parets, per a l'instant $t = 110$ s i quan el cabal d'entrada és de 1200 litres/s. Aquesta imatge permet una bona observació del comportament del gradient de la velocitat de l'aigua en el Mòdul Hidromètric; es mostra clarament l'estabilització del cabal de sortida després de haver superat el vessador central. També es pot observar la turbulència provocada aigües avall del mateix vessador central, en el lloc on es forma un ressalt hidràulic. El mateix fenomen es pot reconèixer en el vessador lateral, on també són notables els gradients de velocitat, veure la figura 5.57 de la pàgina 420. Els perfils de les fluctuacions del flux mostren la mateixa llei que la velocitat, tal i com es mostra a la imatge.

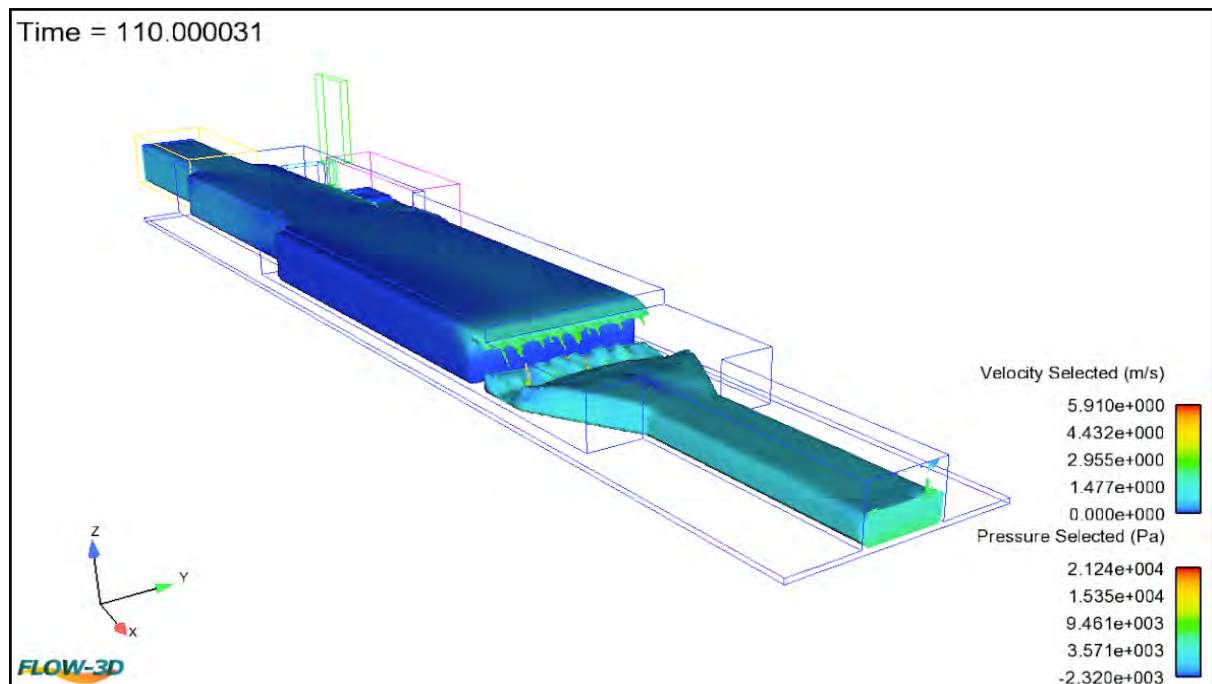


Figura 5.56. Perspectiva (llera dreta) de la làmina d'aigua del model M19-1200, imatge obtinguda per l'instant $t=110$ s de la simulació. Elaborat amb el software *FlowSight*.

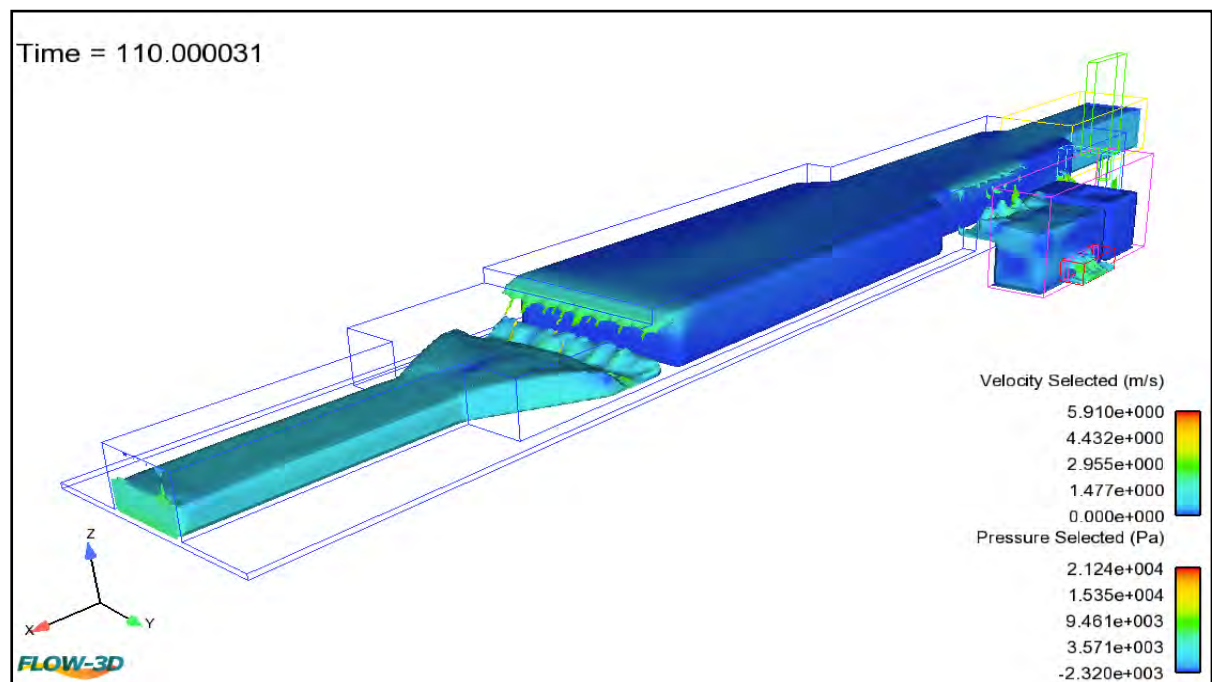


Figura 5.57. Perspectiva (llera esquerra) de la làmina d'aigua del model M19-1200, imatge obtinguda per l'instant $t = 110$ s de la simulació. Elaborat amb el software *FlowSight*.

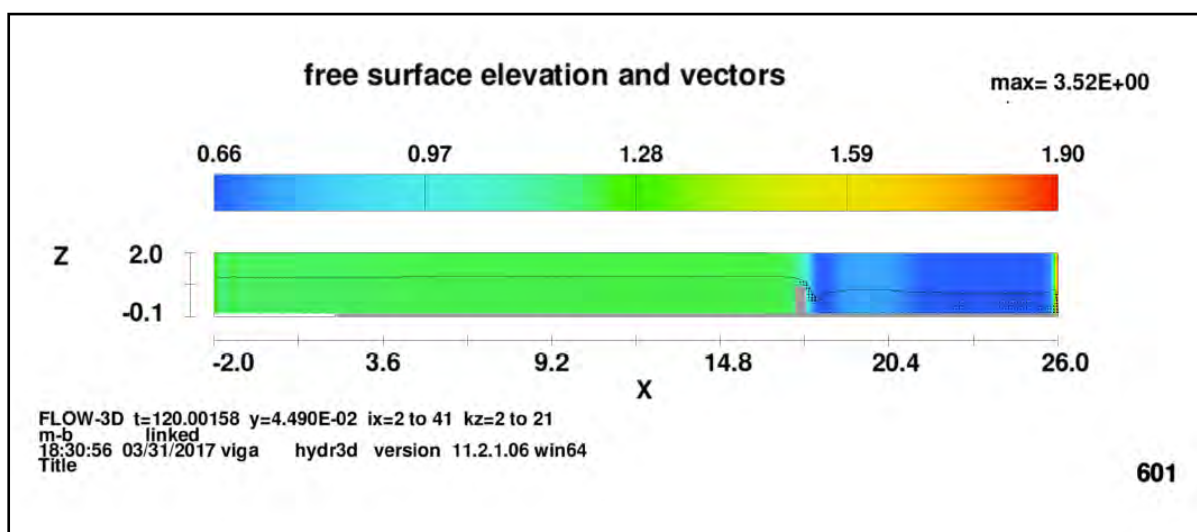


Figura 5.58. Elevació de la superfície lliure al llarg de les diferents seccions del Mòdul Hidromètric.

En la representació en dos dimensions mostrada en la figura 5.58 es pot apreciar amb concreció el nivell de l'aigua en qualsevol de les diferents seccions del Mòdul Hidromètric, concretament la imatge mostrada correspon a l'instant $t = 120$ s per un cabal d'entrada de 1100 litres/s.

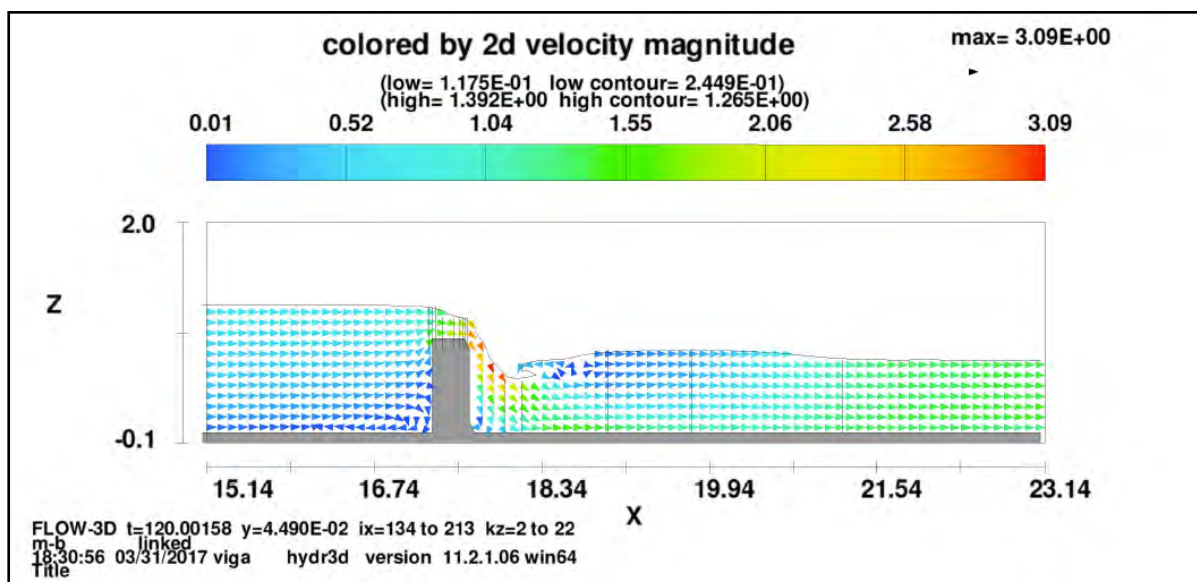


Figura 5.59. Detall del flux en les immediacions del vessador central, incloent el ressalt hidràulic que es forma aigües avall.

En la figura 5.59 es mostra un detall del flux al voltant de la zona del vessador central. En aquest cas la visualització dels vectors de velocitats permet constatar la formació d'un

vòrtex aigües avall, just en la zona de formació del ressalt hidràulic. S'observa clarament la presència de components negatives de velocitats i s'intueix un alt grau de turbulència tal i com es prediu en la literatura sobre els ressalts (Babaali, Shamsai, & Vosoughifar, 2015).

La figura 5.60 de la pàgina 422 mostra el gradient de velocitats des de una vista superior per a l'instant $t = 240$ s quan el cabal d'entrada és de 1400 litres per segon. En aquesta imatge es pot observar la relaxació de la velocitat de l'aigua en els dos vasos centrals i com aquest flux s'accelera a mida que s'acosta a les proximitats del vessador central. També es possible veure perfectament un important nucli de turbulència generada en la regió on es produeix el ressalt hidràulic (2015). Al mateix temps, s'observa que a través de la vàlvula de descàrrega lateral es produeix una elevada velocitat de sortida de l'aigua resultant, de fet, la regió on s'assoleix la velocitat màxima de tot el domini estudiat. D'altra banda, a la sortida de la comporta de fons ubicada en la primera arqueta de regulació es pot apreciar que la velocitat màxima assolida no arriba a valors tant elevats. Per a complementar la informació gràfica, a la figura 5.61 de la pàgina 423 es mostra una vista posterior del Mòdul Hidromètric, per a $t = 240$ s, que permet una perfecta visió del raig de l'aigua a través de la vàlvula de descàrrega quan aquesta es troba activada per l'ascens del flotador de l'arqueta de control.

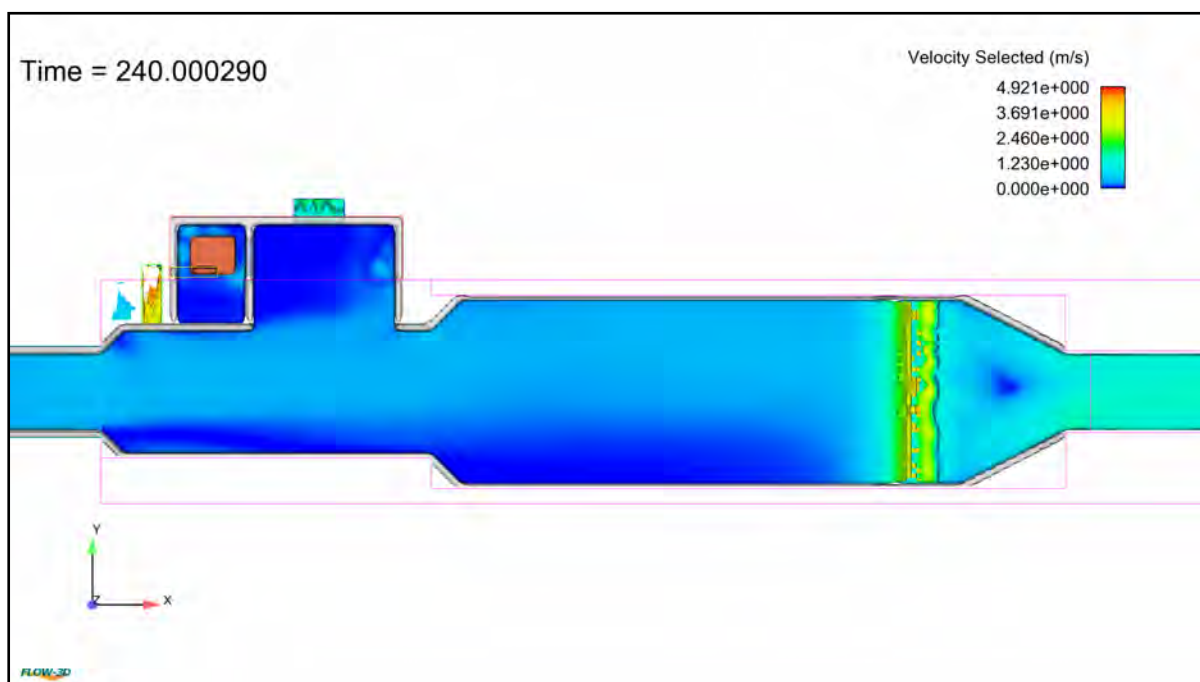


Figura 5.60. Vista superior del Mòdul Hidromètric, per $t = 240$ s, quan el cabal d'entrada és de 1400 litres per segon.

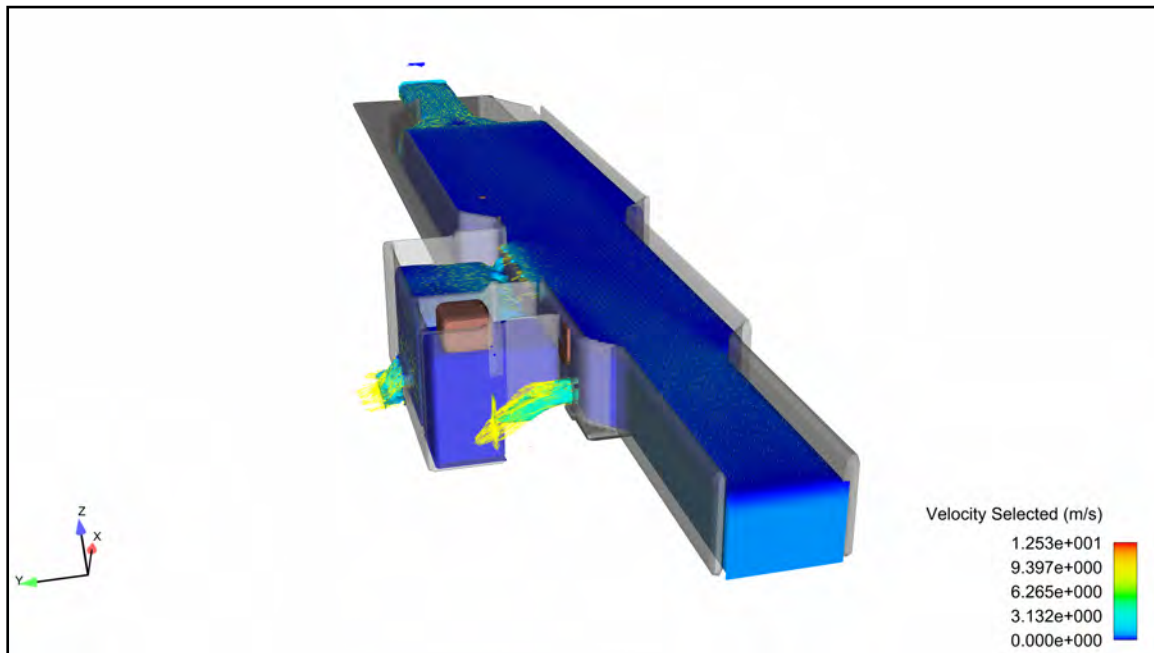


Figura 5.61. Vista posterior del Mòdul Hidromètric, per a $t = 240$ s, quan el cabal d'entrada és de 1300 litres per segon.

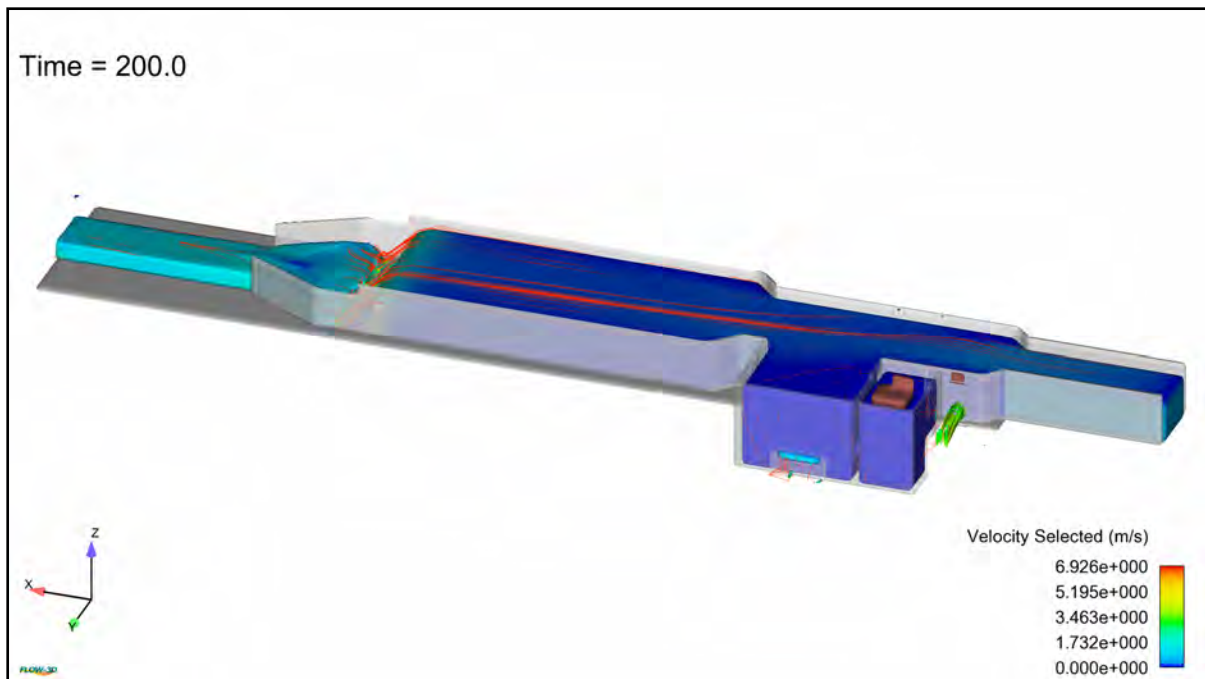


Figura 5.62. Visualització de la trajectòria d'unes partícules al llarg del seu flux a través del Mòdul Hidromètric, per el model M18-1000.

Una informació gràfica que pot resultar útil per entendre el comportament del mòdul i per analitzar l'evolució de l'aigua en el seu interior és la de fer el seguiment d'una o més

partícules a partir d'una secció d'entrada i fins al final, per exemple, tal i com es mostra a la figura 5.62 i a les figures 5.63 i 5.64 de la pàgina 424.

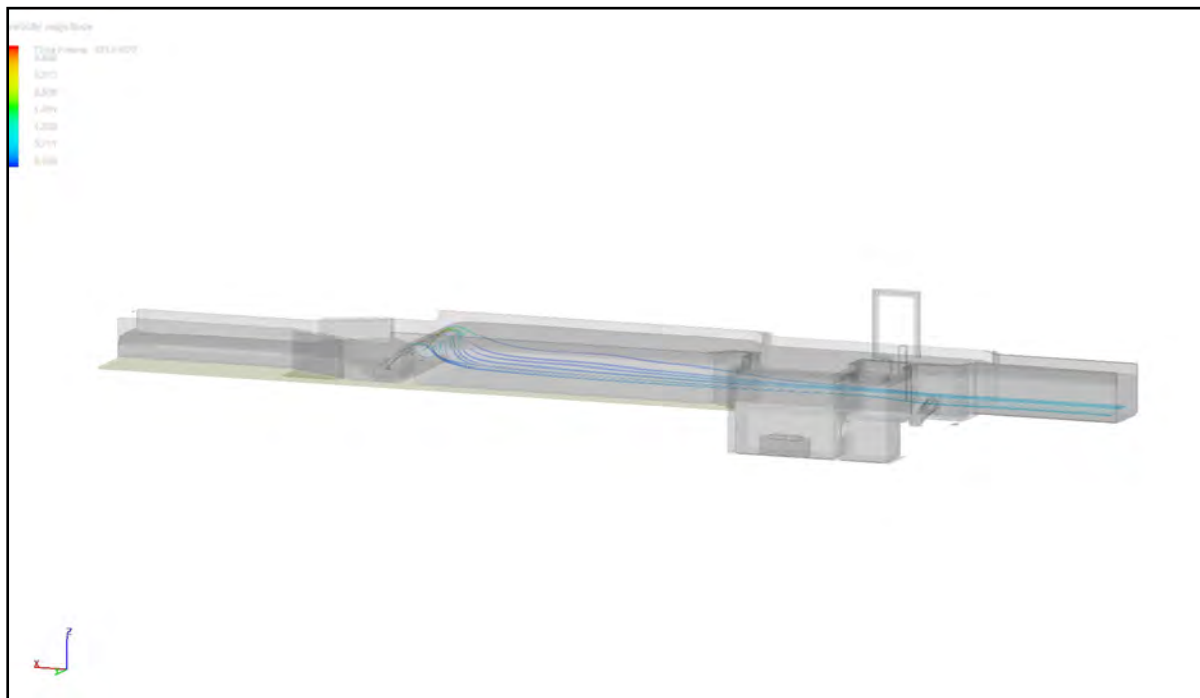


Figura 5.63. Visualització de la trajectòria d'unes partícules al llarg del seu flux a través del Mòdul Hidromètric, per el model M18-900, vista en perspectiva.

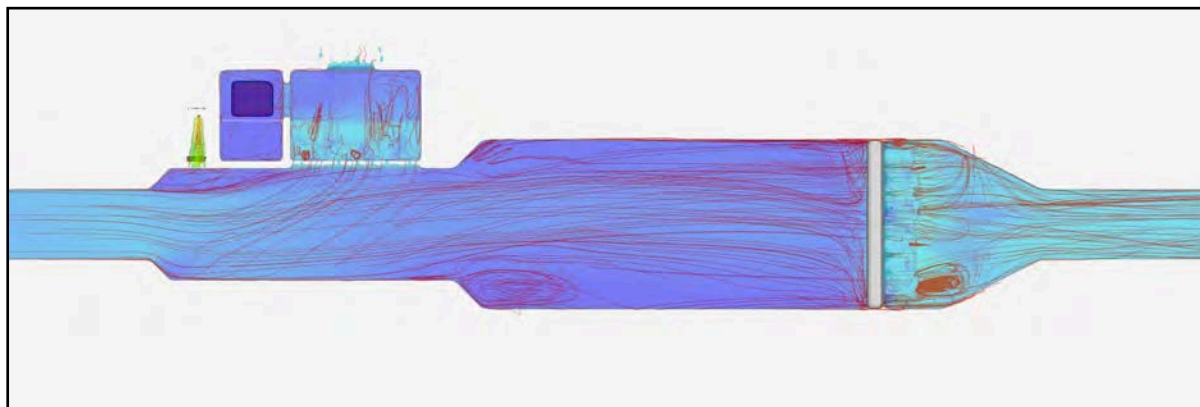


Figura 5.64. Visualització de la trajectòria d'unes partícules al llarg del seu flux a través del Mòdul Hidromètric, per el model M18-900, vista superior.

D'altra banda també es fa necessari analitzar l'evolució del flux, i de la seva interacció amb els elements de regulació del dispositiu, en funció del temps. La seqüència representada en la figura figura 5.65 de la pàgina 426 mostra 12 imatges consecutives d'una simulació per a

un cabal d'entrada de 1300 litres per segon en un interval de temps que va des de $t = 0$ s fins a $t = 130$ s. Aquest interval de temps resulta suficient per permetre veure com els respectius vasos centrals del mòdul s'omplen primer d'aigua i just després comença a vessar aigua a través del vessador lateral; a partir d'aquí l'aigua penetra a l'interior de la primera arqueta, deixant anar una petita quantitat d'aigua a través de la comporta de fons. Transcorregut un cert interval de temps, concretament entre $t = 69$ s i $t = 80$ s, el nivell de l'aigua arriba a l'obertura de comunicació entre els dos pous o arquetes i, quan això es produeix, l'aigua comença a omplir la segona arqueta. Aquesta segona arqueta no té el seu propi sistema de drenatge, conseqüentment el nivell de l'aigua comença a ascendir tot activant el moviment d'ascensió del flotador, concretament per a $t = 99$ s. Això, al cap de molt poc temps, provoca l'activació de la vàlvula de descàrrega a partir de l'instant $t = 130$ s.

A la figura 5.66 de la pàgina 427, que representa un seqüència de imatges entre $t = 56$ s i $t = 210$ s, es pot apreciar amb més detall el moment en que comença a penetrar l'aigua a la primera arqueta a través del vessador lateral, per a un instant $t = 56$ s. La seqüència correspon, en aquest cas, a un model amb un cabal d'entrada de 1100 litres per segon.

La figura 5.68 de la pàgina 429 mostra el desbordament de la primera arqueta per en l'instant $t = 151.41$ s per un cabal d'entrada de 1500 litres per segon, per al model M18-1500. El desbordament és degut a la insuficient secció de la comporta de fons de la primera arqueta per aquest cabal i precisament, l'estudi gràfic d'aquestes simulacions prèvies, ha permès ajustar el model. En concret l'alçada de l'obertura de la comporta de fons ha anat variant de 0.10 m per el model M13, 0.15 m pels models M17 i M18 i, finalment, de 0.25 m pels models M19 i M20.

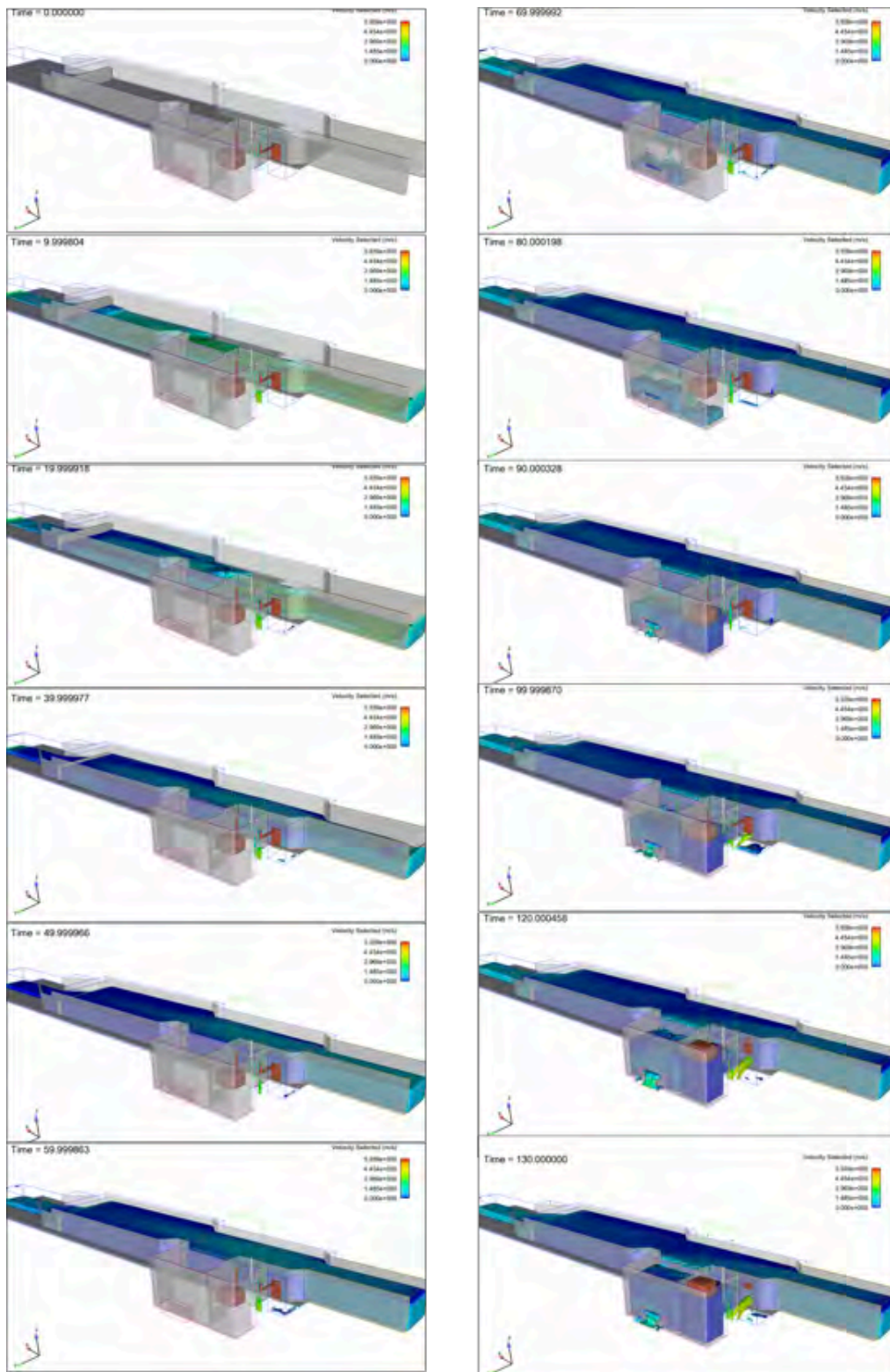


Figura 5.65. Representació gràfica de l'evolució, entre $t = 0$ i $t = 130$ s, de la simulació per un cabal d'entrada de 1300 litres per segon, vista en perspectiva posterior.

Capítol 5. Modelització mitjançant CFD del Mòdul Hidromètric

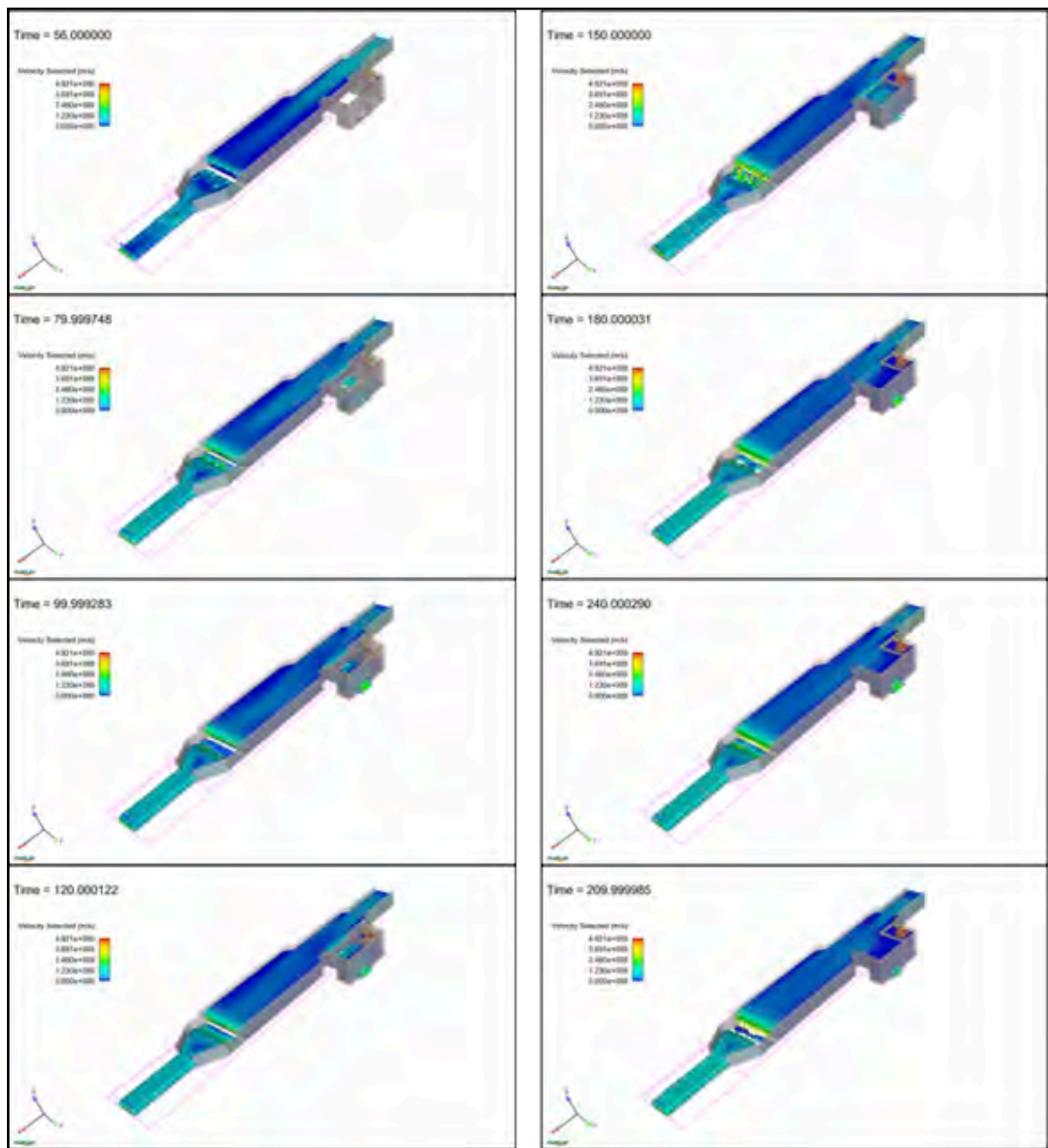


Figura 5.66. Seqüència gràfica que mostra quan l'aigua comença a penetrar a la primera arqueta a través del vessador lateral, a partir de $t = 56$ s. i fins a $t = 210$ s, quan el cabal d'entrada és de 1100 litres per segon.

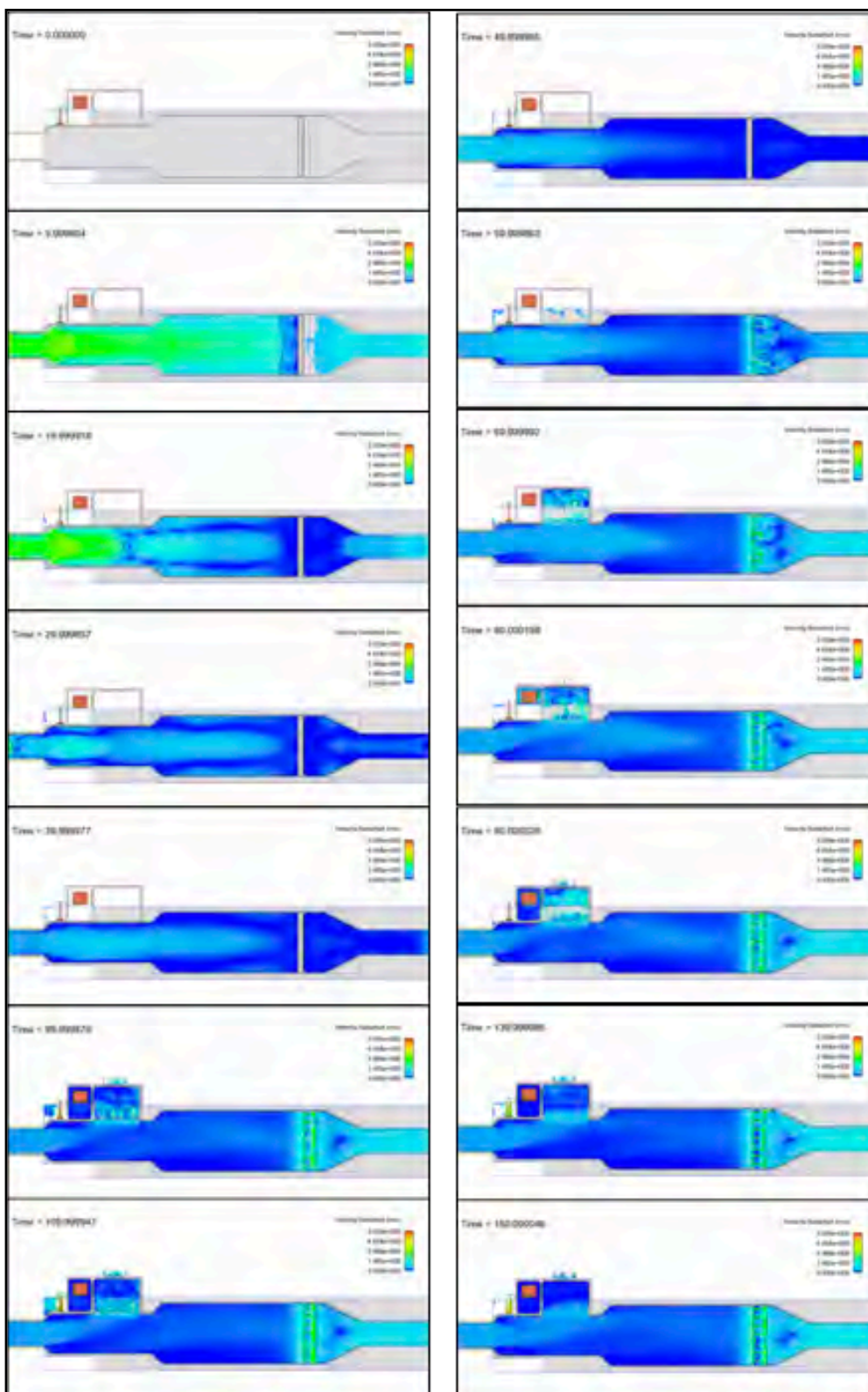


Figura 5.67. Representació gràfica de l'evolució, entre $t = 0$ s i $t = 130$ s, de a la simulació amb un cabal d'entrada de 1300 litres per segon, vista superior.

Capítol 5. Modelització mitjançant CFD del Mòdul Hidromètric

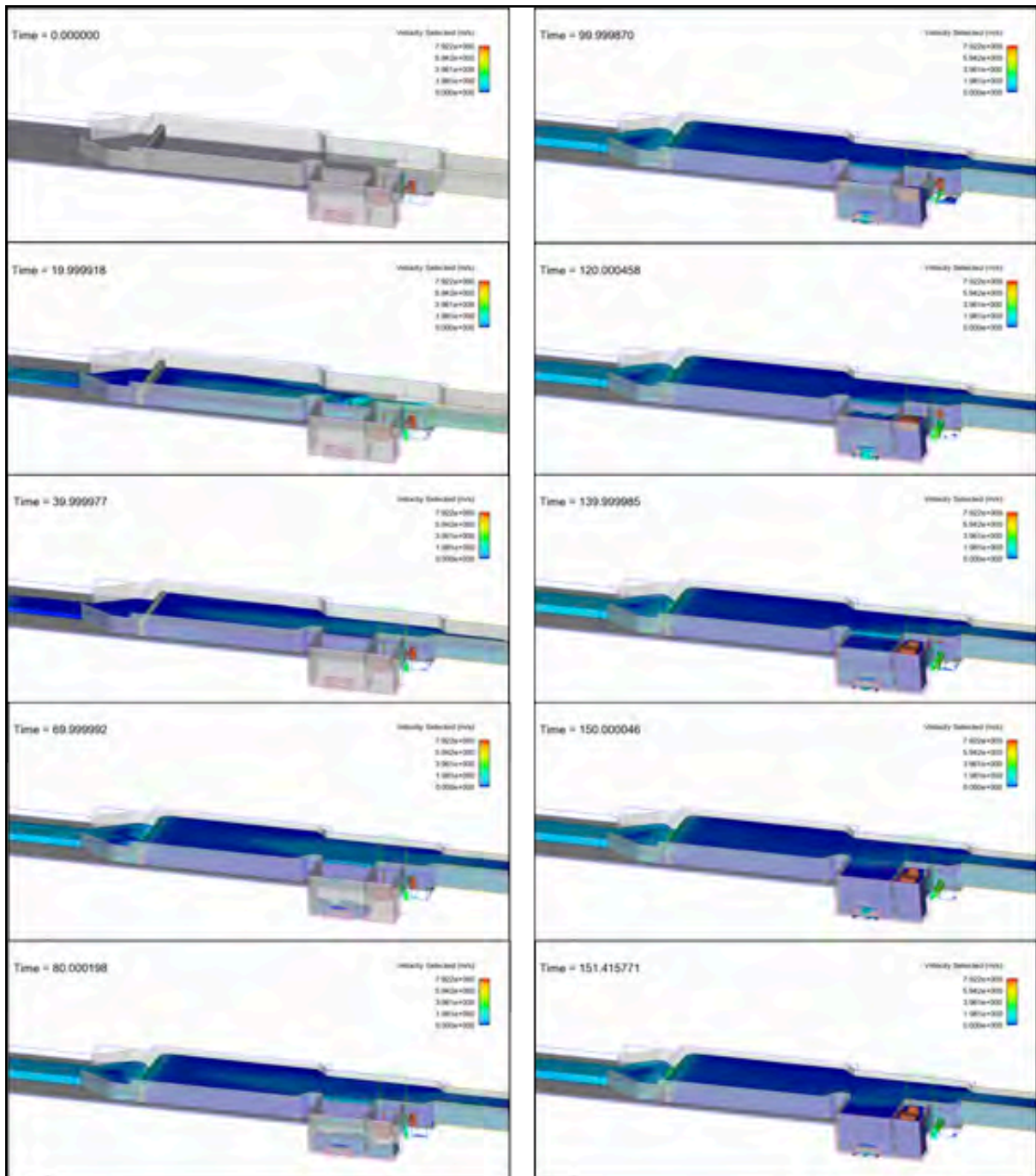


Figura 5.68. Representació gràfica de l'evolució, entre $t = 0$ i $t = 151.4$ s, de la simulació per un cabal d'entrada de 1500 litres per segon, vista en perspectiva. Per $t = 151.4$ s, s'observa el desbordament de la primera arqueta.

A les figures 5.69 i 5.70 de la pàgina 431 es mostren respectivament les vistes anterior i posterior en perspectiva del Mòdul Hidromètric per a $t = 130$ s quan el cabal és de 1200 litres per segon. Gràcies a aquesta opció de visualització es pot comprovar el comportament

aleatori i erràtic de les trajectòries de les partícules quan passen per la regió on es manifesta el ressalt hidràulic, així com l'alta turbulència també present aigües avall del vessador lateral, dins la primera arqueta de regulació.

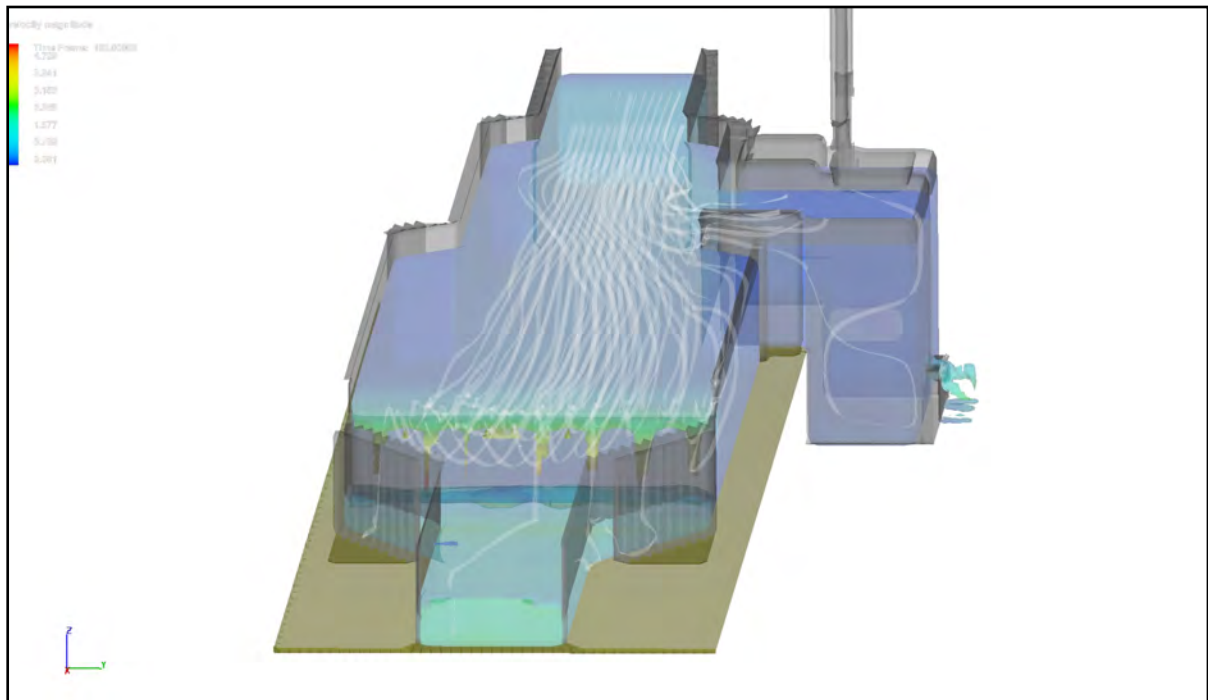


Figura 5.69. Vista perspectiva anterior del mòdul amb la visualització de les línies de corrent per a l'instant $t = 170$ s per a un cabal d'entrada de 1200 litres per segon.

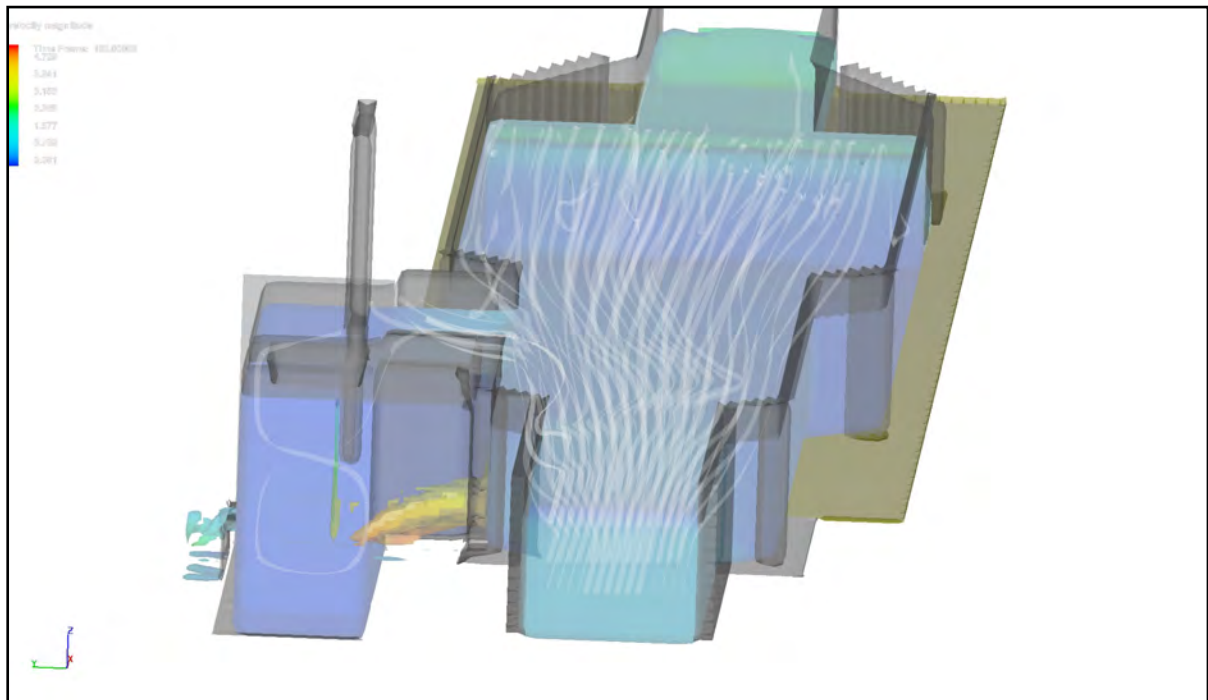


Figura 5.70. Vista perspectiva posterior del mòdul amb la visualització de les línies de corrent per a l'instant $t = 170$ s per a un cabal d'entrada de 1200 litres per segon.

La figura 5.71 mostra una vista superior de les línies de corrent per a l'instant $t = 170$ s per a un cabal d'entrada de 1200 litres per segon. En aquesta imatge es pot observar el comportament del fluid en el primer tram, d'entrada al mòdul, on es presenta un flux quasi completament uniforme. Al entrar a la secció 2, corresponent al primer vas de relaxació, s'observa que les línies de corrent sense dos efectes; el primer és el causat per l'eixamplament pròpiament de la secció i el segon és degut a la incidència en el flux de la derivació causada pel vessador lateral situat a la part esquerra del primer vas. També s'observa que l'afectació del flux a causa del vessador lateral manté una asimetria en el segon vas de relaxació, és a dir aigües avall seu. D'altra banda, resulta imperceptible l'efecte que causa la vàlvula de descàrrega lateral, probablement a causa de que aquesta es troba situada a molt poca altura sobre el fons del canal i, per tant, no afecta a les aigües superficials.

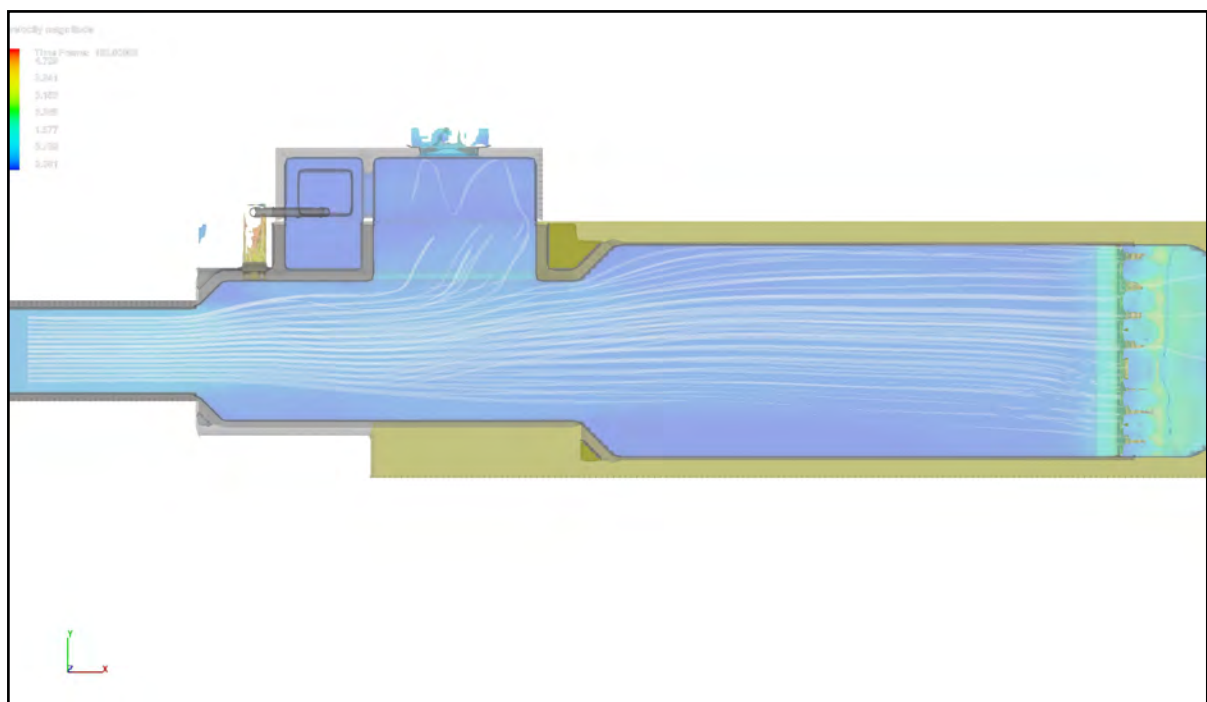


Figura 5.71. Detall de la vista superior del mòdul amb la visualització de les línies de corrent per a l'instant $t = 170$ s, per a un cabal d'entrada de 1200 litres per segon.

II) Anàlisi dels resultats numèrics de la modelització

En aquesta secció es presenten els resultats numèrics obtinguts mitjançant les diferents simulacions. Degut a la complexitat del model, es presenten diferents fluxos de sortida per a un mateix flux d'entrada permanent. Els cabals volumètrics de sortida mesurats en el model corresponen als següents apartats: a) en el vessador central, b) en la sortida final del Mòdul Hidromètric, c) en la comporta de fons de la primera arqueta i d) en la vàlvula de descàrrega del mecanisme de regulació.

Els fluxos de sortida són variables respecte el temps i, per això, amb la finalitat d'obtenir un comportament complet del model, ha resultat necessari estendre el temps de simulació a un període de temps suficientment llarg, concretament de 360 s per al model M20. Atenent a que l'objectiu del Mòdul Hidromètric era la limitació del cabal a un màxim de 1000 litres/s, s'ha considerat l'obtenció d'una sèrie final de simulacions composta per els següents models: (1) per un flux d'entrada de 1000 litres/s, (2) per un flux d'entrada de 1100 litres/s; (3) per un flux d'entrada de 1200 litres/s; (4) per un flux d'entrada de 1300 litres/s; (5) per un flux d'entrada de 1400 litres/s i (6) per un flux d'entrada de 1500 litres/s.

La figura 5.72 de la pàgina 434 mostra els resultats obtinguts per el cas (1), es a dir, quan el cabal d'entrada al Mòdul Hidromètric és de 1000 litres/s. Per aquesta condició, la convergència del flux en el vessador central, secció (a) s'obté a partir de $t = 80$ s i el seu valor es situa al voltant de 740 litres/s. Per al flux de sortida en la secció final del mòdul, secció (b), aigües avall del ressalt hidràulic, hi ha un retard lògic respecte al flux sobre el vessador, de 8 segons. A més, aquest cabal de sortida presenta un comportament molt fluctuant i no està completament estabilitzat en tot el interval de la simulació. Aquest comportament s'explica per el caràcter oscil·lant del ressalt hidràulic entre aquestes dues seccions. Efectivament, el ressalt hidràulic indueix alteracions molt turbulentes en les seves proximitats i provoca grans variacions de la superfície lliure del flux, així com en la seva profunditat i el perfil de velocitats. D'altra banda, el flux de descàrrega a través de la comporta de fons de la primera arqueta de regulació, secció (c), es també molt variable, ja que el flux que entra en la boca de registre prové del vessador lateral i durant la seva caiguda a l'arqueta causa un alt nivell de turbulència. L'enorme variabilitat del flux en la secció (c) queda reflectit en la figura 5.78 de la pàgina 440 que mostra el flux a través de la comporta de fons per als casos estudiats (2), (4) i (6). Una conclusió important que es desprèn dels resultats obtinguts de la simulació per a un cabal d'entrada de 1000 litres/s és que el mecanisme de regulació no s'activa en tot el interval de la simulació i, en

conseqüència, el cabal de sortida a través de la secció de control (d), que correspon a la vàlvula de descàrrega automàtica, és igual a zero.

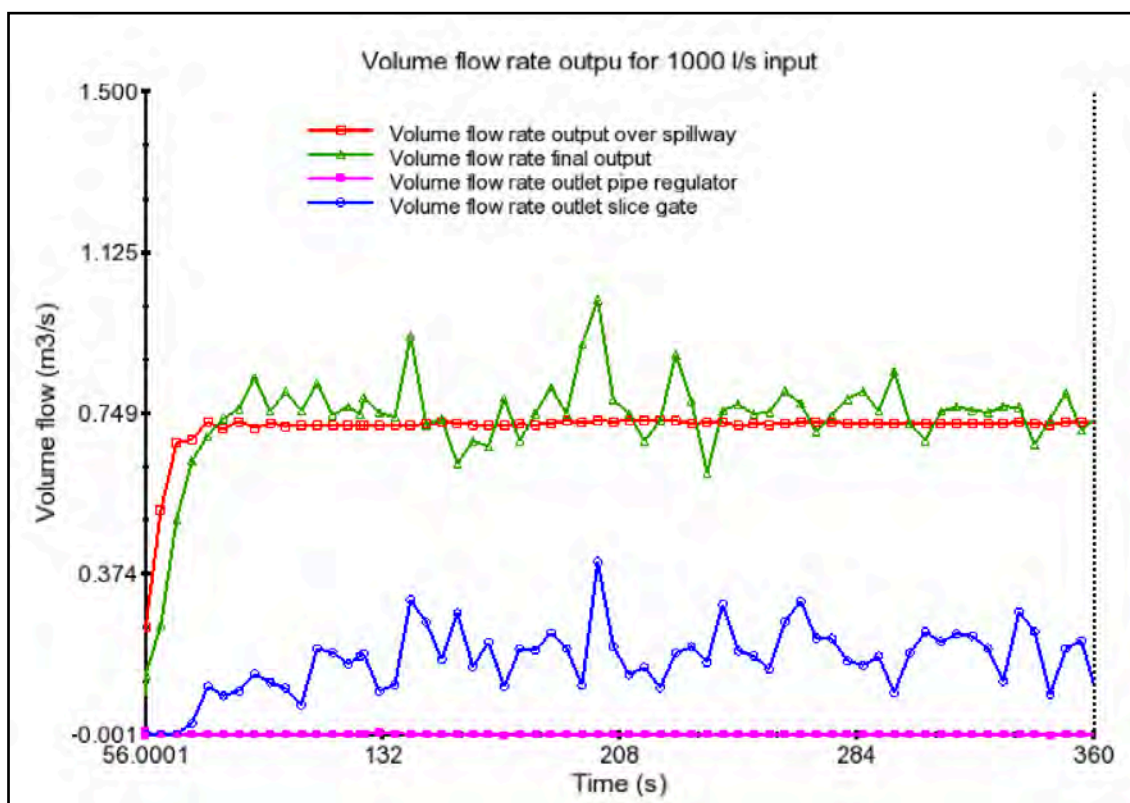


Figura 5.72. Cabals volumètrics de sortida per un cabal d'entrada de 1000 litres per segon, cas (1).

Els resultats obtinguts en la simulació corresponent a un cabal d'entrada de 1100 litres/s es presenten en la figura 5.73 de la pàgina 435. En aquest cas el cabal sobre el vessador, secció (a), s'estabilitza per $t = 91$ s, amb un valor al voltant de 771 litres/s. Per a la secció de control (b), és a dir, la secció corresponent a la sortida final del mòdul, el cabal té un comportament molt oscil·lant, tanmateix, es constata que la dispersió és menor en aquest cas que en el cas (1), a excepció de l'interval de temps entre $t = 80$ s i $t = 110$ s, on es manifesten variacions molt àmplies. El cabal a través de la comporta de fons, secció (c), també resulta manifestar un comportament molt variable, similar a l'obtingut en el cas (1), tanmateix, el comportament sembla tornar-se més estable a partir de l'instant $t = 135$ s. Pel que fa al funcionament del mecanisme de regulació automàtic, en aquest cas si s'acciona a partir de l'instant $t = 125$ s. Efectivament, el cabal a través de la secció (d) és zero des de $t = 0$ fins a $t = 125$ s, i a partir d'aquest punt el cabal oscil·la entre $Q = 0$ i $Q = 100$ litres/s, depenent de la posició del flotador dins de l'arqueta de regulació, és a dir, la segona arqueta lateral. Es pot observar que el mecanisme funciona perfectament d'acord amb el concepte

per el qual fou creat, ja que no assoleix el seu límit, el qual, com es veurà més endavant en les simulacions (3), (4), (5) i (6) està situat al voltant del valor $Q = 200$ litres/s.

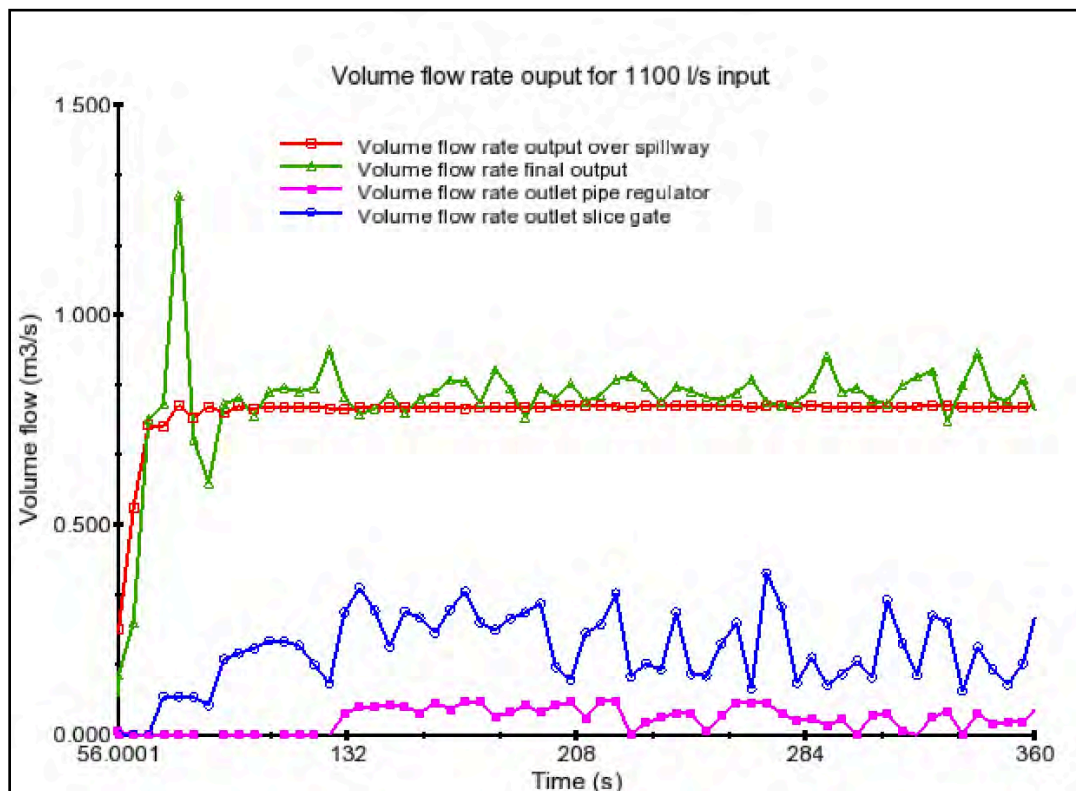


Figura 5.73. Cabals volumètrics de sortida per un cabal d'entrada de 1100 litres per segon, cas (2).

L'estudi del cas (3), que correspon a un cabal de 1200 litres/s, mostra per primera vegada l'apertura màxima de la vàlvula de descàrrega del sistema de regulació automàtica; això succeeix justament a partir de l'instant $t = 190$ s. Els resultats obtinguts per al cas (3) es mostren a la figura 5.74 de la pàgina 436. La vàlvula de descàrrega comença a obrir-se parcialment des de $t = 120$ s i es manté aquesta regulació amb apertures parcials des de aquest punt fins $t = 190$ s, on a partir d'aquest punt es manté completament oberta fins al final de la simulació. A partir del punt $t = 190$ s, el cabal a través de la vàlvula de descàrrega automàtica, secció (d), es manté constant i igual a 200 litres/s. El cabal de sortida sobre el vessador, secció (a), es situa sobre els 800 litres/s de forma bastant estable entre $t = 80$ s i $t = 242$ s. Entre $t = 242$ s i $t = 315$ s, el cabal sobre el vessador central augmenta fins a 1000 litres/s, per tornar-se a estabilitzar de nou en 803 litres/s des de $t = 315$ s fins el final de l'interval de la simulació per $t = 360$ s. El mateix fenomen pot observar-se, a més de en el cas (3), també en les simulacions (4), (5) i (6), tal i com es mostra en les corresponents figures 5.75, 5.76 i 5.77. Cal assenyalar que, en tots aquests casos, resulta evident que la vàlvula de descàrrega automàtica s'obre totalment. També s'observa que les puntes màximes de cabal

sobre el vessador central són induïdes just després de la apertura completa de la vàlvula de descàrrega automàtica, probablement degut a que la succió que produeix la seva apertura altera el flux normal aigües avall, sobre el vessador, al cap d'un breu interval de temps després.

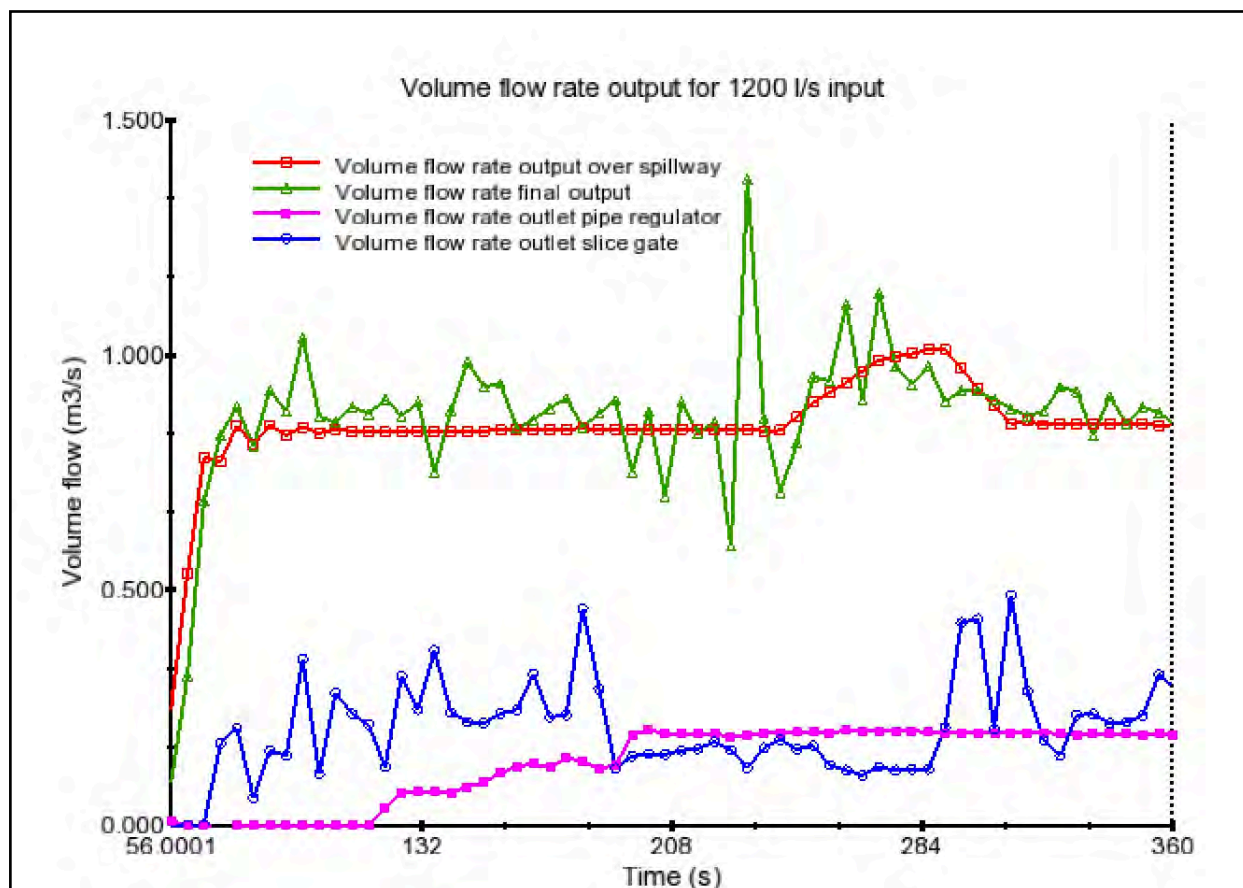


Figura 5.74. Cabals volumètrics de sortida per un cabal d'entrada de 1200 litres per segon, cas (3).

Els resultats obtinguts per a la simulació (4), que corresponen a un model amb un flux d'entrada de 1300 litres/s, es mostren a la figura 5.75 de la pàgina 437. En aquest cas s'observa que el pas del cabal regulat per sobre del vessador central, secció (a) es situa entorn a un valor de 906 litres/s. El comportament del cabal sobre el vessador es mostra molt estable des de molt aviat, és a dir, concretament des de l'instant $t = 90$ s. Tanmateix, hi ha una alteració puntual del flux per l'interval entre $t = 210$ s i $t = 277$ s, en el que es manifesta un cabal sobre el vessador central de 1050 litres/s, per tornar a estabilitzar-se a partir de $t = 277$ s i ja fins al final de la simulació per $t = 360$ s. Al igual que en el cas (3), en el cas (4) s'observa com la vàlvula de descàrrega automàtica s'acciona de forma parcial durant

un curt període de temps per passar a la seva apertura màxima des de $t = 140$ s fins el final de la simulació per a $t = 360$ s.

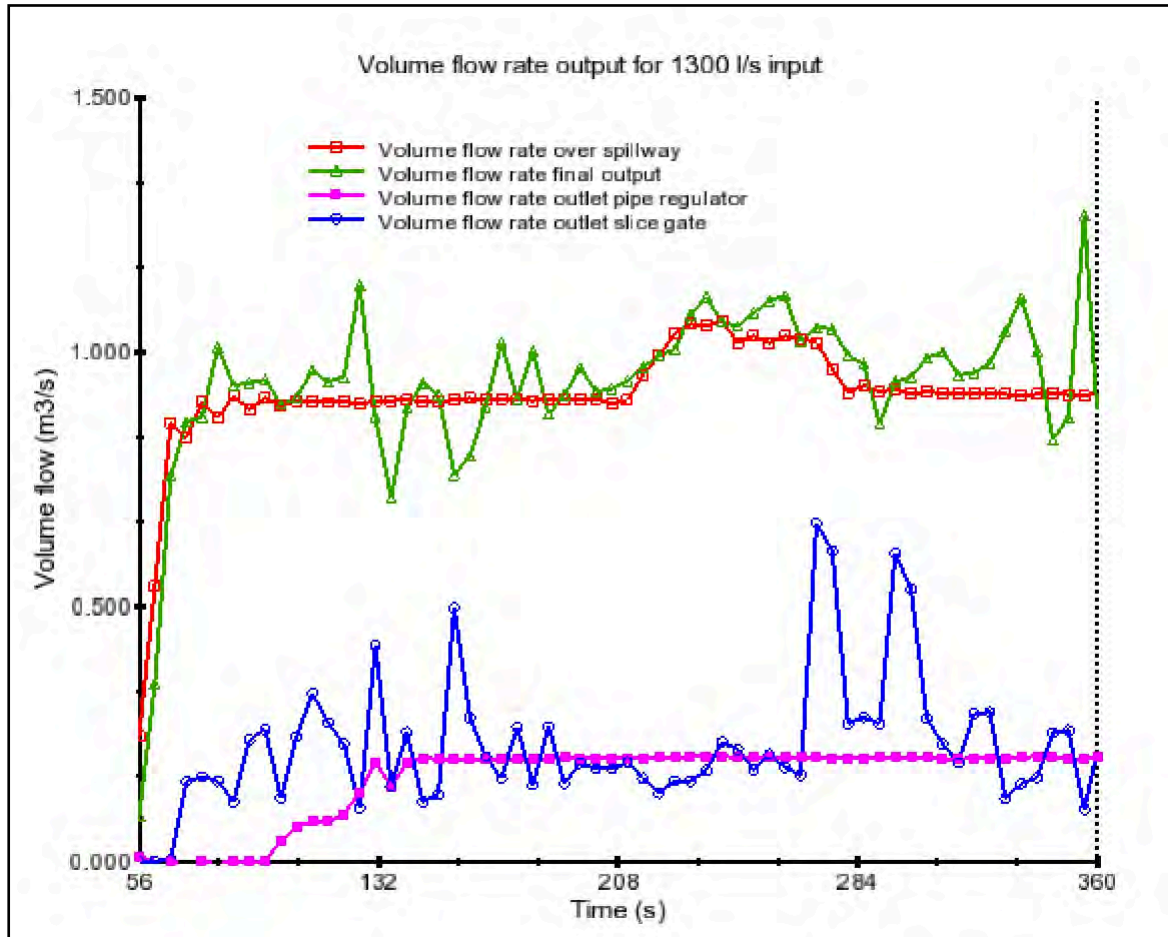


Figura 5.75. Cabals volumètrics de sortida per un cabal d'entrada de 1300 litres per segon, cas (4).

La figura 5.76 de la pàgina 438 presenta els resultats de la simulació per al cas (5), al que li correspon un model amb un cabal volumètric d'entrada de 1400 litres/s. En aquest cas, la secció de pas del cabal regulat per sobre del vessador central, secció (a), assolix un valor de 981 litres/s. Aquest valor es manté de forma molt estable, exceptuant un rebot puntual que assolix un cabal de 1115 litres/s. Pel que fa al sistema de regulació operat per el flotador, s'observa que aquest comença a operar des de el punt $t = 85$ s en mode d'apertura parcial amb un cabal mitjà de 110 litres/s, per a la secció (d), fins assolir el punt temporal $t = 273$ s. A partir d'aquest punt, la vàlvula de descàrrega s'obre fins el tope màxim i facilita la descàrrega de 200 litres/s de forma continuada fins al final de la simulació.

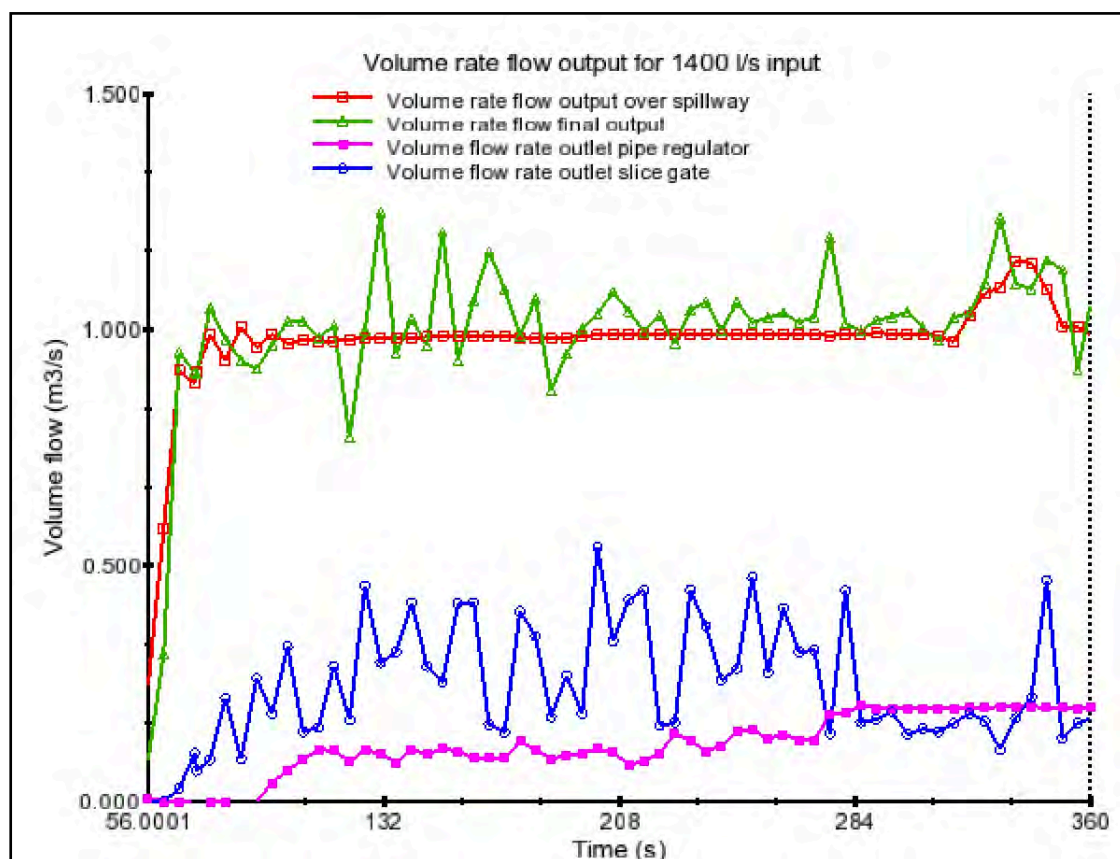


Figura 5.76. Cabals volumètrics de sortida per un cabal d'entrada de 1400 litres per segon, cas (5).

L'últim cas estudiat, el cas (6), s'obté per un cabal d'entrada de 1500 litres per segon. Els resultats obtinguts per aquesta simulació són presentats en la figura 5.77 de la pàgina 439. Els resultats obtinguts mostren que aquest és el primer cas en que el cabal de sortida regulat supera el valor límit fixat per la concessió administrativa i situat en 1000 litres/s. El cabal que circula per sobre el vessador central, secció (a), és de 1070 litres/s, que és lleugerament superior al cabal objectiu, és a dir, resulta ser un 7 % superior al valor objectiu de la regulació fixat per la concessió, com ja s'ha dit, en els 1000 litres/s. El cabal regulat obtingut representa el 71.3% del cabal d'entrada, o el que és el mateix, el cabal rebutjat pel mòdul i que aquest deriva i retorna al riu Llobregat és, en aquesta situació, de aproximadament el 28.7% del cabal absorbit per la captació de la Sèquia. El valor del cabal a través de la secció (b), a la sortida del Mòdul Hidromètric, és molt estable respecte els casos anteriors, probablement degut a que quan hi ha una major profunditat d'aigua en el canal, les fluctuacions de la superfície lliure causades per el ressalt hidràulic són relativament menors. Pel que fa al mecanisme de regulació automàtica, es pot veure com comença a funcionar des de el punt $t = 80$ s, per continuar activat en mode parcial fins el punt $t = 140$ s i, a partir d'aquest punt, mantenir-se a màxima capacitat, amb la vàlvula de descàrrega

totalment oberta, fins al final de la simulació, amb un cabal mitjà a través de la secció (d) de 200 litres/s.

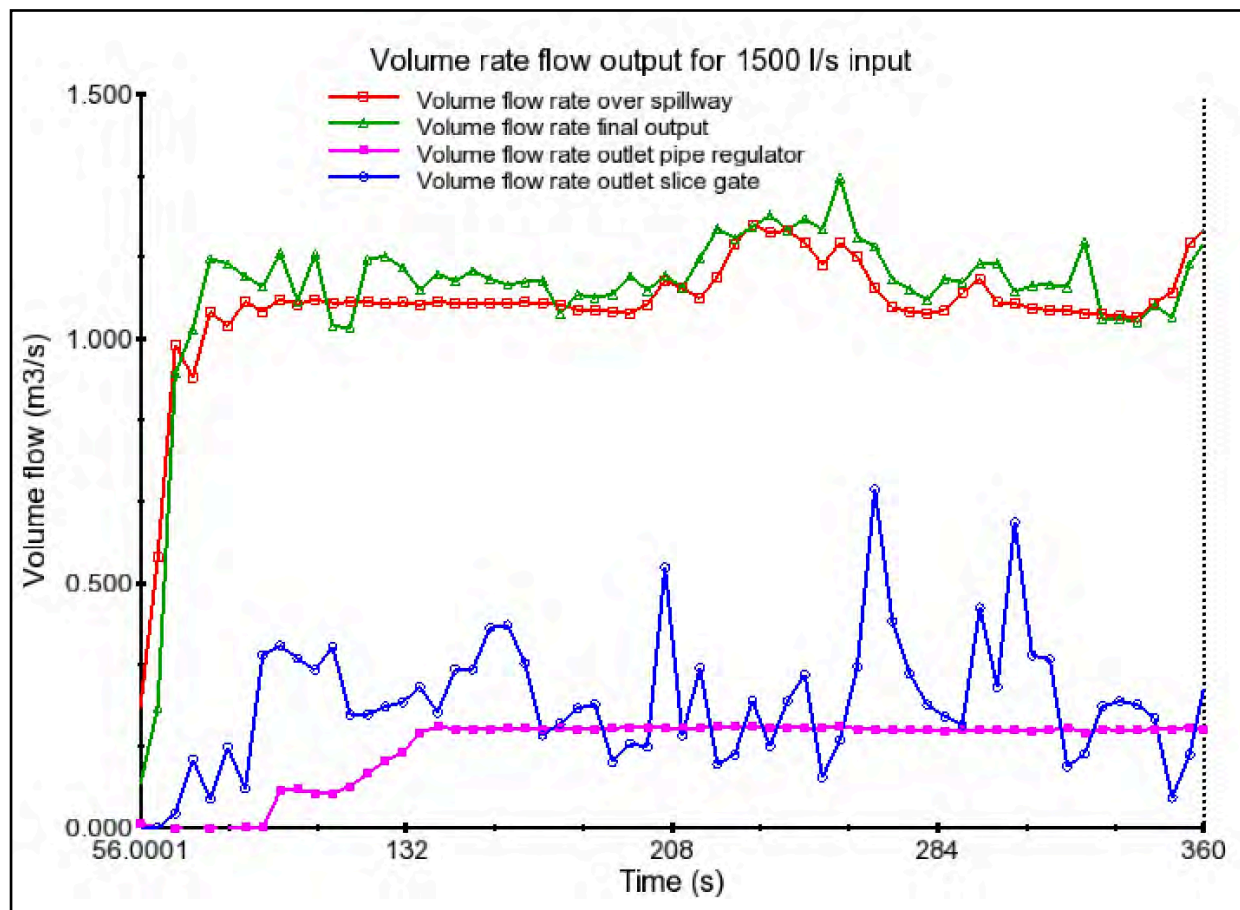


Figura 5.77. Cabals volumètrics de sortida per un cabal d'entrada de 1500 litres per segon, cas (6).

La figura 5.78 de la pàgina 440 mostra la comparació dels resultats del cabal de sortida per la secció (c), corresponent a la secció de la comporta de fons de la primera arqueta, obtinguts per als casos (2), (4) i (6), és a dir, per a cabals d'entrada de 1100, 1300 i 1500 litres/s. El cas (1), que correspon a un cabal de 1000 litres/s, no s'ha representat en aquesta figura perquè és un cabal que no arriba a accionar el mecanisme de regulació automàtica, tal i com es desprèn dels resultats de la simulació (1) mostrats en la figura 5.72 de la pàgina 434. De igual forma, els resultats obtinguts en les simulacions (3) i (5) no estan representats en la figura 5.78 per tal de facilitar la lectura i la comprensió d'aquesta. Tanmateix, el comportament d'aquests dos casos segueix un patró molt similar a la resta de simulacions. La figura 5.78 mostra com els valors de la corrent residual tenen una gran variabilitat, obtenint-se per aquesta gamma de cabals d'entrada un cabal de sortida a través de la

comporta de fons que varia des de un mínim de 130 litres/s fins a un màxim de 400 litres/s, tot i que, en ocasions s'obtenen uns màxims puntuals que poden superar aquest valor.

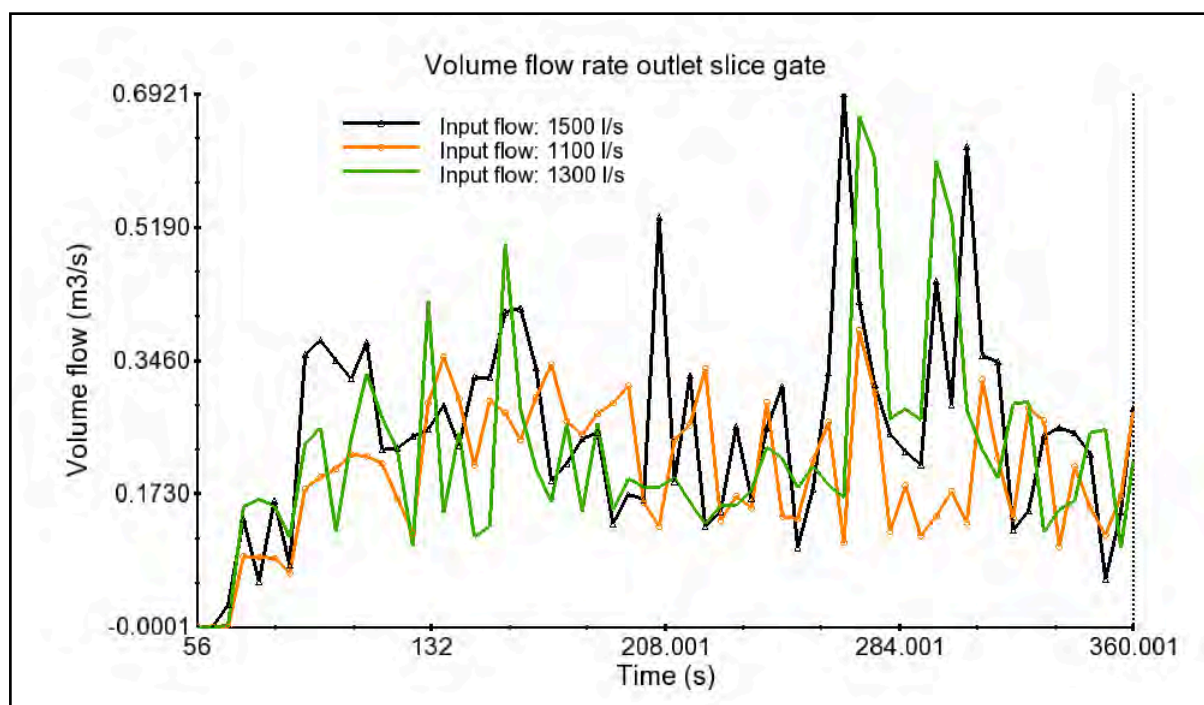


Figura 5.78. Comparació dels models (2), (4) i (6). Cabals volumètrics a través de la comporta de fons, secció (c).

La comparació dels valors dels cabals a través de la vàlvula de descàrrega, secció (d), es mostren en la figura 5.79 de la pàgina 441 per als models (2), (3), (4), (5) i (6), que corresponen als cabals d'entrada que van de 1100 litres/s fins a 1500 litres per segon, amb passos de 100 litres/s. El cas (1), que correspon a un cabal d'entrada de 1000 litres/s, no s'ha representat ja que, en aquest cas, el mecanisme de regulació no s'arriba a activar, tal i com es pot observar en la figura 5.72 de la pàgina 434, de forma que el valor del cabal d'aquesta secció (d) per al cas (1) seria igual a 0 litres/s per tot l'interval de la simulació. Cal tenir en compte que el mecanisme automàtic comença a funcionar parcialment entre $t = 80$ s i $t = 120$ s, en funció dels diferents cabals d'entrada, anticipant-se lògicament l'apertura com més gran és el cabal. També es pot observar que l'únic cas en el que el mecanisme de regulació automàtica funciona parcialment per a tota la simulació és el cas (2), per a un cabal d'entrada de 1100 litres/s, mentre que per la resta de casos l'operació d'apertura parcial passa a apertura total de entre $t = 130$ s a $t = 280$ s, depenent del cabal d'entrada. També resulta molt interessant observar que quan el sistema de regulació automàtica funciona en mode d'apertura total, s'assoleix una capacitat de descàrrega de 200 litres/s, independentment del cabal d'entrada.

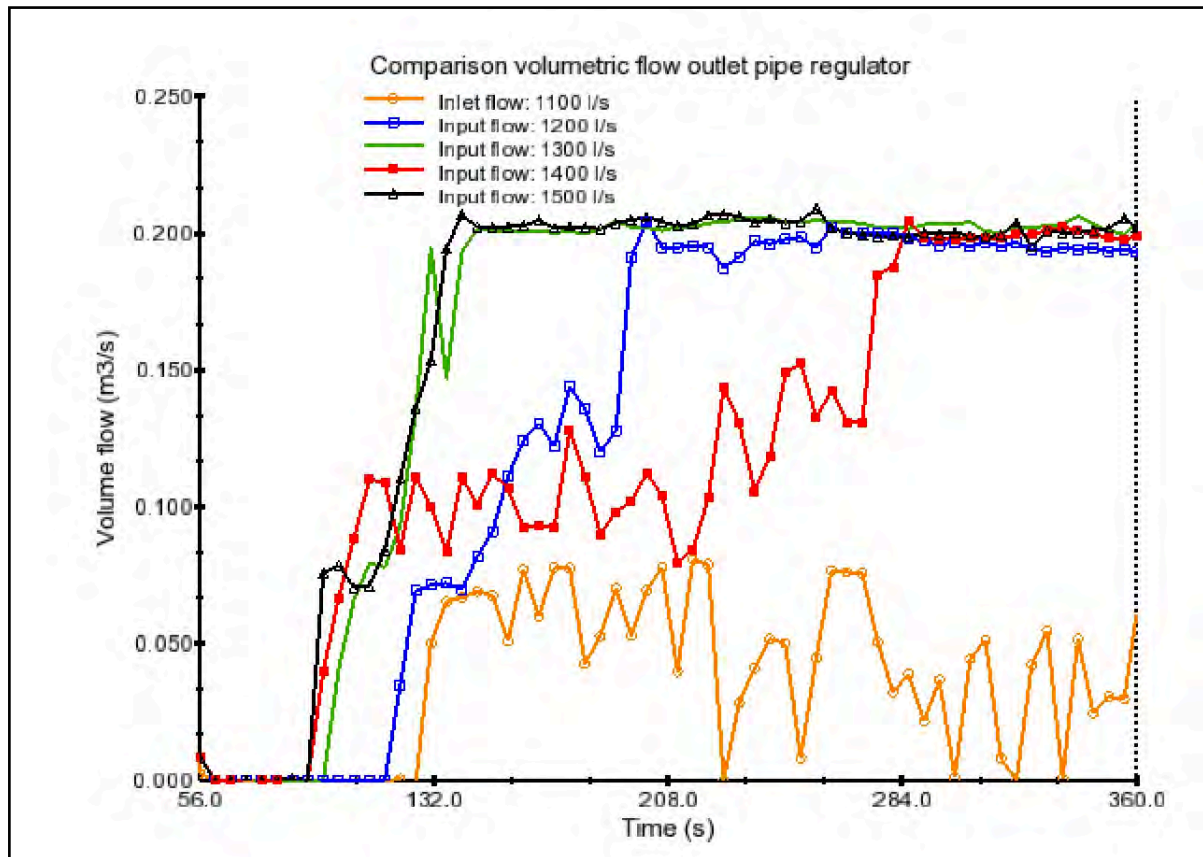


Figura 5.79. Comparativa dels diferents models. Cabal volumètric de sortida a través de la vàlvula automàtica de descàrrega secció (d).

La figura 5.80 de la pàgina 442 mostra la comparació dels valors dels cabals obtinguts sobre el vessador, secció (a) per als diferents cabals d'entrada entre 1100 litres/s i 1500 litres/s, amb passos incrementals de 100 litres/s. És important assenyalar que els valors obtinguts estan per sota del límit màxim situat en 1000 litres/s, tal i com estableix la concessió administrativa, tant per als casos (1), (2), (3), (4) i (5) i que en el cas (6), que correspon al flux d'entrada de 1500 litres/s, existeix un petit excedent del 7% respecte de l'esmentat valor. Tanmateix, aquest percentatge és molt petit en relació al cabal d'entrada, que és un 50% superior al cabal que ha de regular-se.

Un altre aspecte important que es desprèn de l'estudi de la figura 5.80 de la pàgina 442 són les importants oscil·lacions que apareixen al cap de un cert temps de l'apertura completa de la vàlvula automàtica de descàrrega. També s'observa que aquestes oscil·lacions en el cabal sobre el vessador central no apareixen en el cas del model (2), per a un cabal d'entrada de 1100 litres/s, i que per els altres quatre casos les oscil·lacions s'estabilitzen al cap de aproximadament uns 60 s.

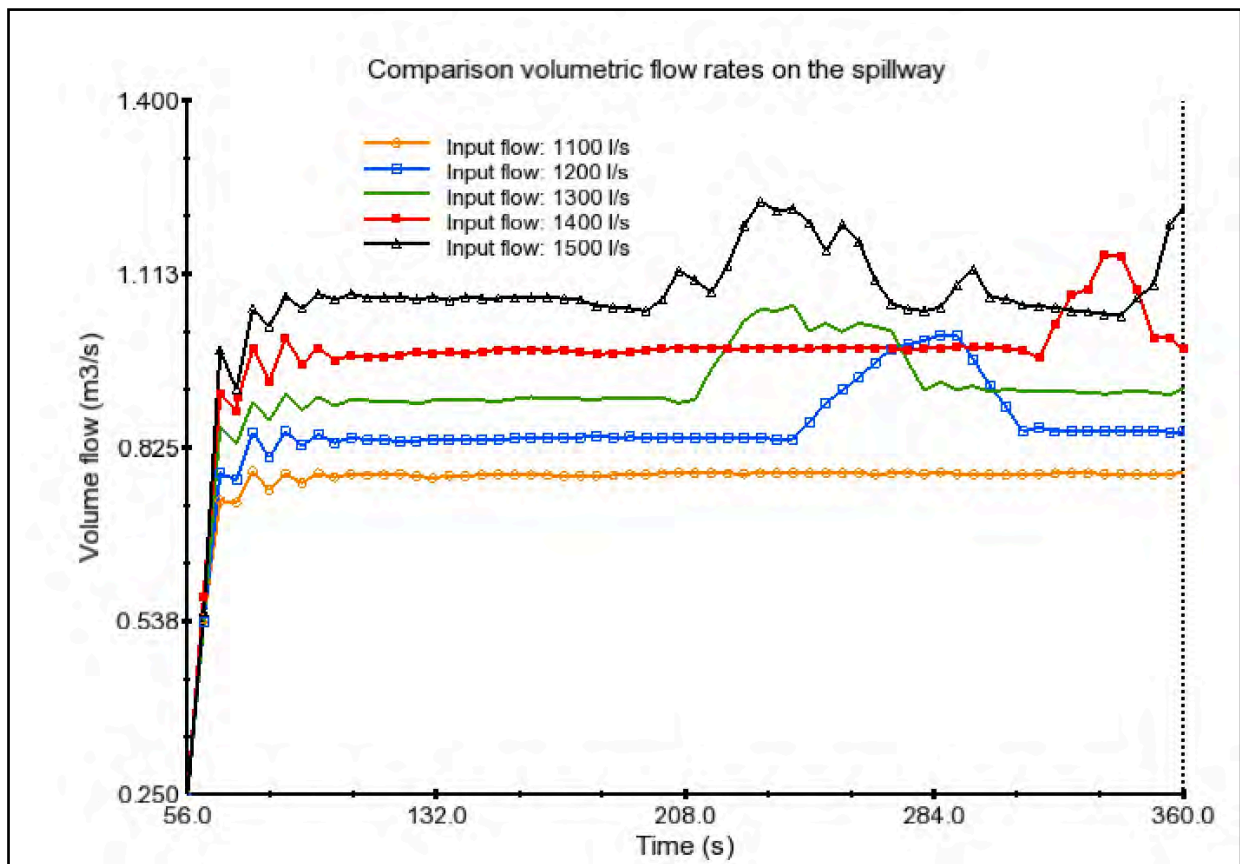


Figura 5.80. Comparació dels diferents models. Cabal sobre el vessador central, secció (a).

5.4. Validació del model

5.4.1. Obtenció analítica dels cabals de regulació del Mòdul Hidromètric

I) Característiques dimensionals del Mòdul Hidromètric

Per a poder procedir a la validació del model numèric cal estudiar analíticament el model físic i això vol dir que, en primer lloc, s'ha de procedir a la definició de les característiques dimensionals del model físic per a la seva parametrització.

Les característiques dimensionals del model físic del Mòdul Hidromètric estan detallades en l'apartat 5.8 de la 389, essent especialment importants les variables següents: l'amplada i alçada de la ranura lliure de la comporta de fons en la primera arqueta, el diàmetre del tub de descàrrega, així com l'amplada dels vessadors central i lateral. D'altra banda també resulten necessàries les diferents alçades de profunditat de l'aigua relatives al fons del canal i a les coronacions de les parets d'ambdós vessadors. Totes aquestes dimensions s'obtenen de la informació proporcionada per els plànols del projecte original, veure figura 4.1 de la pàgina 321, així com de observacions sobre el terreny de les restes encara presents en la localització original del mòdul així com amb l'observació dels elements del mecanisme de regulació conservats al Museu de la Tècnica de Manresa.

II) Anàlisi dels fluxos de regulació d'acord amb el projecte original

Per a poder validar el model cal fer primer una correcta interpretació del funcionament del mòdul, així es reconeix un únic cabal d'entrada al mòdul que prové del canal d'arribada i tres cabals de sortida, el cabal de sortida per l'extrem final del mòdul, secció (b)¹⁷⁰, el cabal derivat a través de la comporta de fons, secció (c), i el derivat a través de la vàlvula de descàrrega automàtica, secció (d), ambdós cabals derivats de retorn cap al riu Llobregat. Per a flux permanent i segons el principi de conservació de la massa, o principi de continuïtat, resulta que la suma dels tres cabals volumètrics de sortida ha de ser igual al cabal d'entrada. Per aquest motiu és necessari que el model corri durant un espai temporal suficientment gran per tal de que el model pugui establir-se en règim estacionari.

170. D'acord amb el principi de conservació de la massa, aquest cabal serà el mateix que vessi per damunt del vessador central, secció (a).

III) Resultats obtinguts analíticament sobre el model físic

Per a la validació del model, es comparen els resultats numèrics obtinguts per al cabal volumètric de sortida a través de la vàlvula automàtica de descàrrega situada en la paret esquerra del primer vas de relaxació així com també els resultats obtinguts per al cabal volumètric de desguàs a través de la comporta de fons situada en la primera arqueta de regulació a partir dels càlculs obtinguts analíticament per a les diferents altures de càrrega. Per a l'obtenció dels resultats analítics s'ha utilitzat l'equació de Torricelli, equació (5.64), prenent un coeficient de descàrrega de 0.6 per al flux de sortida a través de la vàlvula de descàrrega, coeficient que ja inclou el coeficient de velocitat i el de contracció (Blasone et al., 2015; Franchini & Lanza, 2014).

$$Q = k_d S_h (2gH)^{1/2} \quad (64.5)$$

L'equació (5.65) s'ha utilitzat per obtenir el cabal sobre un vessador rectangular a partir de l'alçada de la làmina d'aigua per sobre la paret del mateix (Aydin et al., 2011; Pandey, Mittal, & Choudhary, 2016; Wu 2015); aquesta equació s'ha utilitzat en els dos casos, tant en el vessador central com en el cas del vessador lateral (Jalil & Sarhan, 2013). El coeficient de descàrrega del vessador s'ha estimat en 0.6, d'acord amb les conclusions de (Arvanaghi & Oskuei, 2013; Lin 2002; Turalina, Yembergenova, Alibayeva, Dančová, & Vít, 2015).

$$Q = \frac{2}{3} C_d (2g)^{1/2} b H^{3/2} \quad (65.5)$$

5.4.2. Anàlisi comparatiu entre els resultats analítics i els obtinguts amb la modelització numèrica

La taula 5.9 de la pàgina 445 mostra la comparació entre els valors obtinguts amb la simulació numèrica i els obtinguts analíticament a partir de l'equació (5.64) per a la secció (d), corresponent a la secció de desguàs de la vàlvula de descàrrega automàtica. No s'han tingut en compte els resultats per als casos (1) i (2), corresponents a cabals d'entrada de 1000 i 1100 litres per segon respectivament, a causa de que per al primer cas, (1), no

Capítol 5. Modelització mitjançant CFD del Mòdul Hidromètric

s'arriba a activar el mecanisme automàtic i, per tant, el cabal resultant a través de la secció (d) és zero, malgrat que la presència de una determinada altura de càrrega. Per una raó molt semblant tampoc ha estat tinguda en compte el cas (2) ja que si bé la vàlvula automàtica si que s'acciona repetidament ho fa sense obrir-se completament, el que significa que es presenta un règim variable amb diferents apertures parcials i, per tant, els resultats analítics no poden considerar-se vàlids. En els casos (3), (4), (5) i (6), s'obté una correlació entre la solució numèrica obtinguda de la simulació i la solució analítica, amb un error màxim del 3.1% per el cas (3).

Taula 5.9. Comparació dels cabals volumètrics obtinguts numèrica i analíticament per a la secció (d), corresponent a la vàlvula de descàrrega.

Model	Cabal volumètric d'entrada (l/s)	Cabal de sortida a través de la vàlvula de descàrrega (d) (l/s)	Altura de càrrega en la secció (d) (m)	Cabal volumètric obtingut analíticament (l/s)	Diferència (%)
(1)	1000	0	-	-	-
(2)	1100	51.3	0.20	84.0	-63.8
(3)	1200	198.7	1.05	192.5	+3.1
(4)	1300	195.9	1.08	195.2	+0.3
(5)	1400	200.4	1.07	194.3	+3.0
(6)	1500	201.6	1.15	201.5	+0.1

La taula 5.10 mostra la comparació entre els valors obtinguts mitjançant la simulació numèrica i els resultats obtinguts de forma analítica a partir de l'equació (5.65) per a la secció sobre el vessador central (a), és a dir, per el flux de sortida del segon vas de relaxació. Es pot observar, tot comparant els resultats de la taula, que existeix una correspondència adequada entre ells, essent la variabilitat màxima igual al 3.54%, en el cas (1).

Taula 5.10. Comparació entre els cabals volumètrics obtinguts amb la simulació numèrica i analíticament per la secció (a), sobre el vessador central.

Model	Cabal volumètric d'entrada (l/s)	Cabal sobre el vessador central en secció (a) (l/s)	Altura de la làmina d'aigua en secció (a) (m)	Cabal volumètric obtingut analíticament (l/s)	Diferència (%)
(1)	1000	740	0.224	713.8	+3.54
(2)	1100	771	0.231	747.5	+3.05
(3)	1200	803	0.238	781.7	+2.65
(4)	1300	906	0.257	877.2	+3.18
(5)	1400	981	0.278	986.9	-0.60
(6)	1500	1070	0.290	1051.5	+1.73

I) Conclusions sobre l'anàlisi comparatiu

L'anàlisi comparatiu entre els resultats obtinguts mitjançant les simulacions numèriques i els resultats obtinguts analíticament mitjançant les equacions (5.65) i (5.65) mostren una clara correspondència, s'obtenen variacions de magnituds inferiors al 4% en tots els casos estudiats i per tant permeten validar el model i es pot afirmar que el model numèric guarda similitud en quan al seu comportament dinàmic amb el model físic.

Capítol 6

Resultats

6.1. Resultats obtinguts en la revisió del fons documental existent

El resultat més important de la revisió del fons documental existent ha estat que s'ha pogut recuperar la memòria del projecte del Mòdul Hidromètric, redactat per l'enginyer Jaime de Castro i lliurat a la Junta de la Sèquia en data 10 d'agost de 1863.

La informació detallada en la memòria del projecte del Mòdul Hidromètric, acompanyada dels corresponents plànols de detall del projecte, ha permès conèixer i entendre en detall el sistema de regulació del mòdul i, a més, disposar de les cotes i dimensions de tots els elements originals. Això ha permès reproduir el model geomètric amb mantenint una absoluta fidelitat a les prescripcions detallades en el projecte.

La revisió del fons documental existent també ha aportat tot un seguit de documents, la majoria epistolars, relacionats amb la motivació i gestació del projecte del mòdul. De la mateixa manera, la revisió de les actes de les reunions de la Junta de la Sèquia ha permès fer un seguiment, tant del procés de subhasta i contractació de les obres, com de la finalització, posta en marxa i inspecció oficial per part de les autoritats. També s'ha pogut conèixer el cost de les obres i com aquestes van ésser finançades.

D'altra banda, malauradament no es coneix l'existència de cap prova documental relativa al projecte original del traçat del canal de la Sèquia, ni de la resclosa, ni de cap de les obres singulars com ho poden ser els diversos aqüeductes o la mina. En aquest sentit, la font documental més antiga disponible en relació al traçat del canal i/o dels elements singulars que el conformen, és el reconeixement del canal i dels ponts i pontarrons fet per Magí Canyelles l'any 1679 i l'acanament del canal realitzat l'any 1680 pel mateix Magí Canyelles i Joan Pere Corrons. Els plànols més antics que es disposa del traçat del canal¹⁷¹ i del detall dels seus aqüeductes¹⁷² són realitzats per l'arquitecte Marià Potó, ja a l'any 1867, molt poc temps després de la construcció del Mòdul Hidromètric.

171. Els plànols del traçat del canal, realitzats per Marià Potó a l'any 1867, es poden consultar a l'apèndix 52, de la pàgina 565 fins a la pàgina 83 de la pàgina 596.

172. Els plànols dels aqüeductes que es troben al llarg del canal, realitzats per Marià Potó a l'any 1867, es poden consultar a l'apèndix 84, de la pàgina 597 fins a la pàgina 101 de la pàgina 605.

6.2. Resultats obtinguts a partir l'estudi hidràulic del canal

A partir de les dades obtingudes en el nou aixecament topogràfic realitzat del canal, s'ha pogut procedir a realitzar els càlculs de les variables hidràuliques més rellevants. En tractar-se d'un flux que pot considerar-se en règim estacionari, les variables hidràuliques s'han pogut calcular a través de les equacions de Chézy i de Manning partint del coneixement del materials de les parets i el fons de cada tram, de la profunditat local, de l'amplada de la secció transversal i de la informació geodèsica que bàsicament s'ha utilitzat per conèixer el pendent de la solera del canal en cada secció. Manejant aquest conjunt de informació s'ha pogut deduir, per a cada secció, el radi hidràulic, el coeficient de Manning, el coeficient de Chézy, cabal volumètric, la velocitat local, la velocitat normal, la velocitat crítica, la profunditat normal, la profunditat crítica, el pendent, el pendent crític i el número de Froude.

Els valors mitjans de totes les variables hidràuliques analitzades es relacionen a l'apartat 3.7, a la pàgina 308. Cal tenir en compte que les dades exposades corresponen al valor mitjà de les mateixes i que aquestes van estar obtingudes en època primaveral, entre els mesos d'abril i maig. És molt probable que algunes de les mateixes variables puguin presentar valors diferents en altres estacions o èpoques, en funció del cabal captat per la dotació. Per exemple, si es focalitza l'atenció en el cabal volumètric mitjà, el valor obtingut en l'estudi hidràulic, per a tota la longitud del canal, ha estat de $1.21 \text{ m}^3/\text{s}$, valor molt proper a la concessió actual, xifrada en $1.25 \text{ m}^3/\text{s}$. Cal entendre, però, que la concessió de $1.25 \text{ m}^3/\text{s}$ fa referència a la dotació que es pren a l'alçada de la captació, és a dir a Balsareny, però que la dada de cabal obtinguda a partir de les dades recollides en el treball de camp és el valor mitjà per tot el traçat, des de Balsareny fins a l'Agulla, i és conegut que les dotacions de poblacions com Santpedor, Sant Mateu de Bages, Sant Fruitós de Bages o Sant Joan de Vilatorrada, xifrades en conjunt en $0.250 \text{ m}^3/\text{s}$, són retirades parcialment en punts anteriors a la desembocadura de la Sèquia al llac de l'Agulla, causant una minva en el cabal transportat en la part final del canal.

El coeficient de Manning mitjà obtingut a partir de l'anàlisi de les dades obtingudes amb el treball de camp ha reportat un valor de 0.0179; aquest valor és conseqüència de la presència de diversos materials en funció del tram del canal, trobant les següents morfologies homogènies: seccions de pedra, seccions de terra, seccions de formigó; i altres seccions amb morfologies mixtes: seccions de pedra i formigó, seccions de pedra i terra i seccions de formigó i terra.

Pel que fa al tipus de règim del flux de l'aigua al llarg del canal, s'ha pogut determinar que es tracta d'un flux clarament tranquil o subcrític, amb un valor del número de Froude mitjà igual a 0.20; que el valor mitjà de la velocitat normal es situa entorn a 0.61 m/s, gairebé un terç de la velocitat crítica mitjana, que és de 1.81 m/s.

El pendent mitjà obtingut via l'estudi hidràulic ha estat de 0.000450, és a dir, de 45 centímetres per cada quilòmetre de longitud, mentre que el pendent crític es situa en el valor 0.005280, és a dir, 5.28 metres per cada quilòmetre de longitud. Aquest marge tant elevat entre el pendent normal i el pendent crític posa de manifest l'elevada seguretat de que, en cap secció ni en cap tram, l'energia del flux podrà aproximar-se a les 4/5 parts del valor de l'energia crítica que, com s'ha vist en l'apartat 3.4.2 de la pàgina 299, podria arribar a comprometre les característiques pròpies del comportament subcrític, particularitzat per manifestar una superfície lliure estable i sense ondulacions.

6.3. Resultats obtinguts a partir de la simulació numèrica del Mòdul Hidromètric

Gràcies a l'estudi dels resultats obtinguts mitjançant les simulacions numèriques, que han estat validats analíticament en l'apartat 5.4 de la pàgina 443, es pot observar que el comportament del Mòdul Hidromètric amb les dimensions amb les que va ser dissenyat redueix efectivament el flux d'entrada de forma que no s'excedeixi el valor límit de 1000 litres /s establert per la concessió. Això és així gràcies d'una banda al desguàs d'un cabal volumètric variable a través de la comporta de fons de la primera arqueta de regulació més, per altra banda, gràcies a l'accionament automàtic d'una vàlvula de descàrrega situada en la paret esquerra del primer vas de relaxació.

Al disposar d'un control automàtic per desbordament regulat per descàrrega, es fa necessari un prerrequisit indispensable per a que el mòdul compleixi adequadament la seva funció. Aquest prerrequisit no és altre que el correcte i precís posicionament de la placa reguladora de la comporta de fons situada en la primera arqueta de regulació, ja que una diferència de tant sols uns pocs centímetres pot tenir un impacte significatiu en el cabal volumètric d'aigua que la travessa.

El sistema de regulació, basat en mantenir uns nivells de regulació de l'aigua dins les dues arquetes, implica alliberar un cert cabal per la comporta de fons de la primera arqueta ja que si no es fés així, el cabal procedent del vessador lateral inundaria el mecanisme. Aquesta condició suposa una pèrdua constant d'aigua a través de la comporta de fons per mantenir actiu el sistema automàtic. Efectivament, s'observa que, per a fluxos de entrada al mòdul de menys de 1200 litres per segon, el sistema rebutja un flux considerable a través de la

comporta de fons, retornant aquest cabal rebutjat cap al riu Llobregat. Això fa necessari una actuació humana que actuï fent un tancament manual de la comporta de fons per tal d'evitar el malbaratament d'aquest cabal, més tenint en compte que el cabal pot descendir, en èpoques de sequera o períodes estivals, per sota del cabal de concessió i seria un malbaratament permetre el rebuig de un cabal a través del mecanisme de regulació, per petit que aquest sigui.

Un dels problemes que han estat detectats i que presenta el sistema de regulació del Mòdul Hidromètric és el funcionament del vessador lateral. Efectivament, les fluctuacions del nivell en la superfície lliure del flux principal ocasionen variacions en l'alçada de la làmina d'aigua sobre la paret del vessador i, conseqüentment, s'originen grans variacions en el cabal derivat sobre un vessador lateral, tal i com ha estat estudiat en altres problemes similars (Csépai & Kastanek, 1992).

Per altra banda, la capacitat de la vàlvula de descàrrega màxima es limita a desguassar un màxim de 200 litres per segon, quantitat que resulta insuficient a partir d'un cabal de entrada igual o superior a 1500 litres per segon, quan el cabal regulat de sortida del mòdul pot superar lleugerament el cabal límit de la concessió. Per tant, resulta evident que hauria de incrementar-se la capacitat de regulació que proporciona la vàlvula de descàrrega automàtica, per exemple augmentant el diàmetre de la secció de desguàs. Tanmateix, aquests cabals elevats, amb un 50% d'increment per sobre del cabal de la concessió, probablement ja no assolirien el Mòdul Hidromètric perquè aigües amunt, immediatament després de la captació del riu Llobregat a la Resclosa dels Manresans, es lamina el cabal sobrant a través de diverses comportes de derivació laterals, conegudes localment com a bagants o restalladors. Per tant, es pot deduir que el Mòdul Hidromètric va poder complir la funció amb la que va ser dissenyat sempre dins el rang de cabals assenyalats i que, malgrat que disposava de un sistema de regulació automatitzat, el correcte ajustament de la posició de la comporta de fons requeria una continuada supervisió humana per tal d'evitar el malbaratament dels cabals de desguàs rebutjats per el sistema.

Capítol 7

Conclusions

7.1. Primers objectius de la investigació

7.1.1. Preguntes formulades en la investigació

L'objectiu principal d'aquesta investigació és el d'aplicar la dinàmica de fluids computacional (CFD) per a verificar la hipòtesi de si el Mòdul Hidromètric instal·lat a la Sèquia de Manresa per a limitar el cabal màxim als 1000 litres per segon de la concessió complia efectivament amb aquesta finalitat.

Al mateix temps, els objectius secundaris perseguits en la recerca han estat:

- I. Ampliar el coneixement sobre els procediments que poden ser aplicats per a resoldre problemes fluidodinàmics de geometria i interacció fluid-estructura complexes a través de la modelització del problema i la seva simulació mitjançant la mecànica de fluids computacional.
- II. Ampliar el coneixement sobre el conjunt de la Sèquia de Manresa i així ajudar a entendre els vincles i les repercussions econòmiques i socials que aquesta ha exercit al llarg de la seva existència tant sobre la ciutat de Manresa com també sobre els municipis per on passa.
- III. A partir dels resultats obtinguts, s'espera poder plantejar noves línies de recerca que ajudin a ampliar el coneixement sobre el mode d'operació del Mòdul Hidromètric de la Sèquia de Manresa en el seu context històric.

La creació i descripció d'una metodologia que permeti simular i validar un model que reproduïxi el comportament dinàmic d'aquest dispositiu de regulació hidràulic, el Mòdul Hidromètric, és un objectiu previ a l'objectiu principal que no es pot menystenir, especialment si es té en compte la complexitat dels fenòmens implicats en el problema: flux no estacionari, tridimensional i turbulent i que interactua amb el mecanisme de regulació format per dues arquetes de regulació, una d'elles equipada de una comporta de fons, a més d'un flotador i una vàlvula de descàrrega que s'acciona mecànicament de forma automàtica en funció de l'alçada de l'aigua en l'arqueta de regulació.

D'altra banda, tal i com indica la Dr.Helena Kirchner¹⁷³, els sistemes hidràulics no poden ser compresos fora del seu marc històric (Kirchner et al., 2002). Per a comprendre perquè es va

173. La Dr.Helena Kirchner és professora titular de Història Medieval a la UAB i investigadora principal del grup de recerca "Arqueologia Agrària de l'Edat Mitjana".

projectar el Mòdul Hidromètric de la Sèquia de Manresa, cinc segles després de que aquesta entrés en servei, ha resultat convenient investigar els motius que van conduir a prendre aquesta decisió, essent aquest un altre objectiu secundari de la recerca que es pretén portar a terme.

7.2. Revisió dels resultats en relació a les hipòtesis i la formulació de postulats

Gràcies a l'estudi dels resultats obtinguts mitjançant les simulacions numèriques, que han estat validats analíticament, es pot observar que el comportament del Mòdul Hidromètric amb les dimensions amb les que va ser dissenyat redueix efectivament el flux d'entrada de forma que no s'excedeixi el valor límit de 1000 litres per segon establert per la concessió. Això és així gràcies d'una banda al desguàs de un cabal volumètric variable a través de la comporta de fons de la primera arqueta de regulació més, per altra banda, gràcies a l'accionament automàtic d'una vàlvula de descàrrega situada en la paret esquerra del primer vas de relaxació.

L'anàlisi comparatiu entre els resultats obtinguts mitjançant les simulacions numèriques i els resultats obtinguts analíticament han mostrat una clara correspondència. Les variacions obtingudes presenten magnituds inferiors al 4 % en tots els casos estudiats i, conseqüentment, permeten la validació del model, podent-se afirmar que el model numèric guarda similitud en quan al seu comportament dinàmic amb el model físic corresponent.

El mecanisme de control automàtic per desbordament regulat per descàrrega del que disposa el Mòdul Hidromètric, conceptualment requereix d'un requisit indispensable per a que el mòdul compleixi adequadament la seva funció. Aquest requisit consisteix en el correcte i precís posicionament de la placa reguladora de la comporta de fons situada en la primera arqueta de regulació, donat que gràcies a les diferents simulacions practicades, s'ha pogut observar que una diferència de tant sols uns pocs centímetres pot tenir un impacte significatiu en el cabal volumètric d'aigua que la travessa la comporta i que, per tant, repercuteix en el mecanisme de regulació.

El sistema de regulació, basat en el manteniment d'uns nivells adequats d'aigua dins les dues arquetes per tal de fer efectiva la regulació mitjançant l'acció sobre el flotador, implica la necessitat d'alliberar un cert cabal per la comporta de fons de la primera arqueta. Això és així degut a que si no es fés aquest desguàs, el cabal procedent del vessador lateral inundaria el sistema. Aquesta condició implica el cost d'una pèrdua constant d'aigua a través de la comporta de fons simplement per alimentar i per mantenir actiu el sistema automàtic. Efectivament, s'ha pogut observar com, per a fluxos d'entrada al mòdul de

menys de 1200 litres per segon, el sistema procedeix a rebutjar un flux considerable a través de la comporta de fons, retornant aquest cabal rebutjat cap al riu Llobregat. Això fa necessari una actuació humana que procedeixi fent un tancament manual de la comporta de fons per tal d'evitar el malbaratament d'aquest cabal, més tenint en compte que el cabal pot descendir, en èpoques de sequera o períodes estivals, per sota del cabal de concessió i seria un malbaratament permetre el rebuig de un cabal a través del mecanisme de regulació.

La recerca ha posat de manifest un dels problemes que presenta el sistema de regulació del Mòdul Hidromètric i que es troba focalitzat en el funcionament del vessador lateral. Certament, les oscil·lacions del nivell en la superfície lliure del flux principal ocasionen variacions en l'alçada de la làmina d'aigua sobre la paret del vessador i, conseqüentment, s'originen grans variacions en el cabal derivat sobre el vessador lateral, induint aquestes fluctuacions al nivell dins la primera arqueta i, finalment, repercutint en el comportament dinàmic del sistema de regulació.

Per altra banda, s'ha comprovat que la capacitat de la vàlvula de descàrrega màxima es limita a desguassar un màxim de 200 litres per segon. I s'ha vist que aquesta quantitat resulta insuficient a partir d'un cabal d'entrada igual o superior a 1500 litres per segon, quan el cabal regulat de sortida del mòdul pot superar lleugerament el cabal límit de la concessió. Per tant, resulta evident que hauria de incrementar-se la capacitat de regulació que proporciona la vàlvula de descàrrega automàtica, per exemple augmentant el diàmetre de la secció de desguàs. Tanmateix, aquests cabals elevats, amb un 50% d'increment per sobre del cabal de la concessió, probablement ja no assolirien el Mòdul Hidromètric perquè aigües amunt, immediatament després de la captació del riu Llobregat a la Resclosa dels Manresans, el cabal sobrant és laminat a través de un seguit de comportes de derivació laterals.

En resum, donats els resultats obtinguts i exposats anteriorment, es pot deduir que el Mòdul Hidromètric va poder complir efectivament amb la funció amb la que va ser dissenyat, sempre dins el rang de cabals assenyalats i que, malgrat que disposava d'un sistema de regulació automatitzat, s'ha pogut comprovar que el correcte ajustament de la posició de la comporta de fons necessàriament requeria d'una continuada supervisió humana per tal d'evitar el malbaratament dels cabals de desguàs rebutjats pel sistema de regulació del mòdul.

7.3. Aportacions del treball

La primera aportació del treball ha estat la configuració d'un model numèric del Mòdul Hidromètric del segle XIX de la Sèquia de Manresa que ha permès simular mitjançant CFD el

seu comportament dinàmic i determinar si aquest responia o no a la funció de limitar el cabal als 1000 litres per segon de la concessió.

Per tal de poder configurar el model ha estat necessari la creació, descripció i implementació d'una metodologia CFD que permetés simular i validar un model que reproduxeixi el comportament dinàmic d'aquest dispositiu de regulació hidràulic, el Mòdul Hidromètric. Aquesta aportació és prèvia a l'objectiu principal i no es pot menystenir, especialment si es té en compte la complexitat dels fenòmens implicats en el problema: flux no estacionari, tridimensional i turbulent amb un flux d'entrada i tres de sortida; amb la interacció del flux amb el mecanisme de regulació format per dues arquetes de regulació, una d'elles equipada de una comporta de fons, a més d'un flotador i una vàlvula de descàrrega que s'acciona mecànicament de forma automàtica en funció de l'alçada de l'aigua en l'arqueta de regulació.

Davant dels propòsits inicials de la recerca, més els que han estat sobrevinguts en el desenvolupament del treball, s'ha plantejat la necessitat de realitzar una investigació que abastés tant els aspectes tècnics com els històrics relatius a la construcció del canal i aplicar els coneixements i les eines de les que es disposa actualment per intentar respondre aquests interrogants.

A conseqüència dels objectius perseguits en la present investigació ha resultat convenient reunir el màxim coneixement tècnic i històric que actualment es disposa del conjunt de l'obra. Amb la finalitat d'assolir aquest objectiu s'ha procedit a fer la recerca i la revisió de tots aquells elements documentals que s'han produït al llarg del temps, des d'àmbits molt diversos, sobre la Sèquia de Manresa. Aquesta ha estat una tasca molt costosa degut, d'una banda a les nul·les referències tècniques del projecte inicial de la Sèquia, d'una altra a l'interval de temps que abasta quasi sis segles i, finalment, a la dispersió i la diversitat de les fons que ha calgut consultar.

Amb vistes a l'objectiu d'actualitzar el coneixement tècnic d'aquesta infraestructura també s'ha considerat convenient realitzar un nou aixecament topogràfic. L'objectiu perseguit ha estat que el nou aixecament reflecteixi les condicions actuals del canal després de que aquest hagi sofert algunes modificacions al llarg dels més de sis segles de la seva existència, les més importants durant la segona meitat del segle XX (Latorre i Piedrafita 1995).

7.4. Limitacions

Les limitacions que han aparegut durant la recerca han estat de diversa índole i per diferents raons. En una primera aproximació al problema es va intentar usar tant software lliure, com

OpenFoam, i software comercial amb llicències acadèmiques, com *Autodesk CFD Motion*, per a modelitzar i simular el problema mitjançant CFD. Els primers models, realitzats amb aquests recursos, consistien en la definició de la geometria del mòdul i la definició de les variables d'entorn i inicials. Aquests primers models van funcionar en una primera etapa en la que no s'hi havia implementat encara el sistema de regulació automàtic. Quan es va voler procedir a incorporar al model el mecanisme automàtic de regulació format per el flotador i la vàlvula de descàrrega, aleshores els models van presentar molts problemes de inestabilitat per la no convergència en la solució.

Després de un període de recerca i de intents fallits de configuracions alternatives dels models es va trobar que el software comercial *Flow3D* podia funcionar donades les seves característiques idònies, entre altres, les que el faculden per a problemes amb superfície lliure i amb interacció fluid-estructura. Tot i això, una de les limitacions amb les s'ha trobat amb l'utilització del software *Flow3D* ha estat la que fa referència a la limitació temporal d'una llicència per a recerca. La llicència obtinguda ha tingut una duració de quatre mesos, fet que ha condicionat el treball i, especialment, la planificació del mateix. Sortosament, el treball previ realitzat ha permès aprofitar plenament el període de la llicència per l'execució del solver en la sèrie de simulacions previstes.

Una altra limitació és la del hardware, ja que les simulacions requereixen d'una elevada potència de càlcul i impliquen llargs períodes de temps en espera de les solucions. En el cas del model estudiat, cada simulació ha requerit d'entre set i onze dies per arribar a la solució.

Tanmateix, sense les limitacions anteriorment exposades probablement es podria continuar millorant el model, augmentant la definició de la malla, augmentant el ventall de cabals d'entrada estudiats i variant les condicions de regulació de la vàlvula de comporta per tal d'obtenir encara una millor comprensió del comportament del model.

7.5. Formulació de noves preguntes i recomanacions per a futures investigacions

Un dels interessos per a futures investigacions és el de poder determinar la histèresi de la corba de resposta del sistema de regulació del conjunt de mòdul. Això implicaria estudiar, d'una banda, la histèresi del comportament dinàmic del mecanisme tenint en compte la seva relació amb els nivells de les dues arquetes de regulació i per un altre costat determinar la histèresi provocada en els cabals de la làmina d'aigua sobre els dos vessadors, tant el vessador lateral com el vessador central, essent aquesta histèresi lògicament associada a l'apertura de la vàlvula de descàrrega.

D'altra banda, tot i que s'ha revisat el fons documental disponible, no ha estat possible determinar fins quan el Mòdul Hidromètric va estar funcionant i en quines condicions. Seria interessant continuar la recerca i la contrastació de la informació recopilada per tal de poder aclarir aquest punt. Certament, hi ha clars indicis de que la construcció del Mòdul Hidromètric es va produir donades les imposicions legals que així ho requerien, en aquest sentit ha quedat ben documentat tot el procés fins a la seva entrada en servei; tanmateix, queda oberta la pregunta de si, una vegada construït, va funcionar d'acord amb les prescripcions establertes i sota la adequada supervisió, d'altra banda necessària per a l'acreditació de l'acompliment de la seva funció, amb fidelitat a la redacció del projecte. I en cas afirmatiu, la pregunta que es formula és en relació al període en el que això va ser així.

Durant la investigació han aparegut també molts interrogants relacionats amb la construcció de la Sèquia de Manresa durant el segle XIV. Tot i que no es considera objecte fonamental d'aquesta recerca la seva resposta, si que es creu convenient posar de relleu aquestes qüestions i, en la mesura del que sigui possible, aportar totes aquelles contribucions que puguin ajudar mitjançant futures investigacions a un millor coneixement d'un element tant rellevant de la història manresana. Entre les noves preguntes que es formulen hi ha:

- a. Conèixer quins van ser els motius per els quals els promotors de la construcció de la Sèquia van descartar prendre l'aigua del riu Cardener, tenint en compte que aquest riu passa als peus de la ciutat, i, en canvi, la van anar a cercar al riu Llobregat en terme de Balsareny.
- b. Esbrinar com s'ho van fer els constructors per traçar amb la correcció requerida el pendent d'un canal que té un desnivell de poc més de 10 metres en una llargada total de 26.7 quilòmetres.
- c. Investigar amb quins instruments i tecnologies comptaven els constructors per fer l'anivellació.
- d. Respondre per quin motiu van començar l'obra per la part superior del rec.
- e. Esbrinar quina era l'amplada originària del canal i, amb aquesta i altres dades, determinar quin era el cabal que podia canalitzar en el moment de la seva entrada en servei.

Resum Cronològic

Taula 7.1. Cronograma dels fets més destacats relatius a la Sèquia de Manresa. Elaboració pròpia.

Any	Data	Fets destacats en relació a la Sèquia de Manresa
1333		Primer any de la gran sequera, anomenat <i>lo mal any primer</i>
1339	1 d'abril	Jaume d'Artés, Bertran de Castellbell, Bernat de Sallent, Pere Vilella, Jaume Amergós i Berenguer Canet són nomenats nous consellers de la ciutat de Manresa.
1339	29 maig	Dos síndics manresans presenten el projecte de la Sèquia a la Cort de Barcelona.
1339	23 d'agost	El Rei Pere III atorga el privilegi a la ciutat de Manresa per a la construcció de la Sèquia i la provisió de l'aigua del riu Llobregat.
1339	9 d'octubre	Primera subhasta o <i>primer preu fet</i> de l'obra de la Sèquia de Manresa.
1340	novembre	El bisbe de Vic, Galceran Sacosta, no permet que els treballs del traçat del canal penetrin dins el terme de Sallent.
1341	abril	Galceran Sacosta, bisbe de Vic, excomunica els mestres de la Sèquia, els Consellers, els Jurats i la Universitat de la ciutat de Manresa.
1342		El mestre major de l'obra de la Sèquia, Guillem Catà, emmalalteix i ha d'abandonar la supervisió de l'obra.
1345	21 de febrer	Segons la tradició manresana es produí <i>La Misteriosa Llum</i> .
1345	8 d'abril	Mort de Galceran Sacosta, bisbe de Vic.
1345	12 de maig	Miquel Ricomà és nomenat com a nou bisbe de Vic.
1345	10 de novembre	Es signen els capítols de la concòrdia entre la ciutat de Manresa i el bisbat de Vic i es reprenen les obres de construcció de la Sèquia.
1348	de juny a agost	La pesta bubònica devasta la ciutat de Manresa.
1349		Destrucció de la resclosa de Balsareny a causa d'una gran avinguda.
1350	juliol	Venç el contracte amb Guillem Catà i és substituït pel mestre major Arnau Martor.
1376		Els treballs arriben als braços de les partides del Guix i de Viladordis.

1376	4 agost	Es redacten unes ordenances sobre els usos de l'aigua per a regadiu.
1377		L'aigua permet el regadiu d'extenses zones d'horta a les afores de la ciutat.
1383		L'aigua de la Sèquia arriba definitivament a dins la ciutat de Manresa.
1428	25 de setembre	Salvaguarda Reial concedida per Alfons el Magnànim.
1472		Amb la finalització de la Guerra Civil Catalana, s'obté el privilegi de salvaguarda per part de Joan II.
1472		Comencen els treballs de reconstrucció de la Sèquia, parcialment destruïda durant la Guerra Civil Catalana.
1583		Destrucció de la resclosa de Balsareny a causa d'una gran avinguda.
1583		Litigi entre el baró de Balsareny i la ciutat de Manresa a causa dels danys ocasionats en les seves propietats a causa de les obres de reconstrucció de la resclosa.
1596		Enfrontaments armats entre el baró Ferran d'Oliver i els seus vassalls contra els Consellers de Manresa per l'ús indegut de l'aigua de la Sèquia per al reg dels seus horts a Balsareny.
1610		Jaume Cornet, bandoler conegut com l'Escolanet de Polinyà, rebenta la Sèquia a còpia de llençar-hi grans pedres des de dalt el Balç de la Roqueta.
1679		Magí Canyelles fa el reconeixement de la Sèquia i dels seus ponts i pontarrons.
1680		Magí Canyelles fa l'acanament de la Sèquia.
1815		Valentí Pla fa el reconeixement de la Sèquia i redacta la seva proposta de millores.
1854		Concòrdia entre el baró de Balsareny i la ciutat de Manresa que posa fi al litigi sobre les obres de reconstrucció de la resclosa.
1856		Relació anònima dels ponts i pontarrons de la Sèquia.
1857		Apareixen els primer litigis al voltant de la dotació de cabal de la Sèquia promoguts per industrials amb salts al riu Llobregat.
1859	19 de maig	Ordre ministerial fixa la dotació de la Sèquia en 1000 litres per segon.
1859	5 de novembre	S'aprova el nou Reglament per al Govern i l'Administració de la Sèquia
1865		Construcció dels 3 dipòsit, sota direcció de Marià Potó
1862	15 de maig	El governador civil de la província de Barcelona insta a la construcció d'un Mòdul Hidromètric que limiti el cabal als 1000 litres per segon de la concessió.
1863	27 d'abril	L'enginyer Jaime de Castro rep l'encàrrec de la redacció del projecte del Mòdul Hidromètric.

Resum cronològic

1863	10 d'agost	Jaime de Castro lliura la memòria del projecte de construcció del Mòdul Hidromètric a la Junta de la Sèquia.
1864	26 de març	Inici de les obres del Mòdul Hidromètric.
1865	15 de desembre	L'enginyer provincial dona per acabades les obres del Mòdul Hidromètric i en fa la prova oficial.
1867		Marià Potó fa l'aixecament topogràfic de la Sèquia i dels seus elements singulars, així com el plànol topogràfic del regadiu de la ciutat de Manresa.
1875		S'instal·la la primera turbina Francis accionada per aigua de la Sèquia, a la fàbrica del Guix.
1906		Joaquim Sarret i Arbós publica <i>La Céquia de Manresa</i> .
1927		Inici del tractament de l'aigua amb clor
1950		Inicia del tractament de l'aigua amb filtres
1966		Inici de les obres del llac de l'Agulla
1974		Finalització de les obres del llac de l'Agulla

Índex Analític

A

acanament 123, 464
activitat minera 11, 99, 101, 153, 159, 264
adjudicació 324
adober 201
adoberia 204
Aerodinàmica 337, 360
aforament 41, 166, 201, 236
agrimensor 77, 273
Aigües de Manresa 14, 71, 82, 192-93, 221, 225-26, 233, 235, 237, 620
aigües subàlvies 52, 199
aixecament topogràfic 11, 14, 86, 149, 151-53, 157, 460, 465
aleatorietat 354
algues 144, 183-84, 315, 387
amidament 9, 76, 78, 120
anivellació 161, 274
aqüeducte 42, 64, 86-87, 91, 94, 96-97, 99-100, 102, 104, 111-12, 115, 122-27, 129-30, 143, 145-46, 149, 153, 159, 161, 165-66, 168, 172-73, 176, 182, 247, 254, 256, 259, 261, 274, 315, 320, 322, 324
arbrat 205
arqueta 400-401
artificis 189
assut 44

B

bagant 59, 89, 104-5, 110, 134-36, 157, 173, 183, 217, 320, 331

bisbat de Vic 59, 108
blanqueig 205
blanquer 201
Block-Mesh 381
boia 191, 359
bomba volumètrica 188-89
braçal 50

C

cana de Barcelona 281
cana de destre 281
cana de Montpelier 281
canalització 172, 197, 199, 317
canonada 99, 101, 126, 153, 155, 189, 195, 200, 288
capa límit 353, 367-68
capatàs 184-85, 192
capes fictícies 364
carreus 41, 324
cel·la 338, 351-52, 363-65, 367
clarificació 197, 200
cloració 199
coagulant 234
coeficient de fricció 300
coeficient de Manning 294, 300
col·lector 101, 110
comporta de fons 10, 376, 387, 396, 400, 457, 460
comptador 201, 235, 399
concessió 9-10, 45, 93, 96, 110-11, 157, 174, 177, 201, 206, 210-11, 225, 234-35, 247, 315, 318

concòrdia 59-60, 64, 117, 175, 228
condicions de contorn 339, 364, 372, 391, 394, 403
condicions inicials 340, 354, 365, 372, 397, 403
condició de Courant 363
conservació de la massa 287, 343, 346, 361, 367
conservació de la quantitat de moviment 340, 343
conservació de l'energia 287
constants adimensionals 358
constricció 375
consum domèstic 233, 235-36
convergència 340, 401
coordenades cartesianes 362
coordenades cilíndriques 362
corbes de rabeig 306
corobate 272, 274-75
coronació 119-21

D

decantació 196, 234
decantador 195, 200
decret d'excomunió 57
desembocadura 208, 265
desenvolupament industrial 11, 110
desenvolupament urbanístic 47
desnivell 100, 122-23, 129, 149, 202, 204, 208-10, 213, 245-47, 249-51, 274
despreniment 84, 86, 91, 97, 144, 170, 259
desviament 96, 167
dèficit hídric 7
difusivitat 355
dilució 360
Dinàmica de Fluids Computacional 338-39, 357, 457
dioptra 271-72, 274, 276
discretització 340, 373, 377, 380
dissipació 355
distribució 115, 147, 178-79, 192, 200-201, 228, 286, 351-52
distribució lineal 351-52
distribució logarítmica 286
Domain Removing 380, 383, 385
dotació 45, 92, 186, 197, 238, 316-22, 325, 327

E

energia específica 12, 147, 287, 297
energia potencial 147, 204, 287
ensulsiades 97, 104, 259

entredit 57-60, 109
entubat 100
equacions de Navier-Stokes 345, 347, 357, 359, 361, 369-70
equacions generals de conservació 340
equació de Darcy i Wiesbach 287, 300
equació de Torricelli 444
erosió 120-21, 139, 141-42, 144, 184, 360
escombrera 100
escorrentiu 9, 53, 131, 285, 289
escorrialles 9, 206, 211, 215-16, 317
estabilització del flux 397
estiatge 88
euleriana 342
excedents 121, 206
experimentació 337-38

F

filtracions 97, 160-61, 191, 193, 205, 209
flotador 322, 366, 374, 376, 387
Flow3D 14, 359-62, 364-66, 368, 373-74, 378-80, 382-87, 389, 391, 393-94, 398-99, 402-3, 405, 417-18
fluid newtonià 347
Fluidodinàmica 338
flux crític 300
flux estacionari 287, 291, 302, 342, 370
flux laminar 289, 354, 390
flux permanent 342, 443
flux turbulent 354-55
flux uniforme 292-94, 296, 299, 370
forces viscoses 288, 354-55
formigonat 115, 121
frontera 286, 354, 365-66, 391-92, 394
Fundació Aigües de Manresa 82, 225

G

gasòmetre 205
generació del mallat 340
geometria del model 340, 373, 376
Governador Civil 316, 319, 324
gradient de pressions 285, 357
gradient de velocitats 367-68, 380
gradient turbulent 370
grau de definició 352
groma 272-74

H

Índex Analític

horta manresana 174

I

impermeabilització 193

impost general de següiatge 222

industrialització 202, 205

inestabilitat del terreny 97, 259

infiltracions 317

infraestructura 11, 47, 63, 76, 237, 460

insolació 184

Institut Guillem Catà 75

interdicció 97

interface 367, 371, 401-2

irrigació 41-42, 44-45, 54, 146, 157, 199

J

Jove Cambra de Manresa 238

Junta d'Aigües Potables 223, 226, 228, 230

Junta de la Sèquia 11, 13-14, 68, 72, 76-78, 82, 91, 96-98, 102-3, 110-11, 120-21, 124, 155-56, 160-63, 165-67, 169-71, 183-84, 187, 189, 194-95, 202, 205-6, 211, 214-15, 218-29, 231, 233, 238, 316, 319, 324-27

jurisdicció 57, 59, 64, 91, 97, 123, 172, 175, 179, 246

L

lagrangiana 342

làmina d'aigua 87-88, 111, 189, 194, 251, 285, 315, 417

linealització de les equacions 340

línies de corrent 341, 418

lleï de Newton de la viscositat 347

llicència 14, 245, 360, 374, 401

llot 109, 184

longitud de mescla de Prandtl 356, 370, 390

M

mala bussanya 60

mall estructurada 353, 365

mall no estructurada 353

mallat híbrid 353

mamposteria 119, 386

mecanisme de regulació 324, 326, 359, 375-76, 381, 387, 457, 460

Mecànica de Fluids 10-11, 285, 337-39

menisc 275

mesh-plane 380-81

mestre del nivell 75

mestre major 56, 60, 75, 245

metrologia 281

Mètode de les Diferències Finites 380

Mètode dels Elements Finites 352

Mètode dels Volums Finites 339, 349-50, 352

mètode k-ipsilon 390

Model de longitud de mescla de Prandtl 370

model de turbulència 356-57, 390

model semi-empíric 357

model setup 399, 401-2

molècules 286

molí 9, 43-44, 56-57, 59, 75, 94, 97, 116, 201-2, 208, 224, 244, 316

N

nilòmetre 41

nivell d'aigua 272-75, 397

node 349-52

nòria 188-89

número de Froude 12, 289, 299

número de Reynolds 288-89, 354-55

O

oscil·lacions 147

Ò

òptica 274-76, 354

P

pam català 279

parament 119-20

paràmetre adimensional 288-89

partidor 224, 243

partícules 184, 359, 418

patògen 199, 234

pendent crític 299-300

pendent mitjà 122-23, 146, 148-49, 275, 376

pesta bubònica 60

pesta negra 117

pèrdues per fricció 287

pínnules 272, 274-75

plànol parcel·lari 76-79

ploma 228, 231, 279-80

ploma de Barcelona 279

ploma manresana 228

ploma romana 279

pluvial 7, 86-87, 94, 101, 131-32, 209, 216, 315

post-procés 341, 401

potència 9, 202, 208, 210, 213, 215-16, 222, 224, 338, 340, 370, 390

potència de càlcul 338, 340, 370, 390

pou 7, 41, 53, 96, 188, 249, 266

preindustrial 204

pre-procés 340, 401, 403

presa 41

pressió hidrostàtica 291

pressió normal 343, 392, 402

principi de continuïtat 340, 349

privilegi 7, 55-56, 61-62, 116, 118, 172-74, 177, 183, 217, 219, 221, 235-36, 246, 463

problema del cabell 144, 183

profunditat crítica 298-300

profunditat normal 296, 300

Q

quartera 222-23

quèstia 55-57, 61-62

R

radi hidràulic 288, 293-94, 296, 300

regadiu 41-45, 54, 59, 63, 76, 78, 86, 93, 115, 126, 129-30, 135-36, 139, 170, 178, 183, 186-87, 194, 201-2, 204, 217, 222-23, 235-36, 252, 267-68, 317, 320, 465

regadora 280

regió de la malla 364

reglament 177, 181, 205-6, 208, 211, 219, 221, 227-28

reial ordre 319

resclosa 7, 59-60, 82, 86-89, 115-21, 124, 139, 147-49, 151, 155, 157, 173, 184, 217, 225, 243-46, 251, 253-54, 256, 264, 322, 331, 463

resolució iterativa 340

ressalt 360

ressalt hidràulic 301, 409, 414, 419, 422, 430, 433, 438

revolució industrial 9, 50, 202

règim estacionari 287, 370, 404

règim laminar 355

règim transitori 359-60, 370-71

règim variable 10

riuada 89, 117, 246

roda hidràulica 44, 188

rugositat 293-96, 368, 386

ruptura 167

S

sabotatge 118, 172, 174, 176-77, 181, 217, 219, 330

salari 181

salinitat 101, 160, 264-65, 267

salinitat actual 265

salinitat natural 264

salmorres 101

salubritat 46

Salvaguarda Reial 118, 172-74, 464

sanejament 233, 360

secció transversal 120, 287

sedimentació 196-97, 360, 387

sequiaire 55, 105, 111-12, 173, 177-82, 217, 219

sèrie de Taylor 349-50

sifó 99-100, 125-26, 151, 153, 165-66, 168, 219

sistema decimal 271

sistema d'equacions 340, 350

sistema inercial 374

sínia 43, 188-89

sobreeixidor 90, 96-97, 115, 121, 315-16, 322, 330-31

solucions comercials 340

solver 340, 360

sòlid 146, 286, 363, 370, 386

subcapa laminar 184, 367

subhasta 45, 215, 324-25

subsidiència 11, 99, 126, 149-50, 153, 158-59, 163, 166-68, 256

superfície lliure 10-11, 145, 147, 184, 245, 254, 285-89, 292, 315, 330, 339, 348, 359-60, 365-67, 396-97, 402, 417

T

talús 119-20

tangencialitat 355

taxa de dissipació 357-58

temps de càlcul 340, 353, 364, 367, 397, 401, 403-4

tensió superficial 275

tensió tallant 347

Teorema del transport de Reynolds 357

terbolesa 199-200

teuleria 205

tífus 200

time step 365

tintorer 8, 201

traces 254-55, 418

tractament gràfic 418

Índex Analític

- traça 11, 153, 168, 243, 246, 253-54
- traçat 11, 55-56, 64, 77, 84, 86, 90, 97, 100-101, 104, 109, 114-15, 131, 139, 141-42, 146, 149-51, 153, 155, 157, 162, 164-65, 168-71, 207, 221, 238, 243, 253-56, 259, 261, 264, 274, 279, 315
- traçat alternatiu 255-56, 259, 264
- traçat original 11, 86, 101, 153, 259
- Transèquia 238
- trenté 206, 222-23
- triangulació 274
- tridimensionalitat 355
- trompa 219
- turbina Francis 211
- turbulència 289, 339, 347, 368-70, 372, 380, 390
- U**
- ullal 46, 136, 186, 208, 224, 317
- universitat 45, 198
- Ú**
- ús domèstic 139
- ús industrial 139
- V**
- valor ecològic 139, 237
- valor històric 139
- valor patrimonial 139, 237
- variable genèrica 340
- variacions d'energia 147
- vàlvula de descàrrega 10, 374, 398, 457, 460
- vàlvula de regulació 191
- velocitat crítica 299
- velocitat normal 184, 392
- vessador central 10, 330
- vessador de regulació 10
- vessador lateral 330, 374, 376, 397, 400-401, 404
- viscositat 288-89, 347, 354, 356-57, 364, 367-68, 370
- viscositat dinàmica 356, 368
- viscositat turbulenta 357, 370
- visualització 250, 252-53, 255, 275, 341, 371, 417-18
- visualització gràfica 417
- viveret 191
- volum de control 342, 351
- vorticitat 355, 370
- vòrtex 341, 354
- X**
- xarxa de distribució 192, 200-201

Índex Onomàstic

A

Alabern, Josep 82, 98
Albareda, Ramon 109
Alomar Josa, Mariano 326
Amergós, Jaume 73
Arderiu i Pascual, Antoni 164, 227

Á

Álvarez, José 97

B

Barra, Javier 247
Bernat de Sallent 64-65, 73
Bertran de Castellbell 64-65, 73
Bisbe Ricomà 64
Bloch, Marc 202

C

Cabestany Mendez-Vigo, Fernando 161
Calvet, Lluís 324
Canet, Berenguer 64-65, 73
Canyelles, Magí 76, 91, 98, 103, 110, 114, 121, 123, 127, 131, 150, 281, 464
Cassany, Antoni 108
Catà, Guillem 56, 60, 64-65, 75, 116-17, 243, 245
Chézy, Antoine 245, 292-94, 296, 300
Clarà, Josep 67-68
Clifford, Charles 51
Compte Guinovart, Josep Maria 162
Corrons, Joan Pere 150, 281

Cresques, Abraham 277-78

D

De Castro, Jaime 12, 319-21, 324
De Luna, Fidel 319
Domingo, Joan 75
Duc de Girona 178
Duran i Moner, Lluís 227

F

Fernández Manrique de Lara, Juan 173
Francis, James B. 204

G

Garcia, Roque 94, 219-20
Genescà, Clemente 319-20
Gisbert, Meritxell 204
Gispert, Manuel 202

I

Isabel II 92-93, 157, 206-7, 221, 316, 319

J

Jaime de Castro 320, 451, 464
Jaume, Infant 245
Jaume d'Artes 64-65
Jaume I el Conqueridor, 276
Jaume III 46
Joan, Infant 178
Joan d'Aragó 174
Joan II 174

L

Laborde, Alexandre 202

Laur, Jean-Antoine 78

Lucius Minici Natali 42

M

Marian Parellada 319

Martir Pla, Pere 189

Martor, Arnau 60

Mas, Jaume 161, 164

Mas, Josep 80

Masachs i Alavedra, Valentí 159, 162, 164

Mato, José 317

Moll Vall, Josep 165, 327

Montardit Garcia, Josep 227

O

Oliveras, Josep 204

Orlhac, Gerbert d' 271

P

Parellada, Marià 93, 317

Pelton, Lester Allan 204

Pere de Portugal 174

Pere III 55, 60, 64-65, 73-74, 116, 177, 200, 207, 217, 221-22, 225, 235, 276, 463

Pigem i Serra, Vicenç 200

Potó, Marià 9, 11, 76-79, 86, 97, 104, 120, 123, 153, 157, 190, 204, 214, 464

Puig i Ball, Ramon 200

R

Ramos, Santiago 167

Ribas i Grau, Antoni 227

Ricomà, Miquel 64

Ripoll Gómez, Joan Baptista 326

S

Saclosa, Romeu 64

Sacosta, Galceran 57

Saera, Ramon 58, 64

Sanfeliu, Jeroni 98

Sarret i Arbós, Joaquim 48, 54, 64, 76, 79-80, 89, 95, 99, 190, 192, 320, 465

Serra, Pere 80

Serra i Riera, Àngel 199

Silvestre II 271

Siniofred 116

Soldevila, Jaume 71

Soler, Eusebi 316

Soler i March, Alexandre 67, 196-97

T

Tomàs, Pere 108

Torras i Serra, Marc 175

Torrens, Joaquim 324

Torres Argullol, Josep 192

Torricelli 444

V

Viallonga, Mateu 244

Vilanova, Joan 109

Vilella, Pere 64-65, 73

Viñas i Coma, Ricard 94

Vives i Coll, Josep 222-23

Vives i Llambí, Josep Maria 71

Índex Toponomàstic

Índex Toponomàstic

A

Agulla 76, 195, 199-200, 243-44, 251-55
Aqüeducte de Bonegues 111
Aqüeducte de Conangla 168
Aqüeducte de Santa Maria 123, 320, 324

B

Bagant de Baix 105
Balsareny 7, 9, 11, 52, 56-57, 64, 76, 86-91, 93-95, 99, 101, 115-18, 121, 123, 133, 147-49, 151, 153, 155, 157, 166, 168-70, 174, 179, 181, 184, 217, 219-20, 225-26, 238, 244-45, 251, 253-56, 259-60, 264-65, 268, 270, 316, 322, 327, 462, 463-64
Barcelona 42-44, 46-47, 54-56, 77, 79, 101, 162, 169, 173, 197-98, 202, 213, 222, 226, 243, 245, 271, 276
Basílica de la Seu 48, 67, 80, 249
Bassa dels Capellans 111

C

Cabrianes 52, 112, 133, 264
Cal Carreter 251
Callús 52-53, 234
Cal Peixater 102, 104
Cal Sequaire 182
Capcir 176
Carrer Saclosa 224
Casa Cremada 112-13, 128, 133
Casa de la Riereta 112
Casa de la Torra 111
Casa de les Feixes 111
Casa de les Feixes 111
Casa del Guarda de Santpedor 111
Casa Soldevila 100
Caseta del Bagant del Mas de les Coves 104
Castelladral 62

Castellar 62
Castell de Balsareny 7, 88, 115-16, 265
Castellgalí 265
Castellnou de Bages 63, 234-37
Claret, El 114
Cogulló 100-102, 126
Cogulló Gran 102
Coll de Lomar 64
Coll de Sant Pons 109
Coll de ses Oliveres 244
Coma, La 109
Comabella, La 114
Creu Guixera 190

D

Dipòsits Nous 186, 192-95, 199-200, 234
Dipòsits Vells 64, 77, 190, 192, 200, 325

E

Eix del Llobregat 106
El Pont de Vilomara 63
Escorxador, l' 200-201, 205
Estany de l'Agulla 115

F

Fodina, La 96
Font, Can 192, 204, 208-11, 219, 225, 375
Font de la Riereta 112

G

Gallur 246

H

Heretat de Casagemes 112
Hortalà, Cal 114

J

Joncar, El 105

L

La Rampinya 163

Llac de l'Agulla 193-95

M

Mal Pas 86-87, 97-99, 157, 325

Marcetes, les 249

Mas de les Coves 103-4, 108, 121, 128, 143, 149, 172, 184, 217, 256, 259-60, 315

Mas Tarradellas 106

Mesopotàmia 188

Millars 246

Mina del Balç de Balsareny 87

Molí, El 94

Molí, Fàbrica del 94

Molí de Mateu de Vilallonga 116

Molí de Roqueta 94

P

Parc de l'Agulla 69, 71, 139, 194, 225, 238

Petit Cogulló 101

Pinyana 246

Poal, El 136, 151, 184, 186, 206, 252

polígon de Santa Anna 110, 151

Pontarró d'En Ricard 90, 133

Pontarró de l'Alzina 134

Pontarró de l'Abeurador 112

Pontarró de la Figuera 133

Pontarró de la Fita de Claret 133

Pontarró de l' Apallador 104

Pontarró de la Parra 134

Pontarró de la Rasa 133

Pontarró de la Rasa d'en Fraixau 133

Pontarró de la Roca 133

Pontarró de la Vinya del Diamant 134

Pontarró del Canyé 90

Pontarró del Cap del Pont de Santa Maria 133

Pontarró del Colador 90

Pontarró de les Doctores 105, 134

Pontarró del Joncs 133

Pontarró del Molí de Balsareny 133

Pontarró del Notari 134

Pontarró del Perelloner de 133

Pontarró del Pi Verd 133

Pontarró del Pla de Claret 112

Pontarró dels Horts de Balsareny 91

Pontarró dels Joncs 109

Pontarró dels Omplidors 133

Pontarró dels Roures de Claret 112

Pontarró d'En Coll 109

Pontarró d'En Corrons 98, 133

Pontarró d'En Taraval 134

Pontarró Estret 134

Pontarró que Davalla a les Vinyes de Claret 133

Pontarró Sense Cul 134

Pont de la Casa Cremada 128

Pont de la Figuereta 128

Pont de la Font de Santpedor 128

Pont de la Pollanca Vella 128

Pont de la Pollanca Vella 128

Pont de la Vinya del Martí 128

Pont del Bomians 109

Pont del Camí de Tarradellas 105

Pont de les Albes de les Coves 105

Pont del Pinyó 128

Pont del Plata 128

Pont del Rector 94, 128

Pont del Rei 128

Pont del Riu d'Or 112, 128, 149

Pont dels Cirers 128

Pont dels Gripaus 94, 128, 260

Pont dels Manresans 123

Pont del Vegueriu 128

Pont del Vilar 99, 128, 148, 150, 153, 160-61, 164, 260

Pont de na Martorella 128

Pont d'en Dalmau 128

Pont d'en Gomis 128

Pont d'en Martí 128

Pont de Rocaus 128, 260

Pont de Santa Cecília 96, 128

Pont de Santa Cecília 128

Pont de Soldevila 160

Pont de Terra 128

Pont Llarg de Manresa 129-30

Pont Nou 249

Pont Pudent 128

Pont Vell 249

Portal de Sobrerroca 176

Índex Toponomàstic

R

Rec Comtal 43
Rec Regomir 43
Revolts de Santpedor, Els 114
Riera de Mujal 91, 260
Riu Cardener 9, 48, 53, 67, 186, 200, 202, 206-8, 249-51, 254, 256, 259, 261, 264-65, 267-68, 270, 462
Riu Llobregat 53-55, 57, 63, 86-87, 89-90, 92, 94, 97, 101, 104, 106, 110, 115, 117, 133, 157, 160, 169, 186, 198, 202, 216, 219, 234, 243-44, 249, 251, 254, 261, 264-65, 267-70, 316, 318, 326-27, 463
Roca, mina d'en 157
Roselló 46
Rosselló 44, 176, 246
Roure del Moliner, El 109
Roure Gran, El 109
Roure Gros 109
Roure Gros, El 109

S

Sala, La 106
Sala de Sant Pons, La 106
Sallent 11, 52-53, 57, 59, 64-65, 77, 86-87, 93, 95, 97-100, 108-9, 118, 125, 133-34, 150-51, 153, 155, 159-60, 162-63, 165-66, 168-70, 174-76, 179, 198, 217, 220, 226, 238, 261, 264, 318, 324
Salt dels Gossos 202, 215, 325
Santa Anna de Claret 112
Santa Magdalena de Bell-lloc 108-9
Sant Fruitós de Bages 63, 86, 110, 112, 114, 174, 179, 234-38, 333
Sant Iscle 114-15, 134, 153, 174, 179, 217
Santpedor 11, 49, 52-53, 57, 63, 77, 86, 110-14, 127-28, 133, 151, 171, 174, 179, 182, 190, 195, 209, 217, 226, 234-38, 333

Sant Salvador de Guardiola 63, 234-37
Seguers 62
Súria 53, 62, 114-15, 251, 254-55, 259, 264-65, 267-68

T

Tauste 246
Tomb Gran 101-2
Tomb Llarg 102, 104, 155
Tomb Xic 101, 103, 151, 153, 155
Torre de Claret, La 112
Torrent de la Roqueta 94, 260
Torrent del Bonegues 127
Torrent de les Maioles 96
Torrent del Mas 102, 104
Torrent dels Cirers 96
Torrent dels Predicadors 9, 64, 73, 206-7, 209
Torrent de Mirable 50, 202, 207, 213
Torrent de Sant Ignasi 50-51, 207-11, 213, 224, 249
Torrent de Viladordis 186
Torrent Pudent 99
Torrent Soldevila 163
Tudela 247
Tuïr 46

V

Vallespir 176
Vidalet, Can 114
Vilafruns 94, 96-97, 160, 166-67, 181
Viñas, fàbrica 94-96, 157

X

Xalets de les Mines 96

Referències

- A.C.B.G. (2016). Arxiu comarcal del bages (ACBG). Xarxa d'arxius comarcals (XAC). Generalitat de catalunya. [Web page] Retrieved from http://xac.gencat.cat/ca/detalls/Article/Quadre_Fons_Bages
- Acheson, D. J. (1990). *Elementary fluid dynamics*. Oxford: Clarendon Press ; New York : Oxford University Press. Retrieved from Library of Congress or OCLC Worldcat.
- Adam, J. (1982). Groma et chorobate. *Mélanges De L'Ecole Française De Rome. Antiquité*, 94(2), 1003-1029. doi:10.3406/mefr.1982.1351
- Agüera Soriano, J. (2002). *Mecanica de fluidos incomprensibles y turbomaquinas hidraulicas* (5th ed. act. ed., pp. 706). Madrid :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1237299~S1*cat
- Alabern i Valentí, J., & Virós i Pujolà, L. (2002). *Al voltant de la construcció de la sèquia de manresa*. Sant Vicenç de Castellet :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1277181~S1*cat
- Alcover, A. M., & Moll, F. D. B. (1980). *Diccionari català-valencià-balear : Inventari lexicogràfic i etimològic de la llengua catalana*. Palma de Mallorca :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1044579~S1*cat
- Alert, J., Huguet, P., & Cossetània Edicions. (2014). *La séquia de manresa, 10 camins a l'entorn d'un canal medieval* (p. 138). Manresa.
- Ali, Z., Tucker, P. G., & Shahpar, S. (2017). Optimal mesh topology generation for CFD. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 317, 431-457. doi:10.1016/j.cma.2016.12.001

- Alsina i Català, Claudi; Feliu i Montfort, Gaspar; Marquet i Ferigle, L. (1991). Pesos, mides i mesures dels països catalans. *Revista De Llengua I Dret*, 16(0212-5056).
- Anderson, J. D. (1995). *Computational fluid dynamics : The basics with applications* (p. 547). New York [etc.] :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1194536~S1*cat
- Anderson, J. D. (2011). *Fundamentals of aerodynamics*. New York :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1373928~S1*cat
- Andersson, A. G., Andreasson, P., & Staffan Lundström, T. (2013). CFD-Modelling and validation of free surface flow during spilling of reservoir in down-scale model. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 7(1), 159-167. doi:10.1080/19942060.2013.11015461
- Aris, R. (1989). *Vectors, tensors, and the basic equations of fluid mechanics* (p. 286). New York :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1072857~S1*cat
- Arvanaghi, H., & Oskuei, N. N. (2013). Sharp-Crested weir discharge coefficient. *J. Civil Eng. Urban Journal Journal of Civil Engineering and Urbanism*, 3(3), 87-91. Retrieved from <http://www.ojceu.ir/main/>
- Aydin, I., Altan-Sakarya, A. B., & Sisman, C. (2011). Discharge formula for rectangular sharp-crested weirs. *Flow Measurement and Instrumentation*, 22(2), 144-151. doi:10.1016/j.flowmeasinst.2011.01.003
- Aydin, M. (2016). Investigation of a sill effect on rectangular side-weir flow using CFD . *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 142 (2)(04015043). Retrieved from <https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/%28ASCE%29IR.1943-4774.0000957>
- B.D.H. (2016). Visualización detallada - biblioteca digital hispánica (BDH). [Web page] Retrieved from <http://bdh.bne.es/bnearch/Search.do>
- Babaali, H., Shamsai, A., & Vosoughifar, H. (2015). Computational modeling of the hydraulic jump in the stilling basin with convergence walls using CFD codes. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 40(2), 381-395. doi:10.1007/s13369-014-1466-z

Referències

- Bakhmeteff, B. A., Díaz-Ambrona Moreno, D., & Hoz, M. D. L. (n.d.). *Hidráulica de los canales*. Madrid :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1080696~S1*cat
- Barceló, M., Kirchner, H., & Navarro, C. (1996). *El agua que no duerme : Fundamentos de la arqueología hidráulica andalusí*. Maracena :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1261691~S1*cat
- Bassegoda i Nonell, J. (1973). *Los maestros de obras de barcelona* (p. 141). Barcelona :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1052566~S1*cat
- Bhajantri, M. R., Eldho, T. I., & Deolalikar, P. B. (2006). Hydrodynamic modelling of flow over a spillway using a two-dimensional finite volume-based numerical model. *Sadhana*, 31(6), 743-754. doi:10.1007/BF02716893
- Blasone, M., Dell'Anno, F., De Luca, R., Faella, O., Fiore, O., & Saggese, A. (2015). Discharge time of a cylindrical leaking bucket. *European Journal of Physics*, 36(3), 035017. doi:10.1088/0143-0807/36/3/035017
- Bloch, M. (1986). *La sociedad feudal*. Madrid :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1146974~S1*cat
- Boussinesq, J. (1873). *Essai sur la théorie des eaux courantes : Rapport sur un mémoire de M. Boussinesq, présenté le 28 octobre 1872* (pp. XXII, 679 , 64). Paris :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1255035~S1*cat
- Brun, E. A., Mathieu, J., & Martinot-Lagarde, A. (1979). *Mecánica de los fluidos*. Barcelona: Labor. Retrieved from Library of Congress or OCLC Worldcat.
- Burdy, J. (2000). The roman aqueducts of lyon. *American JI of Archaeology*, 104, 47-72.
- Burnham, J. (2011). Modelling dams with computational fluid dynamics: Past success and new directions. In *Annual conference of association of state dam safety officials* (pp. 855-893).
- Cabrera, E. (1996). *Ingeniería hidráulica : Aplicada a los sistemas de distribución de agua*. [Valencia: U.D. Mecánica de Fluidos, Universidad Politécnica de Valencia. Retrieved from Library of Congress or OCLC Worldcat.
- Camprubí i Plans, J. (1984). *La dinàmica d'un poble*. Barcelona :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1051600~S1*cat

- Canyelles, M. (1680). *Relació certadera de tos els ponts i pontarrons que estan fabricats en l'obra tant sumptuosa de la sèquia de manresa en lo ciscurs o termini de set lloguers que té de llargària des de balsareny fins a la dita ciutat* (Manresa ed.).
- Canyelles, M. (1896). *Descripció de la grandesa y antiquitats de la ciutat de manresa* (p. 555). Retrieved from <https://archive.org/details/descripciodelag00unkngoog>
- Carrete, R. (1990). Ponts i pontarrons de la síquia de manresa, entre 1679 i 1867. *Butlletí De La Societat D'Onomàstica*, 40, 55-62.
- Carreté, R. (1990). Balsareny contra la síquia. Sarment. *Butlletí Del Cercle Cultural De Balsareny*, 178-182.
- Casafont Trench, A., & Fitó Pintado, J. (2016). *Aixecament topogràfic mitjançant GPS de la sèquia de manresa*. Thesis. Retrieved from <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/101828#.WzhTM9J4G9g>
- Cassany, D. (1999). *Construir l'escriptura*. Barcelona :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1172465~S1*cat
- Caucanas, S. (. (1992). *Energie hydraulique et irrigation en rousillon du ixè siècle au xvè siècle. Histoire de l'aménagement d'un réseu*. Perpinyá.
- Caucanas, S. (. (2002). *Moulins et irrigation en roussillon du ixè au xve siècle*. Paris :. Retrieved from http://cbueg-mt.iii.com/iii/encore/record/C__Rb4294779__SCAUCANAS__P0,3__Orightresult__U__X4?lang=cat&suite=def
- Charpin, D. (2002). La politique hydraulique des rois paléo-babyloniens. *Annales. Histoire, Sciences Sociales*, 57(3), 545-559. doi:10.3406/ahess.2002.280064
- Chézy, A. D., Coulomb, C. A. D., de Chézy, A., & de Coulomb, C. A. (1785). *Précis des opérations relatives à la navigation intérieure de bretagne contenant la délibération des etats des 29 et 30 janv. 1783. Le rapport de MM. Les commissaires les mémoires et rapport de M. De coulomb... Et de M. De chézy... Les mémoires, plans et .* Retrieved from https://books.google.es/books/about/Précis_des_opérations_relatives_à_la.html?id=PdxOmQEACAAJ&pgis=1
- Chow, V. T. (2009). *Open-channel hydraulics*. Caldwell, New Jersey :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1377161~S1*cat

Referències

- Chrimes, M. (1997). *The civil engineering of canals and railways before 1850* (pp. XXXVIII, 378). Aldershot [etc.] :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1170286~S1*cat
- Ciriaco, S. (1998). *Land drainage and irrigation* (p. 374). Aldershot :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1373804~S1*cat
- Coromines, J., Gulsoy, J., Cahner, M., Duarte i Montserrat, C., & Sauté, À. (1980). *Diccionari etimològic i complementari de la llengua catalana*. Barcelona :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1048357~S1*cat
- Csépai, L., & Kastanek, F. (1992). Flow regulation by automatically controlled overflow weirs. *Water Research*, 26(5), 625-628. doi:10.1016/0043-1354(92)90236-W
- Cuvillier, J. (1984). L'irrigation dans la catalogne médiévale et moderne. *Mélanges De La Casa De Velázquez*, 20(1), 145-187. doi:10.3406/casa.1984.2414
- Çengel, Y. A., Cimbala, J. M., & Kanoglu, M. (2010). *Fluid mechanics : Fundamentals and applications* (2a ed. ed., p. 980). Boston [etc.] :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1420761~S1*cat
- Dembskey, E. J. (2009). THE AQUEDUCTS OF ANCIENT ROME. Retrieved from <http://www.romanaqueducts.info/aquapub/dembskey2009Rometxt1.pdf>
- Eco, U. (2000). *Cómo se hace una tesis : Técnicas y procedimientos de estudio, investigación y escritura*. Barcelona :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1193036~S1*cat
- Fernández Ordóñez, J. A. (1986). *Catálogo de treinta canales españoles anteriores a 1900*. [Madrid] :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1004211~S1*cat
- Fernández Oro, J. M. (2012). *Técnicas numéricas en ingeniería de fluidos : Introducción a la dinámica de fluidos computacional (CFD) por el método de volúmenes finitos* (pp. 386). Barcelona [etc.] :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1404426~S1*cat
- Ferrer Alòs, L. (2008). Retornant a la séquia. Els usos industrials de la séquia de manresa a la segona meitat del segle XVIII. In *Actes del col·loqui internacional irrigació, energia i abastament d'aigua: Els canals a europa a l'edat mitjana* (pp. 236 - 256).

- Ferziger, J. H., & Perić, M. (. (2002). *Computational methods for fluid dynamics* (3rd, rev. ed. ed., p. 423). Berlin [etc.] :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1200089~S1*cat
- Fischbacher-Smith, D. (1999). *Water supply and public health engineering* (p. 393). Aldershot :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1376782~S1*cat
- Flow Science, I. (2012). *Flow3D documentation release 10.1.0* (p. 1079).
- Fonder, N., & Xanthoulis, S. (2007). Roman aqueduct and hydraulic engineering: Case of nîmes aqueduct and its pont du gard bridge. *Water Science & Technology: Water Supply*, 7(1), 121. doi:10.2166/ws.2007.014
- Fox, R. W., & McDonald, A. T. J. A. (1978). *Introduction to fluid mechanics*. New York: Wiley. Retrieved from Library of Congress or OCLC Worldcat.
- Franchini, M., & Lanza, L. (2014). Leakages in pipes: Generalizing torricelli's equation to deal with different elastic materials, diameters and orifice shape and dimensions. *Urban Water Journal*, 11(8), 678-695. doi:10.1080/1573062X.2013.868496
- Frontí, & Gavarró, R. (2000). *Els aqüeductes de la ciutat de roma* (pp. 57). Barcelona :. Retrieved from http://ccuc.cbuc.cat/record=b2615392~S23*cat
- Gerhart, P. M., Gross, R. J., & Hochstein, J. I. (1995). *Fundamentos de mecánica de fluídos*. Argentina: Addison-Wesley Iberoamericana. Retrieved from Library of Congress or OCLC Worldcat.
- Ginouvès, R., Martin, R., & Coarelli, F. (1985). *Dictionnaire méthodique de l'architecture grecque et romaine*.
- Gisbert i Traveria, M. (2010). El plànol topogràfic del regadiu i ciutat de manresa, de marià potó (1867). *Treballs de la societat catalana de geografia* (pp. 181-203). Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4051378&info=resumen&idioma=ENG>
- Gispert, M. (1888). Primer congreso internacional de ingeniería de barcelona. Discursos, memorias y disertaciones. In *Consideraciones generales sobre las derivaciones de aguas públicas, para fuerza motriz y para riego* (p. 443). Barcelona. Retrieved from <http://storage.lib.uchicago.edu/pres/2014/pres2014-0056.pdf>

Referències

- Glick, T. F. (1992). *Tecnología, ciencia y cultura en la España medieval*. Madrid :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1121416~S1*cat
- Glick, T. F. (1996). *Irrigation and hydraulic technology: Medieval Spain and its legacy* (hardback) - routledge. Retrieved from <https://www.routledge.com/Irrigation-and-Hydraulic-Technology-Medieval-Spain-and-its-Legacy/Glick/p/book/9780860785408>
- González Tascón, I., Velázquez Soriano, I., & González Presmanes, B. (2008). *Ingeniería civil en España precedentes, historia y técnicas* (pp. 645). [Madrid] :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1350215~S1*cat
- Gruber, J. W. (n.d.). Irrigation and land use in ancient Mesopotamia. *Agricultural History*, 22, 69-77. doi:10.2307/3739264
- Gual Camarena, M. (1979). *Estudio histórico-geográfico sobre la acequia real del Júcar* (p. 251). Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=49531>
- Hargreaves, D. M., Morvan, H. P., & Wright, N. G. (2007). Validation of the volume of fluid method for free surface calculation: The broad-crested weir. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 1(2), 136-146. doi:10.1080/19942060.2007.11015188
- Harvey, G. (2001). *Cómo se citan las fuentes : [Guía rápida para estudiantes]*. Madrid :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1226427~S1*cat
- Hirt, C. W., & Nichols, B. D. (1981). Volume of fluid (VOF) method for the dynamics of free boundaries. *Journal of Computational Physics*, 39(1), 201-225. doi:10.1016/0021-9991(81)90145-5
- Hodge, A. T., Fabre, G., Fiches, J. -, & Paillet, J. -. (1994a). L'aqueduc de Nîmes et le pont du Gard: Archeologie, geosysteme, histoire. *American Journal of Archaeology*, 98(2), 381. doi:10.2307/506665
- Hodge, A. T., Fabre, G., Fiches, J. -, & Paillet, J. -. (1994b). L'aqueduc de Nîmes et le pont du Gard: Archeologie, geosysteme, histoire. *American Journal of Archaeology*, 98(2), 381. doi:10.2307/506665
- I.E.C. (2015). *Monuments commemoratius de Catalunya - secció històrico-arqueològica* - Institut d'Estudis Catalans. [Web page] Retrieved from <http://monuments.iec.cat/presentacio.asp>

- Jalil, S. A., & Sarhan, S. A. (2013). EXPERIMENTAL STUDY OF COMBINED OBLIQUE WEIR AND GATE STRUCTURE. Retrieved from www.arpnjournals.com
- Kirchner, H., Oliver, J., & Vela Palomares, S. (2002). *Aigua prohibida : Arqueologia hidràulica del feudalisme a la cerdanya : El canal reial de puigcerdà* (pp. 95). Bellaterra :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1223362~S1*cat
- Kuhrt, A. (1995). *The ancient near east, c. 3000-330 BC* (p. 782). Retrieved from https://books.google.es/books/about/The_Ancient_Near_East_C_3000_330_BC.html?id=V_sfMzRPTgoC&redir_esc=y
- Kundu, P. K., Cohen, I. M., & Dowling, D. R. (2012). *Fluid mechanics* (5th ed. ed., pp. xxvi, 891). Waltham, MA :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1412306~S1*cat
- Lacuesta, R., Balañà, F., & Cuspinera, L. (2009). *Ignasi oms i ponsa, arquitecte : La consolidació del modernisme terra endins*. Barcelona :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1347533~S1*cat
- Larnac, C. (1999). Les limites du système oeil-chorobate pour l'implantation de l'aqueduc de nîmes. *CIDS* (p. 16) [Web page]. Retrieved from <http://www.pontdugard.free.fr/dynindex.htm?oeilchorobate>
- Latorre i Piedrafita, X. (1995). *Història de l'aigua a catalunya*. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=121298>
- Launder, B. E. (. E., & Spalding, D. B. (. B. (1972). *Lectures in mathematical models of turbulence* (p. 169). London [etc.] :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1004334~S1*cat
- Lin, C. (2002). Influence of sluice gate contraction coefficient on distinguishing condition. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 128 (4), 249-252.
- Lloret, R. (2013). La salinización de la cuenca del Llobregat. Entrevista a roger lloret. [Web page] Retrieved from <http://chalaux.org/nw/escrits/la-salinizacion-de-la-cuenca-del-llobregat-entrevista-a-roger-lloret-es.htm>
- Maluquer de Motes, J. (2000). *Tècnics i tecnologia en el desenvolupament de la catalunya contemporània*. Barcelona :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1187002~S1*cat

Referències

- Martí, R. (1987). *Els inicis de l'organització feudal de la producció al bisbat de girona (col·lecció diplomàtica de la seu, anys 817-1100)*. Thesis.
- Martínez Vázquez de Parga, R., Abad Mateo, T., Galán Hergueta, A., & Fernández Ordóñez, J. A. (1984). *Catálogo de noventa presas y azudes españoles anteriores a 1900*. [Madrid] :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1005666~S1*cat
- Mataix, C. (2009). *Turbomáquinas hidráulicas : Turbinas hidráulicas, bombas, ventiladores*. Madrid :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1381093~S1*cat
- McComb, W. (1990). *The physics of fluid turbulence*. Oxford, England/New York, Clarendon Press/Oxford University Press, 1990, 594 P. Retrieved from <http://adsabs.harvard.edu/abs/1990cp...book.....M>
- Molins, X. S., & Centre Excursionista de la Comarca de Bages. Secció d'Estudis. (1988). *Col·lecció extperiodcentered de monografies de temes locals i comarcals: Els ponts medievals del bages*. Manresa. Retrieved from <https://books.google.es/books?id=cHksmQEACAAJ>
- Mott, R. L. (1994). *Applied fluid mechanics*. New York, NY: MacMillan. Retrieved from Library of Congress or OCLC Worldcat.
- Moukalled, F., Mangani, L., & Darwish, M. (2016). The finite volume method. In doi:10.1007/978-3-319-16874-6_5
- Nadal, F., Urteaga, L., & Muro, J. I. (2006). *El territori dels geòmetres : Cartografia parcel·laria dels municipis de la província de barcelona (1845-1895)*. Barcelona :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1302620~S1*cat
- Namaee, M. R., & Shadpoorian, R. (2016). Numerical modeling of flow over two side weirs. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 41(4), 1495-1510. doi:10.1007/s13369-015-1961-x
- Namaee, M. R., Rostami, M., Jalaledini, S., & Habibi, M. (2014). A 3-dimensional numerical simulation of flow over a broad-crested side weir. In *Advances in hydroinformatics* (pp. 511-523). Singapore. doi:10.1007/978-981-4451-42-0_41
- Nichols, B. D., & Hirt, C. W. (1971). Improved free surface boundary conditions for numerical incompressible-flow calculations. *Journal of Computational Physics*, 8(3), 434-448. doi:10.1016/0021-9991(71)90022-2

- Oliveras, J. (1986a). *La consolidació de la ciutat industrial: Manresa (1871-1900)*.
- Oliveras, J. (1986b). *La consolidació de la ciutat industrial: Manresa (1871-1900)*.
- Oms i de Prats, M. (1888). *Memoria sobre la construcción de depósitos para las aguas*.
- Orengo, H. A., & Miró i Alaix, C. (2013). Reconsidering the water system of roman barcino (barcelona) from supply to discharge. *Water History*, 5(3), 243-266. doi:10.1007/s12685-013-0090-2
- Orriols, A. (2016). Diccionari d'historiadors de l'art català-valencià-balear. Retrieved from http://dhac.iec.cat/dhac_p.asp?id_personal=610
- Ortloff, C. R., & Kolata, A. L. (1993). Climate and collapse: Agro-Ecological perspectives on the decline of the tiwanaku state. *Journal of Archaeological Science*, 20(2), 195-221. doi:10.1006/jasc.1993.1014
- Ortloff, C. R., Feldman, R. A., & Moseley, M. E. (1985). Hydraulic engineering and historical aspects of the pre-columbian intravalley canal systems of the moche valley, peru. *Journal of Field Archaeology*, 12(1), 77. doi:10.2307/529376
- Pandey, R., Mittal, P. K., & Choudhary, P. M. K. (2016). Flow characteristics of sharp crested rectangular weir: A review. *IJSET -International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 3(3). Retrieved from www.ijiset.com
- Perrault, C., & Edición, E. (2007). *Compendio de los diez libros de arquitectura de vitrubio* (p. 182).
- Peyret, R. (2000). *Handbook of computational fluid mechanics* (pp. X, 467). San Diego [etc.] : . Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1234387~S1*cat
- Piñero, J. (2010). *La séquia de manresa. Estudi històric i documentació del patrimoni associat a un canal d'origen medieval*. Manresa.
- Prandtl, L. (1926). *Essentials of fluid dynamics : With applications to hydraulics, aeronautics, meteorology and other subjects* (pp. X, 452). London : . Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1042287~S1*cat
- Redondi, P. (1985). Along the water: The genius and the theory. *History and Technology*, 2(1), 77-110. doi:10.1080/07341518508581633

Referències

- Romano, E. (1994). Dal de officiis a vitruvio, da vitruvio a orazio : Il dibattito sul lusso edilizio. *Publications De L'École Française De Rome*, 192(1), 63-73.
- Rosas Rodríguez, H. (2001). Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat. Retrieved from <http://www.tdx.cat/handle/10803/6978>
- Rovira Fernández, M. (2008). La conca salina del bages i la qualitat de l'aigua del Llobregat. Retrieved from <http://www.tdx.cat/handle/10803/6994>
- Sarkardeh, H., Reza Zarrati, A., Jabbari, E., & Marosi, M. (2014). Numerical simulation and analysis of flow in A reservoir in the presence of vortex. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 8(4), 598-608. doi:10.1080/19942060.2014.11083310
- Sarret Arbós, J. (1906). *La cèquia de manresa*. Manresa :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1285925~S1*cat
- Shames, I. H. (2001). *Mecánica de fluidos*. Santafé de Bogotá [etc]: McGraw-Hill. Retrieved from Library of Congress or OCLC Worldcat.
- Smith, W. (1873). A Dictionary of Greek and Roman Biography and Mythology, Hygi'nus, Groma'ticus. Vol.1. (1873). Smith, W. (1873). A dictionary of greek and roman biography and mythology, hygi'nus, groma'ticus. Vol.1. [Web page]. Retrieved from <http://www.perseus.tufts.edu/hopper/text?doc=Perseus:text:1999.04.0104:entry=hyginus-gromaticus-bio-1&highlight=gromaticus>
- Solà i Parera, À. (2004). *Aigua, indústria i fabricants a manresa, 1759-1860*. Manresa :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1275386~S1*cat
- Soler March, A. (1901). *La cuestión de los filtros*.
- Stasa, P.; Kebo, V.; Kodym, O. (2014). Effect of mesh density on the accuracy of the calculation using CFD. In *14Th SGEM geoconference on informatics, geoinformatics and remote sensing, vol. 1*.
- Taghavi, M., & Ghodousi, H. (2015). Simulation of flow suspended load in weirs by using flow3d model. *Civil Engineering Journal*, 1(1), 37-49. Retrieved from <http://civilejournal.org/index.php/cej/article/view/31>
- Torras i Cortina, M. (2004). L'escriptura i el llibre a la catalunya central als segles XIII i XIV. Retrieved from <http://www.tdx.cat/handle/10803/5539>

- Torras i Serra, M. (1998). *Els privilegis del "llibre verd" de manresa*. Manresa :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1284530~S1*cat
- Torras i Serra, M. (2002). Els primers segles de la séquia. In *Al voltant de la construcció de la séquia de manresa* (pp. 147-182). Manresa.
- Turalina, D., Yembergenova, D., Alibayeva, K., Dančová, P., & Vít, T. (2015). The experimental study of the features of water flowing through a sharpcrested weir in channel. *EPJ Web of Conferences*, 92, 02102. doi:10.1051/epjconf/20159202102
- Valentí, J. A. I. (2001). Obres insignes als nostres rius. *Dovella*, (73), 11-15. Retrieved from <http://www.raco.cat/index.php/Dovella/article/view/20521/20361>
- Vancamp, B. (1997). Aristoteles. *Metaphysica - kleine alfa*. *Revue Belge De Philologie Et D'histoire*, 75(1), 171-171.
- Verhagen, P., Posluschny, A., Danielisová, A. (. , & European Association of Archaeologists. Annual meeting (15th : 2009 : Riva, I. (2011). *Go your own least cost path : Spatial technology and archaeological interpretation : Proceedings of the GIS session at EAA 2009, riva del garda* (p. 77). Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/262487702_Following_Roman_waterways_from_a_computer_screen_GIS-based_approaches_to_the_analysis_of_Barcelon%27s_aqueducts
- Versteeg, H. K. (. K., & Malalasekera, W. (. (2007). *An introduction to computational fluid dynamics : The finite volume method*. Retrieved from <https://books.google.es/books?hl=ca&lr=&id=RvBZ-UMpGzIC&oi=fnd&pg=PP12&dq=An+Introduction+to+Computational+Fluid+Dynamics:+The+Finite+Volume+Method&ots=u2vVA6DqB7&sig=kCrQJkGbAwjMB80Px2Pt6hIF4PQ#v=onepage&q=An+Introduction+to+Computational+Fluid+Dynamics%25>
- Vila i Sala, R. D. A. (1930). *Biografia de D. Roque Garcia de la enzina, rector qui fou de balsareny (anys 1775 a 1807)* (p. 57p).
- Villuendas, L. (1982). *Dades històriques sobre la síquia dels manresans i altres obres del pla de bages*. Sallent.
- Virós, L. (2000). *Organització del treball preindustrial: Confraries i oficis*. Publicacions de l'Abadia de Montserrat.

Referències

- White, F. M., & Vera Coello, M. (2004). *Mecánica de fluidos*. Madrid [etc.] :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1253587~S1*cat
- Wu, S. (2015). Solutions to rectangular sluice gate flow problems. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 141 (12)(06015003).
- Zafra de la Torre, N., Hornos Mata, F., Castro López, M., & López, M. C. (1999). Una macro-aldea en el origen del modo de vida campesino: Marroquíes bajos (Jaén) c. 2500-2000 cal. *ANE. Trabajos De Prehistoria*, 56(1), 77-102. doi:10.3989/tp.1999.v56.i1.291
- Zeng, J., Zhang, L., Ansar, M., Damisse, E., & González-Castro, J. A. (2017). Applications of computational fluid dynamics to flow ratings at prototype spillways and weirs. I: Data generation and validation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 143(1), 04016072. doi:10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001112
- Zikanov, O. (2010). *Essential computational fluid dynamics*. Hoboken, New Jersey :. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1378693~S1*cat
- Zurita Ruiz, J. (1996). *Obras hidráulicas*. Barcelona: Ceac. Retrieved from Library of Congress or OCLC Worldcat.

Apèndix

Índex de l'Apèndix

A1. Plànol de Situació.	501
A2. Plànol d'Emplaçament. Escala 1:40.000.....	502
A3. Plànol de Planta General. Escala 1:25.000.	503
A4. Plànol Planta Detall 01. Escala 1:5.000.....	504
A5. Plànol Planta Detall 02. Escala 1:5.000.....	505
A6. Plànol Planta Detall 03. Escala 1:5.000.....	506
A7. Plànol Planta Detall 04. Escala 1:5.000.....	507
A8. Plànol Planta Detall 05. Escala 1:5.000.....	508
A9. Plànol Planta Detall 06. Escala 1:5.000.....	509
A10. Plànol Planta Detall 07. Escala 1:5.000.....	510
A11. Plànol Planta Detall 08. Escala 1:5.000.....	511
A12. Plànol Planta Detall 09. Escala 1:5.000.....	512
A13. Perfil longitudinal de la Sèquia de Manresa.	513
A14. Perfil longitudinal Detall 01 de la Sèquia de Manresa.....	514
A15. Perfil longitudinal Detall 02 de la Sèquia de Manresa.....	515
A16. Perfil longitudinal Detall 03 de la Sèquia de Manresa.....	516
A17. Perfil longitudinal Detall 04 de la Sèquia de Manresa.....	517
A18. Perfil longitudinal Detall 05 de la Sèquia de Manresa.....	518
A19. Perfil longitudinal Detall 06 de la Sèquia de Manresa.....	519
A20. Perfil longitudinal Detall 07 de la Sèquia de Manresa.....	520
A21. Perfil longitudinal Detall 08 de la Sèquia de Manresa.....	521
A22. Perfil longitudinal Detall 09 de la Sèquia de Manresa.....	522
A23. Perfil longitudinal Detall 10 de la Sèquia de Manresa.....	523
A24. Perfil longitudinal Detall 11 de la Sèquia de Manresa.....	524
A25. Perfil longitudinal Detall 12 de la Sèquia de Manresa.....	525
A26. Perfil longitudinal Detall 13 de la Sèquia de Manresa.....	526
A27. Perfil longitudinal Detall 14 de la Sèquia de Manresa.....	527
A28. Perfil longitudinal Detall 15 de la Sèquia de Manresa.....	528
A29. Perfil longitudinal Detall 16 de la Sèquia de Manresa.....	529
A30. Perfil longitudinal Detall 17 de la Sèquia de Manresa.....	530
A31. Perfil longitudinal Detall 18 de la Sèquia de Manresa.....	531
A32. Perfil longitudinal Detall 19 de la Sèquia de Manresa.....	532

A33. Aixecament topogràfic de la Sèquia de Manresa: dades de planimetria i altimetria.	533
A34. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH1.....	547
A35. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH2.....	548
A36. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH3.....	549
A37. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH4.....	550
A38. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH5.....	551
A39. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH6.....	552
A40. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH7.....	553
A41. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH8.....	554
A42. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH9.....	555
A43. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH10.....	556
A44. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH11.....	557
A45. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH12.....	558
A46. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH13.....	559
A47. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH14.....	560
A48. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH15.....	561
A49. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH16.....	562
A50. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH17.....	563
A51. Portada del plànol del primer tram, des de la presa fins el pont de Conangla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	564
A52. Primer plànol parcial dels 6 que formen el primer tram, des de la presa de Balsareny fins el pont de Conangla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	565

Apèndix

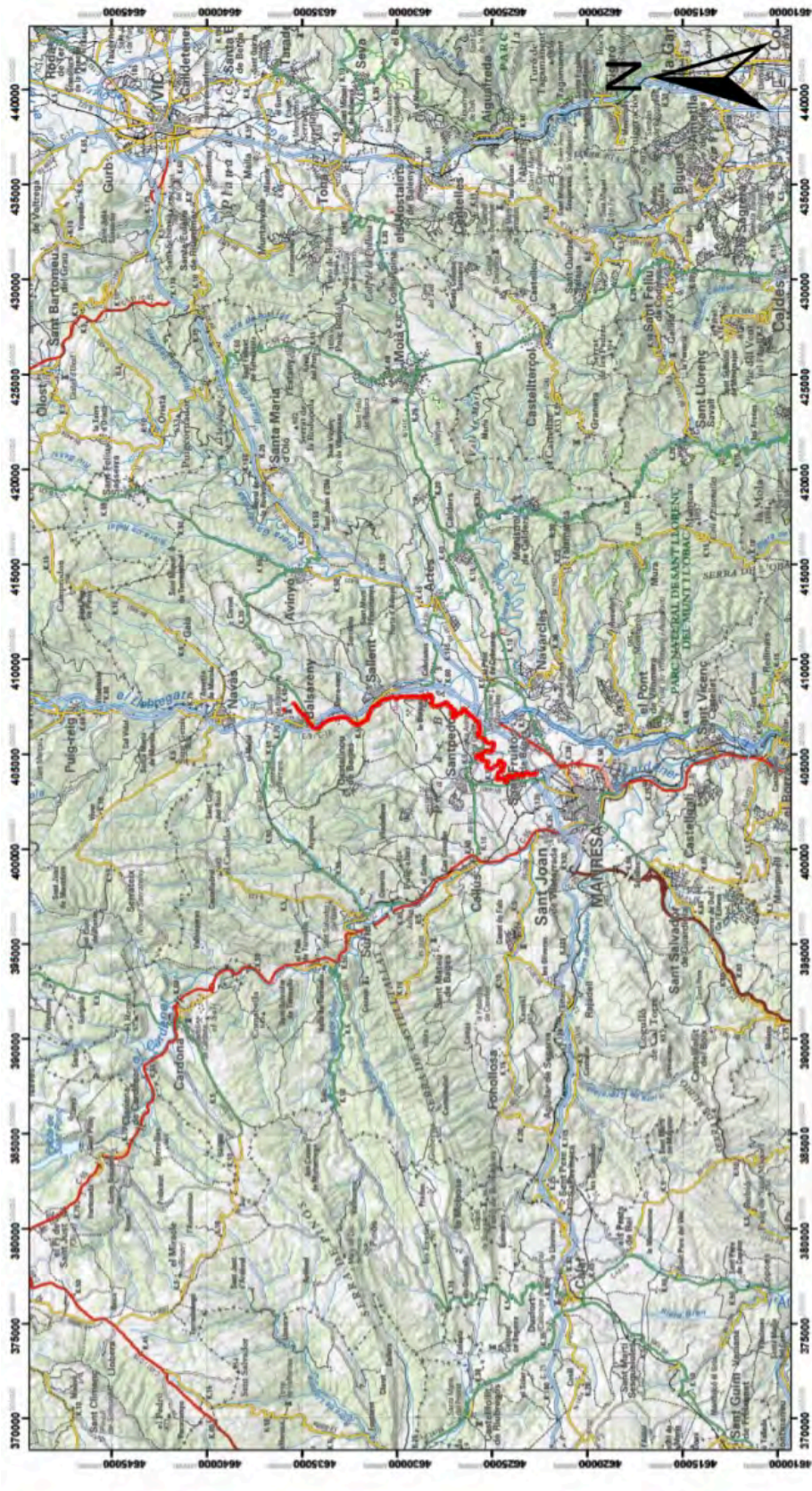
A53. Segon plànol parcial dels sis que formen el primer tram, des de la presa fins el pont de Conangla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.....	566
A54. Tercer plànol parcial dels sis que formen el primer tram, des de la presa fins el pont de Conangla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.....	567
A55. Quart plànol parcial dels sis que formen el primer tram, des de la presa fins el pont de Conangla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	568
A56. Cinquè plànol parcial dels sis que formen el primer tram, des de la presa fins el pont de Conangla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	569
A57. Sisè plànol parcial dels sis que formen el primer tram, des de la presa fins el pont de Conangla de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	570
A58. Portada del plànol del segon tram, des del pont de Conangla fins el pont del Vilar, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	571
A59. Primer plànol parcial dels tres que formen el segon tram, des del pont de Conangla fins el pont del Vilar, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.....	572
A60. Segon plànol parcial dels tres que formen el segon tram, des del pont de Conangla fins el pont del Vilar, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	573
A61. Tercer plànol parcial dels tres que formen el segon tram, des del pont de Conangla fins el pont del Vilar, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	574
A62. Portada del plànol del tercer tram, des del pont de Vilar fins la mina del Mas de les Coves, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.....	575
A63. Primer plànol parcial dels tres que formen el tercer tram, des del pont del Vilar fins la mina del Mas de les Coves, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.....	576
A64. Segon plànol parcial dels tres que formen el tercer tram, des del pont del Vilar fins la mina del Mas de les Coves, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	577
A65. Tercer plànol parcial dels tres que formen el tercer tram, des del pont del Vilar fins la mina del Mas de les Coves, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	578
A66. Portada del plànol del quart tram, des de la mina del Mas de les Coves fins el pont dels Gitanos, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	579
A67. Primer plànol parcial dels dos que formen el quart tram, des de la mina del Mas de les Coves fins al pont dels Gitanos, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	580
A68. Segon plànol parcial dels dos que formen el quart tram, des de la mina del Mas de les Coves fins al pont dels Gitanos, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	581
A69. Portada del plànol del cinquè tram, des del pont dels Gitanos fins el pont Riudor, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	582
A70. Primer plànol parcial dels sis que formen el cinquè tram, des del pont dels Gitanos fins al pont del Riudor, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	583
A71. Segon plànol parcial dels sis que formen el cinquè tram, des del pont dels Gitanos fins al pont del Riudor, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	584

A72. Tercer plànol parcial dels sis que formen el cinquè tram, des del pont dels Gitanos fins al pont del Riudor, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	585
A73. Quart plànol parcial dels sis que formen el cinquè tram, des del pont dels Gitanos fins al pont del Riudor, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	586
A74. Cinquè plànol parcial dels sis que formen el cinquè tram, des del pont dels Gitanos fins al pont del Riudor, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	587
A75. Sisè plànol parcial dels sis que formen el cinquè tram, des del pont dels Gitanos fins al pont del Riudor, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	588
A76. Portada del plànol del sisè tram, des del pont del Riudor fins l'Agulla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	589
A77. Primer plànol parcial dels set que formen el sisè tram, des del pont del Riudor fins l'Agulla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	590
A78. Segon plànol parcial dels set que formen el sisè tram, des del pont del Riudor fins l'Agulla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	591
A79. Tercer plànol parcial dels set que formen el sisè tram, des del pont del Riudor fins l'Agulla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	592
A80. Quart plànol parcial dels set que formen el sisè tram, des del pont del Riudor fins l'Agulla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	593
A81. Cinquè plànol parcial dels set que formen el sisè tram, des del pont del Riudor fins l'Agulla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	594
A82. Sisè plànol parcial dels set que formen el sisè tram, des del pont del Riudor fins l'Agulla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	595
A83. Setè plànol parcial dels set que formen el sisè tram, des del pont del Riudor fins l'Agulla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	596
A84. Planta i seccions del Pont de Santa Cecília de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	597
A85. Planta i seccions del Pont de Sirés de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	597
A86. Planta i seccions del Pont del Taballé de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	598
A87. Planta i seccions del Pont del Serra de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	598
A88. Planta i seccions del Pont d'en Devesa de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	599
A89. Planta i seccions del Pont de la Roqueta o del Rector de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	599
A90. Planta i seccions del Pont de Santa Maria de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	600
A91. Planta i seccions del Pont d'en Sala de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	600
A92. Planta i seccions del Pont de Rocaus de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	601

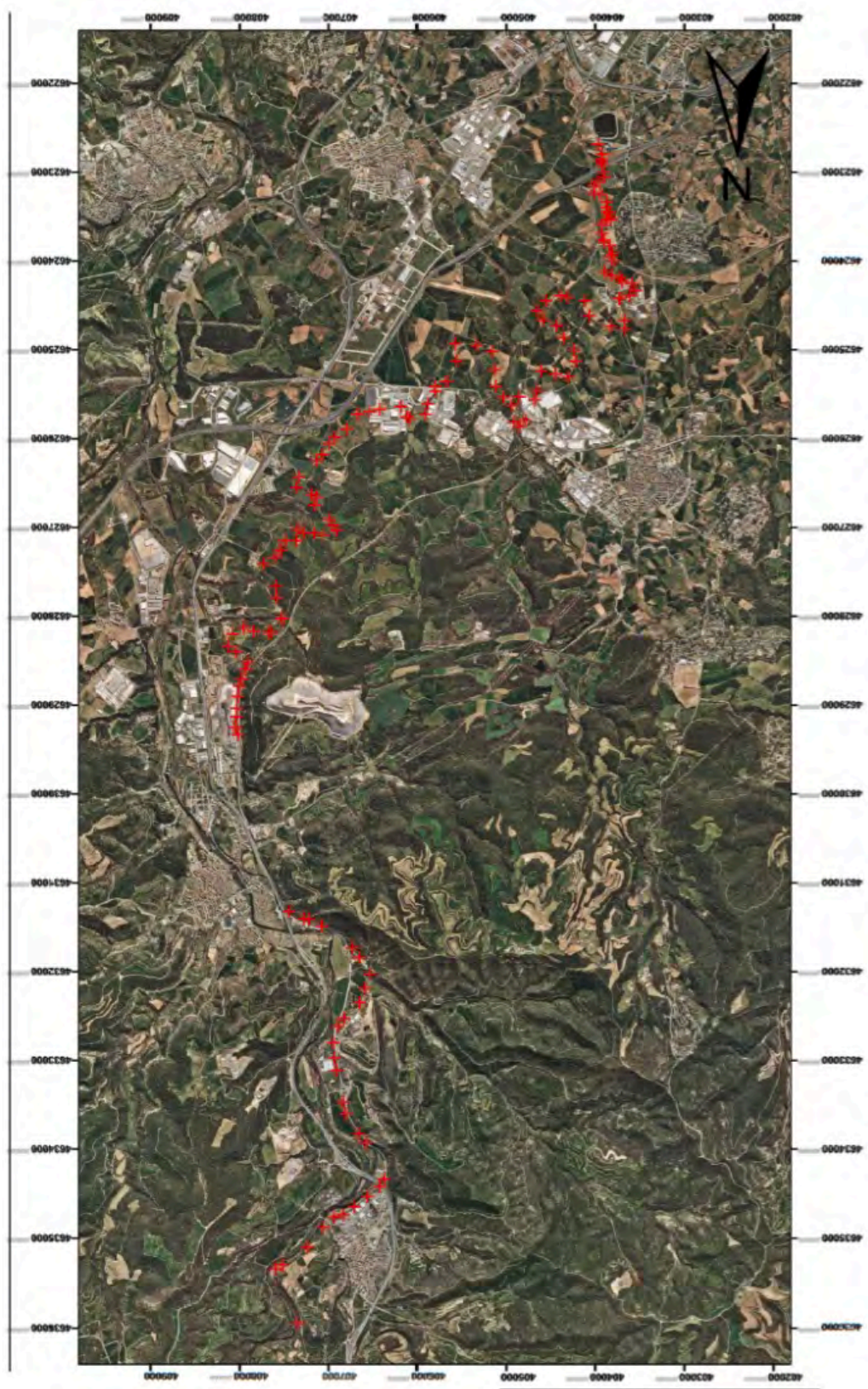
Apèndix

A93. Planta i seccions del Pont Pudent de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	601
A94. Planta i seccions del Pont de Conangla de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	602
A95. Planta i seccions del Pont d'en Trabal o del Pinyó de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	602
A96. Planta i seccions del Pont d'Esquena d'Ase de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	603
A97. Planta i seccions del Pont de Riudor de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	603
A98. Planta i seccions del Pont de Martorell de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	604
A99. Planta i seccions del Pont del Vilar de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	604
A100. Planta i seccions del Pont del Mas de les Coves de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	605
A101. Planta i seccions del Pont d'en Benegues de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.	605
A102. Portada del plànol del regadiu de Manresa fet per Marià Potó l'any 1867.	606
A103. Plànol del regadiu de Manresa fet per Marià Potó l'any 1867.	607
A104. Plànols del projecte del Mòdul Hidromètric redactat per l'enginyer Jaime de Castro l'any 1863.	608
A105. Memòria del projecte del Mòdul Hidromètric redactat per l'enginyer Jaime de Castro l'any 1863 (pàgina 1 de 8).	609
A106. Memòria del projecte del Mòdul Hidromètric redactat per l'enginyer Jaime de Castro l'any 1863 (pàgina 2 de 8).	610
A107. Memòria del projecte del Mòdul Hidromètric redactat per l'enginyer Jaime de Castro l'any 1863 (pàgina 3 de 8).	611
A108. Memòria del projecte del Mòdul Hidromètric redactat per l'enginyer Jaime de Castro l'any 1863 (pàgina 4 de 8).	612
A109. Memòria del projecte del Mòdul Hidromètric redactat per l'enginyer Jaime de Castro l'any 1863 (pàgina 5 de 8).	613
A110. Memòria del projecte del Mòdul Hidromètric redactat per l'enginyer Jaime de Castro l'any 1863 (pàgina 6 de 8).	614
A111. Memòria del projecte del Mòdul Hidromètric redactat per l'enginyer Jaime de Castro l'any 1863 (pàgina 7 de 8).	615
A112. Memòria del projecte del Mòdul Hidromètric redactat per l'enginyer Jaime de Castro l'any 1863 (pàgina 8 de 8).	616
A113. Carta de 26 de març de 1864 de l'enginyer Jaime de Castro anunciant una visita d'obra.	617
A114. Carta de 15 de juny de 1963 anunciant visita de reconeixement en relació a l'emplaçament del nou Mòdul Hidromètric projectat.	618

A115. Carta de 10 de juliol de 1963 de la <i>Comisaría de Aguas</i> exigint un canvi d'emplaçament per el nou Mòdul Hidromètric projectat.	619
A116. Esquema de la xarxa en alta d'aigua potable de la ciutat de Manresa més les altres poblacions que reben aigua de la Sèquia de Manresa.	620

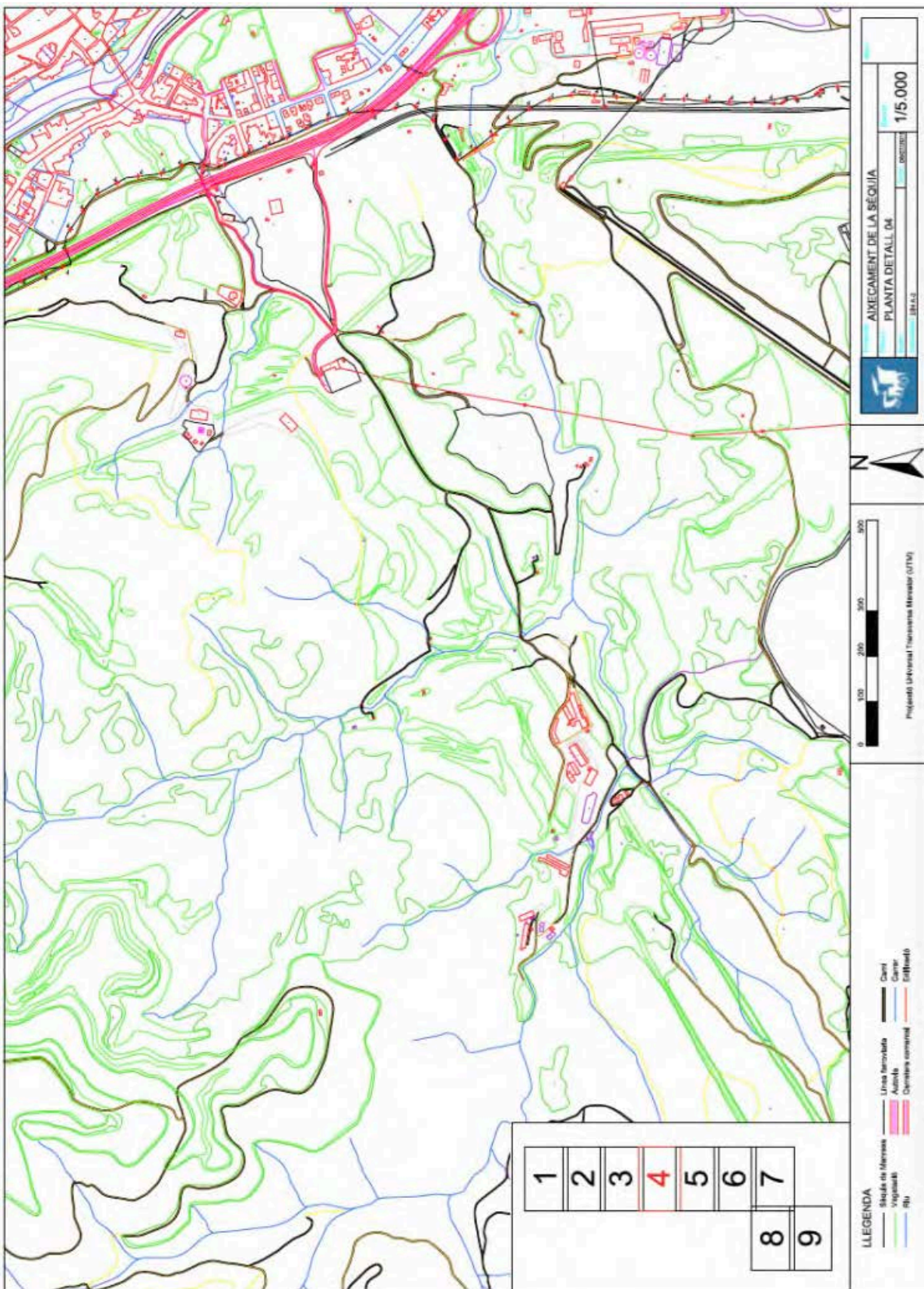


A1. Plànol de Situació.

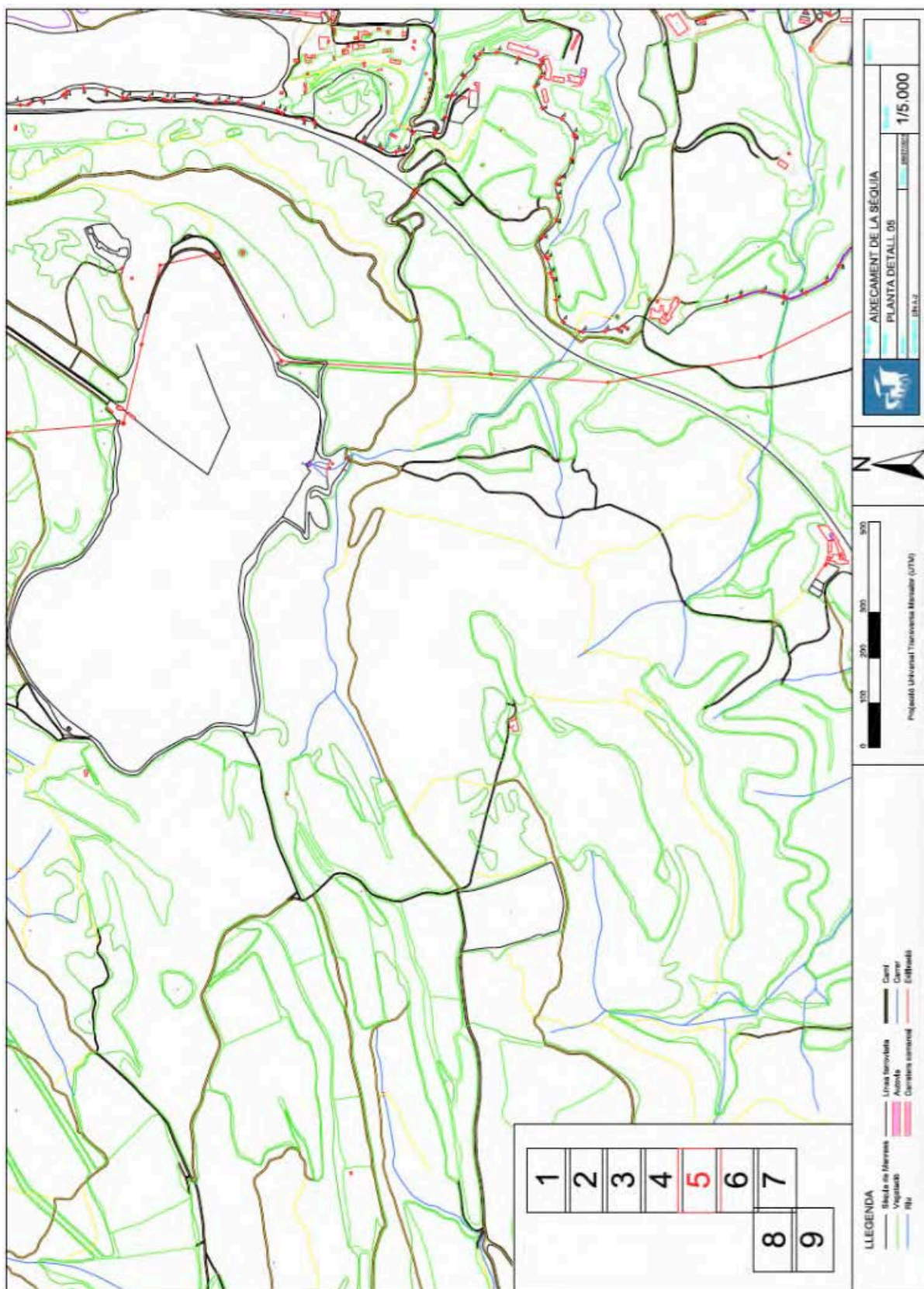


A2. Plànol d'Emplaçament. Escala 1:40.000. Font: (Casafort Trench & Fitó Pintado, 2016).

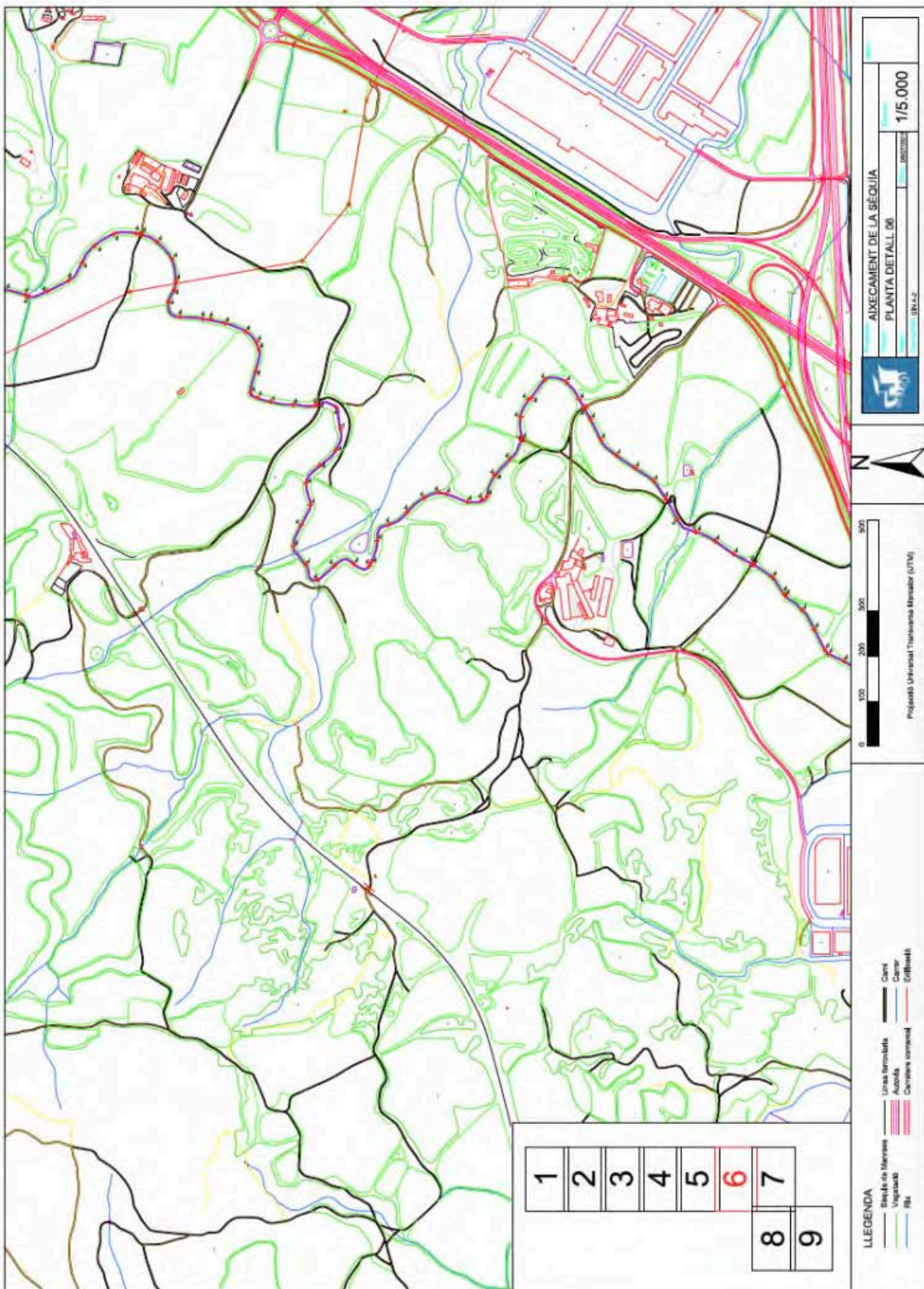
Apèndix



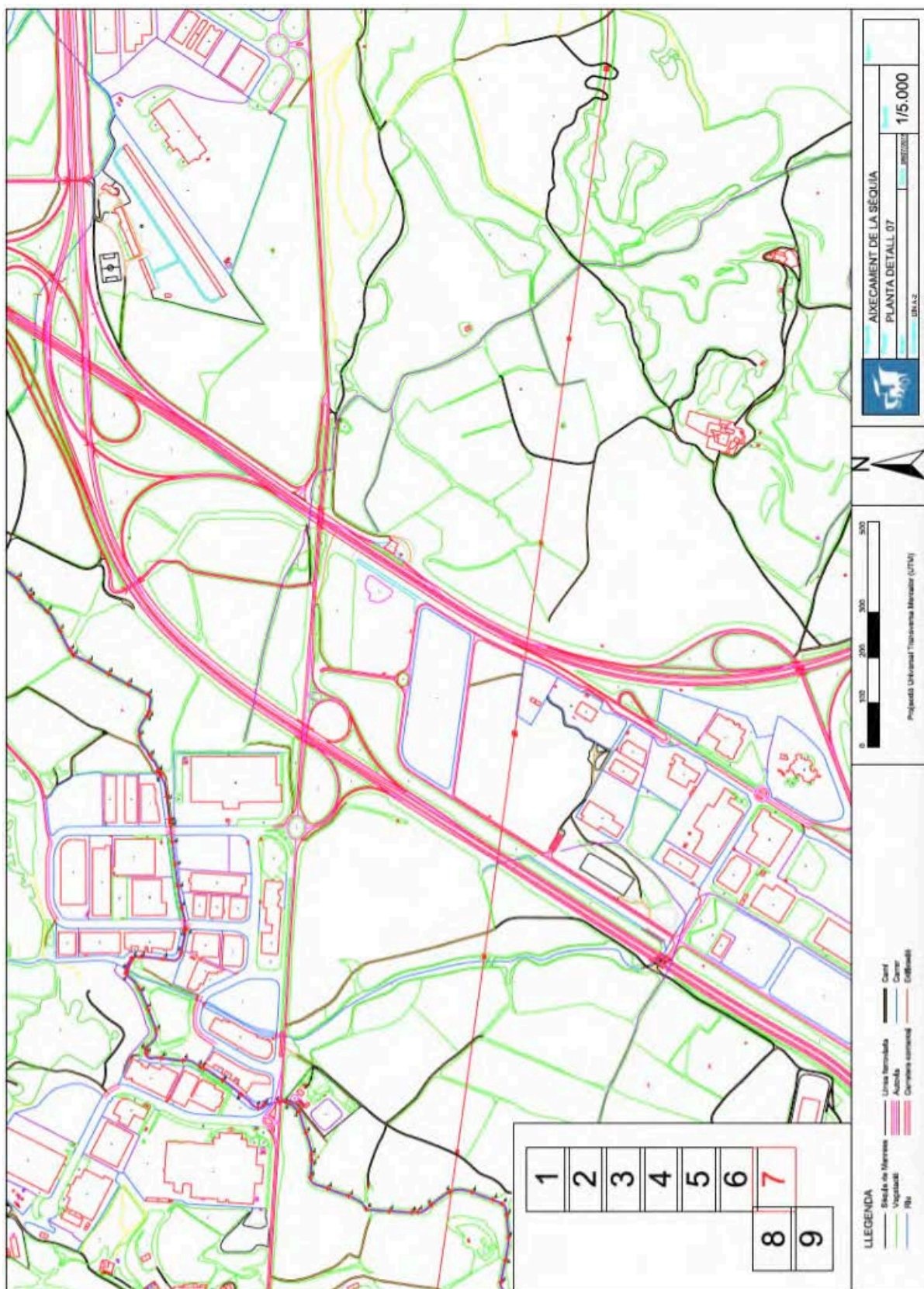
A7. Plànol Planta Detail 04. Escala 1:5.000. Font: (Casafont Trench & Fitó Pintado, 2016).



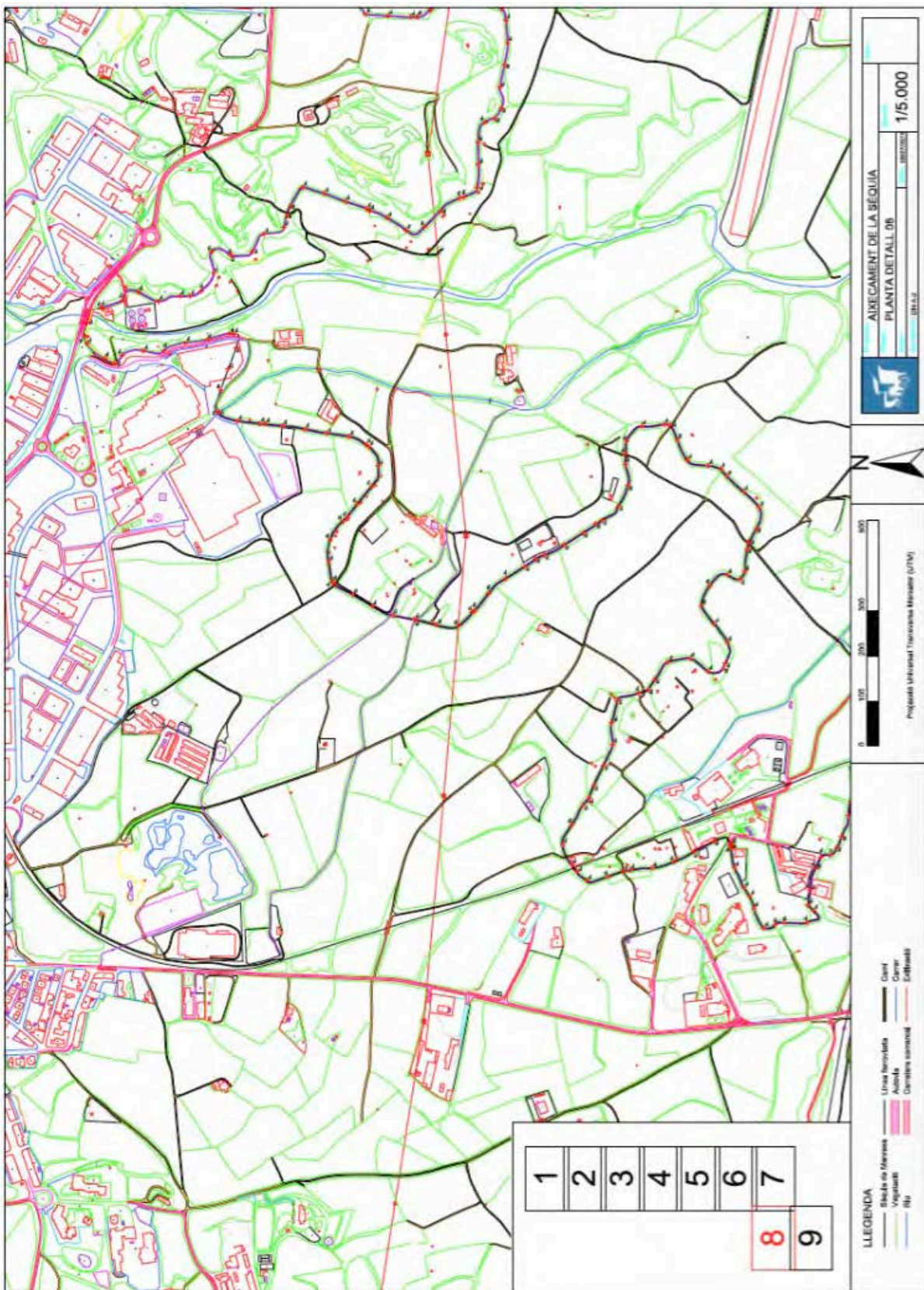
A8. Plànol Planta Detall 05. Escala 1:5.000. Font: (Casafort Trench & Fitó Pintado, 2016).



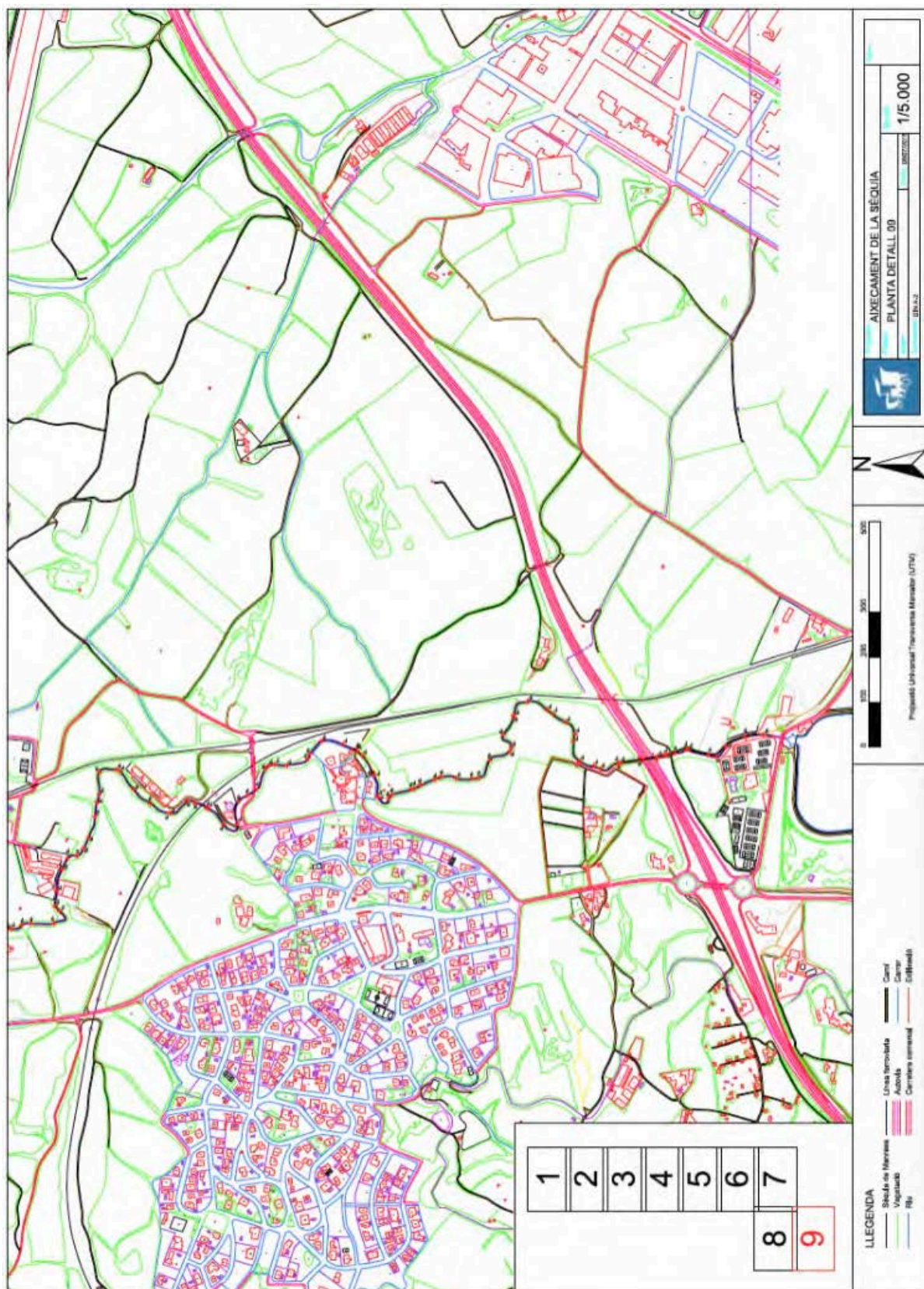
A9. Plànol Planta Detall 06. Escala 1:5.000. Font: (Casafont Trench & Fitó Pintado, 2016).



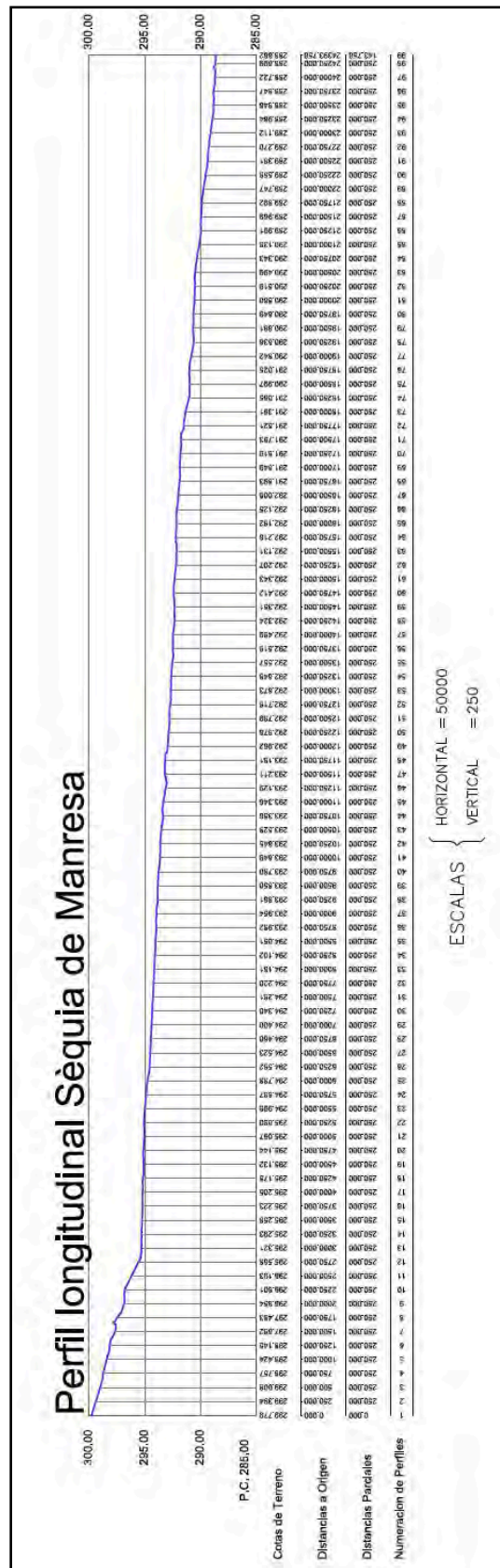
A10. Plànol Planta Detall 07. Escala 1:5.000. Font: (Casafort Trench & Fitó Pintado, 2016).



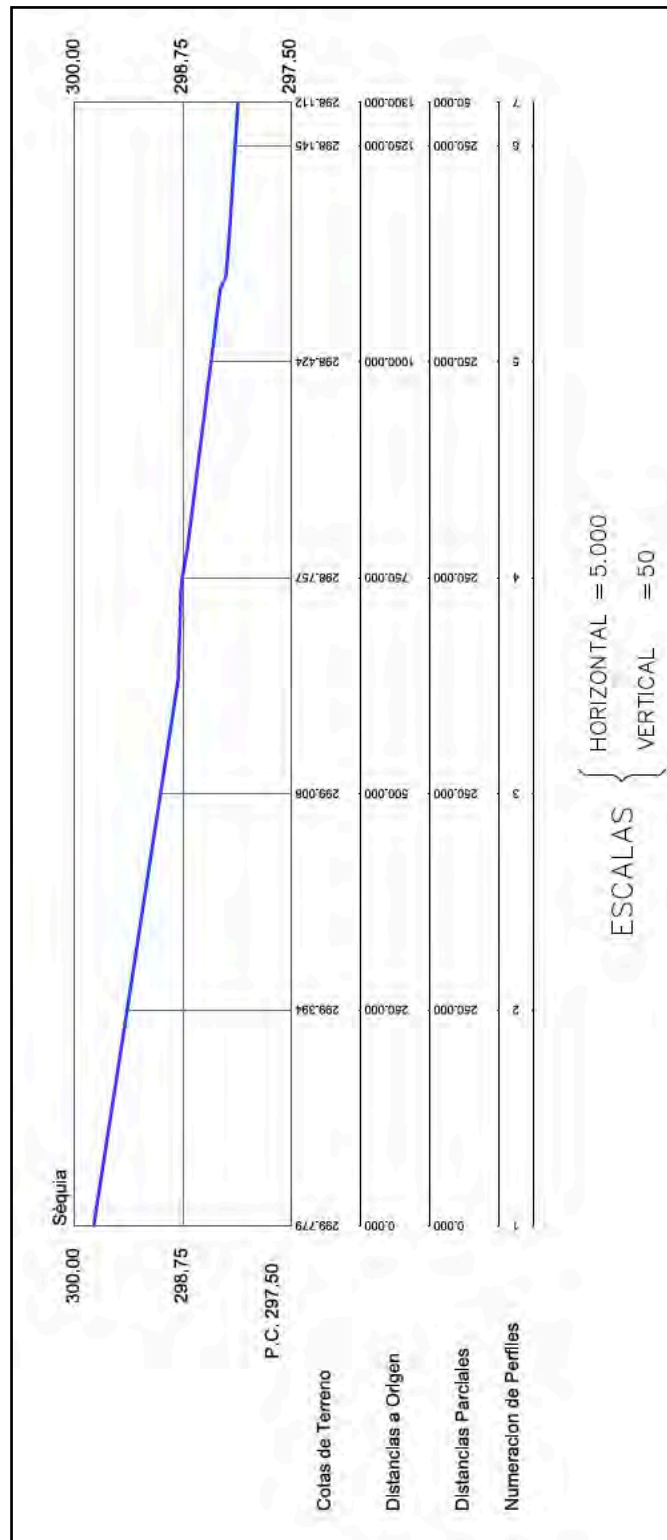
A11. Plànol Planta Detall 08. Escala 1:5.000. Font: (Casafont Trench & Fitó Pintado, 2016).



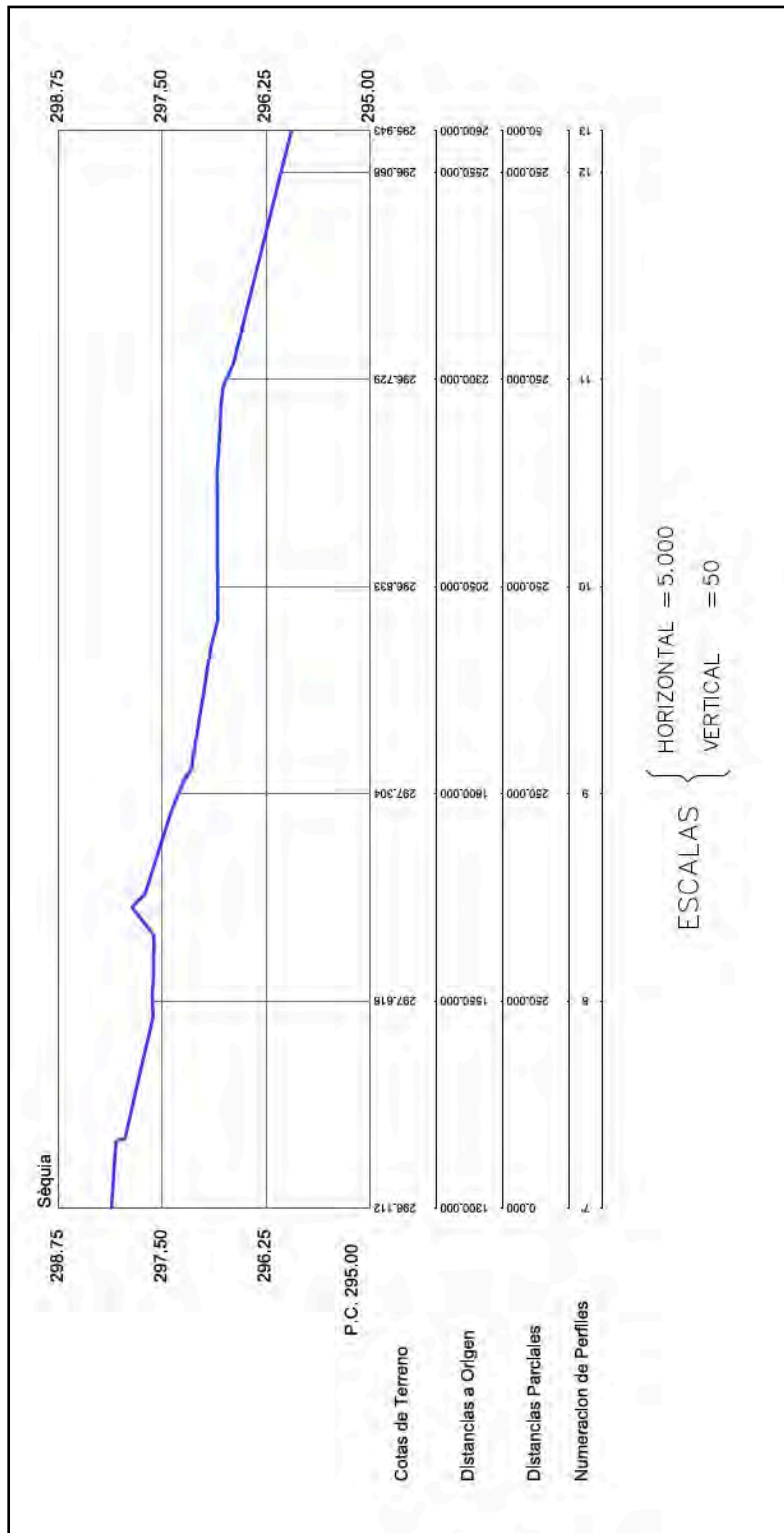
A12. Plànol Planta Detall 09. Escala 1:5.000. Font: (Casafort Trench & Fitó Pintado, 2016).



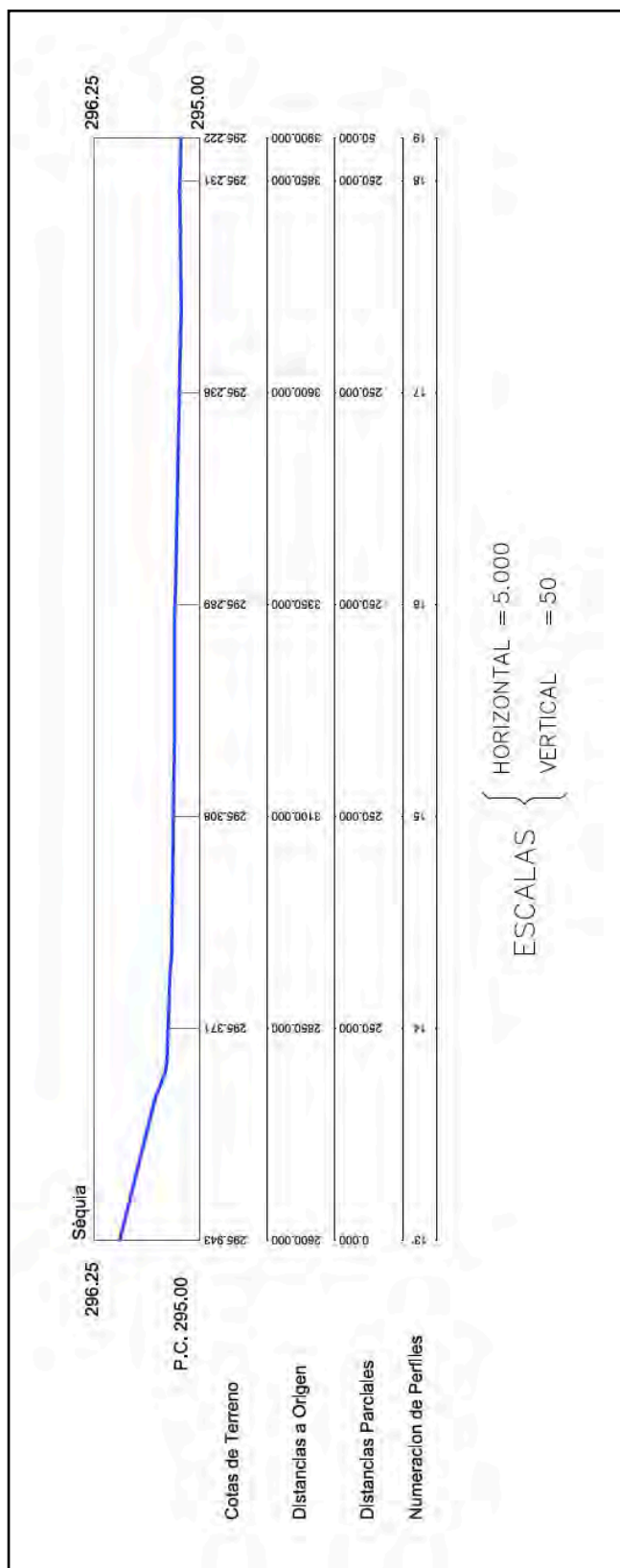
A13. Perfil longitudinal de la Sèquia de Manresa. Font: (Casafort Trench & Fitó Pintado, 2016).



A14. Perfil longitudinal Detall 01 de la Sèquia de Manresa. Font: (Casafort Trench & Fitó Pintado, 2016).

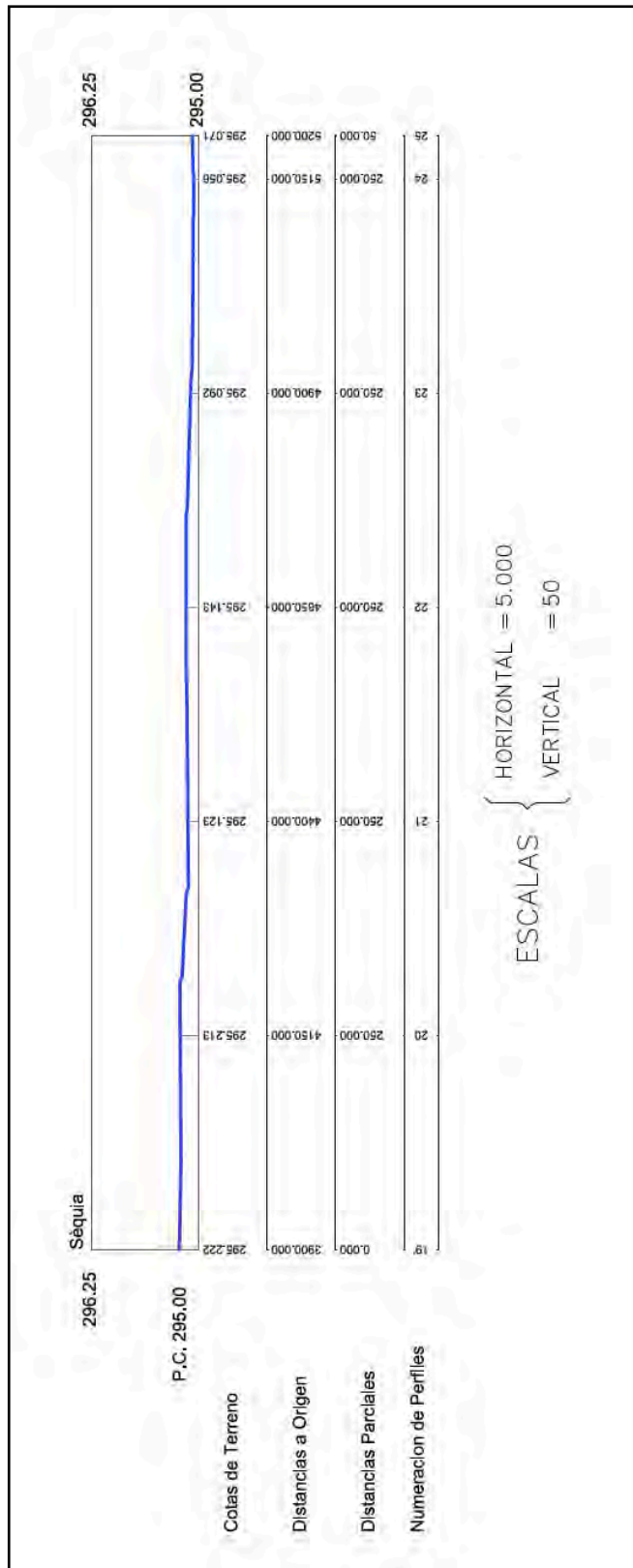


A15. Perfil longitudinal Detall 02 de la Sèquia de Manresa. Font: (Casafort Trench & Fitó Pintado, 2016).

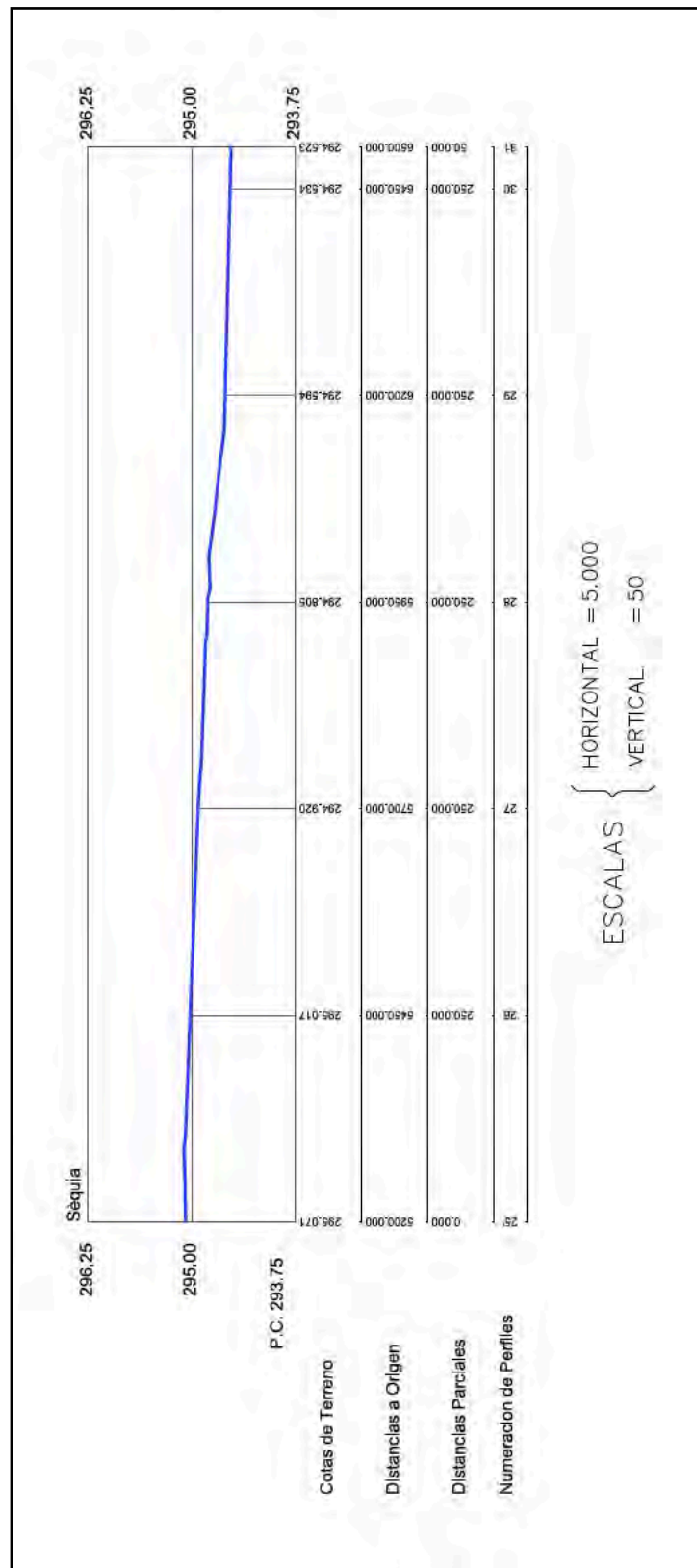


A16. Perfil longitudinal Detall 03 de la Sèquia de Manresa. Font: (Casafort Trench & Fitó Pintado, 2016).

Apèndix

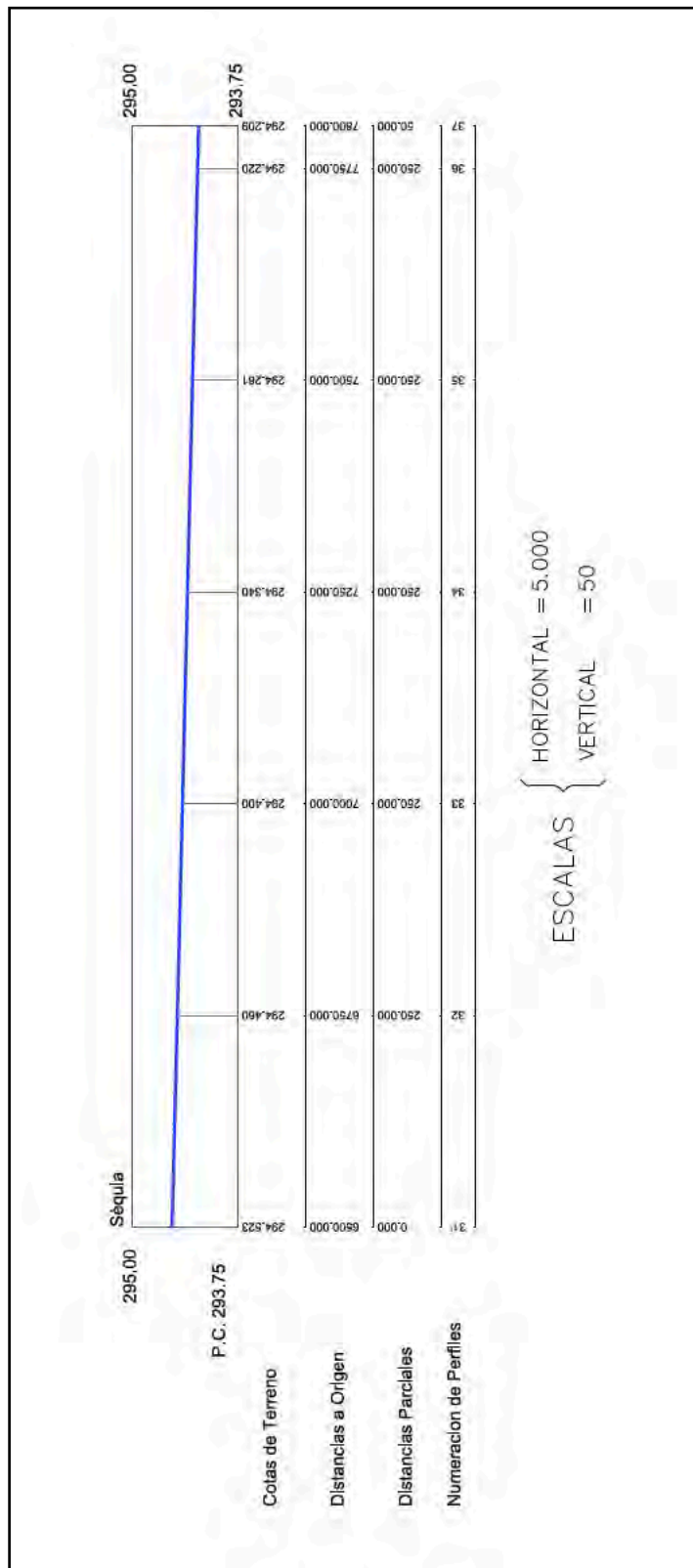


A17. Perfil longitudinal Detall 04 de la Sèquia de Manresa. Font: (Casafort Trench & Fitó Pintado, 2016).

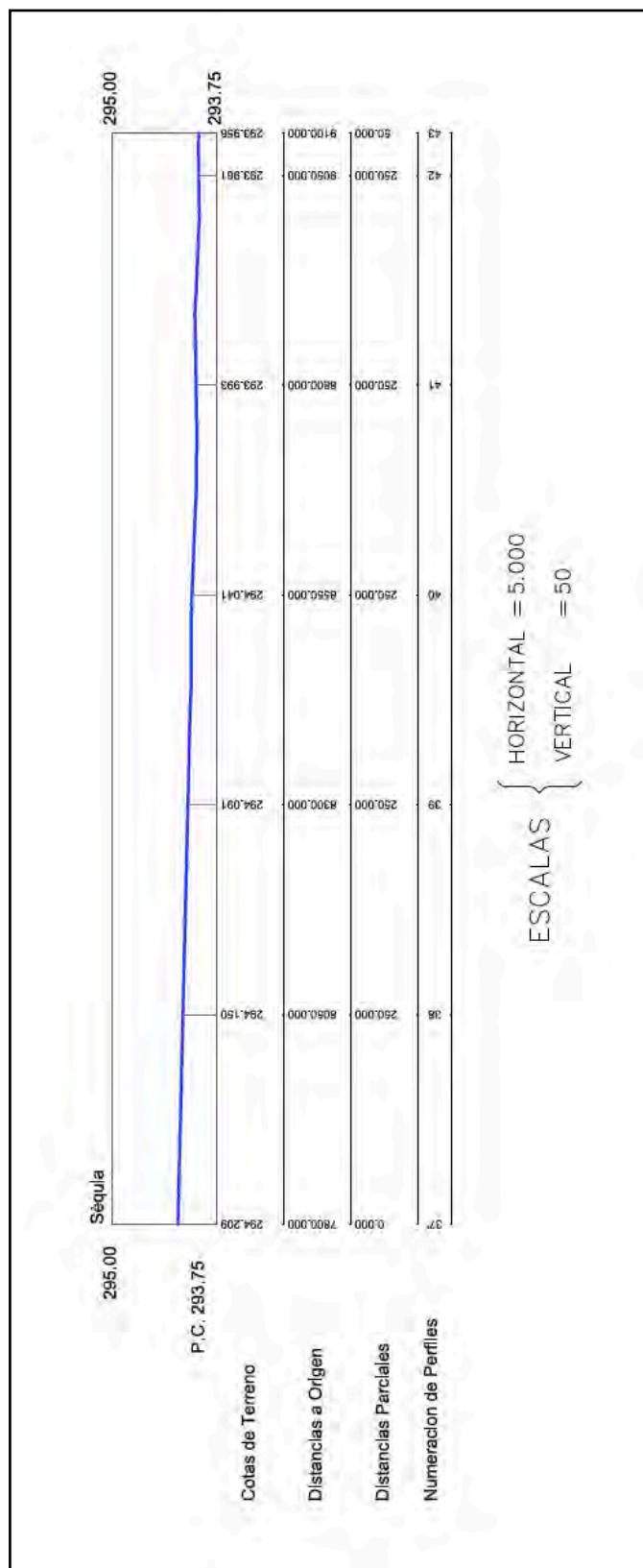


A18. Perfil longitudinal Detall 05 de la Sèquia de Manresa. Font: (Casafort Trench & Fitó Pintado, 2016).

Apèndix

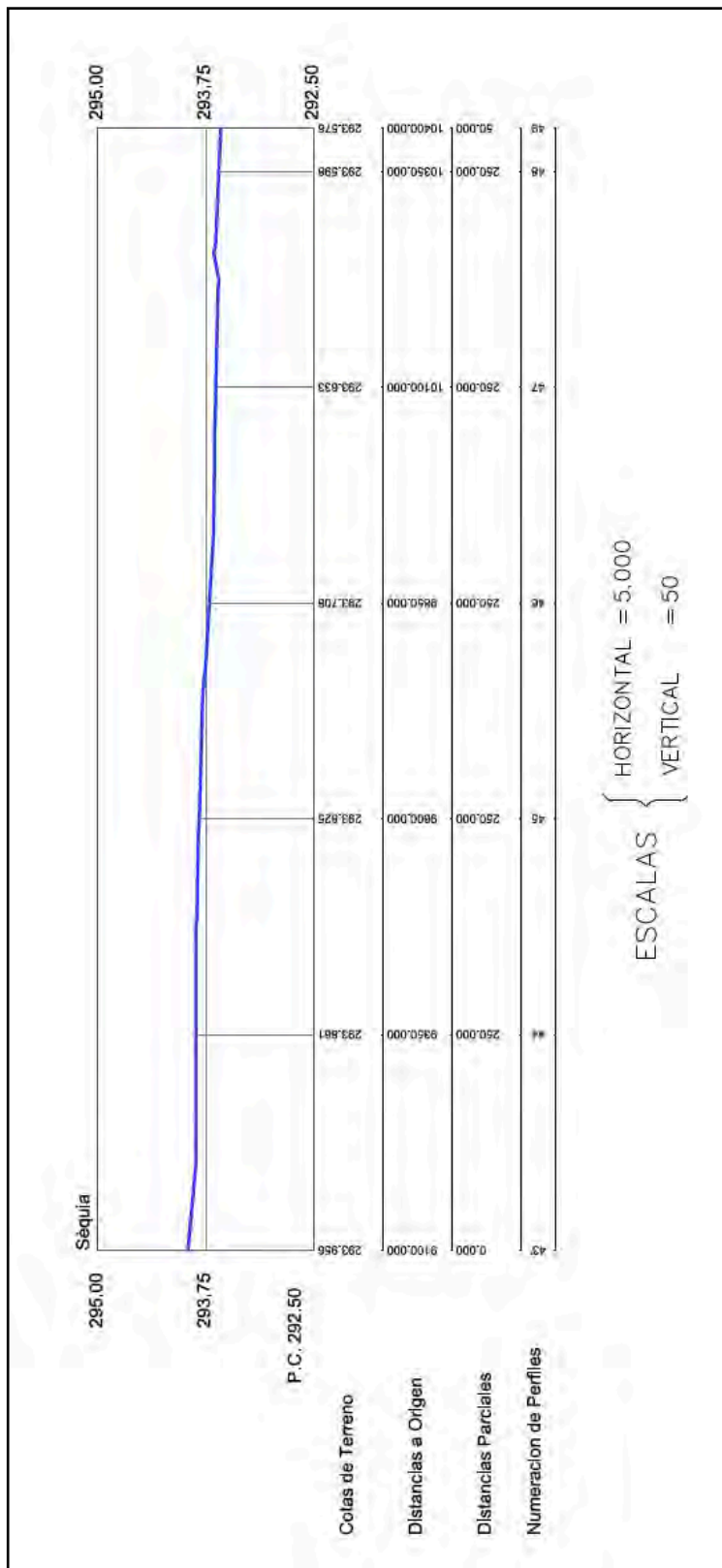


A19. Perfil longitudinal Detall 06 de la Sèquia de Manresa. Font: (Casafont Trench & Fitó Pintado, 2016).

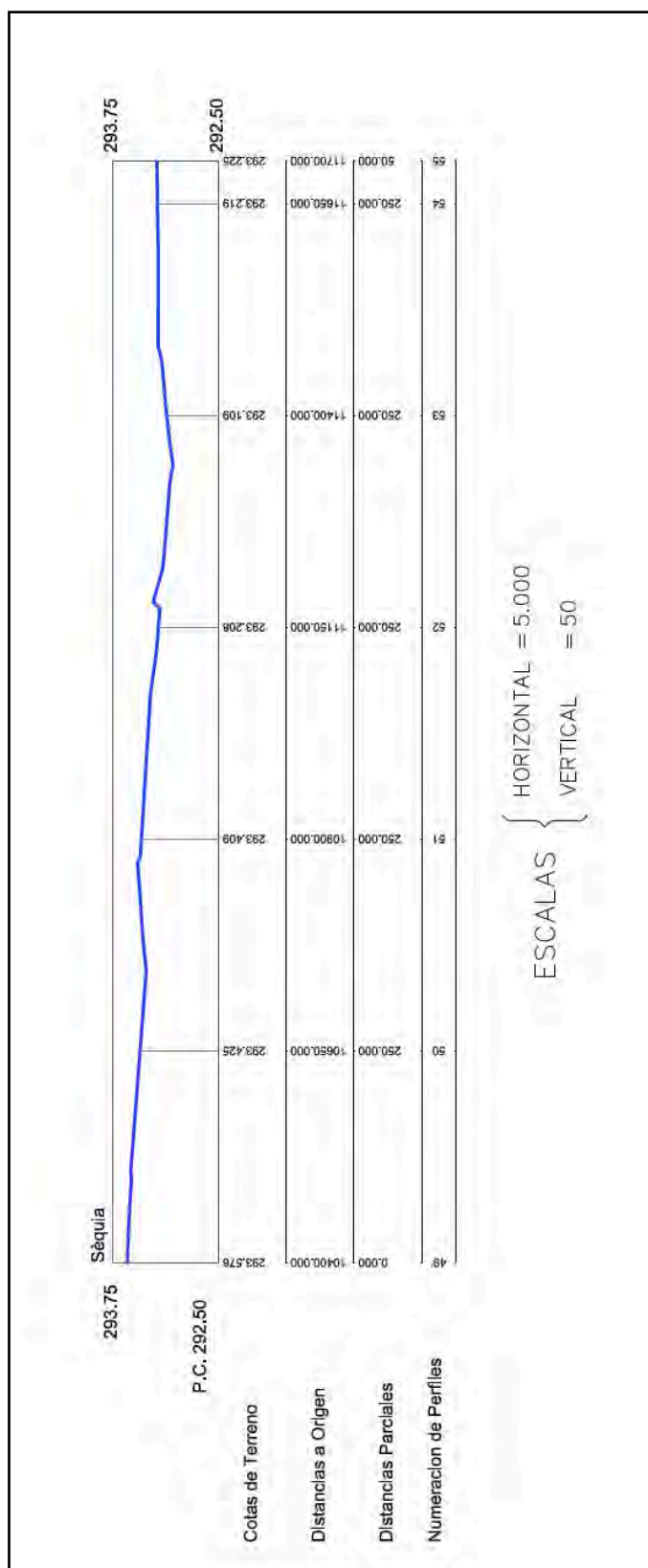


A20. Perfil longitudinal Detall 07 de la Sèquia de Manresa. Font: (Casafort Trench & Fitó Pintado, 2016).

Apèndix

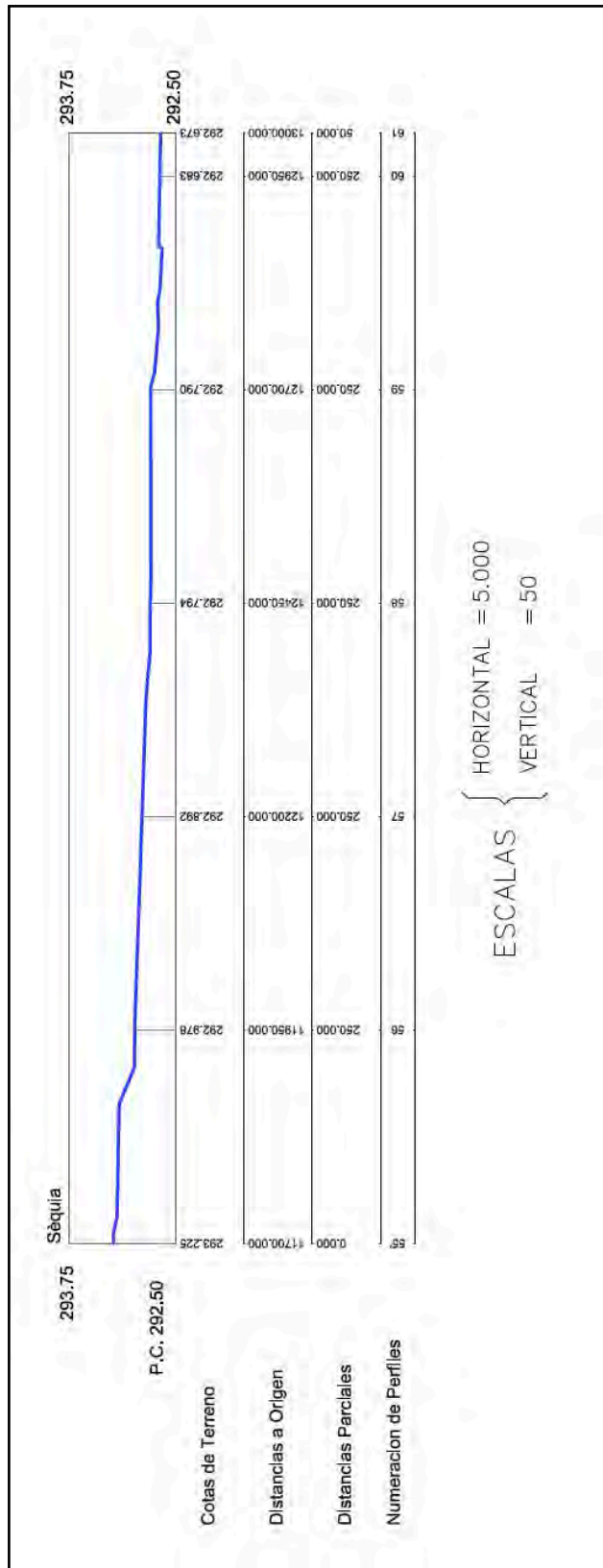


A21. Perfil longitudinal Detall 08 de la Sèquia de Manresa. Font: (Casafort Trench & Fitó Pintado, 2016).

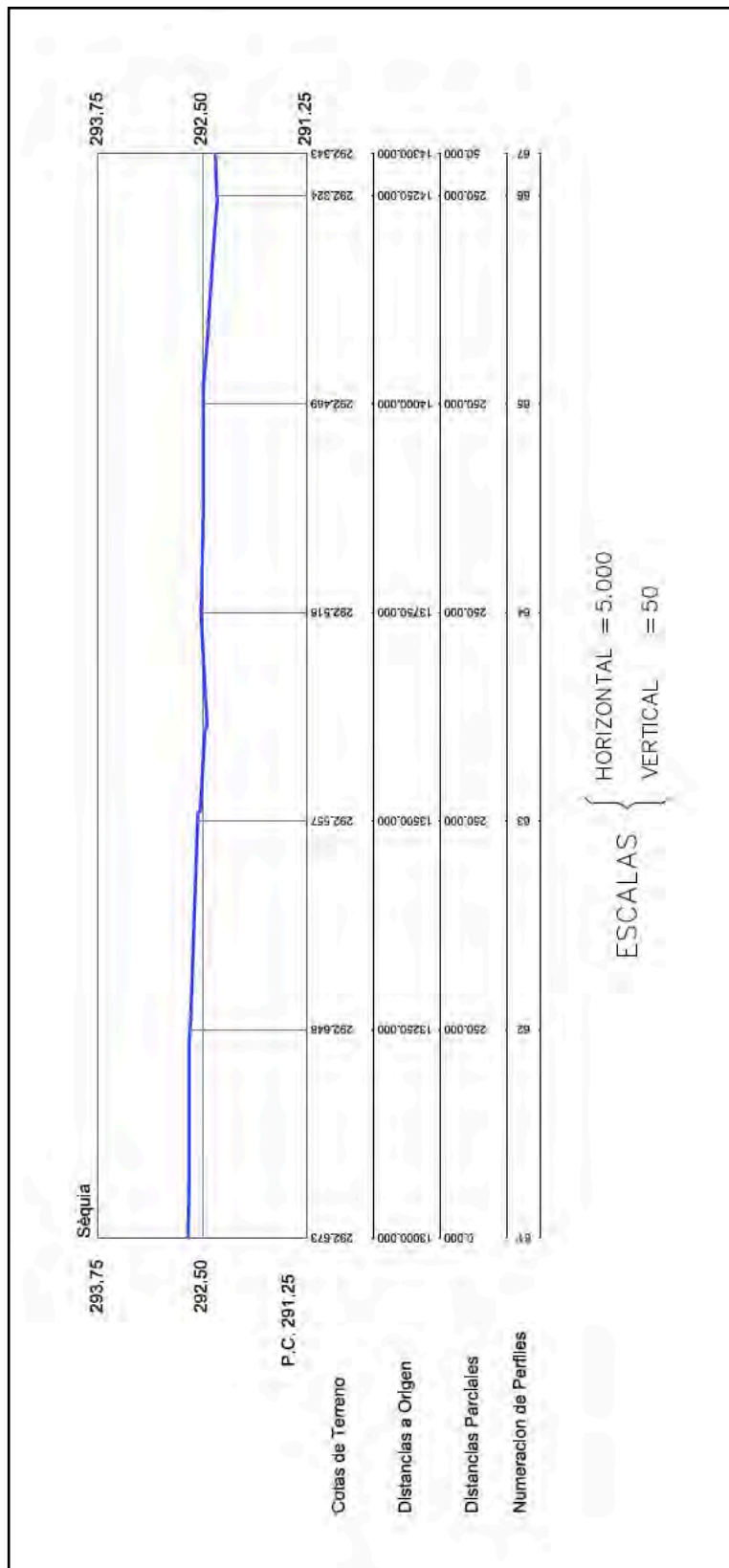


A22. Perfil longitudinal Detall 09 de la Sèquia de Manresa. Font: (Casafort Trench & Fitó Pintado, 2016).

Apèndix

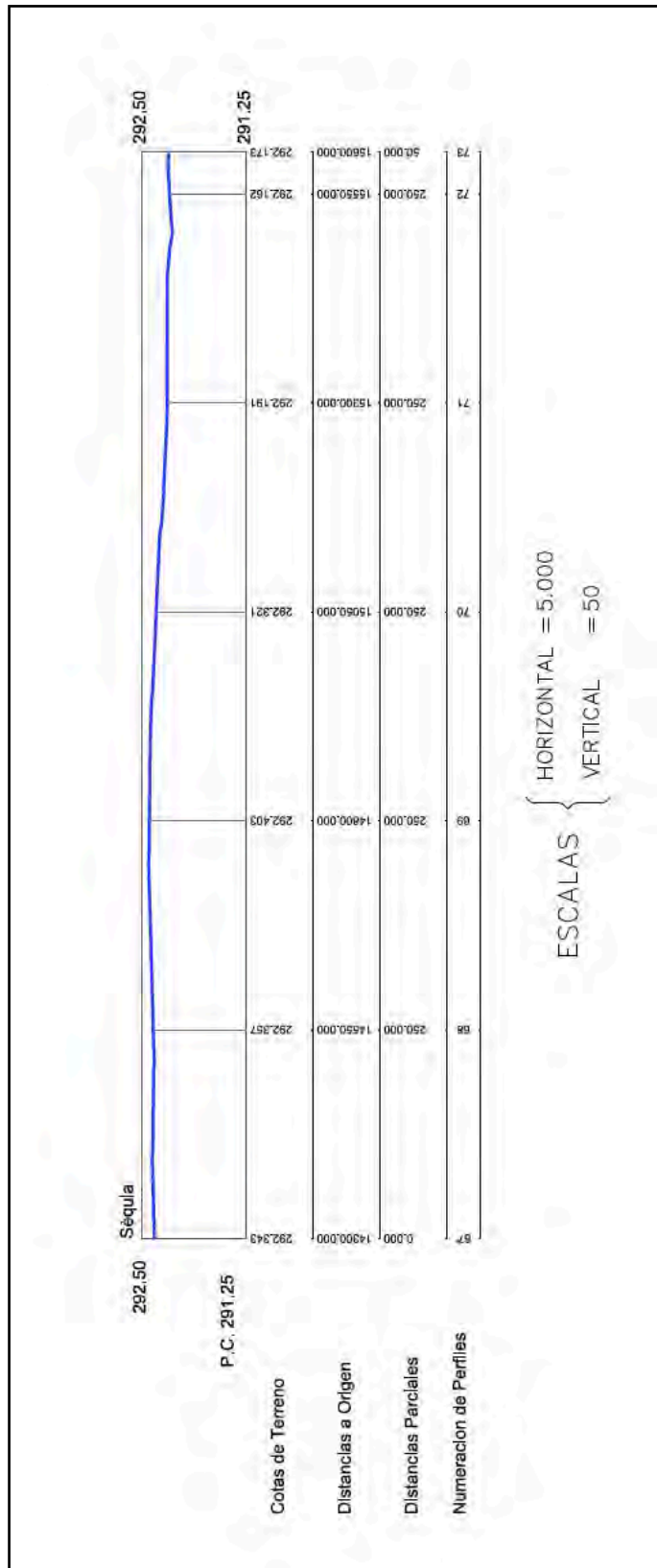


A23. Perfil longitudinal Detall 10 de la Sèquia de Manresa. Font: (Casafort Trench & Fitó Pintado, 2016).

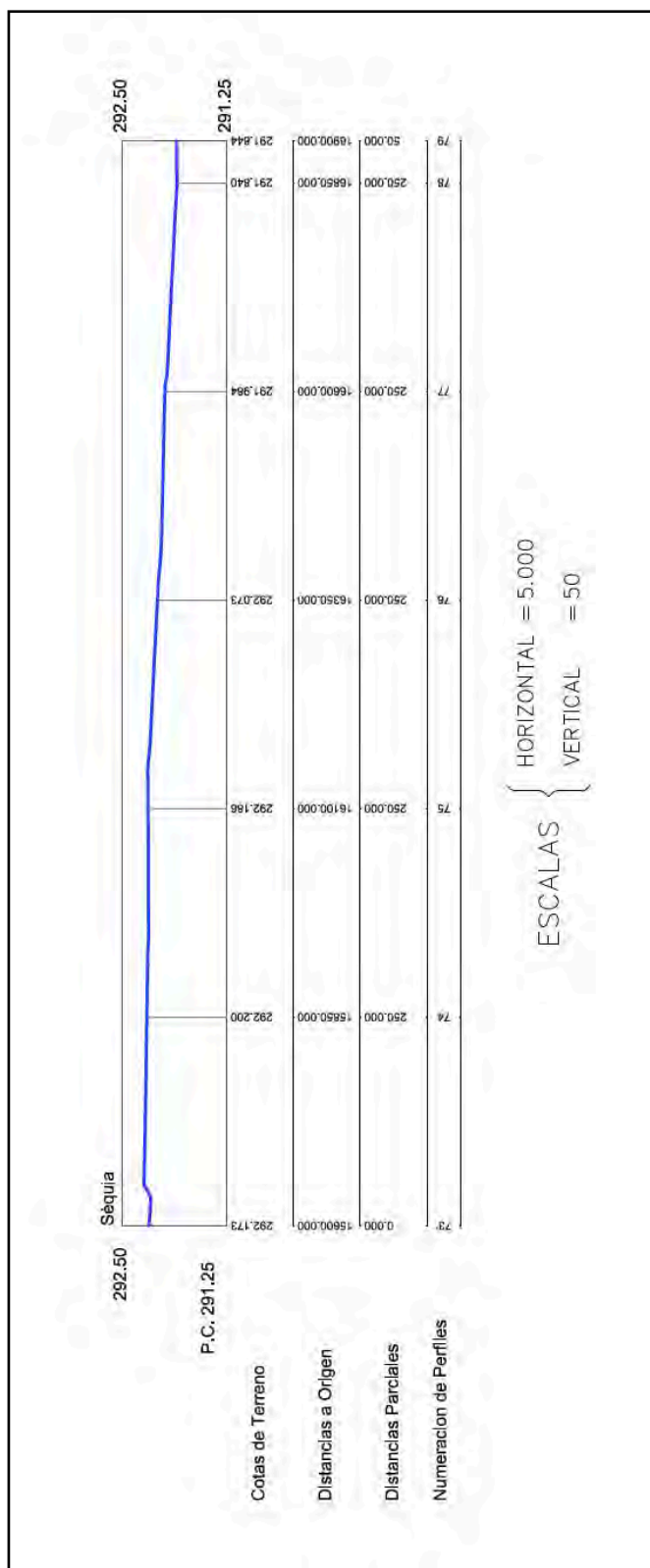


A24. Perfil longitudinal Detall 11 de la Sèquia de Manresa. Font: (Casafort Trench & Fitó Pintado, 2016).

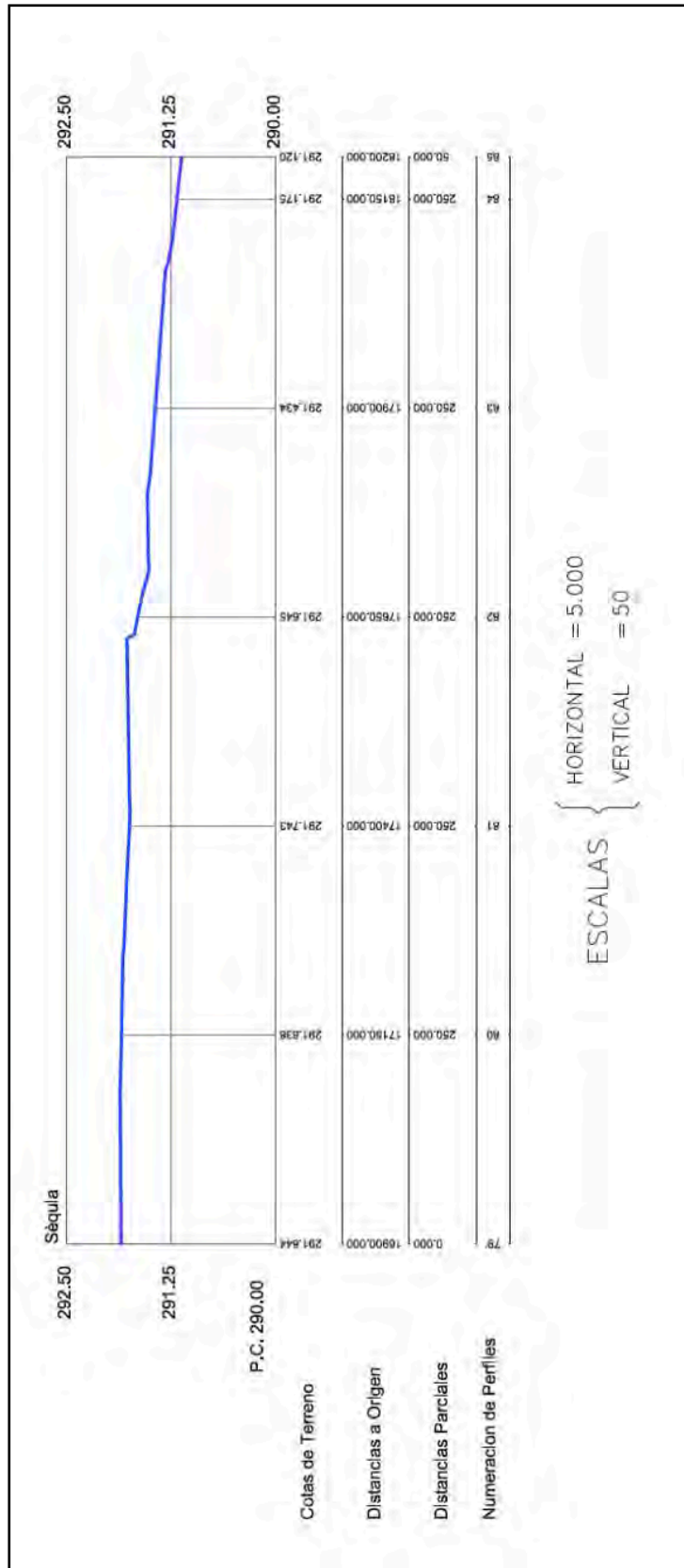
Apèndix



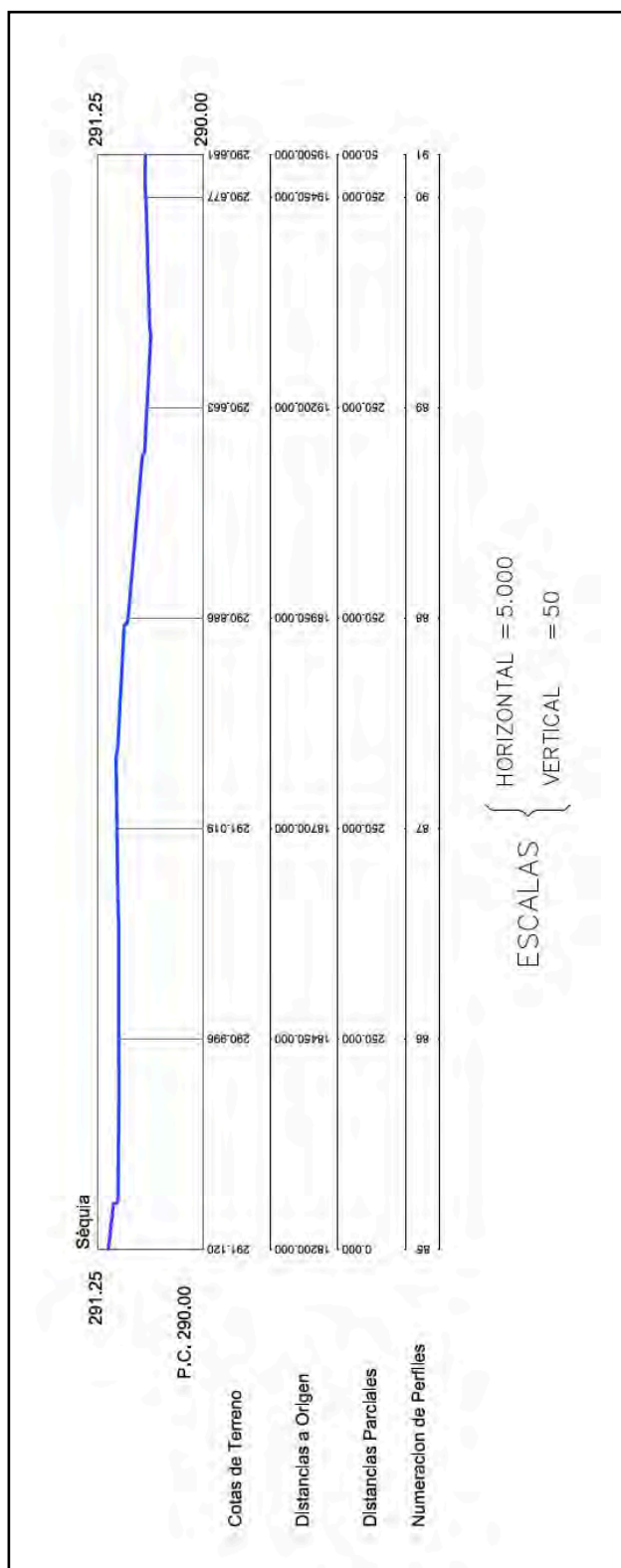
A25. Perfil longitudinal Detall 12 de la Sèquia de Manresa. Font: (Casafort Trench & Fitó Pintado, 2016).



A26. Perfil longitudinal Detall 13 de la Sèquia de Manresa. Font: (Casafort Trench & Fitó Pintado, 2016).

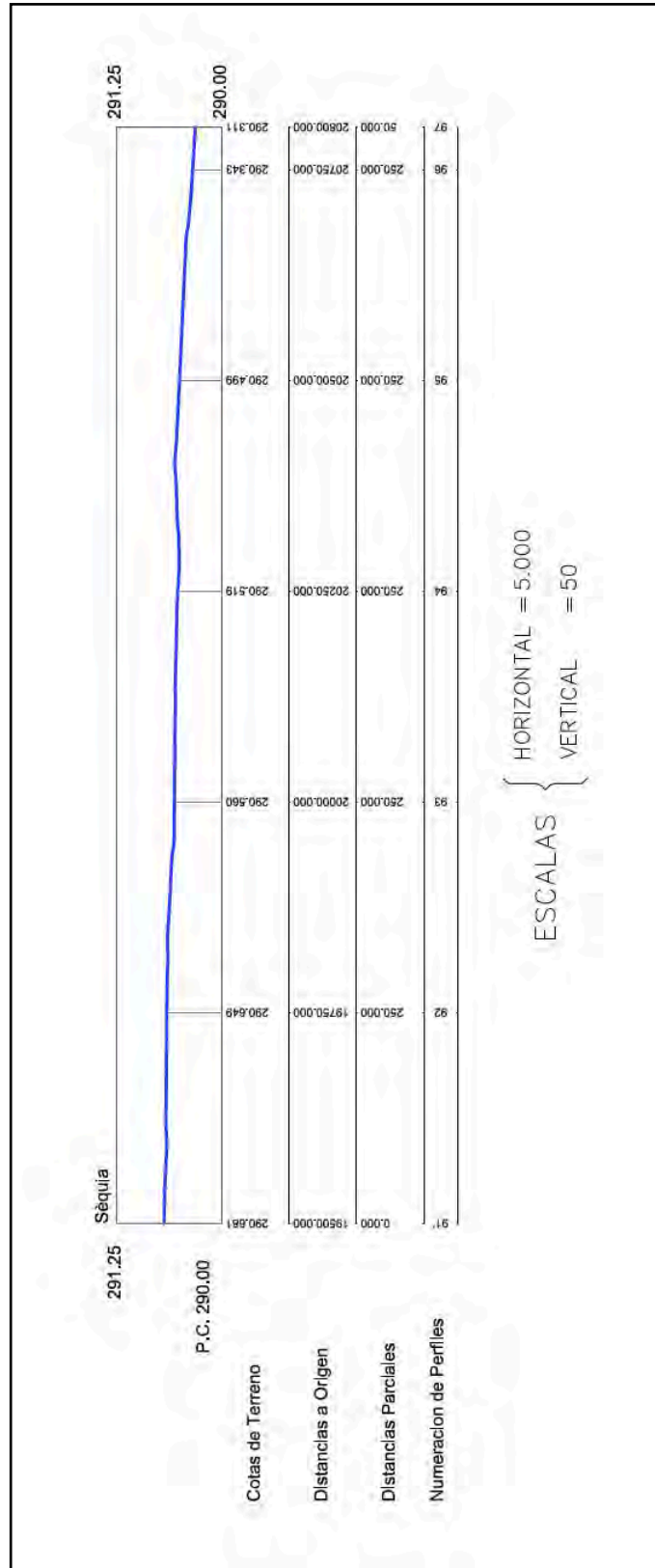


A27. Perfil longitudinal Detall 14 de la Sèquia de Manresa. Font: (Casafort Trench & Fitó Pintado, 2016)

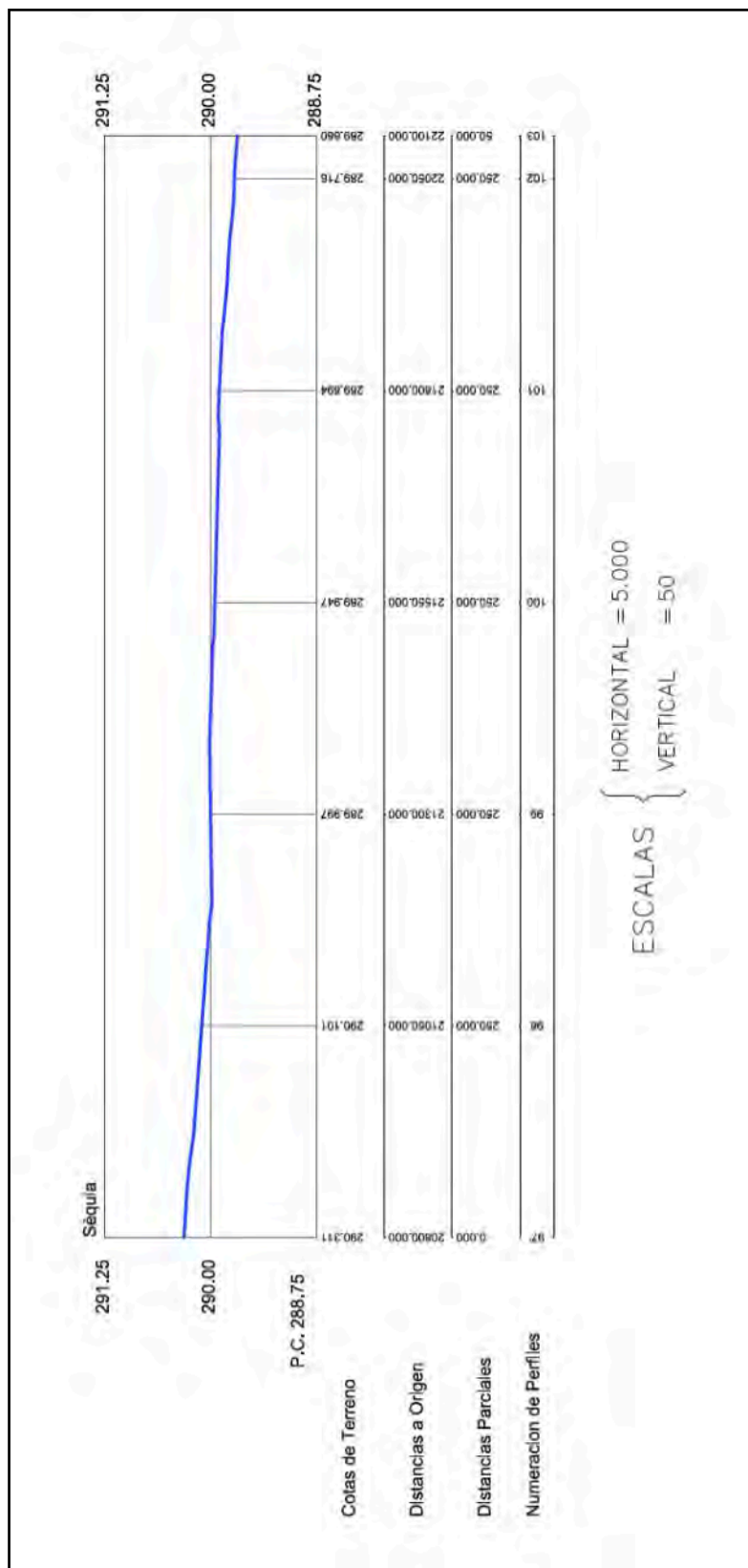


A28. Perfil longitudinal Detall 15 de la Sèquia de Manresa. Font: (Casafort Trench & Fitó Pintado, 2016).

Apèndix

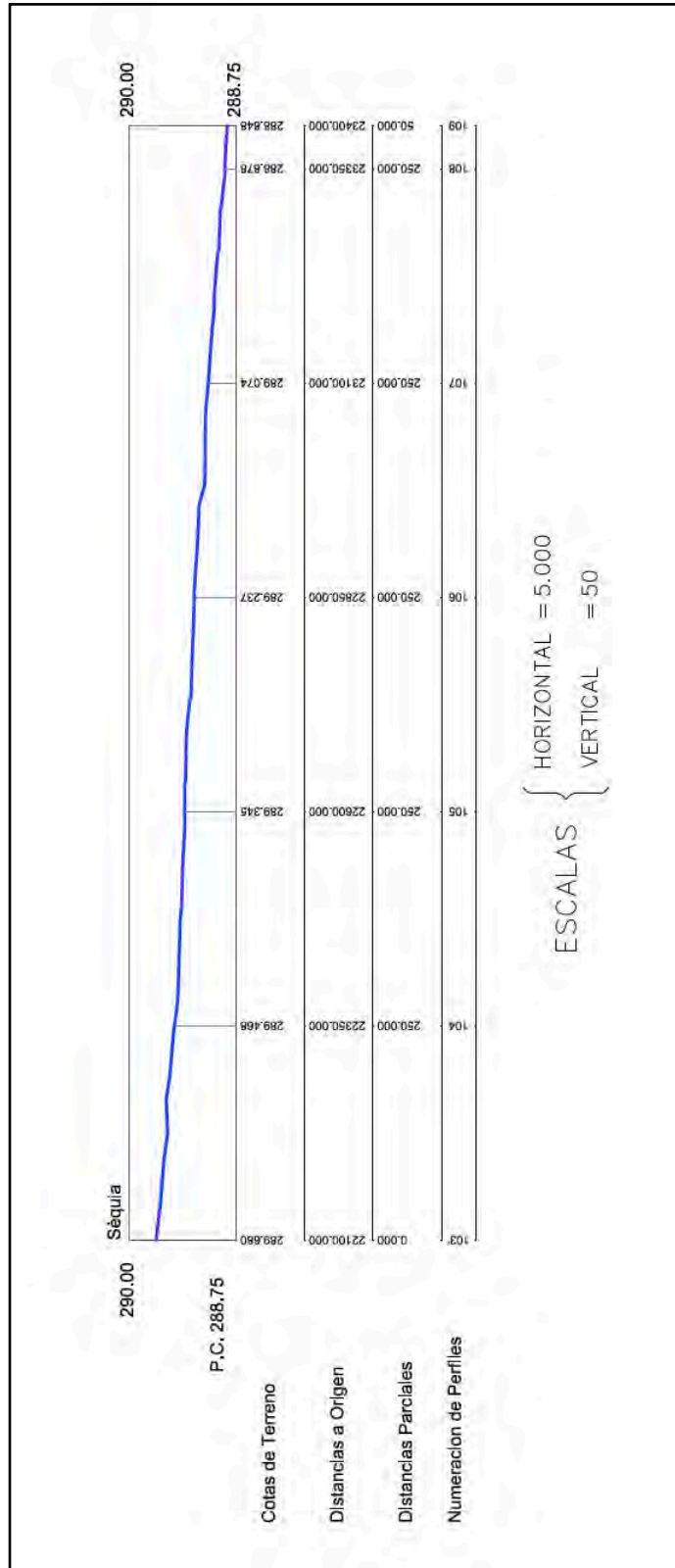


A29. Perfil longitudinal Detall 16 de la Sèquia de Manresa. Font: (Casafort Trench & Fitó Pintado, 2016).

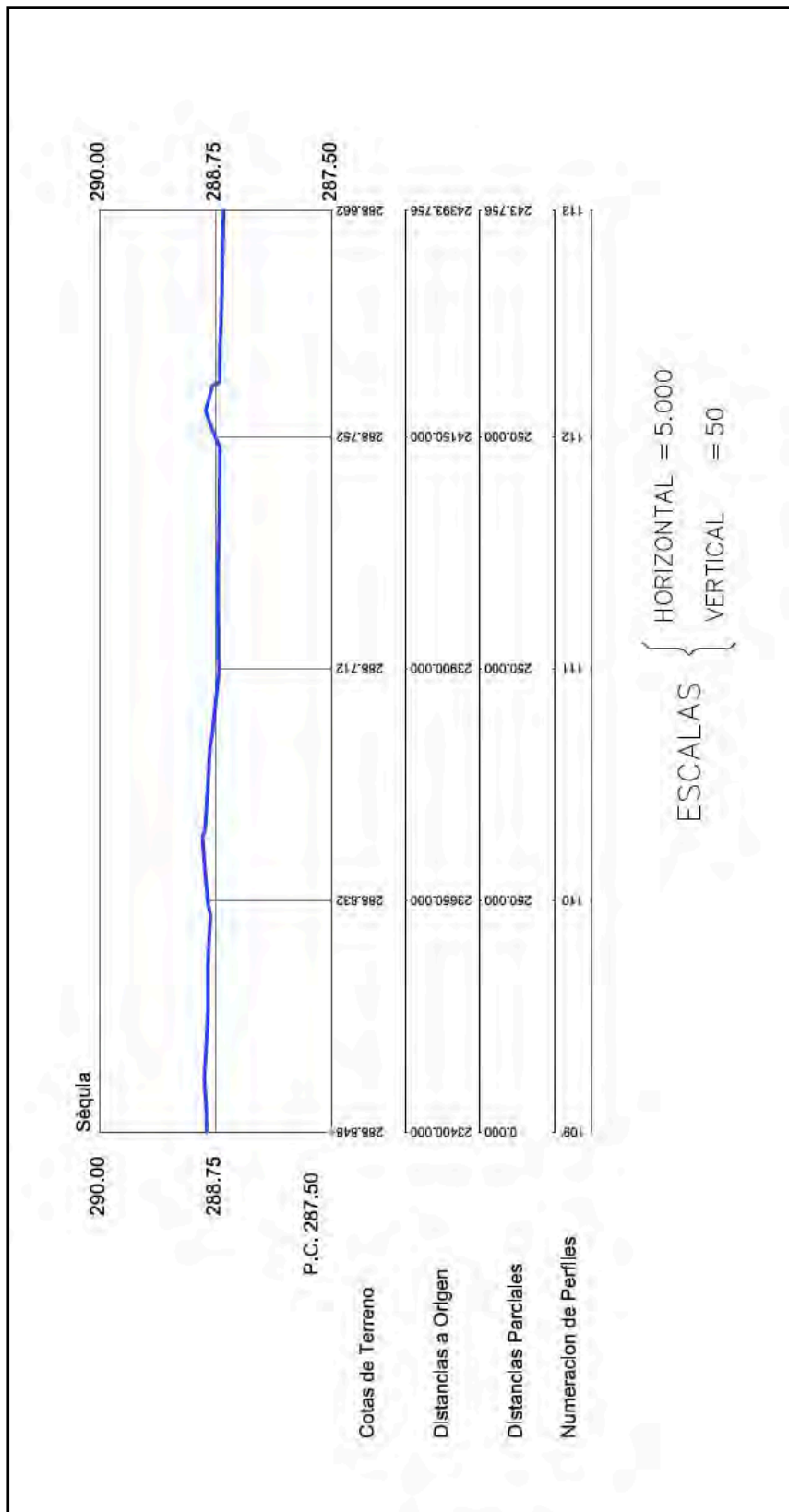


A30. Perfil longitudinal Detall 17 de la Sèquia de Manresa. Font: (Casafort Trench & Fitó Pintado, 2016).

Apèndix



A31. Perfil longitudinal Detall 18 de la Sèquia de Manresa. Font: (Casafort Trench & Fitó Pintado, 2016).



A32. Perfil longitudinal Detall 19 de la Sèquia de Manresa. Font: (Casafort Trench & Fitó Pintado, 2016).

Apèndix

N	Punt	GPS			Elevació	Dist.	Pendent	Elevació acumulada	Distància acumulada
		X	Y	Z					
1	A64	407353,811	4635946,080	299,780	0,000	0,000	0,000	0,000	
2	100	407613,663	4635367,271	298,800	0,979	634,462	0,15%	0,979	
3	A63	407597,072	4635348,166	298,799	0,002	25,304	0,01%	0,981	
4	150	407575,615	4635335,688	298,786	0,013	24,821	0,05%	0,994	
5	200	407531,247	4635312,806	298,773	0,013	49,921	0,03%	1,007	
6	A62	407518,560	4635307,190	298,760	0,013	13,875	0,09%	1,020	
7	250	407488,405	4635287,505	298,696	0,063	36,011	0,18%	1,083	
8	300	407446,995	4635259,484	298,633	0,063	50,000	0,13%	1,146	
9	350	407405,585	4635231,463	298,570	0,063	50,000	0,13%	1,210	
10	400	407364,174	4635203,441	298,507	0,063	50,000	0,13%	1,273	
11	450	407322,764	4635175,420	298,443	0,063	50,000	0,13%	1,336	
12	500	407283,223	4635144,866	298,380	0,063	49,970	0,13%	1,399	
13	550	407247,102	4635110,331	298,317	0,063	49,975	0,13%	1,463	
14	A61	407238,337	4635100,360	298,254	0,063	13,276	0,48%	1,526	
15	600	407212,185	4635074,543	298,221	0,033	36,748	0,09%	1,559	
16	650	407177,472	4635038,557	298,188	0,033	50,000	0,07%	1,592	
17	700	407144,216	4635001,312	298,155	0,033	49,931	0,07%	1,624	
18	750	407115,538	4634960,358	298,123	0,033	49,997	0,07%	1,657	
19	800	407086,892	4634919,438	298,090	0,033	49,950	0,07%	1,690	
20	A60	407061,012	4634880,941	298,057	0,033	46,387	0,07%	1,722	
21	850	407057,459	4634879,729	297,948	0,109	3,754	2,91%	1,832	
22	900	407012,267	4634863,250	297,839	0,109	48,103	0,23%	1,941	
23	950	407000,770	4634817,128	297,730	0,109	47,533	0,23%	2,050	
24	A59	406938,173	4634770,154	297,621	0,109	78,263	0,14%	2,159	
25	1000	406961,958	4634785,618	297,612	0,009	28,371	0,03%	2,168	
26	1050	406919,715	4634758,904	297,607	0,005	49,981	0,01%	2,173	
27	1100	406871,525	4634747,780	297,602	0,005	49,458	0,01%	2,178	
28	A58	406838,813	4634740,184	297,867	-0,265	33,583	-0,79%	1,913	
29	1150	406825,389	4634731,712	297,709	0,158	15,873	1,00%	2,071	
30	1200	406785,083	4634702,403	297,551	0,158	49,836	0,32%	2,229	
31	1250	406742,775	4634675,851	297,393	0,158	49,949	0,32%	2,387	
32	A57	406713,375	4634651,267	297,235	0,158	38,325	0,41%	2,545	
33	1300	406703,715	4634644,640	297,154	0,081	11,714	0,69%	2,626	
34	1350	406663,151	4634615,861	297,073	0,081	49,737	0,16%	2,706	
35	1400	406627,091	4634581,630	296,992	0,081	49,720	0,16%	2,787	
36	1450	406587,209	4634552,124	296,911	0,081	49,610	0,16%	2,868	
37	A56	406562,221	4634532,761	296,831	0,081	31,612	0,26%	2,949	
38	1500	406550,238	4634519,560	296,832	-0,002	17,829	-0,01%	2,947	
39	1550	406513,105	4634486,280	296,834	-0,002	49,864	0,00%	2,945	
40	1600	406472,453	4634457,391	296,836	-0,002	49,872	0,00%	2,944	
41	1650	406446,334	4634420,960	296,838	-0,002	44,826	0,00%	2,942	
42	A55	406430,043	4634421,487	296,840	-0,002	16,299	-0,01%	2,940	
43	1700	406403,060	4634402,416	296,816	0,024	33,042	0,07%	2,964	
44	1750	406381,172	4634358,971	296,792	0,024	48,648	0,05%	2,988	
45	A54	406377,186	4634337,365	296,768	0,024	21,971	0,11%	3,012	
46	1800	406365,330	4634311,758	296,643	0,124	28,218	0,44%	3,136	

A33. Aixecament topogràfic de la Sèquia de Manresa: dades de planimetria i altimetria. Font: (Casafont Trench & Fitó Pintado, 2016).

N	Punt	GPS			Elevació	Dist.	Pendent	Elevació acumulada	Distància acumulada
		X	Y	Z					
47	1850	406361,490	4634261,908	296,519	0,124	49,998	0,25%	3,261	2426,616
48	1900	406362,781	4634211,950	296,394	0,124	49,974	0,25%	3,385	2476,590
49	1950	406368,179	4634162,296	296,270	0,124	49,948	0,25%	3,510	2526,537
50	2000	406380,473	4634114,120	296,145	0,124	49,719	0,25%	3,634	2576,256
51	2050	406403,498	4634070,361	296,021	0,124	49,447	0,25%	3,758	2625,703
52	2100	406435,480	4634032,024	295,897	0,124	49,926	0,25%	3,883	2675,630
53	2150	406476,080	4634003,162	295,772	0,124	49,814	0,25%	4,007	2725,443
54	2200	406520,223	4633979,813	295,648	0,124	49,937	0,25%	4,132	2775,381
55	2250	406560,515	4633950,908	295,523	0,124	49,588	0,25%	4,256	2824,968
56	A53	406582,428	4633927,711	295,399	0,124	31,910	0,39%	4,380	2856,878
57	2300	406591,812	4633912,517	295,382	0,017	17,858	0,09%	4,397	2874,736
58	2350	406618,205	4633870,078	295,365	0,017	49,977	0,03%	4,414	2924,713
59	2400	406657,487	4633839,833	295,348	0,017	49,578	0,03%	4,431	2974,291
60	A52	406665,096	4633828,690	295,332	0,017	13,493	0,13%	4,448	2987,784
61	2450	406681,268	4633795,950	295,325	0,006	36,516	0,02%	4,454	3024,300
62	2500	406708,264	4633753,864	295,319	0,006	50,000	0,01%	4,461	3074,300
63	2550	406736,573	4633712,678	295,313	0,006	49,977	0,01%	4,467	3124,277
64	2600	406765,287	4633671,758	295,306	0,006	49,989	0,01%	4,473	3174,265
65	2650	406793,710	4633630,625	295,300	0,006	49,999	0,01%	4,480	3224,264
66	A51	406809,114	4633606,886	295,294	0,006	28,298	0,02%	4,486	3252,562
67	2700	406813,290	4633585,316	295,294	0,000	21,971	0,00%	4,486	3274,533
68	2750	406823,901	4633536,455	295,294	0,000	50,000	0,00%	4,486	3324,533
69	2800	406834,545	4633487,601	295,294	0,000	50,000	0,00%	4,486	3374,533
70	A50	406836,672	4633471,414	295,294	0,000	16,327	0,00%	4,486	3390,860
71	2850	406845,160	4633438,741	295,284	0,010	33,757	0,03%	4,496	3424,617
72	2900	406855,756	4633389,876	295,274	0,010	50,000	0,02%	4,506	3474,617
73	2950	406866,352	4633341,012	295,264	0,010	50,000	0,02%	4,516	3524,617
74	3000	406876,948	4633292,148	295,254	0,010	50,000	0,02%	4,526	3574,617
75	3050	406888,018	4633243,391	295,244	0,010	49,998	0,02%	4,535	3624,615
76	3100	406898,746	4633194,555	295,234	0,010	50,000	0,02%	4,545	3674,615
77	3150	406909,088	4633145,638	295,224	0,010	49,999	0,02%	4,555	3724,614
78	A49	406916,002	4633113,766	295,215	0,010	32,613	0,03%	4,565	3757,227
79	3200	406916,744	4633096,295	295,220	-0,005	17,486	-0,03%	4,560	3774,713
80	3250	406920,838	4633046,464	295,225	-0,005	49,998	-0,01%	4,555	3824,712
81	3300	406930,287	4632997,482	295,230	-0,005	49,885	-0,01%	4,550	3874,597
82	A48	406935,660	4632977,911	295,235	-0,005	20,295	-0,02%	4,545	3894,893
83	3350	406939,297	4632948,426	295,227	0,008	29,708	0,03%	4,553	3924,601
84	3400	406943,759	4632898,640	295,219	0,008	49,985	0,02%	4,561	3974,586
85	3450	406945,784	4632848,682	295,211	0,008	50,000	0,02%	4,569	4024,586
86	A47	406951,037	4632803,106	295,203	0,008	45,878	0,02%	4,577	4070,464
87	3500	406950,148	4632798,885	295,206	-0,003	4,313	-0,06%	4,574	4074,777
88	3550	406949,707	4632749,061	295,208	-0,003	49,825	-0,01%	4,571	4124,602
89	3600	406941,532	4632699,735	295,211	-0,003	50,000	-0,01%	4,568	4174,602
90	3650	406923,095	4632654,221	295,214	-0,003	49,106	-0,01%	4,566	4223,708
91	A46	406893,895	4632616,994	295,217	-0,003	47,313	-0,01%	4,563	4271,021
92	3700	406893,348	4632614,057	295,192	0,025	2,987	0,84%	4,588	4274,008

A33. Aixecament topogràfic de la Sèquia de Manresa: dades de planimetria i altimetria. Font: (Casafont Trench & Fitó Pintado, 2016).

Apèndix

N	Punt	GPS			Elevació	Dist.	Pendent	Elevació acumulada	Distància acumulada
		X	Y	Z					
93	3750	406862,568	4632574,654	295,167	0,025	50,000	0,05%	4,613	4324,008
94	3800	406832,622	4632534,621	295,142	0,025	49,994	0,05%	4,638	4374,002
95	A45	406830,587	4632529,945	295,117	0,025	5,100	0,49%	4,663	4379,102
96	3850	406803,162	4632494,222	295,121	-0,004	45,036	-0,01%	4,659	4424,139
97	3900	406767,438	4632460,325	295,125	-0,004	49,246	-0,01%	4,655	4473,385
98	3950	406725,692	4632432,808	295,129	-0,004	49,999	-0,01%	4,651	4523,384
99	4000	406684,013	4632405,187	295,133	-0,004	50,000	-0,01%	4,646	4573,384
100	4050	406656,620	4632364,628	295,137	-0,004	48,943	-0,01%	4,642	4622,327
101	A44	406651,874	4632352,143	295,142	-0,004	13,357	-0,03%	4,638	4635,684
102	4100	406637,750	4632318,325	295,142	-0,001	36,648	0,00%	4,637	4672,332
103	4150	406618,994	4632271,983	295,143	-0,001	49,994	0,00%	4,637	4722,326
104	4200	406609,256	4632223,778	295,144	-0,001	49,179	0,00%	4,636	4771,505
105	A43	406589,518	4632185,970	295,145	-0,001	42,650	0,00%	4,635	4814,155
106	4250	406587,162	4632179,409	295,130	0,014	6,972	0,20%	4,649	4821,127
107	4300	406577,842	4632130,322	295,116	0,014	49,963	0,03%	4,663	4871,090
108	4350	406563,436	4632082,982	295,102	0,014	49,484	0,03%	4,677	4920,574
109	4400	406538,246	4632039,791	295,088	0,014	50,000	0,03%	4,691	4970,574
110	A42	406537,186	4632025,597	295,074	0,014	14,234	0,10%	4,706	4984,808
111	4450	406556,147	4631996,630	295,070	0,004	34,621	0,01%	4,710	5019,428
112	4500	406587,583	4631957,808	295,066	0,004	49,953	0,01%	4,714	5069,382
113	4550	406621,227	4631920,823	295,062	0,004	49,999	0,01%	4,718	5119,381
114	4600	406648,759	4631880,437	295,058	0,004	48,877	0,01%	4,722	5168,258
115	A41	406654,267	4631845,530	295,054	0,004	35,339	0,01%	4,726	5203,597
116	4650	406655,158	4631830,859	295,063	-0,009	14,698	-0,06%	4,716	5218,295
117	4700	406685,792	4631794,331	295,073	-0,009	47,673	-0,02%	4,707	5265,968
118	4750	406719,699	4631757,925	295,082	-0,009	49,750	-0,02%	4,697	5315,718
119	A40	406731,232	4631733,111	295,092	-0,009	27,363	-0,03%	4,688	5343,081
120	4800	406744,957	4631715,628	295,072	0,019	22,227	0,09%	4,707	5365,308
121	4850	406768,420	4631671,719	295,053	0,019	49,785	0,04%	4,727	5415,093
122	4900	406789,298	4631626,295	295,033	0,019	49,993	0,04%	4,746	5465,086
123	4950	406816,018	4631584,240	295,014	0,019	49,825	0,04%	4,765	5514,911
124	5000	406858,774	4631558,796	294,995	0,019	49,753	0,04%	4,785	5564,665
125	5050	406904,759	4631539,398	294,975	0,019	49,909	0,04%	4,804	5614,574
126	5100	406952,014	4631523,799	294,956	0,019	49,762	0,04%	4,823	5664,336
127	5150	406999,972	4631511,703	294,937	0,019	49,461	0,04%	4,843	5713,797
128	5200	407047,636	4631498,734	294,917	0,019	49,396	0,04%	4,862	5763,193
129	A39	407077,117	4631486,677	294,898	0,019	31,851	0,06%	4,882	5795,044
130	5250	407091,496	4631475,030	294,881	0,017	18,505	0,09%	4,899	5813,550
131	5300	407138,317	4631457,845	294,864	0,017	49,875	0,03%	4,916	5863,424
132	5350	407174,565	4631426,440	294,847	0,017	47,960	0,04%	4,933	5911,384
133	A38	407223,664	4631416,017	294,830	0,017	50,193	0,03%	4,950	5961,577
134	5400	407223,155	4631415,608	294,816	0,013	0,653	2,03%	4,963	5962,230
135	5450	407272,411	4631407,083	294,803	0,013	49,989	0,03%	4,977	6012,219
136	5500	407321,745	4631400,679	294,790	0,013	49,747	0,03%	4,990	6061,967
137	A37	407281,651	4631406,373	294,777	0,013	40,496	0,03%	5,003	6102,463
138	5550	407364,809	4631375,635	294,723	0,053	88,657	0,06%	5,057	6191,120

A33. Aixecament topogràfic de la Sèquia de Manresa: dades de planimetria i altimetria. Font: (Casafont Trench & Fitó Pintado, 2016).

N	Punt	GPS			Elevació	Dist.	Pendent	Elevació acumulada	Distància acumulada
		X	Y	Z					
139	5600	407408,328	4631351,112	294,670	0,053	49,953	0,11%	5,110	6241,073
140	A36	407444,190	4631326,016	294,616	0,054	43,771	0,12%	5,164	6284,845
141	5650	407449,262	4631322,662	294,604	0,012	6,080	0,19%	5,175	6290,925
142	5700	407485,905	4631288,793	294,592	0,012	49,898	0,02%	5,187	6340,823
143	5750	407518,460	4631250,846	294,581	0,012	49,999	0,02%	5,199	6390,822
144	5800	407538,222	4631206,158	294,569	0,012	48,862	0,02%	5,211	6439,684
145	5850	407559,431	4631161,078	294,557	0,012	49,820	0,02%	5,222	6489,504
146	5900	407577,062	4631114,290	294,545	0,012	50,000	0,02%	5,234	6539,504
147	5950	407597,386	4631068,787	294,534	0,012	49,835	0,02%	5,246	6589,339
148	6000	407623,273	4631026,446	294,522	0,012	49,627	0,02%	5,258	6638,966
149	6050	407643,357	4630980,662	294,510	0,012	49,995	0,02%	5,269	6688,962
150	6100	407655,773	4630932,666	294,498	0,012	49,576	0,02%	5,281	6738,538
151	6150	407690,990	4630924,915	294,487	0,012	36,060	0,03%	5,293	6774,598
152	6200	407737,806	4630916,462	294,475	0,012	47,572	0,02%	5,305	6822,170
153	6250	407778,776	4630887,801	294,463	0,012	50,000	0,02%	5,317	6872,170
154	6300	407816,836	4630855,997	294,451	0,012	49,599	0,02%	5,328	6921,770
155	6350	407841,317	4630812,400	294,439	0,012	50,000	0,02%	5,340	6971,770
156	6400	407855,570	4630765,469	294,428	0,012	49,048	0,02%	5,352	7020,817
157	6450	407861,846	4630715,888	294,416	0,012	49,977	0,02%	5,364	7070,794
158	6500	407878,922	4630669,194	294,404	0,012	49,718	0,02%	5,375	7120,512
159	6550	407880,661	4630621,725	294,392	0,012	47,502	0,02%	5,387	7168,014
160	6600	407882,420	4630574,048	294,381	0,012	47,709	0,02%	5,399	7215,722
161	6650	407902,069	4630528,071	294,369	0,012	50,000	0,02%	5,411	7265,722
162	6700	407921,718	4630482,094	294,357	0,012	50,000	0,02%	5,422	7315,722
163	6750	407941,367	4630436,116	294,345	0,012	50,000	0,02%	5,434	7365,722
164	6800	407963,139	4630391,119	294,334	0,012	49,988	0,02%	5,446	7415,710
165	6850	407982,854	4630345,342	294,322	0,012	49,842	0,02%	5,458	7465,552
166	6900	407995,894	4630297,191	294,310	0,012	49,886	0,02%	5,470	7515,438
167	6950	408000,415	4630247,395	294,298	0,012	50,000	0,02%	5,481	7565,438
168	7000	408006,004	4630198,342	294,286	0,012	49,370	0,02%	5,493	7614,808
169	7050	408009,659	4630151,788	294,275	0,012	46,698	0,03%	5,505	7661,506
170	7100	407979,487	4630111,983	294,263	0,012	49,948	0,02%	5,517	7711,454
171	7150	407937,142	4630086,057	294,251	0,012	49,651	0,02%	5,528	7761,104
172	7200	407894,691	4630059,722	294,239	0,012	49,957	0,02%	5,540	7811,061
173	7250	407916,151	4630020,428	294,228	0,012	44,772	0,03%	5,552	7855,833
174	7300	407946,707	4629980,876	294,216	0,012	49,980	0,02%	5,564	7905,814
175	7350	407977,187	4629941,279	294,204	0,012	49,970	0,02%	5,575	7955,783
176	7400	408004,428	4629899,398	294,192	0,012	49,961	0,02%	5,587	8005,744
177	7450	408026,071	4629854,715	294,180	0,012	49,649	0,02%	5,599	8055,392
178	7500	408035,217	4629805,622	294,169	0,012	49,938	0,02%	5,611	8105,331
179	7550	408034,655	4629755,809	294,157	0,012	49,816	0,02%	5,623	8155,147
180	7600	408031,642	4629705,900	294,145	0,012	50,000	0,02%	5,634	8205,147
181	7650	408027,716	4629656,059	294,133	0,012	49,995	0,02%	5,646	8255,142
182	7700	408025,983	4629606,136	294,122	0,012	49,953	0,02%	5,658	8305,095
183	7750	408025,982	4629556,136	294,110	0,012	50,000	0,02%	5,670	8355,095
184	7800	408022,258	4629506,596	294,098	0,012	49,680	0,02%	5,681	8404,775

A33. Aixecament topogràfic de la Sèquia de Manresa: dades de planimetria i altimetria. Font: (Casafont Trench & Fitó Pintado, 2016).

Apèndix

N	Punt	GPS			Elevació	Dist.	Pendent	Elevació acumulada	Distància acumulada
		X	Y	Z					
185	7850	408020,485	4629456,628	294,086	0,012	50,000	0,02%	5,693	8454,775
186	7900	408018,712	4629406,659	294,075	0,012	50,000	0,02%	5,705	8504,775
187	7950	408016,940	4629356,691	294,063	0,012	50,000	0,02%	5,717	8554,775
188	A35	408019,763	4629335,283	294,051	0,012	21,593	0,05%	5,729	8576,368
189	8000	408027,739	4629309,174	294,051	0,000	27,300	0,00%	5,729	8603,668
190	8050	408038,637	4629261,832	294,051	0,000	48,580	0,00%	5,729	8652,248
191	A34	408046,394	4629253,782	294,051	0,000	11,179	0,00%	5,729	8663,427
192	8100	408054,195	4629216,267	294,034	0,017	38,318	0,04%	5,746	8701,744
193	8150	408048,585	4629166,940	294,017	0,017	49,645	0,03%	5,763	8751,389
194	A33	408033,279	4629130,274	294,000	0,017	39,733	0,04%	5,780	8791,122
195	8200	408032,898	4629120,450	293,993	0,006	9,831	0,06%	5,786	8800,953
196	8250	408033,112	4629070,759	293,987	0,006	49,691	0,01%	5,792	8850,644
197	A32	408029,636	4629036,575	293,981	0,006	34,361	0,02%	5,798	8885,004
198	8300	408028,036	4629021,542	293,988	-0,007	15,118	-0,05%	5,792	8900,123
199	8350	408030,378	4628971,742	293,995	-0,007	49,854	-0,01%	5,785	8949,977
200	8400	408022,642	4628922,725	294,002	-0,007	49,624	-0,01%	5,778	8999,601
201	A31	408024,727	4628900,886	294,009	-0,007	21,939	-0,03%	5,771	9021,540
202	8450	408023,194	4628872,897	293,990	0,019	28,031	0,07%	5,789	9049,571
203	8500	408013,135	4628823,955	293,972	0,019	49,965	0,04%	5,808	9099,536
204	A30	408004,435	4628787,315	293,953	0,018	37,659	0,05%	5,826	9137,195
205	8550	407998,948	4628776,747	293,958	-0,005	11,907	-0,04%	5,822	9149,102
206	8600	407984,722	4628729,090	293,962	-0,005	49,735	-0,01%	5,817	9198,836
207	A29	407976,854	4628704,839	293,967	-0,004	25,496	-0,02%	5,813	9224,333
208	A28	407936,982	4628598,217	293,861	0,105	113,833	0,09%	5,918	9338,166
209	9050	407919,728	4628556,434	293,861	0,000	45,205	0,00%	5,918	9383,371
210	A27	407912,739	4628523,688	293,861	0,000	33,484	0,00%	5,918	9416,854
211	9100	407916,209	4628508,888	293,861	0,000	15,202	0,00%	5,918	9432,056
212	9150	407955,841	4628485,606	293,861	0,000	45,964	0,00%	5,918	9478,021
213	9200	407954,913	4628437,451	293,861	0,000	48,164	0,00%	5,918	9526,185
214	9250	407990,097	4628414,332	293,861	0,000	42,099	0,00%	5,918	9568,284
215	A26	408035,698	4628402,326	293,862	0,000	47,155	0,00%	5,918	9615,439
216	9300	408038,051	4628400,494	293,853	0,009	2,982	0,29%	5,927	9618,421
217	9350	408079,564	4628372,796	293,844	0,009	49,905	0,02%	5,935	9668,326
218	9400	408119,772	4628345,490	293,836	0,009	48,604	0,02%	5,944	9716,930
219	A25	408130,931	4628336,900	293,827	0,009	14,082	0,06%	5,952	9731,012
220	9450	408132,876	4628300,713	293,815	0,012	36,239	0,03%	5,965	9767,251
221	9500	408120,559	4628252,583	293,802	0,012	49,681	0,03%	5,977	9816,932
222	9550	408103,152	4628206,124	293,790	0,012	49,613	0,03%	5,990	9866,545
223	A24	408078,864	4628203,175	293,777	0,012	24,467	0,05%	6,002	9891,012
224	9600	408057,953	4628215,685	293,748	0,029	24,368	0,12%	6,031	9915,379
225	9650	408011,207	4628199,625	293,720	0,029	49,428	0,06%	6,060	9964,807
226	9700	407986,195	4628157,866	293,691	0,029	48,677	0,06%	6,088	10013,484
227	A23	407950,667	4628128,004	293,663	0,029	46,411	0,06%	6,117	10059,895
228	9750	407946,522	4628129,227	293,659	0,003	4,321	0,08%	6,120	10064,216
229	9800	407897,535	4628134,593	293,653	0,006	49,280	0,01%	6,126	10113,496
230	9850	407856,066	4628160,144	293,645	0,009	48,709	0,02%	6,135	10162,205

A33. Aixecament topogràfic de la Sèquia de Manresa: dades de planimetria i altimetria. Font: (Casafort Trench & Fitó Pintado, 2016).

N	Punt	GPS			Elevació	Dist.	Pendent	Elevació acumulada	Distància acumulada
		X	Y	Z					
231	A22	407843,583	4628168,006	293,650	-0,005	14,753	-0,03%	6,130	10176,958
232	9900	407811,271	4628164,055	293,639	0,011	32,552	0,03%	6,141	10209,510
233	9950	407763,267	4628167,977	293,628	0,011	48,165	0,02%	6,152	10257,674
234	10000	407725,018	4628199,368	293,617	0,011	49,481	0,02%	6,162	10307,155
235	10050	407680,898	4628192,857	293,606	0,011	44,598	0,02%	6,173	10351,753
236	A21	407675,839	4628188,060	293,596	0,011	6,972	0,15%	6,184	10358,725
237	A20	407643,896	4628181,755	293,656	-0,061	32,559	-0,19%	6,123	10391,284
238	10100	407633,689	4628176,933	293,634	0,022	11,289	0,19%	6,145	10402,573
239	10150	407584,465	4628168,747	293,613	0,022	49,900	0,04%	6,167	10452,473
240	10200	407537,614	4628154,897	293,591	0,022	48,855	0,04%	6,188	10501,329
241	10250	407514,727	4628111,541	293,570	0,022	49,026	0,04%	6,210	10550,354
242	10300	407515,617	4628061,744	293,548	0,022	49,805	0,04%	6,231	10600,159
243	A19	407519,726	4628030,571	293,527	0,022	31,443	0,07%	6,253	10631,602
244	A18	407525,479	4628016,945	293,532	-0,005	14,790	-0,04%	6,248	10646,393
245	A17	407582,439	4627790,136	293,351	0,181	233,852	0,08%	6,429	10880,245
246	10650	407592,229	4627759,504	293,386	-0,035	32,158	-0,11%	6,394	10912,403
247	10700	407603,979	4627711,436	293,420	-0,035	49,483	-0,07%	6,359	10961,886
248	A16	407592,580	4627665,772	293,455	-0,035	47,066	-0,07%	6,325	11008,952
249	10750	407590,505	4627663,407	293,424	0,031	3,146	0,99%	6,356	11012,098
250	10800	407601,298	4627616,561	293,393	0,031	48,074	0,06%	6,387	11060,172
251	10850	407623,666	4627571,855	293,362	0,031	49,989	0,06%	6,418	11110,161
252	10900	407662,217	4627542,258	293,331	0,031	48,602	0,06%	6,449	11158,763
253	10950	407701,906	4627513,046	293,300	0,031	49,280	0,06%	6,480	11208,043
254	A15	407727,527	4627413,032	293,269	0,031	103,244	0,03%	6,511	11311,287
255	11000	407727,707	4627470,433	293,229	0,039	57,401	0,07%	6,550	11368,689
256	11050	407728,702	4627421,149	293,190	0,039	49,294	0,08%	6,589	11417,983
257	11100	407709,929	4627375,484	293,151	0,039	49,374	0,08%	6,628	11467,356
258	11150	407672,421	4627342,888	293,112	0,039	49,692	0,08%	6,667	11517,049
259	11200	407623,666	4627333,858	293,073	0,039	49,584	0,08%	6,706	11566,633
260	A14	407602,844	4627336,254	293,034	0,039	20,960	0,19%	6,745	11587,592
261	11250	407577,189	4627350,329	293,078	-0,044	29,262	-0,15%	6,701	11616,854
262	11300	407543,559	4627324,105	293,123	-0,044	42,646	-0,10%	6,657	11659,500
263	11350	407539,461	4627274,347	293,167	-0,044	49,926	-0,09%	6,612	11709,427
264	A13	407538,281	4627256,198	293,212	-0,044	18,187	-0,24%	6,568	11727,614
265	11400	407529,957	4627225,272	293,211	0,001	32,026	0,00%	6,569	11759,641
266	11450	407511,590	4627178,950	293,210	0,001	49,831	0,00%	6,570	11809,472
267	A12	407488,618	4627154,548	293,209	0,001	33,514	0,00%	6,570	11842,985
268	11500	407472,302	4627149,886	293,215	-0,006	16,969	-0,03%	6,565	11859,954
269	11550	407423,860	4627157,194	293,221	-0,006	48,990	-0,01%	6,559	11908,944
270	11600	407375,347	4627168,151	293,226	-0,006	49,734	-0,01%	6,553	11958,679
271	A11	407365,579	4627153,119	293,186	0,040	17,927	0,22%	6,593	11976,606
272	11650	407355,612	4627124,007	293,178	0,008	30,770	0,03%	6,601	12007,376
273	11700	407349,434	4627074,554	293,170	0,008	49,838	0,02%	6,609	12057,214
274	11750	407347,933	4627024,997	293,162	0,008	49,580	0,02%	6,617	12106,794
275	A10	407349,816	4627020,871	293,155	0,008	4,536	0,17%	6,625	12111,329
276	11800	407344,328	4626978,792	292,980	0,175	42,435	0,41%	6,800	12153,764

A33. Aixecament topogràfic de la Sèquia de Manresa: dades de planimetria i altimetria. Font: (Casafont Trench & Fitó Pintado, 2016).

Apèndix

N	Punt	GPS			Elevació	Dist.	Pendent	Elevació acumulada	Distància acumulada
		X	Y	Z					
277	11850	407296,220	4626969,245	292,977	0,002	49,047	0,00%	6,802	12202,811
278	11900	407249,140	4626979,148	292,960	0,017	48,110	0,04%	6,820	12250,921
279	11950	407214,299	4627014,294	292,943	0,017	49,489	0,04%	6,837	12300,410
280	12000	407176,497	4627044,543	292,925	0,017	48,414	0,04%	6,854	12348,824
281	12050	407127,604	4627035,832	292,908	0,017	49,663	0,04%	6,872	12398,487
282	12100	407082,396	4627056,003	292,892	0,016	49,504	0,03%	6,888	12447,991
283	12150	407035,992	4627072,826	292,875	0,016	49,359	0,03%	6,904	12497,350
284	12200	406995,034	4627046,091	292,859	0,016	48,911	0,03%	6,920	12546,262
285	12250	406961,841	4627019,681	292,843	0,016	42,419	0,04%	6,936	12588,680
286	12300	406993,472	4626981,328	292,798	0,045	49,714	0,09%	6,981	12638,394
287	12350	406997,092	4626939,145	292,798	0,000	42,338	0,00%	6,981	12680,732
288	A1-1	406993,846	4626904,594	292,789	0,010	34,704	0,03%	6,991	12715,436
289	12400	407000,992	4626900,564	292,789	0,000	8,204	0,00%	6,991	12723,640
290	12450	407048,838	4626887,393	292,789	0,000	49,626	0,00%	6,991	12773,266
291	12500	407083,962	4626861,586	292,789	0,000	43,586	0,00%	6,990	12816,852
292	12550	407111,311	4626820,767	292,790	0,000	49,134	0,00%	6,990	12865,986
293	12600	407143,598	4626782,998	292,790	0,000	49,689	0,00%	6,990	12915,674
294	A2-2	407155,731	4626750,630	292,790	0,000	34,567	0,00%	6,990	12950,241
295	12650	407151,891	4626735,268	292,745	0,045	15,835	0,28%	7,034	12966,076
296	12700	407134,603	4626688,451	292,700	0,045	49,907	0,09%	7,079	13015,983
297	A3-1	407193,429	4626628,173	292,656	0,045	84,226	0,05%	7,124	13100,208
298	12750	407147,219	4626644,305	292,682	-0,026	48,945	-0,05%	7,097	13149,153
299	AA9	407139,612	4626654,505	292,709	-0,026	12,724	-0,21%	7,071	13161,878
300	12800	407193,063	4626626,253	292,699	0,010	60,458	0,02%	7,081	13222,336
301	12850	407229,632	4626592,217	292,689	0,010	49,957	0,02%	7,090	13272,293
302	12900	407272,410	4626567,744	292,680	0,010	49,284	0,02%	7,100	13321,577
303	12950	407322,036	4626570,451	292,670	0,010	49,700	0,02%	7,109	13371,277
304	A8	407360,950	4626552,897	292,661	0,010	42,690	0,02%	7,119	13413,967
305	13000	407365,272	4626546,827	292,660	0,001	7,452	0,01%	7,120	13421,418
306	13050	407404,889	4626516,429	292,659	0,001	49,935	0,00%	7,120	13471,354
307	13100	407400,225	4626469,651	292,659	0,001	47,010	0,00%	7,121	13518,364
308	13150	407360,638	4626439,841	292,658	0,001	49,555	0,00%	7,121	13567,919
309	A7	407340,115	4626428,032	292,658	0,001	23,679	0,00%	7,122	13591,598
310	13200	407317,174	4626415,147	292,640	0,017	26,311	0,07%	7,139	13617,909
311	13250	407272,524	4626392,648	292,623	0,017	49,999	0,03%	7,157	13667,908
312	13300	407237,332	4626358,033	292,606	0,017	49,362	0,04%	7,174	13717,270
313	13350	407209,087	4626316,795	292,588	0,017	49,984	0,03%	7,191	13767,253
314	13400	407180,886	4626275,583	292,571	0,017	49,938	0,03%	7,209	13817,191
315	A6	407140,610	4626247,891	292,554	0,017	48,878	0,04%	7,226	13866,069
316	13450	407140,269	4626246,632	292,526	0,028	1,303	2,13%	7,254	13867,372
317	13500	407096,240	4626223,002	292,498	0,028	49,970	0,06%	7,281	13917,343
318	13550	407068,454	4626184,358	292,470	0,028	47,596	0,06%	7,309	13964,939
319	A5	407067,383	4626179,848	292,443	0,028	4,636	0,60%	7,337	13969,574
320	13600	407047,845	4626139,078	292,469	-0,027	45,210	-0,06%	7,310	14014,784
321	13650	407019,368	4626097,989	292,496	-0,027	49,992	-0,05%	7,284	14064,776
322	A4	406997,379	4626055,316	292,523	-0,027	48,006	-0,06%	7,257	14112,782

A33. Aixecament topogràfic de la Sèquia de Manresa: dades de planimetria i altimetria. Font: (Casafont Trench & Fitó Pintado, 2016).

N	Punt	GPS			Elevació	Dist.	Pendent	Elevació acumulada	Distància acumulada
		X	Y	Z					
323	13700	406995,238	4626054,202	292,512	0,010	2,414	0,42%	7,267	14115,195
324	13750	406967,795	4626012,471	292,502	0,010	49,946	0,02%	7,277	14165,141
325	A3	406929,746	4625984,485	292,492	0,010	47,233	0,02%	7,287	14212,374
326	13800	406927,170	4625983,491	292,491	0,001	2,761	0,03%	7,288	14215,135
327	13850	406894,499	4625946,183	292,490	0,001	49,592	0,00%	7,289	14264,726
328	13900	406852,718	4625919,522	292,490	0,001	49,562	0,00%	7,290	14314,288
329	13950	406808,575	4625896,119	292,489	0,001	49,963	0,00%	7,291	14364,251
330	A2	406797,014	4625888,825	292,488	0,001	13,670	0,01%	7,291	14377,921
331	14000	406781,950	4625854,896	292,454	0,034	37,122	0,09%	7,325	14415,043
332	14050	406756,685	4625811,760	292,420	0,034	49,991	0,07%	7,359	14465,034
333	14100	406733,167	4625767,637	292,386	0,034	49,999	0,07%	7,393	14515,033
334	14150	406709,456	4625723,664	292,352	0,034	49,958	0,07%	7,427	14564,991
335	A1	406673,150	4625720,599	292,319	0,034	36,436	0,09%	7,461	14601,427
336	14200	406663,680	4625726,019	292,331	-0,013	10,911	-0,12%	7,448	14612,338
337	14250	406618,412	4625742,541	292,344	-0,013	48,189	-0,03%	7,435	14660,527
338	14300	406575,171	4625719,129	292,357	-0,013	49,173	-0,03%	7,422	14709,700
339	A76	406540,599	4625700,469	292,370	-0,013	39,287	-0,03%	7,409	14748,986
340	14350	406531,911	4625695,178	292,364	0,007	10,172	0,06%	7,416	14759,158
341	14400	406484,248	4625681,965	292,357	0,007	49,461	0,01%	7,423	14808,619
342	14450	406434,622	4625675,862	292,351	0,007	50,000	0,01%	7,429	14858,619
343	A75	406427,696	4625673,904	292,344	0,006	7,197	0,09%	7,435	14865,816
344	14500	406385,009	4625669,650	292,358	-0,014	42,898	-0,03%	7,422	14908,714
345	14550	406335,416	4625663,283	292,371	-0,014	50,000	-0,03%	7,408	14958,714
346	14600	406285,841	4625656,782	292,385	-0,014	50,000	-0,03%	7,394	15008,714
347	14650	406236,652	4625648,072	292,399	-0,014	49,954	-0,03%	7,381	15058,668
348	A74	406189,293	4625639,804	292,413	-0,014	48,075	-0,03%	7,367	15106,743
349	14700	406187,360	4625640,913	292,408	0,005	2,229	0,22%	7,372	15108,972
350	14750	406138,249	4625649,678	292,403	0,005	49,887	0,01%	7,377	15158,860
351	14800	406124,516	4625690,196	292,398	0,005	42,782	0,01%	7,382	15201,641
352	14850	406129,488	4625739,920	292,393	0,005	49,972	0,01%	7,387	15251,613
353	A73	406127,132	4625758,162	292,388	0,005	18,393	0,03%	7,392	15270,006
354	14900	406097,461	4625770,474	292,377	0,011	32,124	0,03%	7,402	15302,130
355	A72	406092,382	4625772,848	292,367	0,011	5,607	0,19%	7,413	15307,737
356	14950	406058,669	4625742,810	292,345	0,022	45,153	0,05%	7,435	15352,890
357	15000	406012,949	4625722,638	292,323	0,022	49,973	0,04%	7,457	15402,863
358	15050	405965,933	4625705,698	292,301	0,022	49,975	0,04%	7,479	15452,838
359	15100	405925,643	4625728,857	292,279	0,022	46,471	0,05%	7,501	15499,309
360	A71	405914,031	4625726,894	292,257	0,022	11,777	0,19%	7,523	15511,086
361	15150	405904,723	4625694,498	292,235	0,022	33,707	0,06%	7,545	15544,793
362	15200	405900,427	4625644,738	292,213	0,022	49,944	0,04%	7,566	15594,737
363	A70	405885,215	4625606,087	292,192	0,022	41,538	0,05%	7,588	15636,275
364	15250	405881,862	4625599,633	292,191	0,000	7,273	0,00%	7,588	15643,547
365	15300	405855,553	4625557,362	292,191	0,000	49,789	0,00%	7,589	15693,337
366	15350	405825,719	4625517,316	292,191	0,000	49,938	0,00%	7,589	15743,275
367	15400	405794,423	4625479,502	292,190	0,000	49,085	0,00%	7,589	15792,359
368	A69	405801,600	4625465,895	292,190	0,000	15,384	0,00%	7,589	15807,744

A33. Aixecament topogràfic de la Sèquia de Manresa: dades de planimetria i altimetria. Font: (Casafont Trench & Fitó Pintado, 2016).

Apèndix

N	Punt	GPS			Elevació	Dist.	Pendent	Elevació acumulada	Distància acumulada
		X	Y	Z					
369	15450	405807,414	4625431,656	292,159	0,032	34,728	0,09%	7,621	15842,472
370	A68	405805,957	4625415,650	292,127	0,032	16,073	0,20%	7,653	15858,545
371	15500	405785,662	4625389,821	292,154	-0,027	32,848	-0,08%	7,626	15891,393
372	15550	405738,933	4625372,930	292,181	-0,027	49,689	-0,05%	7,599	15941,081
373	15600	405690,654	4625360,879	292,154	0,027	49,760	0,05%	7,626	15990,842
374	A67	405676,691	4625359,455	292,235	-0,081	14,036	-0,57%	7,545	16004,878
375	15650	405640,826	4625363,512	292,227	0,008	36,093	0,02%	7,553	16040,971
376	15700	405615,360	4625324,920	292,219	0,008	46,237	0,02%	7,561	16087,207
377	15750	405598,837	4625277,745	292,211	0,008	49,985	0,02%	7,568	16137,192
378	15800	405569,762	4625238,350	292,203	0,008	48,962	0,02%	7,576	16186,155
379	15850	405565,498	4625188,818	292,196	0,008	49,716	0,02%	7,584	16235,871
380	15900	405562,655	4625138,903	292,188	0,008	49,995	0,02%	7,592	16285,866
381	A66	405564,228	4625124,638	292,180	0,008	14,352	0,05%	7,599	16300,218
382	15950	405579,213	4625094,195	292,182	-0,002	33,931	0,00%	7,598	16334,149
383	16000	405607,917	4625053,382	292,183	-0,002	49,897	0,00%	7,596	16384,045
384	16050	405607,137	4625004,938	292,185	-0,002	48,450	0,00%	7,595	16432,495
385	16100	405589,918	4624957,997	292,186	-0,002	50,000	0,00%	7,593	16482,495
386	A65	405581,234	4624937,364	292,188	-0,002	22,386	-0,01%	7,591	16504,881
387	16150	405556,563	4624927,598	292,163	0,025	26,533	0,10%	7,617	16531,414
388	16200	405506,707	4624924,005	292,137	0,025	49,986	0,05%	7,642	16581,400
389	16250	405457,348	4624930,927	292,112	0,025	49,842	0,05%	7,668	16631,242
390	16300	405408,350	4624940,865	292,086	0,025	49,995	0,05%	7,693	16681,238
391	16350	405360,611	4624937,837	292,061	0,025	47,834	0,05%	7,719	16729,072
392	A64	405337,809	4624953,080	292,036	0,025	27,428	0,09%	7,744	16756,500
393	16400	405330,586	4624974,799	292,025	0,011	22,888	0,05%	7,755	16779,388
394	16450	405285,631	4624989,276	292,014	0,011	47,229	0,02%	7,765	16826,617
395	16500	405235,650	4624988,427	292,003	0,011	49,988	0,02%	7,776	16876,606
396	16550	405185,910	4624991,034	291,993	0,011	49,808	0,02%	7,787	16926,414
397	A63	405163,897	4625021,250	291,982	0,011	37,385	0,03%	7,797	16963,798
398	16600	405161,474	4625031,744	291,958	0,024	10,770	0,22%	7,821	16974,568
399	16650	405134,695	4625072,955	291,934	0,024	49,147	0,05%	7,845	17023,716
400	16700	405098,543	4625107,458	291,911	0,024	49,974	0,05%	7,869	17073,690
401	16750	405091,026	4625148,651	291,887	0,024	41,873	0,06%	7,893	17115,563
402	16800	405118,359	4625190,453	291,863	0,024	49,945	0,05%	7,917	17165,508
403	A62	405133,810	4625229,117	291,839	0,024	41,637	0,06%	7,940	17207,145
404	16850	405138,896	4625235,893	291,842	-0,003	8,473	-0,03%	7,938	17215,617
405	16900	405155,073	4625283,192	291,845	-0,003	49,988	-0,01%	7,935	17265,606
406	16950	405172,291	4625330,117	291,847	-0,003	49,985	-0,01%	7,932	17315,590
407	17000	405186,259	4625377,958	291,850	-0,003	49,838	-0,01%	7,930	17365,429
408	17050	405145,189	4625404,957	291,853	-0,003	49,150	-0,01%	7,927	17414,579
409	A61	405124,152	4625412,315	291,856	-0,003	22,287	-0,01%	7,924	17436,866
410	17100	405097,614	4625418,765	291,846	0,009	27,310	0,03%	7,933	17464,176
411	17150	405083,303	4625463,022	291,837	0,009	46,513	0,02%	7,942	17510,689
412	17200	405043,410	4625490,144	291,828	0,009	48,239	0,02%	7,951	17558,928
413	17250	405035,353	4625535,776	291,819	0,009	46,339	0,02%	7,960	17605,267
414	A60	405035,534	4625536,759	291,810	0,009	0,999	0,91%	7,969	17606,265

A33. Aixecament topogràfic de la Sèquia de Manresa: dades de planimetria i altimetria. Font: (Casafont Trench & Fitó Pintado, 2016).

N	Punt	GPS			Elevació	Dist.	Pendent	Elevació acumulada	Distància acumulada
		X	Y	Z					
415	17300	405043,971	4625579,418	291,792	0,018	43,486	0,04%	7,988	17649,751
416	17350	404996,119	4625574,970	291,774	0,018	48,059	0,04%	8,006	17697,810
417	17400	404956,756	4625603,325	291,747	0,027	48,512	0,06%	8,033	17746,321
418	A59	404945,301	4625627,097	291,737	0,010	26,387	0,04%	8,043	17772,709
419	17450	404944,801	4625649,834	291,744	-0,007	22,743	-0,03%	8,035	17795,452
420	17500	404933,932	4625697,248	291,752	-0,007	48,643	-0,02%	8,028	17844,095
421	17550	404954,502	4625742,207	291,759	-0,007	49,441	-0,01%	8,021	17893,537
422	17600	404935,479	4625777,836	291,766	-0,007	40,390	-0,02%	8,013	17933,927
423	A58	404918,481	4625820,170	291,774	-0,007	45,619	-0,02%	8,006	17979,545
424	17650	404919,110	4625824,840	291,686	0,087	4,713	1,85%	8,093	17984,258
425	17700	404886,703	4625855,151	291,599	0,087	44,373	0,20%	8,180	18028,632
426	A57	404855,462	4625860,698	291,512	0,087	31,730	0,27%	8,267	18060,361
427	17750	404839,184	4625855,390	291,518	-0,006	17,122	-0,04%	8,262	18077,483
428	17800	404807,777	4625816,927	291,524	-0,006	49,657	-0,01%	8,256	18127,140
429	A56	404796,050	4625796,428	291,530	-0,006	23,617	-0,03%	8,250	18150,757
430	17850	404814,101	4625776,816	291,494	0,036	26,654	0,14%	8,286	18177,411
431	17900	404823,864	4625730,280	291,458	0,036	47,549	0,08%	8,322	18224,960
432	17950	404825,430	4625683,737	291,422	0,036	46,570	0,08%	8,358	18271,529
433	18000	404841,601	4625637,231	291,386	0,036	49,237	0,07%	8,394	18320,767
434	18050	404849,244	4625587,876	291,350	0,036	49,944	0,07%	8,430	18370,710
435	18100	404862,202	4625539,755	291,314	0,036	49,835	0,07%	8,466	18420,545
436	A55	404860,846	4625530,096	291,278	0,036	9,753	0,37%	8,502	18430,299
437	18150	404830,718	4625524,874	291,223	0,054	30,578	0,18%	8,556	18460,876
438	18200	404783,916	4625542,470	291,169	0,054	50,000	0,11%	8,611	18510,876
439	18250	404736,966	4625559,666	291,115	0,054	50,000	0,11%	8,665	18560,876
440	18300	404688,745	4625565,603	291,060	0,054	48,585	0,11%	8,719	18609,461
441	A54	404687,821	4625565,039	291,006	0,054	1,083	5,01%	8,773	18610,545
442	18350	404668,266	4625522,031	291,002	0,004	47,244	0,01%	8,777	18657,789
443	18400	404662,532	4625472,364	290,998	0,004	49,997	0,01%	8,781	18707,786
444	A53	404662,240	4625460,341	290,995	0,004	12,027	0,03%	8,785	18719,813
445	18450	404657,594	4625422,617	290,995	-0,001	38,009	0,00%	8,784	18757,822
446	18500	404650,524	4625373,196	290,996	-0,001	49,924	0,00%	8,783	18807,746
447	18550	404641,292	4625324,095	290,997	-0,001	49,962	0,00%	8,782	18857,708
448	18600	404633,925	4625274,653	290,998	-0,001	49,987	0,00%	8,781	18907,695
449	A52	404616,819	4625237,163	290,999	-0,001	41,209	0,00%	8,780	18948,904
450	18650	404611,387	4625230,700	291,005	-0,006	8,442	-0,08%	8,774	18957,346
451	18700	404568,693	4625209,885	291,012	-0,006	47,498	-0,01%	8,768	19004,843
452	18750	404523,689	4625224,984	291,018	-0,006	47,470	-0,01%	8,761	19052,313
453	18800	404484,893	4625256,525	291,025	-0,006	50,000	-0,01%	8,755	19102,313
454	A51	404455,121	4625278,187	291,031	-0,006	36,818	-0,02%	8,748	19139,132
455	18850	404446,953	4625289,019	291,007	0,024	13,567	0,18%	8,773	19152,699
456	18900	404406,051	4625316,417	290,983	0,024	49,230	0,05%	8,797	19201,929
457	18950	404356,931	4625320,471	290,956	0,027	49,287	0,05%	8,824	19251,216
458	A50	404313,020	4625312,036	290,935	0,021	44,714	0,05%	8,845	19295,929
459	19000	404308,835	4625309,577	290,891	0,044	4,854	0,90%	8,889	19300,784
460	19050	404284,117	4625266,566	290,847	0,044	49,608	0,09%	8,932	19350,391

A33. Aixecament topogràfic de la Sèquia de Manresa: dades de planimetria i altimetria. Font: (Casafont Trench & Fitó Pintado, 2016).

Apèndix

N	Punt	GPS			Elevació	Dist.	Pendent	Elevació acumulada	Distància acumulada
		X	Y	Z					
461	19100	404258,407	4625223,682	290,803	0,044	50,000	0,09%	8,976	19400,391
462	19150	404238,010	4625178,565	290,760	0,044	49,514	0,09%	9,020	19449,905
463	A49	404228,928	4625129,969	290,716	0,044	49,437	0,09%	9,064	19499,343
464	19200	404228,130	4625129,552	290,691	0,025	0,900	2,78%	9,089	19500,242
465	19250	404216,238	4625081,018	290,666	0,025	49,969	0,05%	9,113	19550,212
466	19300	404214,592	4625032,770	290,639	0,027	48,276	0,06%	9,140	19598,488
467	A48	404245,387	4625001,569	290,616	0,023	43,839	0,05%	9,164	19642,327
468	19350	404248,758	4624996,547	290,630	-0,014	6,049	-0,24%	9,149	19648,376
469	19400	404287,727	4624965,287	290,645	-0,014	49,957	-0,03%	9,135	19698,333
470	19450	404319,985	4624927,815	290,659	-0,014	49,445	-0,03%	9,120	19747,778
471	19500	404346,611	4624885,496	290,674	-0,014	49,998	-0,03%	9,106	19797,776
472	A47	404364,034	4624861,906	290,688	-0,014	29,326	-0,05%	9,092	19827,102
473	19550	404371,680	4624842,451	290,682	0,006	20,903	0,03%	9,098	19848,006
474	19600	404394,027	4624797,984	290,675	0,006	49,766	0,01%	9,104	19897,772
475	19650	404420,873	4624755,803	290,648	0,027	50,000	0,05%	9,131	19947,772
476	A46	404440,672	4624728,624	290,663	-0,014	33,626	-0,04%	9,117	19981,398
477	19700	404448,577	4624714,194	290,658	0,004	16,453	0,02%	9,121	19997,851
478	19750	404480,064	4624678,345	290,654	0,004	47,713	0,01%	9,125	20045,564
479	19800	404524,991	4624656,884	290,650	0,004	49,790	0,01%	9,129	20095,354
480	19850	404573,503	4624663,208	290,646	0,004	48,922	0,01%	9,133	20144,277
481	19900	404623,240	4624660,656	290,642	0,004	49,803	0,01%	9,137	20194,079
482	A45	404595,042	4624663,547	290,638	0,004	28,346	0,01%	9,141	20222,425
483	19950	404656,814	4624627,113	290,613	0,025	71,716	0,03%	9,166	20294,141
484	20000	404661,040	4624577,555	290,589	0,025	49,738	0,05%	9,191	20343,880
485	A44	404659,328	4624565,278	290,564	0,025	12,396	0,20%	9,216	20356,275
486	20050	404626,351	4624547,967	290,561	0,003	37,244	0,01%	9,219	20393,519
487	20100	404581,786	4624525,831	290,557	0,003	49,760	0,01%	9,222	20443,279
488	20150	404569,477	4624479,394	290,554	0,003	48,041	0,01%	9,225	20491,320
489	20200	404546,110	4624437,391	290,551	0,003	48,065	0,01%	9,229	20539,385
490	A43	404562,716	4624451,289	290,548	0,003	21,655	0,02%	9,232	20561,040
491	20250	404511,870	4624400,992	290,538	0,010	71,520	0,01%	9,242	20632,560
492	20300	404476,801	4624365,705	290,528	0,010	49,750	0,02%	9,252	20682,310
493	20350	404429,704	4624372,211	290,501	0,027	47,544	0,06%	9,278	20729,854
494	A42	404399,392	4624389,304	290,509	-0,007	34,799	-0,02%	9,271	20764,653
495	20400	404384,252	4624392,434	290,525	-0,016	15,460	-0,10%	9,255	20780,113
496	20450	404334,650	4624397,846	290,541	-0,016	49,896	-0,03%	9,239	20830,010
497	A41	404318,199	4624407,855	290,557	-0,016	19,257	-0,08%	9,223	20849,266
498	20500	404327,863	4624436,167	290,533	0,023	29,916	0,08%	9,246	20879,183
499	20550	404305,134	4624475,478	290,510	0,023	45,409	0,05%	9,269	20924,592
500	20600	404259,619	4624494,363	290,487	0,023	49,278	0,05%	9,292	20973,869
501	20650	404218,894	4624466,000	290,464	0,023	49,628	0,05%	9,315	21023,497
502	20700	404178,862	4624436,518	290,441	0,023	49,717	0,05%	9,338	21073,214
503	20750	404132,007	4624440,471	290,418	0,023	47,021	0,05%	9,361	21120,235
504	A40	404120,563	4624445,157	290,395	0,023	12,367	0,19%	9,385	21132,602
505	20800	404113,885	4624479,631	290,363	0,032	35,115	0,09%	9,416	21167,717
506	20850	404143,160	4624519,705	290,331	0,032	49,628	0,06%	9,448	21217,346

A33. Aixecament topogràfic de la Sèquia de Manresa: dades de planimetria i altimetria. Font: (Casafont Trench & Fitó Pintado, 2016).

N	Punt	GPS			Elevació	Dist.	Pendent	Elevació acumulada	Distància acumulada
		X	Y	Z					
507	20900	404135,057	4624568,796	290,299	0,032	49,756	0,06%	9,480	21267,101
508	20950	404095,334	4624597,634	290,267	0,032	49,086	0,07%	9,512	21316,188
509	A39	404072,164	4624611,831	290,235	0,032	27,174	0,12%	9,544	21343,361
510	21000	404065,339	4624634,639	290,199	0,036	23,808	0,15%	9,581	21367,169
511	21050	404049,840	4624679,879	290,162	0,036	47,821	0,08%	9,617	21414,990
512	21100	404001,489	4624692,561	290,126	0,036	49,987	0,07%	9,654	21464,977
513	21150	403952,040	4624691,033	290,090	0,036	49,473	0,07%	9,690	21514,450
514	21200	403906,260	4624710,705	290,053	0,036	49,828	0,07%	9,726	21564,278
515	21250	403861,435	4624732,853	290,017	0,036	49,998	0,07%	9,763	21614,276
516	A38	403832,714	4624742,977	289,981	0,036	30,453	0,12%	9,799	21644,729
517	21300	403817,953	4624756,619	289,987	-0,006	20,100	-0,03%	9,793	21664,828
518	21350	403774,625	4624781,181	289,993	-0,006	49,806	-0,01%	9,787	21714,635
519	21400	403730,782	4624802,047	289,999	-0,006	48,555	-0,01%	9,781	21763,190
520	21450	403685,672	4624782,162	290,005	-0,006	49,298	-0,01%	9,775	21812,488
521	A37	403671,397	4624770,259	290,011	-0,006	18,587	-0,03%	9,768	21831,074
522	21500	403650,120	4624747,752	289,998	0,013	30,972	0,04%	9,782	21862,046
523	21550	403659,735	4624700,897	289,984	0,013	47,832	0,03%	9,795	21909,878
524	A36	403672,435	4624666,938	289,971	0,013	36,256	0,04%	9,809	21946,134
525	21600	403673,273	4624652,940	289,958	0,013	14,023	0,10%	9,822	21960,157
526	21650	403678,363	4624603,369	289,944	0,013	49,832	0,03%	9,835	22009,989
527	21700	403692,161	4624555,500	289,931	0,013	49,817	0,03%	9,849	22059,806
528	21750	403714,939	4624511,123	289,917	0,013	49,882	0,03%	9,862	22109,688
529	21800	403737,338	4624466,468	289,904	0,013	49,958	0,03%	9,876	22159,645
530	A35	403721,588	4624426,437	289,891	0,013	43,018	0,03%	9,889	22202,664
531	21850	403728,223	4624429,848	289,900	-0,009	7,460	-0,12%	9,880	22210,124
532	A34	403733,199	4624427,990	289,909	-0,009	5,311	-0,17%	9,870	22215,435
533	21900	403679,210	4624420,394	289,883	0,026	54,520	0,05%	9,896	22269,955
534	21950	403634,209	4624399,285	289,858	0,026	49,706	0,05%	9,922	22319,661
535	A33	403616,176	4624386,514	289,832	0,026	22,097	0,12%	9,947	22341,759
536	22000	403589,691	4624377,710	289,805	0,027	27,910	0,10%	9,975	22369,669
537	22050	403546,097	4624355,248	289,778	0,027	49,040	0,06%	10,002	22418,709
538	A32	403553,590	4624330,399	289,751	0,027	25,954	0,10%	10,029	22444,663
539	22100	403557,055	4624309,737	289,730	0,021	20,950	0,10%	10,050	22465,614
540	22150	403557,546	4624259,948	289,709	0,021	49,792	0,04%	10,071	22515,405
541	22200	403584,182	4624246,043	289,682	0,027	30,047	0,09%	10,097	22545,452
542	A31	403595,576	4624257,466	289,668	0,015	16,134	0,09%	10,112	22561,586
543	22250	403629,937	4624253,178	289,628	0,040	34,628	0,12%	10,152	22596,214
544	22300	403677,733	4624240,986	289,588	0,040	49,326	0,08%	10,192	22645,540
545	A30	403701,782	4624229,229	289,548	0,040	26,770	0,15%	10,232	22672,310
546	22350	403707,222	4624208,212	289,557	-0,009	21,710	-0,04%	10,223	22694,019
547	A29	403724,095	4624194,089	289,564	-0,007	22,003	-0,03%	10,216	22716,022
548	22400	403748,083	4624182,684	289,522	0,042	26,562	0,16%	10,258	22742,584
549	22450	403795,220	4624168,420	289,480	0,042	49,247	0,08%	10,300	22791,832
550	A28	403825,216	4624163,702	289,438	0,042	30,365	0,14%	10,342	22822,197
551	22500	403844,063	4624158,775	289,425	0,013	19,480	0,07%	10,355	22841,677
552	22550	403893,116	4624158,871	289,411	0,013	49,053	0,03%	10,368	22890,730

A33. Aixecament topogràfic de la Sèquia de Manresa: dades de planimetria i altimetria. Font: (Casafont Trench & Fitó Pintado, 2016).

Apèndix

N	Punt	GPS			Elevació	Dist.	Pendent	Elevació acumulada	Distància acumulada
		X	Y	Z					
553	A27	403899,115	4624120,545	289,398	0,014	38,793	0,03%	10,382	22929,523
554	22600	403894,160	4624113,201	289,385	0,013	8,858	0,15%	10,395	22938,382
555	22650	403854,969	4624082,699	289,372	0,013	49,662	0,03%	10,408	22988,044
556	22700	403824,240	4624044,637	289,345	0,027	48,918	0,05%	10,435	23036,962
557	A26	403803,555	4624001,956	289,346	-0,001	47,430	0,00%	10,434	23084,391
558	22750	403802,288	4624001,202	289,338	0,008	1,474	0,53%	10,441	23085,866
559	22800	403830,130	4623962,863	289,330	0,008	47,382	0,02%	10,449	23133,248
560	A25	403825,686	4623947,173	289,323	0,008	16,308	0,05%	10,457	23149,556
561	A24	403813,535	4623919,487	289,289	0,034	30,234	0,11%	10,491	23179,790
562	22850	403813,139	4623917,202	289,275	0,014	2,319	0,59%	10,504	23182,110
563	22900	403778,026	4623882,679	289,262	0,014	49,242	0,03%	10,518	23231,352
564	22950	403779,690	4623853,158	289,248	0,014	29,567	0,05%	10,531	23260,919
565	23000	403827,577	4623850,461	289,235	0,014	47,962	0,03%	10,545	23308,881
566	A23	403842,135	4623830,824	289,221	0,014	24,445	0,06%	10,559	23333,326
567	23050	403855,621	4623809,762	289,201	0,020	25,010	0,08%	10,579	23358,336
568	23100	403900,170	4623789,741	289,181	0,020	48,841	0,04%	10,599	23407,177
569	A22	403907,389	4623784,183	289,161	0,020	9,111	0,22%	10,619	23416,288
570	A21	403910,383	4623769,645	289,115	0,046	14,843	0,31%	10,665	23431,131
571	23150	403908,461	4623742,963	289,111	0,004	26,751	0,02%	10,669	23457,882
572	23200	403922,460	4623696,653	289,106	0,004	48,380	0,01%	10,673	23506,262
573	A20	403934,549	4623691,460	289,102	0,004	13,156	0,03%	10,678	23519,418
574	23250	403961,709	4623666,495	289,069	0,033	36,892	0,09%	10,711	23556,309
575	23300	403954,065	4623618,618	289,036	0,033	48,483	0,07%	10,744	23604,793
576	A19	403940,001	4623587,130	289,003	0,033	34,486	0,10%	10,777	23639,279
577	23350	403929,588	4623575,495	289,003	0,000	15,615	0,00%	10,777	23654,893
578	A18	403888,138	4623549,255	288,962	0,040	49,058	0,08%	10,818	23703,951
579	23400	403886,878	4623550,034	288,948	0,014	1,481	0,97%	10,832	23705,432
580	23450	403838,881	4623541,807	288,933	0,014	48,697	0,03%	10,846	23754,128
581	A17	403837,439	4623540,110	288,919	0,014	2,227	0,64%	10,861	23756,355
582	A16	403835,061	4623517,780	288,899	0,020	22,456	0,09%	10,881	23778,811
583	23500	403843,183	4623509,114	288,882	0,017	11,876	0,14%	10,898	23790,688
584	A15	403855,443	4623466,775	288,866	0,017	44,079	0,04%	10,914	23834,767
585	23550	403856,270	4623460,967	288,855	0,011	5,867	0,18%	10,925	23840,633
586	A14	403864,501	4623447,365	288,844	0,011	15,899	0,07%	10,936	23856,532
587	23600	403876,996	4623415,532	288,857	-0,013	34,197	-0,04%	10,923	23890,729
588	A13	403883,598	4623401,100	288,870	-0,013	15,870	-0,08%	10,910	23906,600
589	23650	403879,378	4623367,505	288,852	0,018	33,859	0,05%	10,928	23940,459
590	A12	403878,803	4623332,805	288,834	0,018	34,704	0,05%	10,946	23975,164
591	23700	403880,524	4623318,311	288,832	0,002	14,595	0,01%	10,948	23989,759
592	23750	403919,599	4623292,900	288,830	0,002	46,611	0,00%	10,950	24036,370
593	23800	403939,290	4623248,825	288,803	0,027	48,273	0,06%	10,977	24084,643
594	A11	403949,496	4623245,610	288,826	-0,023	10,701	-0,22%	10,954	24095,344
595	23850	403976,395	4623262,420	288,858	-0,032	31,719	-0,10%	10,922	24127,063
596	A10	404015,039	4623240,680	288,890	-0,032	44,340	-0,07%	10,890	24171,403
597	23900	404019,630	4623238,813	288,863	0,027	4,956	0,54%	10,916	24176,359
598	23950	404049,398	4623208,520	288,836	0,027	42,472	0,06%	10,943	24218,830

A33. Aixecament topogràfic de la Sèquia de Manresa: dades de planimetria i altimetria. Font: (Casafont Trench & Fitó Pintado, 2016).

N	Punt	GPS			Elevació	Dist.	Pendent	Elevació acumulada	Distància acumulada
		X	Y	Z					
599	24000	404030,523	4623165,048	288,809	0,027	47,393	0,06%	10,970	24266,223
600	A9	404022,412	4623152,540	288,783	0,027	14,908	0,18%	10,997	24281,131
601	24050	404003,330	4623123,423	288,747	0,036	34,813	0,10%	11,033	24315,944
602	A8	403977,418	4623103,880	288,712	0,036	32,456	0,11%	11,068	24348,399
603	24100	403961,532	4623107,618	288,716	-0,004	16,319	-0,03%	11,064	24364,719
604	24150	403917,204	4623093,417	288,720	-0,004	46,547	-0,01%	11,060	24411,266
605	A7	403907,228	4623062,050	288,724	-0,004	32,915	-0,01%	11,055	24444,182
606	24200	403899,991	4623047,090	288,719	0,005	16,618	0,03%	11,060	24460,799
607	A6	403914,832	4623006,991	288,715	0,005	42,758	0,01%	11,065	24503,557
608	24250	403914,097	4623003,032	288,710	0,004	4,027	0,11%	11,069	24507,584
609	24300	403922,502	4622953,743	288,706	0,004	50,000	0,01%	11,074	24557,584
610	A5	403927,060	4622921,751	288,702	0,004	32,316	0,01%	11,078	24589,900
611	24350	403930,770	4622904,432	288,779	-0,078	17,712	-0,44%	11,000	24607,611
612	A4	403935,310	4622883,149	288,857	-0,078	21,762	-0,36%	10,923	24629,373
613	24400	403942,958	4622856,728	288,781	0,076	27,505	0,28%	10,998	24656,879
614	A3	403943,210	4622852,604	288,705	0,076	4,132	1,84%	11,074	24661,011
615	24450	403930,042	4622808,637	288,698	0,007	45,896	0,02%	11,082	24706,907
616	A2	403926,937	4622793,182	288,691	0,007	15,764	0,05%	11,089	24722,671
617	24500	403949,154	4622769,571	288,681	0,010	32,420	0,03%	11,099	24755,092
618	24550	403971,067	4622726,010	288,671	0,010	48,762	0,02%	11,109	24803,854
619	A1	403976,189	4622685,286	288,661	0,010	41,045	0,02%	11,119	24844,899

A33. Aixecament topogràfic de la Sèquia de Manresa: dades de planimetria i altimetria. Font: (Casafont Trench & Fitó Pintado, 2016).

Apèndix

Elevació admetida	Distància admetida	Material	n coeficient de Manning	b (m) ambada	m (m) cuneta	A (m ²) secció	P (m) perfil	rh (m)	V (m/s)	Q (m ³ /s)	Y local (m)	A local (m ²)	P local (m)	rh local (m)	Coeff. Chézy	Y normal (m)	Froude y local	Froude y normal	V crítica (m)	Tc	Uc	S crític
				b	m	S	p	rh	U (m/s)	Q (m ³ /s)	Y	S (m ²)	P (m)	rh	C	Yn (m)	Fr	Fr'	Vc	Tc	Uc	Sc
0,000	0,00	Formigó	0,0140	1,50	0,83	1,245	3,16	0,3940			0,8333	1,250	3,8333	0,3261	59,260	#DIV/0!			0,414	2,014		0,002793
0,979	634,46	Formigó	0,0140	1,50	0,80	1,200	3,1	0,3871	1,491	1,7888	0,8333	1,250	3,8333	0,3261	59,260	0,5041	0,521	0,6703	0,414	2,014		0,002793
0,981	659,77	Formigó	0,0140	1,48	0,82	1,214	3,12	0,3890	0,293	0,3556	0,8446	1,250	3,8046	0,3286	59,334	1,5064	0,102	0,0762	0,417	2,024		0,002786
0,994	684,59	Formigó	0,0140	1,45	1,01	1,465	3,47	0,4220	0,920	1,3470	0,8621	1,250	3,7621	0,3323	59,446	0,7377	0,316	0,3419	0,423	2,037		0,002776
1,007	734,51	Formigó	0,0140	1,44	1,05	1,512	3,54	0,4271	0,654	0,9884	0,8681	1,250	3,7481	0,3335	59,483	0,9352	0,224	0,2158	0,425	2,042		0,002773
1,020	748,38	Formigó	0,0140	1,42	1,10	1,562	3,62	0,4315	1,248	1,9501	0,8803	1,250	3,7203	0,3360	59,556	0,6155	0,425	0,5081	0,429	2,052		0,002766
1,083	784,39	Formigó	0,0140	1,44	1,08	1,555	3,6	0,4320	1,711	2,6605	0,8681	1,250	3,7481	0,3335	59,483	0,4950	0,586	0,7764	0,425	2,042		0,002773
1,146	834,39	Formigó	0,0140	1,44	1,05	1,512	3,54	0,4271	1,441	2,1786	0,8681	1,250	3,7481	0,3335	59,483	0,5522	0,494	0,6191	0,425	2,042		0,002773
1,210	884,39	Formigó	0,0140	1,44	1,03	1,483	3,5	0,4238	1,433	2,1259	0,8681	1,250	3,7481	0,3335	59,483	0,5322	0,491	0,6158	0,425	2,042		0,002773
1,273	934,39	Formigó	0,0140	1,45	1,06	1,537	3,57	0,4305	1,449	2,2264	0,8621	1,250	3,7621	0,3323	59,446	0,5499	0,498	0,6237	0,423	2,037		0,002776
1,336	984,39	Formigó	0,0140	1,44	1,00	1,440	3,44	0,4186	1,422	2,0471	0,8681	1,250	3,7481	0,3335	59,483	0,5522	0,487	0,6108	0,425	2,042		0,002773
1,399	1034,36	Formigó	0,0140	1,45	1,08	1,566	3,61	0,4338	1,456	2,2805	0,8621	1,250	3,7621	0,3323	59,446	0,5497	0,501	0,6271	0,423	2,037		0,002776
1,463	1084,34	Formigó	0,0140	1,48	1,02	1,510	3,52	0,4289	1,445	2,1816	0,8446	1,250	3,8046	0,3286	59,334	0,5430	0,502	0,6261	0,417	2,024		0,002786
1,526	1097,61	Formigó	0,0140	1,50	1,03	1,545	3,56	0,4340	2,826	4,3663	0,8333	1,250	3,8333	0,3261	59,260	0,3462	0,988	1,5334	0,414	2,014		0,002793
1,559	1134,36	Formigó	0,0140	1,50	1,07	1,605	3,64	0,4409	1,235	1,9827	0,8333	1,250	3,8333	0,3261	59,260	0,6054	0,432	0,5069	0,414	2,014		0,002793
1,592	1184,36	Formigó	0,0140	1,51	1,09	1,646	3,69	0,4460	1,067	1,7565	0,8278	1,250	3,8478	0,3249	59,223	0,6682	0,374	0,4168	0,412	2,010		0,002797
1,624	1234,29	Formigó	0,0140	1,49	1,03	1,535	3,55	0,4323	1,046	1,6051	0,8389	1,250	3,8189	0,3273	59,297	0,6733	0,365	0,4070	0,416	2,019		0,002790
1,657	1284,29	Formigó	0,0140	1,50	1,05	1,575	3,6	0,4375	1,054	1,6594	0,8333	1,250	3,8333	0,3261	59,260	0,6708	0,368	0,4107	0,414	2,014		0,002793
1,690	1334,24	Formigó	0,0140	1,50	1,06	1,590	3,62	0,4392	1,057	1,6803	0,8333	1,250	3,8333	0,3261	59,260	0,6706	0,370	0,4120	0,414	2,014		0,002793
1,722	1380,63	Formigó	0,0140	1,50	1,03	1,545	3,56	0,4340	1,088	1,6808	0,8333	1,250	3,8333	0,3261	59,260	0,6543	0,380	0,4294	0,414	2,014		0,002793
1,832	1384,38	Formigó	0,0140	1,44	1,05	1,512	3,54	0,4271	6,907	10,4433	0,8681	1,250	3,7481	0,3335	59,483	0,1942	2,367	5,0038	0,425	2,042		0,002773
1,941	1432,49	Formigó	0,0140	1,42	1,08	1,534	3,58	0,4284	1,933	2,9649	0,8803	1,250	3,7203	0,3360	59,556	0,4584	0,658	0,9117	0,429	2,052		0,002766
2,050	1480,02	Formigó	0,0140	1,44	1,09	1,570	3,62	0,4336	1,961	3,0774	0,8681	1,250	3,7481	0,3335	59,483	0,4527	0,672	0,9304	0,425	2,042		0,002773
2,159	1558,28	Formigó	0,0140	1,43	1,07	1,530	3,57	0,4286	1,516	2,3199	0,8741	1,250	3,7341	0,3348	59,519	0,5368	0,518	0,6607	0,427	2,047		0,002769
2,168	1586,65	Formigó	0,0140	1,42	1,03	1,463	3,48	0,4203	0,701	1,0258	0,8803	1,250	3,7203	0,3360	59,556	0,8935	0,239	0,3869	0,429	2,052		0,002766
2,173	1636,63	Formigó	0,0140	1,46	1,05	1,533	3,56	0,4306	0,405	0,6203	0,8562	1,250	3,7762	0,3310	59,408	1,2816	0,140	0,1141	0,421	2,033		0,002780
2,178	1686,09	Formigó	0,0140	1,45	1,09	1,581	3,63	0,4354	0,412	0,6510	0,8621	1,250	3,7621	0,3323	59,446	1,2779	0,142	0,1163	0,423	2,037		0,002776
2,071	1735,55	Pedra/formigó	0,0240	1,42	1,10	1,562	3,62	0,4315	2,374	3,7088	0,8803	1,250	3,7203	0,3360	34,741	0,4010	0,808	1,1972	0,429	2,052		0,008128
2,229	1785,38	Pedra/formigó	0,0240	1,40	1,08	1,512	3,56	0,4247	1,326	2,0048	0,8929	1,250	3,6929	0,3385	34,784	0,5922	0,448	0,5501	0,433	2,061		0,008108
2,387	1835,33	Pedra/formigó	0,0240	1,41	1,08	1,523	3,57	0,4266	1,328	2,0227	0,8865	1,250	3,7065	0,3372	34,763	0,5901	0,450	0,5521	0,431	2,056		0,008118
2,545	1873,66	Pedra/formigó	0,0240	1,40	1,06	1,484	3,52	0,4216	1,505	2,2328	0,8929	1,250	3,6929	0,3385	34,784	0,5426	0,508	0,6522	0,433	2,061		0,008108
2,626	1885,37	Pedra	0,0300	1,42	1,05	1,491	3,52	0,4236	1,562	2,3286	0,8803	1,250	3,7203	0,3360	27,793	0,5258	0,531	0,6877	0,429	2,052		0,012700
2,706	1935,11	Pedra	0,0300	1,40	1,07	1,498	3,54	0,4232	0,757	1,1346	0,8929	1,250	3,6929	0,3385	27,827	0,8588	0,256	0,3609	0,433	2,061		0,012669

A34. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH1.

Elevació acumulada	Distància acumulada	Material	n coeficient de Manning	b (m) amplada	A (m²) secció	P (m) perímetre	Rb (m)	V (m/s)	Q (m³/s)	Caliat(m/s²)	Y local (m)	A local(m²)	P local (m)	Rb local (m)	Coef.Ondas	Y normal (m)	Froude y local	Froude y normal	Y crítica (m)	Fr	Ur	S crític
2.787	1984,83	Pedra	0,0300	1,44	1,483	3,5	0,4238	0,758	1,1247	0,8681	1,250	3,7481	0,3335	27,759	0,8441	0,260	0,2635	0,425	2,042	2,042	0,012731	
2.868	2034,44	Pedra	0,0300	1,45	1,508	3,53	0,4272	0,763	1,1509	0,8621	1,250	3,7621	0,3323	27,741	0,8400	0,262	0,2659	0,423	2,037	2,037	0,012747	
2.949	2066,05	Pedra	0,0300	1,40	1,484	3,52	0,4216	0,948	1,4064	0,8929	1,250	3,6929	0,3385	27,827	0,7384	0,320	0,3521	0,433	2,061	2,061	0,012669	
2.964	2177,78	Fornigó	0,0140	2,00	0,81	3,62	0,4475	1,126	1,8246	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,5463	0,455	0,4685	0,341	1,830	1,830	0,002974	
2.988	2326,43	Fornigó	0,0140	2,03	0,83	3,69	0,4566	0,941	1,5851	0,6158	1,250	4,6758	0,2673	57,330	0,6161	0,383	0,3827	0,338	1,821	1,821	0,002985	
3.012	2348,40	Fornigó	0,0140	2,00	0,84	3,68	0,4565	1,400	2,3514	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,4768	0,565	0,6472	0,341	1,830	1,830	0,002974	
3.136	2376,62	Pedra/fornigó	0,0240	1,40	1,14	3,68	0,4337	1,585	2,5299	0,8929	1,250	3,6929	0,3385	34,784	0,5307	0,536	0,6948	0,433	2,061	2,061	0,008108	
3.261	2426,62	Pedra/fornigó	0,0240	1,39	1,10	3,59	0,4259	1,177	1,9900	0,8993	1,250	3,6793	0,3397	34,805	0,6450	0,396	0,4677	0,435	2,066	2,066	0,008098	
3.385	2476,59	Pedra/fornigó	0,0240	1,41	1,08	3,57	0,4266	1,178	1,7939	0,8865	1,250	3,7065	0,3372	34,763	0,6393	0,399	0,4704	0,431	2,056	2,056	0,008118	
3.510	2526,54	Pedra/fornigó	0,0240	1,42	1,13	3,68	0,4360	1,196	1,9187	0,8803	1,250	3,7208	0,3360	34,741	0,6364	0,407	0,4786	0,429	2,052	2,052	0,008128	
3.634	2576,26	Pedra/fornigó	0,0240	1,41	1,07	3,55	0,4250	1,178	1,7775	0,8865	1,250	3,7065	0,3372	34,763	0,6382	0,400	0,4709	0,431	2,056	2,056	0,008118	
3.758	2626,70	Pedra/fornigó	0,0240	1,45	1,09	3,63	0,4354	1,201	1,8976	0,8621	1,250	3,7621	0,3323	34,677	0,6263	0,413	0,4844	0,423	2,037	2,037	0,008158	
3.883	2676,63	Pedra/fornigó	0,0240	1,40	1,08	3,56	0,4247	1,175	1,7769	0,8929	1,250	3,6929	0,3385	34,784	0,6418	0,397	0,4683	0,433	2,061	2,061	0,008108	
4.007	2726,44	Pedra/fornigó	0,0240	1,44	1,02	3,48	0,4221	1,172	1,7209	0,8681	1,250	3,7481	0,3335	34,698	0,6305	0,402	0,4711	0,425	2,042	2,042	0,008148	
4.132	2776,38	Pedra/fornigó	0,0240	1,43	1,10	3,63	0,4333	1,191	1,8733	0,8741	1,250	3,7341	0,3348	34,720	0,6337	0,407	0,4777	0,427	2,047	2,047	0,008138	
4.256	2824,97	Pedra/fornigó	0,0240	1,44	1,11	3,66	0,4367	1,201	1,9202	0,8681	1,250	3,7481	0,3335	34,698	0,6295	0,412	0,4834	0,425	2,042	2,042	0,008148	
4.380	2856,88	Pedra/fornigó	0,0240	1,40	1,10	3,6	0,4278	1,477	2,2747	0,8929	1,250	3,6929	0,3385	34,784	0,5529	0,499	0,6342	0,433	2,061	2,061	0,008108	
4.397	2874,74	Fornigó	0,0140	1,98	1,62	3,208	0,6145	1,587	5,0906	0,6313	1,250	4,5913	0,2723	57,504	0,5034	0,638	0,7142	0,344	1,836	1,836	0,002967	
4.414	2924,71	Fornigó	0,0140	1,99	1,72	3,423	0,6303	0,965	3,3028	0,6281	1,250	4,6081	0,2713	57,469	0,7073	0,389	0,3663	0,343	1,833	1,833	0,002970	
4.431	2974,29	Fornigó	0,0140	1,96	1,75	3,430	0,6282	0,967	3,3155	0,6378	1,250	4,5978	0,2743	57,575	0,7117	0,386	0,3658	0,346	1,843	1,843	0,002959	
4.448	2987,78	Fornigó	0,0140	1,98	1,73	3,425	0,6297	1,856	6,3566	0,6313	1,250	4,5913	0,2723	57,504	0,4585	0,746	0,8750	0,344	1,836	1,836	0,002967	
4.454	3024,30	Fornigó	0,0140	2,00	1,74	3,480	0,6350	0,695	2,4186	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,8806	0,281	0,2365	0,341	1,830	1,830	0,002974	
4.461	3074,30	Fornigó	0,0140	2,05	1,77	3,629	0,6491	0,603	2,1888	0,6098	1,250	4,7098	0,2654	57,261	0,9638	0,246	0,1960	0,336	1,815	1,815	0,002992	
4.467	3124,28	Fornigó	0,0140	2,02	1,75	3,535	0,6404	0,597	2,1118	0,6188	1,250	4,6588	0,2683	57,365	0,9720	0,242	0,1935	0,339	1,824	1,824	0,002981	
4.473	3174,27	Fornigó	0,0140	2,01	1,76	3,538	0,6397	0,597	2,1116	0,6219	1,250	4,6419	0,2693	57,399	0,9749	0,242	0,1930	0,340	1,827	1,827	0,002978	
4.480	3224,26	Fornigó	0,0140	2,00	1,71	3,420	0,6310	0,591	2,0226	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,9778	0,239	0,1910	0,341	1,830	1,830	0,002974	
4.486	3252,56	Fornigó	0,0140	2,06	1,73	3,564	0,6456	0,798	2,8447	0,6068	1,250	4,7268	0,2644	57,226	0,9500	0,327	0,2858	0,335	1,812	1,812	0,002996	
4.496	3424,62	Fornigó	0,0140	2,02	1,80	3,636	0,6470	0,914	3,3228	0,6188	1,250	4,6588	0,2683	57,365	0,7355	0,371	0,3402	0,339	1,824	1,824	0,002981	
4.506	3474,62	Fornigó	0,0140	2,00	1,71	3,420	0,6310	0,738	2,5256	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,8432	0,298	0,2568	0,341	1,830	1,830	0,002974	
4.516	3524,62	Fornigó	0,0140	2,00	1,70	3,400	0,6296	0,737	2,5072	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,8432	0,298	0,2564	0,341	1,830	1,830	0,002974	
4.526	3574,62	Fornigó	0,0140	2,06	1,72	3,543	0,6442	0,749	2,6530	0,6068	1,250	4,7268	0,2644	57,226	0,8288	0,307	0,2626	0,335	1,812	1,812	0,002996	
4.535	3624,61	Fornigó	0,0140	2,02	1,75	3,535	0,6404	0,746	2,6365	0,6188	1,250	4,6588	0,2683	57,365	0,8383	0,303	0,2601	0,339	1,824	1,824	0,002981	
4.545	3674,61	Fornigó	0,0140	2,00	1,69	3,380	0,6283	0,736	2,4888	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,8432	0,297	0,2560	0,341	1,830	1,830	0,002974	
4.555	3724,61	Fornigó	0,0140	2,00	1,73	3,460	0,6337	0,741	2,5625	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,8432	0,299	0,2575	0,341	1,830	1,830	0,002974	

A35. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH2.

Apèndix

Elevació acumulada	Distància acumulada	Material	n coeficient de Manning	b (m) amplada	m mesura A (m) secció	P (m) perímetre	Rh (m)	V (m/s)	Q (m³/s)	U (m/s)	Rh (m)	V (m/s)	Q (m³/s)	Y (m)	S (m²)	P (m)	p (m)	Rh local (m)	Q local (m³/s)	Y normal (m)	Fr	Fr normal	Y crítica (m)	Vc crítica (m/s)	S crític
				b	y	s	p	rh	U	U	rh	U	Q	Y	S	P	p	Rh local	Q local	Yn	Fr	Fr	Yc	Vc	S
4,565	3757,23	Fornigó	0,0140	2,08	1,75	3,640	5,58	0,6523	0,935	3,4029	0,6523	0,935	3,4029	0,6010	1,250	4,7610	0,2626	57,158	0,7147	0,385	0,3531	0,333	1,807	0,003003	
4,553	3924,60	Terra/fornigó	0,0180	2,06	1,71	3,523	5,48	0,6428	0,674	2,3732	0,6428	0,674	2,3732	0,6068	1,250	4,7268	0,2644	44,509	0,8884	0,276	0,2282	0,335	1,812	0,004952	
4,561	3974,59	Terra/fornigó	0,0180	2,04	1,59	3,244	5,22	0,6214	0,508	1,6470	0,6214	0,508	1,6470	0,6127	1,250	4,6927	0,2664	44,563	1,0627	0,207	0,1573	0,337	1,818	0,004940	
4,569	4024,59	Terra/fornigó	0,0180	2,05	1,55	3,178	5,15	0,6170	0,505	1,6056	0,6170	0,505	1,6056	0,6098	1,250	4,7098	0,2654	44,536	1,0597	0,207	0,1567	0,336	1,815	0,004946	
4,577	4070,46	Terra/fornigó	0,0180	1,98	1,62	3,208	5,22	0,6145	0,526	1,6875	0,6145	0,526	1,6875	0,6313	1,250	4,5913	0,2723	44,726	1,0509	0,211	0,1638	0,344	1,836	0,004904	
4,588	4274,01	Fornigó	0,0140	1,91	1,82	3,476	5,55	0,6263	0,784	1,6287	0,6263	0,784	1,6287	0,6545	1,250	4,4745	0,2794	57,752	0,2485	1,888	3,0638	0,352	1,859	0,002941	
4,613	4324,01	Fornigó	0,0140	1,89	1,78	3,364	5,45	0,6173	1,158	3,8955	0,6173	1,158	3,8955	0,6614	1,250	4,4414	0,2814	57,823	0,6396	0,455	0,4623	0,355	1,865	0,002934	
4,638	4374,00	Fornigó	0,0140	1,90	1,77	3,363	5,44	0,6182	1,159	3,8982	0,6182	1,159	3,8982	0,6579	1,250	4,4579	0,2804	57,788	0,6376	0,456	0,4635	0,353	1,862	0,002938	
4,663	4379,10	Fornigó	0,0140	1,95	1,80	3,510	5,55	0,6324	3,685	12,9332	0,6324	3,685	12,9332	0,6410	1,250	4,5410	0,2753	57,610	0,2934	1,469	2,1719	0,347	1,846	0,002956	
4,649	4821,13	Fornigó	0,0140	2,08	1,63	3,309	5,29	0,6255	2,349	7,7741	0,6255	2,349	7,7741	0,6158	1,250	4,6758	0,2673	57,330	0,3849	0,956	1,2090	0,338	1,821	0,002985	
4,663	4871,09	Fornigó	0,0140	2,04	1,65	3,366	5,34	0,6303	0,882	2,9693	0,6303	0,882	2,9693	0,6127	1,250	4,6927	0,2664	57,295	0,7400	0,360	0,3274	0,337	1,818	0,002988	
4,677	4920,57	Fornigó	0,0140	2,02	1,70	3,434	5,42	0,6336	0,889	3,0543	0,6336	0,889	3,0543	0,6188	1,250	4,6588	0,2683	57,365	0,7419	0,361	0,3297	0,339	1,824	0,002981	
4,691	4970,57	Fornigó	0,0140	2,01	1,68	3,377	5,37	0,6288	0,880	2,9730	0,6288	0,880	2,9730	0,6219	1,250	4,6419	0,2693	57,399	0,7467	0,356	0,3253	0,340	1,827	0,002978	
4,706	4984,81	Fornigó	0,0140	2,03	1,71	3,471	5,45	0,6369	1,664	5,7770	0,6369	1,664	5,7770	0,6158	1,250	4,6758	0,2673	57,330	0,4883	0,677	0,7604	0,338	1,821	0,002985	
4,710	5019,43	Fornigó	0,0140	2,05	1,78	3,649	5,61	0,6504	0,576	1,2032	0,6504	0,576	1,2032	0,6098	1,250	4,7098	0,2654	57,261	0,9938	0,236	0,1846	0,336	1,815	0,002992	
4,714	5069,38	Fornigó	0,0140	2,02	1,77	3,575	5,56	0,6431	0,476	1,7026	0,6431	0,476	1,7026	0,6188	1,250	4,6588	0,2683	57,365	1,1327	0,193	0,1429	0,339	1,824	0,002981	
4,718	5119,38	Fornigó	0,0140	2,05	1,69	3,465	5,43	0,6380	0,473	1,6404	0,6380	0,473	1,6404	0,6098	1,250	4,7098	0,2654	57,261	1,1233	0,194	0,1426	0,336	1,815	0,002992	
4,722	5169,26	Fornigó	0,0140	2,06	1,72	3,543	5,5	0,6442	0,482	1,7078	0,6442	0,482	1,7078	0,6068	1,250	4,7268	0,2644	57,226	1,1117	0,198	0,1460	0,335	1,812	0,002996	
4,726	5203,60	Fornigó	0,0140	2,04	1,74	3,550	5,52	0,6430	0,566	2,0096	0,6430	0,566	2,0096	0,6127	1,250	4,6927	0,2664	57,295	1,0035	0,231	0,1804	0,337	1,818	0,002988	
4,707	5365,31	Terra/fornigó	0,0180	2,08	1,72	3,492	5,47	0,6383	1,215	4,2431	0,6383	1,215	4,2431	0,6188	1,250	4,6758	0,2673	44,590	0,6028	0,494	0,4997	0,338	1,821	0,004934	
4,727	5415,09	Terra/fornigó	0,0180	2,02	1,72	3,474	5,46	0,6363	0,810	2,8153	0,6363	0,810	2,8153	0,6188	1,250	4,6588	0,2683	44,617	0,7910	0,329	0,2909	0,339	1,824	0,004928	
4,746	5465,09	Terra/fornigó	0,0180	2,01	1,71	3,437	5,43	0,6330	0,806	2,7695	0,6330	0,806	2,7695	0,6219	1,250	4,6419	0,2693	44,644	0,7944	0,326	0,2886	0,340	1,827	0,004922	
4,765	5514,91	Terra/fornigó	0,0180	2,08	1,71	3,471	5,45	0,6369	0,810	2,8134	0,6369	0,810	2,8134	0,6158	1,250	4,6758	0,2673	44,590	0,7889	0,330	0,2913	0,338	1,821	0,004934	
4,785	5564,66	Terra/fornigó	0,0180	2,04	1,75	3,570	5,54	0,6444	0,817	2,9181	0,6444	0,817	2,9181	0,6127	1,250	4,6927	0,2664	44,563	0,7863	0,333	0,2943	0,337	1,818	0,004940	
4,804	5614,57	Terra/fornigó	0,0180	2,02	1,71	3,454	5,44	0,6350	0,808	2,7914	0,6350	0,808	2,7914	0,6188	1,250	4,6588	0,2683	44,617	0,7917	0,328	0,2900	0,339	1,824	0,004928	
4,823	5664,34	Terra/fornigó	0,0180	2,02	1,72	3,474	5,46	0,6363	0,810	2,8159	0,6363	0,810	2,8159	0,6188	1,250	4,6588	0,2683	44,617	0,7909	0,329	0,2910	0,339	1,824	0,004928	
4,843	5713,80	Terra/fornigó	0,0180	2,03	1,67	3,390	5,37	0,6313	0,809	2,7414	0,6313	0,809	2,7414	0,6158	1,250	4,6758	0,2673	44,590	0,7870	0,329	0,2910	0,338	1,821	0,004934	
4,862	5763,19	Terra/fornigó	0,0180	2,04	1,71	3,488	5,46	0,6389	0,816	2,8454	0,6389	0,816	2,8454	0,6127	1,250	4,6927	0,2664	44,563	0,7844	0,333	0,2940	0,337	1,818	0,004940	
4,882	5795,04	Terra/fornigó	0,0180	2,02	1,52	3,070	5,06	0,6068	0,981	3,0135	0,6068	0,981	3,0135	0,6188	1,250	4,6588	0,2683	44,617	0,6816	0,398	0,3796	0,339	1,824	0,004928	
4,899	5813,55	Pedra	0,0300	1,08	1,13	1,220	3,34	0,3654	0,518	0,6325	1,1574	0,3654	0,518	0,6325	1,1574	1,250	3,3174	0,3768	28,329	1,2173	0,154	0,1500	0,515	2,248	0,012224
4,916	5862,42	Pedra	0,0300	1,09	1,10	1,199	3,29	0,3644	0,315	0,3779	1,1468	0,3644	0,315	0,3779	1,1468	1,250	3,3268	0,3757	28,316	1,6842	0,094	0,0775	0,512	2,241	0,012235
4,933	5911,38	Pedra	0,0300	1,10	1,10	1,210	3,3	0,3667	0,323	0,3904	1,1364	0,3667	0,323	0,3904	1,1364	1,250	3,3364	0,3747	28,302	1,6528	0,097	0,0801	0,509	2,234	0,012247
4,950	5961,58	Pedra	0,0300	1,08	1,13	1,220	3,34	0,3654	0,315	0,3840	1,1574	0,3654	0,315	0,3840	1,1574	1,250	3,3174	0,3768	28,329	1,6976	0,093	0,0771	0,515	2,248	0,012224
4,963	5962,23	Terra/fornigó	0,0180	1,30	1,03	1,339	3,36	0,3985	4,286	5,7386	0,3985	4,286	5,7386	0,9615	1,250	3,5615	0,3510	46,659	0,2756	1,395	2,6066	0,455	2,113	0,004506	

A36. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH3.

Elevació aunada	Distància aunada	Material	n coeficient de Manning	b (m) amplada	y	resurca A (m)2 secció	P (m) perm	Rh (m)	V (m/s)	Q (m3/s)	Y local (m)	Y local (m)	Y normal (m)	Froude Y local	Froude Y normal	Y crítica (m)	Yc	lc	S crític		
						S	p	Rh	U (m/s)	Q (m3/s)	Y local (m)	p local (m)	Rh local (m)	Coef.Chazy	L	Yc	Froude Y normal	Froude Y local	S		
4,977	6012,22	Terra/àrregó	0,0180	1,32	1,05	1,386	3,42	0,4053	0,495	0,8865	0,9470	1,250	3,5870	0,3485	46,804	1,1592	0,163	0,1469	2,102	0,004517	
4,990	6061,97	Terra/àrregó	0,0180	1,35	1,10	1,485	3,55	0,4183	0,507	0,9259	0,9259	1,250	3,6259	0,3447	46,520	1,1415	0,168	0,1515	2,086	0,004533	
5,003	6102,46	Terra/àrregó	0,0180	1,33	1,12	1,490	3,57	0,4173	0,561	0,9398	0,9398	1,250	3,5998	0,3472	46,576	1,0756	0,185	0,1727	2,097	0,004522	
5,057	6191,12	Fornigó	0,0140	2,10	1,03	2,163	4,16	0,5200	1,135	2,4541	0,5952	1,250	4,7952	0,2607	57,089	0,5648	0,470	0,4820	0,331	1,801	0,003010
5,110	6241,07	Fornigó	0,0140	2,08	1,10	2,288	4,28	0,5346	1,540	3,5229	0,6010	1,250	4,7610	0,2626	57,158	0,4691	0,634	0,7178	0,333	1,807	0,003003
5,164	6284,84	Fornigó	0,0140	2,11	1,05	2,216	4,21	0,5262	1,628	3,6062	0,5924	1,250	4,8124	0,2597	57,055	0,4451	0,675	0,7789	0,330	1,798	0,003014
5,175	6290,92	Fornigó	0,0140	2,10	1,03	2,153	4,15	0,5187	2,029	4,3670	0,5952	1,250	4,7952	0,2607	57,089	0,3829	0,840	1,0467	0,331	1,801	0,003010
5,187	6340,82	Fornigó	0,0140	2,11	1,06	2,237	4,23	0,5287	0,717	1,6044	0,5924	1,250	4,8124	0,2597	57,055	0,7703	0,298	0,2610	0,330	1,798	0,003014
5,199	6390,82	Fornigó	0,0140	2,08	1,08	2,246	4,24	0,5298	0,718	1,6120	0,6010	1,250	4,7610	0,2626	57,158	0,7773	0,296	0,2599	0,333	1,807	0,003003
5,211	6439,68	Fornigó	0,0140	2,05	1,12	2,296	4,29	0,5352	0,731	1,6779	0,6098	1,250	4,7098	0,2654	57,261	0,7779	0,299	0,2645	0,336	1,815	0,002992
5,222	6489,50	Fornigó	0,0140	2,10	1,15	2,415	4,4	0,5489	0,736	1,7775	0,5952	1,250	4,7952	0,2607	57,089	0,7720	0,305	0,2674	0,331	1,801	0,003010
5,234	6539,50	Fornigó	0,0140	2,10	1,10	2,310	4,3	0,5372	0,724	1,6730	0,5952	1,250	4,7952	0,2607	57,089	0,7729	0,300	0,2630	0,331	1,801	0,003010
5,246	6589,34	Fornigó	0,0140	2,12	1,11	2,353	4,34	0,5422	0,730	1,7177	0,5896	1,250	4,8296	0,2588	57,021	0,7678	0,304	0,2660	0,328	1,795	0,003017
5,258	6638,97	Fornigó	0,0140	2,11	1,12	2,363	4,35	0,5433	0,732	1,7308	0,5924	1,250	4,8124	0,2597	57,055	0,7689	0,304	0,2667	0,330	1,798	0,003014
5,269	6688,96	Fornigó	0,0140	2,11	1,12	2,363	4,35	0,5433	0,730	1,7245	0,5924	1,250	4,8124	0,2597	57,055	0,7708	0,303	0,2654	0,330	1,798	0,003014
5,281	6738,54	Fornigó	0,0140	2,12	1,15	2,438	4,42	0,5516	0,740	1,8047	0,5896	1,250	4,8296	0,2588	57,021	0,7665	0,308	0,2700	0,328	1,795	0,003017
5,293	6774,60	Fornigó	0,0140	2,10	1,11	2,331	4,32	0,5396	0,855	1,9938	0,5952	1,250	4,7952	0,2607	57,089	0,6932	0,354	0,3280	0,331	1,801	0,003010
5,305	6822,17	Fornigó	0,0140	2,10	1,13	2,373	4,36	0,5443	0,749	1,7773	0,5952	1,250	4,7952	0,2607	57,089	0,7602	0,310	0,2743	0,331	1,801	0,003010
5,317	6872,17	Fornigó	0,0140	2,11	1,14	2,405	4,39	0,5479	0,734	1,7652	0,5924	1,250	4,8124	0,2597	57,055	0,7708	0,304	0,2669	0,330	1,798	0,003014
5,328	6921,77	Fornigó	0,0140	2,10	1,14	2,394	4,38	0,5466	0,736	1,7610	0,5952	1,250	4,7952	0,2607	57,089	0,7709	0,304	0,2675	0,331	1,801	0,003010
5,340	6971,77	Fornigó	0,0140	2,09	1,12	2,341	4,33	0,5406	0,727	1,7024	0,5981	1,250	4,7781	0,2616	57,123	0,7751	0,300	0,2638	0,332	1,804	0,003006
5,352	7020,82	Fornigó	0,0140	2,10	1,13	2,373	4,36	0,5443	0,738	1,7504	0,5952	1,250	4,7952	0,2607	57,089	0,7680	0,305	0,2687	0,331	1,801	0,003010
5,364	7070,79	Fornigó	0,0140	2,01	1,11	2,231	4,23	0,5274	0,716	1,5966	0,6219	1,250	4,6419	0,2693	57,399	0,7929	0,290	0,2566	0,340	1,827	0,002978
5,375	7120,51	Fornigó	0,0140	2,00	1,10	2,200	4,2	0,5238	0,714	1,5712	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,7938	0,288	0,2559	0,341	1,830	0,002974
5,387	7168,01	Fornigó	0,0140	2,00	1,20	2,400	4,4	0,5455	0,751	1,8015	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,7818	0,303	0,2710	0,341	1,830	0,002974
5,399	7215,72	Fornigó	0,0140	2,03	1,01	2,050	4,05	0,5062	0,713	1,4612	0,6158	1,250	4,6758	0,2673	57,330	0,7762	0,290	0,2583	0,338	1,821	0,002985
5,411	7265,72	Fornigó	0,0140	2,05	1,05	2,153	4,15	0,5187	0,707	1,5229	0,6098	1,250	4,7098	0,2654	57,261	0,7839	0,289	0,2551	0,336	1,815	0,002992
5,422	7315,72	Fornigó	0,0140	2,03	1,05	2,132	4,13	0,5161	0,705	1,5030	0,6158	1,250	4,6758	0,2673	57,330	0,7884	0,287	0,2536	0,338	1,821	0,002985
5,434	7365,72	Fornigó	0,0140	2,02	1,11	2,242	4,24	0,5288	0,717	1,6070	0,6188	1,250	4,6588	0,2683	57,365	0,7907	0,291	0,2573	0,339	1,824	0,002981
5,446	7415,71	Fornigó	0,0140	2,01	1,13	2,271	4,27	0,5319	0,720	1,6344	0,6219	1,250	4,6419	0,2693	57,399	0,7929	0,291	0,2580	0,340	1,827	0,002978
5,458	7465,55	Fornigó	0,0140	2,00	1,10	2,200	4,2	0,5238	0,713	1,5692	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,7945	0,288	0,2555	0,341	1,830	0,002974
5,470	7515,44	Fornigó	0,0140	2,00	1,13	2,260	4,26	0,5305	0,719	1,6250	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,7947	0,290	0,2575	0,341	1,830	0,002974
5,481	7565,44	Fornigó	0,0140	2,03	1,10	2,233	4,23	0,5279	0,716	1,5985	0,6158	1,250	4,6758	0,2673	57,330	0,7884	0,291	0,2574	0,338	1,821	0,002985
5,493	7614,81	Fornigó	0,0140	2,00	1,10	2,200	4,2	0,5238	0,717	1,5767	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,7919	0,289	0,2571	0,341	1,830	0,002974

A37. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH4.

Apèndix

Elevació adumada	Distància adumada	Material	n coeficient de Manning	b (m) amplada	m (m) mossa	s	p	rh (m)	v (m/s)	Q (m³/s)	Y local (m)	A local (m²)	P local (m)	rh local (m)	coeficiència	Y normal (m)	Froude y local	Froude y normal	Y crítica (m)	Uc	S cric
			e	b	i	s	p	rh	U (m/s)	Q (m³/s)	Y	S (m²)	p (m)	rh	C	Yn (m)	F	Fr	Yc	Uc	S cric
5,505	7661,51	Fornigó	0,0140	2,05	1,08	2,214	4,21	0,5259	0,739	1,6358	0,6098	1,250	4,7098	0,2654	57,261	0,7662	0,302	0,2695	0,336	1,815	0,002992
5,517	7711,45	Fornigó	0,0140	2,01	1,11	2,236	4,234	0,5280	0,716	1,6014	0,6207	1,250	4,6487	0,2689	57,386	0,7918	0,290	0,2570	0,340	1,826	0,002979
5,528	7761,10	Fornigó	0,0140	2,04	1,12	2,285	4,28	0,5338	0,724	1,6536	0,6127	1,250	4,6927	0,2664	57,295	0,7843	0,295	0,2609	0,337	1,818	0,002988
5,540	7811,06	Fornigó	0,0140	2,05	1,08	2,214	4,21	0,5259	0,714	1,5816	0,6098	1,250	4,7098	0,2654	57,261	0,7837	0,292	0,2576	0,336	1,815	0,002992
5,552	7855,83	Fornigó	0,0140	2,03	1,11	2,253	4,25	0,5302	0,759	1,7095	0,6158	1,250	4,6758	0,2673	57,330	0,7599	0,309	0,2779	0,338	1,821	0,002985
5,564	7905,81	Fornigó	0,0140	2,05	1,14	2,337	4,33	0,5397	0,727	1,6882	0,6098	1,250	4,7098	0,2654	57,261	0,7838	0,297	0,2621	0,336	1,815	0,002992
5,575	7955,78	Fornigó	0,0140	2,04	1,12	2,285	4,28	0,5338	0,721	1,6483	0,6127	1,250	4,6927	0,2664	57,295	0,7860	0,294	0,2598	0,337	1,818	0,002988
5,587	8005,74	Fornigó	0,0140	2,00	1,14	2,280	4,28	0,5327	0,720	1,6427	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,7951	0,291	0,2580	0,341	1,830	0,002974
5,599	8055,39	Fornigó	0,0140	2,00	1,12	2,240	4,24	0,5283	0,719	1,6100	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,7934	0,290	0,2576	0,341	1,830	0,002974
5,611	8105,33	Fornigó	0,0140	1,97	1,13	2,226	4,23	0,5263	0,715	1,5913	0,6345	1,250	4,5745	0,2733	57,539	0,8020	0,287	0,2548	0,345	1,840	0,002963
5,623	8155,15	Fornigó	0,0140	6,00	1,09	6,540	8,18	0,7995	0,946	6,1856	0,2083	1,250	12,2083	0,1024	48,856	0,4254	0,662	0,4630	0,164	1,269	0,004110
5,634	8205,15	Fornigó	0,0140	2,00	1,11	2,220	4,22	0,5261	0,714	1,5855	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,7953	0,288	0,2557	0,341	1,830	0,002974
5,646	8255,14	Fornigó	0,0140	2,01	1,12	2,251	4,25	0,5297	0,718	1,6153	0,6219	1,250	4,6419	0,2693	57,399	0,7929	0,290	0,2573	0,340	1,827	0,002978
5,658	8305,09	Fornigó	0,0140	2,05	1,10	2,255	4,25	0,5306	0,719	1,6205	0,6098	1,250	4,7098	0,2654	57,261	0,7836	0,294	0,2592	0,336	1,815	0,002992
5,670	8355,09	Fornigó	0,0140	2,02	1,10	2,222	4,22	0,5265	0,715	1,5879	0,6188	1,250	4,6588	0,2683	57,365	0,7907	0,290	0,2566	0,339	1,824	0,002981
5,681	8404,77	Fornigó	0,0140	2,00	1,11	2,220	4,22	0,5261	0,716	1,5906	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,7936	0,289	0,2568	0,341	1,830	0,002974
5,693	8454,77	Fornigó	0,0140	2,04	1,08	2,203	4,2	0,5246	0,713	1,5705	0,6127	1,250	4,6927	0,2664	57,295	0,7861	0,291	0,2567	0,337	1,818	0,002988
5,705	8504,77	Fornigó	0,0140	2,03	1,09	2,213	4,21	0,5256	0,714	1,5793	0,6158	1,250	4,6758	0,2673	57,330	0,7884	0,290	0,2567	0,338	1,821	0,002985
5,717	8554,77	Fornigó	0,0140	2,00	1,12	2,240	4,24	0,5283	0,716	1,6043	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,7953	0,289	0,2564	0,341	1,830	0,002974
5,729	8576,37	Fornigó	0,0140	2,08	1,10	2,288	4,28	0,5346	0,098	2,5133	0,6010	1,250	4,7610	0,2626	57,158	0,5875	0,452	0,4576	0,333	1,807	0,003003
5,729	8603,67	Fornigó	0,0140	2,00	1,10	2,200	4,2	0,5238	0,000	0,0000	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	#DIV/0!	0,000	#DIV/0!	0,341	1,830	0,002974
5,729	8652,25	Fornigó	0,0140	2,01	1,11	2,231	4,23	0,5274	0,000	0,0000	0,6219	1,250	4,6419	0,2693	57,399	#DIV/0!	0,000	#DIV/0!	0,340	1,827	0,002978
5,729	8663,43	Fornigó	0,0140	2,08	1,12	2,274	4,27	0,5325	0,000	0,0000	0,6158	1,250	4,6758	0,2673	57,330	#DIV/0!	0,000	#DIV/0!	0,338	1,821	0,002985
5,746	8701,74	Fornigó	0,0140	2,04	1,14	2,326	4,32	0,5383	1,000	2,3268	0,6127	1,250	4,6927	0,2664	57,295	0,6344	0,408	0,4011	0,337	1,818	0,002988
5,763	8751,39	Fornigó	0,0140	2,06	1,15	2,369	4,36	0,5433	0,884	2,0952	0,6068	1,250	4,7268	0,2644	57,226	0,6876	0,362	0,3405	0,335	1,812	0,002996
5,780	8791,12	Fornigó	0,0140	2,00	1,10	2,200	4,2	0,5238	0,965	2,1225	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,6496	0,390	0,3822	0,341	1,830	0,002974
5,786	8800,95	Fornigó	0,0140	2,03	1,11	2,253	4,25	0,5302	1,172	2,4406	0,6158	1,250	4,6758	0,2673	57,330	0,5687	0,477	0,4962	0,338	1,821	0,002985
5,792	8850,64	Fornigó	0,0140	2,05	1,13	2,317	4,31	0,5375	0,526	1,2185	0,6098	1,250	4,7098	0,2654	57,261	0,9704	0,215	0,1705	0,336	1,815	0,002992
5,798	8885,00	Fornigó	0,0140	2,02	1,10	2,222	4,22	0,5265	0,624	1,3864	0,6188	1,250	4,6588	0,2683	57,365	0,8655	0,253	0,2141	0,339	1,824	0,002981
5,789	9049,57	Fornigó	0,0140	2,02	1,11	2,242	4,24	0,5288	1,200	2,6906	0,6188	1,250	4,6588	0,2683	57,365	0,5607	0,487	0,5116	0,339	1,824	0,002981
5,808	9099,54	Fornigó	0,0140	2,05	1,13	2,317	4,31	0,5375	0,909	2,1047	0,6098	1,250	4,7098	0,2654	57,261	0,6741	0,371	0,3533	0,336	1,815	0,002992
5,826	9137,19	Fornigó	0,0140	2,00	1,12	2,240	4,24	0,5283	1,035	2,3175	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,6224	0,418	0,4187	0,341	1,830	0,002974
5,918	9336,17	Fornigó	0,0140	1,88	1,41	2,651	4,7	0,5640	1,483	3,9802	0,6649	1,250	4,4249	0,2825	57,859	0,5227	0,581	0,6547	0,356	1,868	0,002930
5,918	9383,37	Terra/fornigó	0,0180	1,90	1,40	2,660	4,7	0,5660	0,063	0,1681	0,6579	1,250	4,4579	0,2804	44,946	4,2632	0,025	0,0098	0,353	1,862	0,004856

A38. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH5.

Elevació aunada	Distància aunada	Material	n coeficient de Manning	b (m) amplada	m (resaca)	A (m ²) secció	P (m) perim.	Rh (m)	U (m/s)	Q (m ³ /s)	V local (m)	A local (m ²)	P local (m)	Rh local (m)	Coef.Chézy	Y normal (m)	Froude y local	Froude y normal	Y crítica (m)	V crítica (m/s)	Ur	S críc.
				b	y	s	p	rh	U	Q	V	A	P	Rh	C	Yn	Fr	Fr	Yc	Vc		S
5.918	9416,95	Terra/bornigó	0,0180	2,00	1,40	2,800	4,8	0,5833	0,075	0,2098	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	44,671	3,7429	0,030	0,0124	0,341	1,830	0,004916	
5.927	9619,42	Terra/bornigó	0,0180	2,05	1,39	2,850	4,83	0,5900	2,102	5,9889	0,6098	1,250	4,7098	0,2654	44,536	4,017	0,059	1,0588	0,336	1,815	0,004946	
5.935	9668,33	Terra/bornigó	0,0180	2,05	1,40	2,870	4,85	0,5918	0,515	1,4774	0,6098	1,250	4,7098	0,2654	44,536	1,0274	0,210	0,1621	0,336	1,815	0,004946	
5.944	9716,93	Terra/bornigó	0,0180	1,98	1,42	2,812	4,82	0,5833	0,517	1,4527	0,6313	1,250	4,5913	0,2723	44,726	1,0394	0,208	0,1618	0,344	1,886	0,004904	
5.952	9731,01	Terra/bornigó	0,0180	1,99	1,38	2,746	4,75	0,5781	0,954	2,6203	0,6281	1,250	4,6081	0,2713	44,698	0,6857	0,384	0,3679	0,343	1,833	0,004910	
5.965	9767,25	Terra/bornigó	0,0180	1,99	1,37	2,726	4,73	0,5764	0,715	1,9482	0,6281	1,250	4,6081	0,2713	44,698	0,8304	0,288	0,2504	0,343	1,833	0,004910	
5.977	9816,93	Terra/bornigó	0,0180	2,40	1,00	2,400	4,4	0,5455	0,588	1,4119	0,5208	1,250	5,3208	0,2349	43,640	0,8273	0,260	0,2065	0,302	1,722	0,005151	
5.990	9866,54	Terra/bornigó	0,0180	2,42	1,42	3,436	5,26	0,6533	0,664	2,2816	0,5165	1,250	5,3565	0,2334	43,591	0,8229	0,295	0,2337	0,301	1,718	0,005163	
6.002	9891,01	Terra/bornigó	0,0180	2,40	1,40	3,360	5,2	0,6462	0,939	3,1535	0,5208	1,250	5,3208	0,2349	43,640	0,6533	0,415	0,3707	0,302	1,722	0,005151	
6.031	9915,38	Terra/bornigó	0,0180	2,44	1,41	3,440	5,26	0,6541	1,435	4,9861	0,5123	1,250	5,3923	0,2318	43,543	0,4903	0,640	0,6542	0,299	1,713	0,005174	
6.060	9964,81	Terra/bornigó	0,0180	2,41	1,39	3,350	5,19	0,6455	0,999	3,3450	0,5187	1,250	5,3387	0,2341	43,615	0,6250	0,443	0,4032	0,302	1,720	0,005157	
6.088	10013,48	Terra/bornigó	0,0180	2,37	1,50	3,555	5,37	0,6620	1,023	3,6379	0,5274	1,250	5,2674	0,2373	43,713	0,6279	0,450	0,4123	0,305	1,730	0,005134	
6.117	10059,89	Terra/bornigó	0,0180	2,38	1,44	3,427	5,26	0,6516	1,037	3,5538	0,5252	1,250	5,2852	0,2365	43,689	0,6165	0,457	0,4217	0,304	1,727	0,005140	
6.120	10064,22	Terra/bornigó	0,0180	2,40	1,42	3,408	5,24	0,6504	1,144	3,8977	0,5208	1,250	5,3208	0,2349	43,640	0,3349	0,506	0,4819	0,302	1,722	0,005151	
6.126	10113,50	Terra/bornigó	0,0180	2,43	1,40	3,402	5,23	0,6505	0,458	1,5591	0,5144	1,250	5,3744	0,2326	43,567	1,0491	0,204	0,1429	0,300	1,715	0,005168	
6.135	10162,20	Terra/bornigó	0,0180	2,46	1,40	3,444	5,26	0,6548	0,558	1,9226	0,5081	1,250	5,4281	0,2303	43,495	0,9160	0,250	0,1862	0,297	1,708	0,005186	
6.141	10209,51	Terra/bornigó	0,0180	2,78	1,37	3,809	5,52	0,6900	0,790	3,0093	0,4496	1,250	6,0096	0,2080	42,763	0,6933	0,376	0,3030	0,274	1,640	0,005364	
6.152	10257,67	Terra/bornigó	0,0180	2,80	1,42	3,976	5,64	0,7050	0,659	2,6200	0,4464	1,250	6,0464	0,2067	42,720	0,7868	0,315	0,2372	0,273	1,636	0,005375	
6.162	10307,15	Terra/bornigó	0,0180	2,81	1,40	3,934	5,61	0,7012	0,648	2,5486	0,4448	1,250	6,0648	0,2061	42,698	0,7923	0,310	0,2324	0,272	1,634	0,005381	
6.173	10351,75	Terra/bornigó	0,0180	2,68	1,39	3,725	5,46	0,6823	0,670	2,4959	0,4664	1,250	5,8264	0,2145	42,985	0,7863	0,313	0,2412	0,281	1,660	0,005309	
6.184	10388,73	Terra/bornigó	0,0180	2,76	1,41	3,892	5,58	0,6974	1,720	6,6918	0,4529	1,250	5,9729	0,2093	42,807	0,4165	0,816	0,8507	0,275	1,644	0,005354	
6.145	10402,57	Fornigó	0,0140	2,42	1,47	3,557	5,36	0,6637	2,376	8,4536	0,5165	1,250	5,3565	0,2334	56,046	0,3542	1,056	1,2749	0,301	1,718	0,003123	
6.167	10452,47	Fornigó	0,0140	2,40	1,40	3,360	5,2	0,6462	1,110	3,7306	0,5208	1,250	5,3208	0,2349	56,108	0,5840	0,491	0,4639	0,302	1,722	0,003116	
6.188	10501,33	Fornigó	0,0140	2,40	1,40	3,360	5,2	0,6462	1,122	3,7703	0,5208	1,250	5,3208	0,2349	56,108	0,5799	0,496	0,4704	0,302	1,722	0,003116	
6.210	10550,35	Fornigó	0,0140	2,40	1,38	3,312	5,16	0,6419	1,115	3,6935	0,5208	1,250	5,3208	0,2349	56,108	0,5806	0,493	0,4673	0,302	1,722	0,003116	
6.231	10600,16	Fornigó	0,0140	2,41	1,40	3,374	5,21	0,6476	1,113	3,7553	0,5187	1,250	5,3387	0,2341	56,077	0,5823	0,493	0,4657	0,302	1,720	0,003120	
6.253	10661,60	Fornigó	0,0140	2,40	1,35	3,240	5,1	0,6353	1,383	4,4809	0,5208	1,250	5,3208	0,2349	56,108	0,5007	0,612	0,6240	0,302	1,722	0,003116	
6.429	10880,24	Pedra	0,0300	1,40	1,69	2,366	4,78	0,4950	0,580	1,3729	0,8929	1,250	3,6929	0,3385	27,827	1,0998	0,196	0,1767	0,433	2,061	0,012669	
6.356	11012,10	Pedra	0,0300	1,90	1,01	1,919	3,92	0,4895	2,058	3,9495	0,6579	1,250	4,4579	0,2804	26,968	0,3920	0,810	1,0495	0,353	1,862	0,013489	
6.387	11060,17	Pedra	0,0300	1,90	1,08	2,052	4,06	0,5054	0,558	1,1036	0,6579	1,250	4,4579	0,2804	26,968	0,9728	0,212	0,1741	0,353	1,862	0,013489	
6.418	11110,16	Pedra	0,0300	1,89	1,00	1,890	3,89	0,4859	0,514	0,9709	0,6614	1,250	4,4414	0,2814	26,984	0,9886	0,202	0,1650	0,355	1,865	0,013472	
6.449	11158,76	Pedra	0,0300	1,92	0,99	1,901	3,9	0,4874	0,522	0,9923	0,6510	1,250	4,4910	0,2783	26,934	0,9703	0,207	0,1692	0,351	1,855	0,013523	
6.480	11208,04	Pedra	0,0300	1,90	1,05	1,995	4	0,4988	0,526	1,0504	0,6579	1,250	4,4579	0,2804	26,968	0,9808	0,207	0,1697	0,353	1,862	0,013489	
6.511	11311,29	Pedra	0,0300	1,90	1,03	1,957	3,96	0,4942	0,362	0,7075	0,6579	1,250	4,4579	0,2804	26,968	1,2550	0,142	0,1030	0,353	1,862	0,013489	

A39. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH6.

Apèndix

Elevació acumulada	Distància acumulada	Material	n coeficient de Manning	b (m) amplada	m (m) mesura A (m2)secció	P (m) perim	Rh (m)	V (m/s)	Q (m3/s)	Y local (m)	A local(m2)	p local (m)	Rh local (m)	Coefficieny	Y normal (m)	Fr	Fr	Y crítica (m)	V crítica (m/s)	S _c	
			a	b	y	F	Rh	U (m/s)	Q (m3/s)	Y	S (m2)	p (m)	Rh	C	Yn (m)	Fr	Fr	Yc (m)	Vc (m/s)	S _c	
6.519	11368,69	Terra/Formigó	0,0180	1,90	1,00	3,9	0,4872	0,408	0,7755	0,6579	1,250	4,4579	0,2804	44,946	1,1502	0,161	0,1215	0,353	1,862	0,004856	
6.527	11417,98	Terra/Formigó	0,0180	1,92	1,02	3,96	0,4945	0,445	0,8713	0,6510	1,250	4,4910	0,2783	44,891	1,0865	0,176	0,1363	0,351	1,855	0,004868	
6.535	11467,36	Terra/Formigó	0,0180	1,90	1,05	4	0,4988	0,447	0,8919	0,6579	1,250	4,4579	0,2804	44,946	1,0938	0,176	0,1365	0,353	1,862	0,004856	
6.543	11517,05	Terra/Formigó	0,0180	1,95	1,10	4,15	0,5169	0,456	0,9789	0,6410	1,250	4,5410	0,2753	44,908	1,0796	0,182	0,1402	0,347	1,846	0,004886	
6.551	11566,63	Terra/Formigó	0,0180	1,99	1,11	2,209	4,21	0,5247	1,0193	0,6281	1,250	4,6081	0,2713	44,698	1,0660	0,186	0,1427	0,343	1,833	0,004910	
6.559	11587,59	Terra/Formigó	0,0180	1,89	1,06	2,003	4,01	0,4996	0,687	1,3762	0,6614	1,250	4,4414	0,2814	44,974	0,8246	0,270	0,2415	0,355	1,865	0,004850
6.560	11616,95	Terra/Formigó	0,0180	1,96	1,70	3,332	5,36	0,6216	0,237	0,7882	0,6378	1,250	4,5578	0,2743	44,780	1,8106	0,095	0,0561	0,346	1,843	0,004892
6.563	11659,50	Terra/Formigó	0,0180	2,00	1,00	2,000	4	0,5000	0,240	0,7993	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	44,671	1,6101	0,097	0,0603	0,341	1,830	0,004916
6.565	11709,43	Terra/Formigó	0,0180	2,01	1,02	2,050	4,05	0,5062	0,223	0,4579	0,6219	1,250	4,6419	0,2693	44,644	1,6920	0,090	0,0548	0,340	1,827	0,004922
6.565	11727,61	Terra/Formigó	0,0180	2,00	1,03	2,060	4,06	0,5074	0,262	0,5398	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	44,671	1,5270	0,106	0,0677	0,341	1,830	0,004916
6.567	11759,64	Terra	0,0220	2,20	0,60	1,320	3,4	0,3882	0,175	0,2303	0,5682	1,250	4,9682	0,2516	36,116	1,6817	0,074	0,0430	0,320	1,773	0,007521
6.569	11809,47	Terra	0,0220	2,25	0,62	1,395	3,49	0,3997	0,143	0,1990	0,5556	1,250	5,0556	0,2473	36,011	1,9234	0,061	0,0328	0,316	1,760	0,007565
6.570	11842,99	Terra	0,0220	2,29	0,66	1,511	3,61	0,4187	0,179	0,2711	0,5459	1,250	5,1259	0,2439	35,928	1,6681	0,078	0,0443	0,312	1,750	0,007600
6.577	11859,95	Formigó	0,0140	2,00	0,77	1,540	3,54	0,4350	0,833	1,2827	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	47,434	0,6597	0,336	0,3274	0,341	1,830	0,002974
6.580	11908,94	Formigó	0,0140	2,00	0,82	1,640	3,64	0,4505	0,329	0,5387	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	1,2459	0,133	0,0940	0,341	1,830	0,002974
6.592	11958,68	Formigó	0,0140	2,05	0,86	1,763	3,77	0,4676	0,668	1,1785	0,6098	1,250	4,7098	0,2654	57,261	0,7775	0,273	0,2420	0,336	1,815	0,002992
6.593	11976,61	Formigó	0,0140	2,02	0,82	1,656	3,66	0,4526	0,314	0,5209	0,6188	1,250	4,6588	0,2683	57,365	1,2778	0,128	0,0888	0,339	1,824	0,002981
6.601	12007,38	Formigó	0,0140	2,00	0,88	1,760	3,76	0,4681	0,689	1,2124	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,7735	0,278	0,2501	0,341	1,830	0,002974
6.609	12057,21	Formigó	0,0140	2,01	0,82	1,648	3,65	0,4516	0,528	0,8710	0,6219	1,250	4,6419	0,2693	57,399	0,9057	0,214	0,1773	0,340	1,827	0,002978
6.617	12106,79	Formigó	0,0140	2,00	0,85	1,700	3,7	0,4595	0,536	0,9112	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,9068	0,216	0,1797	0,341	1,830	0,002974
6.625	12111,33	Formigó	0,0140	2,00	0,86	1,720	3,72	0,4624	1,780	3,0610	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,4086	0,719	0,8889	0,341	1,830	0,002974
6.800	12153,76	Terra	0,0220	2,40	0,66	1,584	3,72	0,4258	1,652	2,6165	0,5208	1,250	5,3208	0,2349	35,705	0,3723	0,731	0,8643	0,302	1,722	0,007695
6.802	12202,81	Terra	0,0220	2,25	0,65	1,463	3,55	0,4120	0,166	0,2483	0,5556	1,250	5,0556	0,2473	36,011	1,7594	0,071	0,0400	0,316	1,760	0,007565
6.820	12250,92	Terra	0,0220	2,35	0,56	1,316	3,47	0,3793	0,454	0,5970	0,5319	1,250	5,2319	0,2389	35,806	0,8472	0,199	0,1574	0,307	1,734	0,007652
6.837	12300,41	Terra	0,0220	2,33	0,59	1,375	3,51	0,3917	0,457	0,6282	0,5365	1,250	5,1965	0,2405	35,846	0,8595	0,199	0,1574	0,308	1,739	0,007635
6.854	12348,82	Terra	0,0220	2,39	0,53	1,267	3,45	0,3672	0,443	0,5606	0,5230	1,250	5,3030	0,2357	35,725	0,8408	0,195	0,1541	0,303	1,725	0,007686
6.872	12398,49	Terra	0,0220	2,41	0,58	1,398	3,57	0,3915	0,456	0,6376	0,5187	1,250	5,3876	0,2341	35,685	0,8439	0,202	0,1585	0,302	1,720	0,007704
6.888	12447,99	Terra	0,0220	2,44	0,63	1,537	3,7	0,4155	0,456	0,7006	0,5123	1,250	5,3923	0,2318	35,626	0,8607	0,203	0,1569	0,299	1,713	0,007729
6.904	12497,35	Terra	0,0220	2,40	0,59	1,416	3,58	0,3955	0,442	0,6255	0,5208	1,250	5,3208	0,2349	35,705	0,8661	0,195	0,1514	0,302	1,722	0,007695
6.920	12546,26	Terra	0,0220	2,35	0,60	1,410	3,55	0,3972	0,445	0,6275	0,5319	1,250	5,3319	0,2389	35,806	0,8760	0,195	0,1518	0,307	1,734	0,007652
6.936	12588,68	Terra	0,0220	2,32	0,55	1,276	3,42	0,3731	0,458	0,5848	0,5388	1,250	5,1788	0,2414	35,867	0,8416	0,199	0,1595	0,309	1,742	0,007626
6.981	12638,39	Terra	0,0220	2,20	0,62	1,364	3,44	0,3965	0,740	1,0091	0,5682	1,250	4,9682	0,2516	36,116	0,6480	0,313	0,2954	0,320	1,773	0,007521
6.991	12715,44	Terra	0,0220	2,30	0,52	1,196	3,34	0,3581	0,387	0,4631	0,5435	1,250	5,1435	0,2430	35,908	0,9294	0,168	0,1282	0,311	1,747	0,007608
7,017	12966,08	Terra	0,0220	2,40	0,52	1,248	3,44	0,3628	0,966	1,2061	0,5208	1,250	5,3208	0,2349	35,705	0,4957	0,428	0,4383	0,302	1,722	0,007695

A40. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH7.

Elevació aiguada	Distància aiguada	Material	n coeficient de Manning	b (m) amplada	(m) mesura: A (m) secció	P (m) perim	rh (m)	V (m/s)	Q (m³/s)	Y local (m)	A local (m²)	P local (m)	rh local (m)	Coefficient	V normal (m)	Froude: y local	Froude y normal	Y crítica (m)	Uc	S crític
				b	y	s	p	rh	Q	Y	S	p	rh	C	Vn	F	F'	Yc	Uc	S _c
7,045	13015,98	Terra	0,0220	2,39	0,55	1,315	3,49	0,3766	0,558	0,7337	0,5230	5,9030	0,2357	35,725	0,7285	0,246	0,2088	0,303	1,725	0,007686
7,072	13100,21	Terra	0,0220	2,33	0,56	1,305	3,45	0,3782	0,431	0,5622	0,5365	5,1965	0,2405	35,846	0,8802	0,188	0,1466	0,308	1,739	0,007635
7,075	13149,15	Terra	0,0220	2,50	0,49	1,225	3,48	0,3520	0,145	0,1775	0,5000	5,5000	0,2273	35,509	1,6990	0,065	0,0355	0,294	1,699	0,007780
7,080	13161,88	Terra	0,0220	2,40	0,53	1,272	3,46	0,3676	0,462	0,3882	0,5208	5,3208	0,2349	35,705	0,8151	0,205	0,1635	0,302	1,722	0,007695
7,087	13222,34	Terra/fornigó	0,0180	2,00	1,05	2,100	4,1	0,5122	0,407	0,3537	0,6250	4,6250	0,2703	44,671	1,1442	0,164	0,1213	0,341	1,830	0,004916
7,095	13272,29	Terra/fornigó	0,0180	2,02	1,02	2,060	4,06	0,5075	0,444	0,3158	0,6188	4,5588	0,2683	44,617	1,0675	0,180	0,1374	0,339	1,824	0,004928
7,103	13321,58	Terra/fornigó	0,0180	2,04	1,03	2,101	4,1	0,5125	0,450	0,3465	0,6127	4,6927	0,2664	44,563	1,0566	0,184	0,1399	0,337	1,818	0,004940
7,111	13371,28	Terra/fornigó	0,0180	2,00	1,05	2,100	4,1	0,5122	0,448	0,3416	0,6250	4,6250	0,2703	44,671	1,0719	0,181	0,1383	0,341	1,830	0,004916
7,119	13413,97	Terra/fornigó	0,0180	2,03	1,01	2,050	4,05	0,5062	0,480	0,3843	0,6158	4,6758	0,2673	44,590	1,0101	0,195	0,1525	0,338	1,821	0,004934
7,120	13421,42	Fornigó	0,0140	2,02	1,09	2,202	4,2	0,5242	0,417	0,3175	0,6188	4,5888	0,2683	57,365	1,1306	0,169	0,1251	0,339	1,824	0,002981
7,120	13471,35	Fornigó	0,0140	2,05	1,10	2,255	4,25	0,5306	0,162	0,3659	0,6098	4,7098	0,2654	57,261	2,1133	0,066	0,0356	0,336	1,815	0,002992
7,121	13518,36	Fornigó	0,0140	2,01	1,08	2,171	4,17	0,5206	0,165	0,3585	0,6219	4,6419	0,2693	57,399	2,0952	0,067	0,0364	0,340	1,827	0,002978
7,121	13567,92	Fornigó	0,0140	2,00	1,07	2,140	4,14	0,5169	0,220	0,3426	0,6250	4,6250	0,2703	57,434	2,1385	0,065	0,0350	0,341	1,830	0,002974
7,122	13591,60	Fornigó	0,0140	2,05	1,01	2,101	4,07	0,5087	0,229	0,4744	0,6098	4,7098	0,2654	57,261	1,6479	0,094	0,0570	0,336	1,815	0,002992
7,139	13617,91	Terra/fornigó	0,0180	2,10	0,88	1,848	3,86	0,4788	0,873	1,6127	0,5952	4,7952	0,2607	44,403	0,6485	0,361	0,3460	0,331	1,801	0,004976
7,157	13667,91	Terra/fornigó	0,0180	2,05	0,90	1,845	3,85	0,4792	0,633	1,1687	0,6098	4,7098	0,2654	44,536	0,8147	0,259	0,2241	0,336	1,815	0,004946
7,174	13717,27	Terra/fornigó	0,0180	2,00	0,99	1,980	3,98	0,4975	0,654	1,2942	0,6250	4,6250	0,2703	44,671	0,8230	0,264	0,2300	0,341	1,830	0,004916
7,191	13767,25	Terra/fornigó	0,0180	2,05	0,94	1,927	3,93	0,4903	0,643	1,2396	0,6098	4,7098	0,2654	44,536	0,8146	0,263	0,2276	0,336	1,815	0,004946
7,209	13817,19	Terra/fornigó	0,0180	2,05	0,97	1,989	3,99	0,4984	0,651	1,2937	0,6098	4,7098	0,2654	44,536	0,8143	0,266	0,2302	0,336	1,815	0,004946
7,226	13866,07	Terra/fornigó	0,0180	2,15	1,05	2,258	4,25	0,5312	0,686	1,5491	0,5814	4,7952	0,2607	44,403	0,7864	0,287	0,2470	0,325	1,787	0,005005
7,235	13867,37	Terra/fornigó	0,0180	2,10	1,00	2,100	4,1	0,5122	0,976	6,2489	0,5952	4,7952	0,2607	44,403	0,9947	0,202	0,1559	0,331	1,801	0,004976
7,244	13917,34	Terra/fornigó	0,0180	2,10	1,04	2,184	4,18	0,5225	0,487	1,0636	0,5952	4,7952	0,2607	44,403	0,9947	0,202	0,1559	0,331	1,801	0,004976
7,253	13964,94	Terra/fornigó	0,0180	2,12	1,06	2,247	4,24	0,5300	0,504	1,1321	0,5896	4,7952	0,2588	44,350	0,9733	0,209	0,1680	0,328	1,795	0,004987
7,262	13969,57	Terra/fornigó	0,0180	2,15	1,05	2,258	4,25	0,5312	1,617	3,6496	0,5814	4,7952	0,2561	44,271	0,4441	0,677	0,7745	0,325	1,787	0,005005
7,265	14014,78	Terra/fornigó	0,0180	2,05	1,02	2,091	4,09	0,5112	0,236	0,4940	0,6098	4,7098	0,2654	44,536	1,6182	0,097	0,0593	0,336	1,815	0,004946
7,265	14064,78	Terra/fornigó	0,0180	2,10	0,99	2,079	4,08	0,5096	0,159	0,3296	0,5952	4,7952	0,2607	44,403	2,0788	0,066	0,0351	0,331	1,801	0,004976
7,267	14112,78	Terra/fornigó	0,0180	2,12	1,00	2,120	4,12	0,5146	0,163	0,3452	0,5896	4,7952	0,2588	44,350	2,0396	0,068	0,0364	0,328	1,795	0,004987
7,274	14115,20	Terra/fornigó	0,0180	2,16	1,02	2,203	4,2	0,5246	1,946	4,2875	0,5787	4,8987	0,2552	44,245	0,8993	0,817	0,9959	0,324	1,784	0,005011
7,281	14165,14	Terra/fornigó	0,0180	2,15	1,01	2,172	4,17	0,5207	0,426	0,9244	0,5814	4,7952	0,2561	44,271	1,0716	0,178	0,1313	0,325	1,787	0,005005
7,287	14212,37	Terra/fornigó	0,0180	2,10	1,05	2,205	4,2	0,5250	0,440	0,9705	0,5952	4,7952	0,2607	44,403	1,0664	0,182	0,1361	0,331	1,801	0,004976
7,288	14215,13	Terra/fornigó	0,0180	2,12	1,01	2,141	4,14	0,5172	0,609	1,3047	0,5896	4,7952	0,2588	44,350	0,8481	0,253	0,2113	0,328	1,795	0,004987
7,289	14264,73	Terra/fornigó	0,0180	2,05	0,99	2,030	4,03	0,5036	0,141	0,2866	0,6098	4,7098	0,2654	44,536	2,2650	0,058	0,0300	0,336	1,815	0,004946
7,290	14314,29	Terra/fornigó	0,0180	2,05	0,98	2,009	4,01	0,5010	0,141	0,2829	0,6098	4,7098	0,2654	44,536	2,2646	0,058	0,0299	0,336	1,815	0,004946
7,291	14364,25	Terra/fornigó	0,0180	2,08	0,99	2,059	4,06	0,5072	0,141	0,2911	0,6010	4,7610	0,2626	44,456	2,2515	0,058	0,0301	0,333	1,807	0,004964

A41. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH8.

Apèndix

Elevació aiguamolls	Distància aiguamolls	Material	n coeficient de Manning	b (m) amplada	Y (m)	reserves A (m ²) secció	P (m) perímetre	Rh (m)	V (m/s)	Q (m ³ /s)	V local (m)	Q local (m ³ /s)	V local (m)	S (m ²)	P local (m)	Rh local (m)	Coef. Chézy	Y normal (m)	Froude Y local	Froude Y normal	Y crítica (m)	V crítica (m/s)	S crítica
			n	b	Y	S	P	Rh	U	Q	V	S	P	S	p	Rh	C	Yn	F	F	Yc	Vc	Sc
7,291	14377,92	Terra/Fornigó	0,0180	2,10	1,00	1,700	4,1	0,5122	0,272	0,5713	0,5952	1,250	4,7952	0,2607	44,403	1,4535	0,0720	0,331	0,0720	0,331	1,801	0,004976	
7,305	14415,04	Fornigó	0,0140	2,00	0,85	1,700	3,7	0,4595	0,802	1,3634	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,6931	0,324	0,3076	0,341	0,3076	0,341	1,830	0,002974
7,318	14485,03	Fornigó	0,0140	2,01	0,83	1,668	3,67	0,4546	0,686	1,1448	0,6219	1,250	4,6419	0,2693	57,399	0,7632	0,278	0,2508	0,340	0,2508	0,340	1,827	0,002978
7,331	14515,03	Fornigó	0,0140	2,00	0,84	1,680	3,68	0,4565	0,688	1,1560	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,7655	0,278	0,2511	0,341	0,2511	0,341	1,830	0,002974
7,349	14564,99	Fornigó	0,0140	2,03	0,88	1,786	3,79	0,4713	0,830	1,4831	0,6158	1,250	4,6758	0,2673	57,330	0,6791	0,338	0,3217	0,338	0,3217	0,338	1,821	0,002985
7,357	14601,43	Fornigó	0,0140	2,02	0,80	1,616	3,62	0,4464	0,618	0,9990	0,6188	1,250	4,6588	0,2683	57,365	0,8098	0,251	0,2194	0,339	0,2194	0,339	1,824	0,002981
7,358	14612,34	Fornigó	0,0140	2,05	0,83	1,702	3,71	0,4586	0,340	0,5789	0,6098	1,250	4,7098	0,2654	57,261	1,2091	0,139	0,0988	0,336	0,0988	0,336	1,815	0,002992
7,358	14660,53	Fornigó	0,0140	2,00	0,85	1,700	3,7	0,4595	0,106	0,1804	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	2,6694	0,043	0,0207	0,341	0,0207	0,341	1,830	0,002974
7,359	14709,70	Fornigó	0,0140	2,00	0,82	1,640	3,64	0,4505	0,189	0,3105	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	1,7991	0,076	0,0451	0,341	0,0451	0,341	1,830	0,002974
7,361	14748,99	Fornigó	0,0140	2,00	0,86	1,720	3,72	0,4624	0,305	0,5241	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	1,3250	0,123	0,0845	0,341	0,0845	0,341	1,830	0,002974
7,363	14759,16	Fornigó	0,0140	2,01	0,88	1,769	3,77	0,4692	0,428	0,7564	0,6219	1,250	4,6419	0,2693	57,399	1,0609	0,173	0,1326	0,340	0,1326	0,340	1,827	0,002978
7,363	14808,62	Fornigó	0,0140	2,02	0,80	1,616	3,62	0,4464	0,188	0,3032	0,6188	1,250	4,6588	0,2683	57,365	1,7921	0,076	0,0447	0,339	0,0447	0,339	1,824	0,002981
7,364	14858,62	Fornigó	0,0140	2,02	0,81	1,636	3,64	0,4495	0,187	0,3067	0,6188	1,250	4,6588	0,2683	57,365	1,7986	0,076	0,0446	0,339	0,0446	0,339	1,824	0,002981
7,366	14865,82	Fornigó	0,0140	2,00	0,83	1,660	3,66	0,4536	0,703	1,1668	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,7525	0,284	0,2587	0,341	0,2587	0,341	1,830	0,002974
7,368	14908,71	Fornigó	0,0140	2,00	0,85	1,700	3,7	0,4595	0,290	0,4937	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	1,3644	0,117	0,0794	0,341	0,0794	0,341	1,830	0,002974
7,369	14958,71	Fornigó	0,0140	2,01	0,80	1,608	3,61	0,4454	0,186	0,2996	0,6219	1,250	4,6419	0,2693	57,399	1,8038	0,075	0,0443	0,340	0,0443	0,340	1,827	0,002978
7,370	15008,71	Fornigó	0,0140	2,00	0,82	1,640	3,64	0,4505	0,188	0,3079	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	1,8091	0,076	0,0446	0,341	0,0446	0,341	1,830	0,002974
7,373	15058,67	Fornigó	0,0140	2,00	0,80	1,600	3,6	0,4444	0,263	0,4211	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	1,4354	0,106	0,0701	0,341	0,0701	0,341	1,830	0,002974
7,373	15106,74	Fornigó	0,0140	2,02	0,79	1,596	3,6	0,4433	0,189	0,3022	0,6188	1,250	4,6588	0,2683	57,365	1,7752	0,077	0,0454	0,339	0,0454	0,339	1,824	0,002981
7,377	15108,97	Fornigó	0,0140	2,07	0,81	1,677	3,69	0,4544	1,697	2,8448	0,6039	1,250	4,7439	0,2635	57,192	4,4102	0,697	0,8458	0,334	0,8458	0,334	1,809	0,002999
7,381	15158,86	Fornigó	0,0140	2,08	0,77	1,602	3,62	0,4424	0,352	0,5643	0,6010	1,250	4,7610	0,2626	57,158	1,1528	0,145	0,1048	0,333	0,1048	0,333	1,807	0,003003
7,384	15201,64	Fornigó	0,0140	2,05	0,82	1,681	3,69	0,4556	0,388	0,6521	0,6098	1,250	4,7098	0,2654	57,261	1,1045	0,159	0,1178	0,336	0,1178	0,336	1,815	0,002992
7,388	15251,61	Fornigó	0,0140	2,05	0,80	1,642	3,652	0,4495	0,356	0,5840	0,6092	1,250	4,7132	0,2652	57,254	1,1626	0,146	0,1053	0,336	0,1053	0,336	1,815	0,002993
7,392	15270,01	Fornigó	0,0140	2,05	0,88	1,804	3,81	0,4735	0,607	1,0951	0,6098	1,250	4,7098	0,2654	57,261	0,8337	0,248	0,2123	0,336	0,2123	0,336	1,815	0,002992
7,402	15302,13	Fornigó	0,0140	2,00	0,81	1,620	3,62	0,4475	0,764	1,2385	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,7073	0,309	0,2902	0,341	0,2902	0,341	1,830	0,002974
7,413	15307,74	Fornigó	0,0140	2,02	0,80	1,616	3,62	0,4464	1,827	2,9522	0,6188	1,250	4,6588	0,2683	57,365	0,3990	0,741	0,9904	0,339	0,9904	0,339	1,824	0,008269
7,435	15352,89	Terra	0,0220	3,10	0,70	2,170	4,5	0,4822	0,617	1,3389	0,4032	1,250	6,6032	0,1893	34,443	0,6552	0,310	0,2434	0,255	0,2434	0,255	1,582	0,008269
7,457	15402,86	Terra	0,0220	3,15	0,65	2,048	4,45	0,4601	0,568	1,1638	0,3968	1,250	6,6968	0,1867	34,362	0,6716	0,288	0,2214	0,252	0,2214	0,252	1,573	0,008308
7,479	15452,84	Terra	0,0220	3,20	0,62	1,984	4,44	0,4468	0,557	1,1059	0,3906	1,250	6,7906	0,1841	34,283	0,6656	0,285	0,2181	0,250	0,2181	0,250	1,565	0,008347
7,501	15499,31	Terra	0,0220	3,30	0,66	2,178	4,62	0,4714	0,599	1,3048	0,3788	1,250	6,9788	0,1791	34,127	0,6384	0,311	0,2394	0,245	0,2394	0,245	1,549	0,008423
7,523	15511,09	Terra	0,0220	3,33	0,60	1,998	4,53	0,4411	1,138	2,2744	0,3754	1,250	7,0354	0,1777	34,081	0,4020	0,593	0,5733	0,243	0,5733	0,243	1,544	0,008446
7,526	15544,79	Terra	0,0220	3,35	0,70	2,345	4,75	0,4937	0,275	0,6457	0,3731	1,250	7,0731	0,1767	34,051	1,0849	0,144	0,0844	0,242	0,0844	0,242	1,541	0,008461
7,533	15594,74	Terra	0,0220	3,40	0,63	2,142	4,66	0,4597	0,313	0,6696	0,3676	1,250	7,1676	0,1744	33,976	0,9576	0,165	0,1020	0,240	0,1020	0,240	1,534	0,008498
7,534	15636,27	Terra	0,0220	3,40	0,60	2,040	4,6	0,4435	0,146	0,2982	0,3676	1,250	7,1676	0,1744	33,976	1,5645	0,077	0,0373	0,240	0,0373	0,240	1,534	0,008498

A42. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH9.

Elevació acumulada	Distància acumulada	Material	n coeficient de Manning	b (m) amplada	y	resaca A (m ² /secc)	P (m) perim	Rh (m)	U (m/s)	Q (m ³ /s)	V local (m/s)	V local (m/s)	A local (m ²)	p (m)	Rh local (m)	Coeff.Chesby	Y normal (m)	Froude y local	Froude y normal	Y crítica (m)	V crítica (m)	Uc	S crític
7,536	15643,55	Terra	0,0220	3,30	0,59	1,947	4,48	0,4346	0,422	0,8207	0,3788	1,250	6,9788	0,1791	34,127	0,7784	0,219	0,1525	0,245	0,245	1,549	0,008423	
7,537	15693,34	Terra	0,0220	3,25	0,60	1,950	4,45	0,4382	0,091	0,1775	0,3846	1,250	6,8846	0,1816	34,204	2,1892	0,047	0,0196	0,247	0,247	1,557	0,008385	
7,538	15743,27	Terra	0,0220	3,35	0,62	2,077	4,59	0,4525	0,152	0,3150	0,3731	1,250	7,0731	0,1767	34,051	1,5533	0,079	0,0888	0,242	0,242	1,541	0,008461	
7,539	15792,36	Terra	0,0220	3,40	0,60	2,040	4,6	0,4485	0,065	0,1333	0,3676	1,250	7,1676	0,1744	33,976	2,6758	0,084	0,0128	0,240	0,240	1,534	0,008498	
7,541	15807,74	Terra	0,0220	3,20	0,66	2,112	4,52	0,4673	0,349	0,7369	0,3906	1,250	6,7906	0,1841	34,283	0,9279	0,178	0,1156	0,250	0,250	1,565	0,008347	
7,542	15842,47	Terra	0,0220	3,35	0,62	2,077	4,59	0,4525	0,111	0,2313	0,3731	1,250	7,0731	0,1767	34,051	1,9084	0,058	0,0257	0,242	0,242	1,541	0,008461	
7,543	15858,55	Terra	0,0220	3,15	0,68	2,142	4,51	0,4749	0,239	0,5121	0,3988	1,250	6,6988	0,1867	34,362	1,2133	0,121	0,0693	0,252	0,252	1,573	0,008308	
7,544	15891,39	Terra/romigo	0,0180	2,77	0,71	1,967	4,19	0,4694	0,203	0,3989	0,4513	1,250	5,9913	0,2086	42,785	1,4494	0,096	0,0538	0,275	0,275	1,642	0,005359	
7,544	15941,08	Terra/romigo	0,0180	2,76	0,72	1,987	4,2	0,4731	0,107	0,2126	0,4529	1,250	5,9729	0,2093	42,807	2,2323	0,051	0,0229	0,275	0,275	1,644	0,005354	
7,547	15990,84	Terra/romigo	0,0180	2,74	0,73	2,000	4,2	0,4762	0,263	0,5262	0,4562	1,250	5,9362	0,2106	42,851	1,2342	0,124	0,0756	0,277	0,277	1,648	0,005343	
7,549	16004,88	Terra/romigo	0,0180	2,66	0,78	2,075	4,22	0,4917	0,413	0,8571	0,4699	1,250	5,7899	0,2159	43,030	0,9424	0,192	0,1359	0,282	0,282	1,664	0,005298	
7,553	16040,97	Terra	0,0220	2,05	0,75	1,538	3,55	0,4331	0,248	0,3817	0,6098	1,250	4,7098	0,2654	36,439	1,4543	0,102	0,0657	0,336	0,336	1,815	0,007388	
7,561	16087,21	Terra	0,0220	2,10	0,74	1,554	3,58	0,4341	0,338	0,5255	0,5952	1,250	4,7952	0,2607	36,330	1,1682	0,140	0,0999	0,331	0,331	1,801	0,007433	
7,568	16137,19	Terra	0,0220	2,15	0,76	1,634	3,67	0,4452	0,331	0,5405	0,5814	1,250	4,8814	0,2561	36,222	1,1826	0,139	0,0971	0,325	0,325	1,787	0,007477	
7,576	16186,15	Terra	0,0220	2,12	0,77	1,632	3,66	0,4460	0,335	0,5462	0,5896	1,250	4,8296	0,2588	36,286	1,1842	0,139	0,0982	0,328	0,328	1,795	0,007450	
7,584	16235,87	Terra	0,0220	2,11	0,75	1,583	3,61	0,4384	0,328	0,5195	0,5924	1,250	4,8124	0,2597	36,308	1,1995	0,136	0,0959	0,330	0,330	1,798	0,007442	
7,587	16285,87	Terra	0,0220	2,09	0,76	1,588	3,61	0,4400	0,194	0,3076	0,5981	1,250	4,7781	0,2616	36,351	1,7090	0,080	0,0473	0,332	0,332	1,804	0,007424	
7,590	16300,22	Terra	0,0220	2,10	0,77	1,617	3,64	0,4442	0,434	0,7018	0,5952	1,250	4,7952	0,2607	36,330	0,9994	0,180	0,1386	0,331	0,331	1,801	0,007433	
7,592	16334,15	Terra/romigo	0,0180	2,66	0,71	1,889	4,08	0,4629	0,255	0,4820	0,4699	1,250	5,7899	0,2159	43,030	1,2648	0,119	0,0725	0,282	0,282	1,664	0,005298	
7,594	16384,05	Terra/romigo	0,0180	2,68	0,70	1,876	4,08	0,4598	0,148	0,2780	0,4664	1,250	5,8284	0,2145	42,985	1,8044	0,069	0,0352	0,281	0,281	1,660	0,005309	
7,595	16432,50	Terra/romigo	0,0180	2,72	0,73	1,986	4,18	0,4750	0,168	0,3342	0,4596	1,250	5,8996	0,2119	42,895	1,6672	0,079	0,0416	0,278	0,278	1,652	0,005332	
7,595	16482,50	Terra/romigo	0,0180	2,79	0,65	1,814	4,09	0,4434	0,129	0,2343	0,4480	1,250	6,0280	0,2074	42,742	1,9008	0,062	0,0299	0,274	0,274	1,638	0,005370	
7,601	16504,88	Terra/romigo	0,0180	2,78	0,68	1,890	4,14	0,4566	0,492	0,9307	0,4496	1,250	6,0096	0,2080	42,763	0,7910	0,234	0,1767	0,274	0,274	1,640	0,005364	
7,617	16531,41	Terra/romigo	0,0180	2,80	0,75	2,100	4,3	0,4884	0,857	1,7997	0,4464	1,250	6,0464	0,2067	42,720	0,5609	0,410	0,3653	0,273	0,273	1,636	0,005375	
7,642	16581,40	Terra/romigo	0,0180	2,74	0,70	1,918	4,14	0,4633	0,750	1,4386	0,4562	1,250	5,9362	0,2106	42,851	0,6063	0,355	0,3075	0,277	0,277	1,648	0,005343	
7,668	16631,24	Terra/romigo	0,0180	2,74	0,71	1,945	4,16	0,4676	0,756	1,4704	0,4562	1,250	5,9362	0,2106	42,851	0,6057	0,357	0,3101	0,277	0,277	1,648	0,005343	
7,693	16681,24	Terra/romigo	0,0180	2,80	0,72	2,016	4,24	0,4755	0,763	1,5384	0,4464	1,250	6,0464	0,2067	42,720	0,5989	0,365	0,3148	0,273	0,273	1,636	0,005370	
7,719	16729,07	Terra/romigo	0,0180	2,79	0,72	2,009	4,23	0,4749	0,779	1,5659	0,4480	1,250	6,0280	0,2074	42,742	0,5914	0,372	0,3236	0,274	0,274	1,638	0,005370	
7,744	16756,50	Terra/romigo	0,0180	2,75	0,75	2,063	4,25	0,4853	1,044	2,1540	0,4545	1,250	5,9545	0,2099	42,829	0,4954	0,495	0,4738	0,276	0,276	1,646	0,005348	
7,755	16779,39	Terra/romigo	0,0180	2,77	0,74	2,050	4,25	0,4823	0,739	1,5143	0,4513	1,250	5,9913	0,2086	42,785	0,6197	0,351	0,2996	0,275	0,275	1,642	0,005359	
7,765	16826,62	Terra/romigo	0,0180	2,76	0,77	2,125	4,3	0,4942	0,523	1,1109	0,4529	1,250	5,9729	0,2093	42,807	0,7906	0,248	0,1877	0,275	0,275	1,644	0,005354	
7,776	16876,61	Terra/romigo	0,0180	2,79	0,75	2,093	4,29	0,4878	0,504	1,0559	0,4480	1,250	6,0280	0,2074	42,742	0,8007	0,240	0,1797	0,274	0,274	1,638	0,005370	
7,787	16926,41	Terra/romigo	0,0180	2,65	0,77	2,041	4,19	0,4870	0,504	1,0285	0,4717	1,250	5,7717	0,2166	43,052	0,8237	0,234	0,1773	0,283	0,283	1,666	0,005293	
7,797	16963,80	Terra/romigo	0,0180	2,35	0,39	0,917	3,13	0,2928	0,414	0,3798	0,5319	1,250	5,2319	0,2389	43,763	0,8022	0,181	0,1477	0,307	0,307	1,734	0,005122	

A43. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH10.

Apèndix

Elevació acumulada	Distància acumulada	Material	n coeficient de Manning	b (m) amplada	m) presors A (m2)secció	P (m) perímetre	Rh (m)	V (m/s)	Q (m3/s)	Y local (m)	A local(m2)	p (m)	Rh local (m)	Coefficient	Y normal (m)	Froude y local	Froude y normal	Y crítica (m)	V crítica (m/s)	Sr crític	
			a	b	y	F	Rh	U (m/s)	Q (m3/s)	Y local (m)	S (m2)	p (m)	Rh	C	Yn (m)	Fr	Fn	Yc	Vc	Sr	
7,821	16974,57	Pedra/ormigó	0,0180	2,30	0,41	0,943	3,12	0,3022	1,177	1,1099	0,5435	1,250	0,2430	43,887	0,4107	0,510	0,5864	0,311	1,747	0,005093	
7,845	17023,72	Pedra/ormigó	0,0180	2,28	0,42	0,958	3,12	0,3069	0,557	0,5331	0,5482	1,250	0,2447	43,937	0,6848	0,240	0,2148	0,313	1,752	0,005082	
7,869	17073,69	Pedra/ormigó	0,0180	2,30	0,41	0,943	3,12	0,3022	0,546	0,5153	0,5485	1,250	0,2430	43,887	0,6851	0,237	0,2108	0,311	1,747	0,005093	
7,893	17115,56	Pedra/ormigó	0,0180	2,30	0,42	0,966	3,14	0,3076	0,604	0,5835	0,5485	1,250	0,2430	43,887	0,6459	0,262	0,2400	0,311	1,747	0,005093	
7,917	17165,51	Pedra/ormigó	0,0180	2,30	0,41	0,943	3,12	0,3022	0,547	0,5154	0,5485	1,250	0,2430	43,887	0,6850	0,237	0,2109	0,311	1,747	0,005093	
7,921	17207,14	Pedra/ormigó	0,0180	2,28	0,45	1,026	3,18	0,3226	0,251	0,2573	0,5482	1,250	0,2447	43,937	1,1914	0,108	0,0733	0,313	1,752	0,005082	
7,922	17215,62	Pedra/ormigó	0,0180	2,30	0,44	1,012	3,18	0,3182	0,398	0,4026	0,5485	1,250	0,2430	43,887	0,8661	0,172	0,1365	0,311	1,747	0,005093	
7,923	17265,61	Pedra/ormigó	0,0180	2,32	0,41	0,951	3,14	0,3029	0,112	0,1066	0,5388	1,250	0,2414	43,837	1,9619	0,049	0,0255	0,309	1,742	0,005105	
7,924	17315,59	Pedra/ormigó	0,0180	2,30	0,42	0,966	3,14	0,3076	0,088	0,0847	0,5485	1,250	0,2430	43,887	2,3377	0,088	0,0183	0,311	1,747	0,005093	
7,926	17365,43	Pedra/ormigó	0,0180	2,31	0,46	1,063	3,23	0,3290	0,140	0,1491	0,5411	1,250	0,2422	43,862	1,7564	0,061	0,0338	0,310	1,744	0,005099	
7,927	17414,58	Pedra/ormigó	0,0180	2,33	0,39	0,909	3,11	0,2922	0,121	0,1098	0,5365	1,250	0,2405	43,812	1,8313	0,053	0,0285	0,308	1,739	0,005111	
7,928	17436,87	Pedra/ormigó	0,0180	2,35	0,38	0,893	3,11	0,2871	0,217	0,1941	0,5319	1,250	0,2389	43,763	1,2230	0,095	0,0627	0,307	1,734	0,005122	
7,933	17464,18	Pedra	0,0300	2,30	0,42	0,966	3,14	0,3076	0,197	0,1904	0,5485	1,250	0,2430	26,332	1,3624	0,085	0,0539	0,311	1,747	0,014148	
7,942	17510,69	Pedra	0,0300	2,30	0,42	0,966	3,14	0,3076	0,212	0,2053	0,5485	1,250	0,2430	26,332	1,2961	0,092	0,0596	0,311	1,747	0,014148	
7,951	17558,93	Pedra	0,0300	2,30	0,43	0,989	3,16	0,3130	0,211	0,2087	0,5485	1,250	0,2430	26,332	1,3119	0,091	0,0588	0,311	1,747	0,014148	
7,960	17605,27	Pedra	0,0300	2,28	0,42	0,958	3,12	0,3069	0,213	0,2035	0,5482	1,250	0,2447	26,362	1,3010	0,092	0,0595	0,313	1,752	0,014116	
7,969	17606,27	Pedra	0,0300	2,26	0,50	1,130	3,26	0,3466	1,570	1,7744	0,5531	1,250	0,2464	26,393	0,3639	0,674	0,8311	0,315	1,757	0,014083	
7,988	17649,75	Pedra/ormigó	0,0240	2,20	0,74	1,628	3,68	0,4424	0,496	0,8068	0,5682	1,250	0,4962	33,106	0,8887	0,210	0,1678	0,320	1,773	0,008951	
8,006	17697,81	Pedra/ormigó	0,0240	2,18	0,75	1,635	3,68	0,4443	0,473	0,7730	0,5734	1,250	0,4934	33,145	0,9237	0,199	0,1571	0,322	1,778	0,008990	
8,006	17746,32	Pedra/ormigó	0,0240	2,17	0,79	1,714	3,75	0,4571	0,000	0,0000	0,5760	1,250	0,49160	33,164	#DIV/0!	0,000	#DIV/0!	0,323	1,781	0,008919	
8,008	17772,71	Pedra/ormigó	0,0240	2,19	0,73	1,599	3,65	0,4380	0,181	0,2897	0,5708	1,250	0,49508	33,125	1,7350	0,077	0,0439	0,321	1,776	0,008940	
8,009	17795,45	Formigó	0,0140	1,99	0,70	1,393	3,39	0,4109	0,262	0,3647	0,6281	1,250	0,46081	27,113	57,469	1,3954	0,0708	0,343	1,833	0,002970	
8,011	17844,10	Formigó	0,0140	2,00	0,68	1,360	3,36	0,4048	0,251	0,3408	0,6250	1,250	0,46250	27,703	1,4228	0,101	0,0671	0,341	1,830	0,002974	
8,013	17893,54	Formigó	0,0140	2,01	0,66	1,327	3,33	0,3984	0,246	0,3263	0,6219	1,250	0,46419	27,999	1,4263	0,100	0,0658	0,340	1,827	0,002978	
8,014	17933,93	Formigó	0,0140	2,10	0,60	1,260	3,3	0,3818	0,187	0,2357	0,5952	1,250	0,47952	27,089	1,6375	0,077	0,0467	0,331	1,801	0,003010	
8,022	17979,55	Formigó	0,0140	2,05	0,62	1,271	3,29	0,3863	0,502	0,6377	0,6098	1,250	0,47098	27,261	0,8647	0,205	0,1723	0,336	1,815	0,002992	
8,135	17984,26	Formigó	0,0140	2,10	0,61	1,281	3,32	0,3858	5,862	7,5091	0,5952	1,250	0,47952	27,089	1,6555	0,077	0,0467	0,331	1,801	0,003010	
8,180	18028,63	Formigó	0,0140	2,08	0,62	1,290	3,32	0,3884	1,222	1,5760	0,6010	1,250	0,47610	27,158	0,4748	0,503	0,5663	0,333	1,807	0,003003	
8,246	18060,36	Formigó	0,0140	2,05	0,63	1,292	3,31	0,3902	1,728	2,2323	0,6098	1,250	0,47098	27,261	0,3808	0,707	0,8943	0,336	1,815	0,002992	
8,256	18077,48	Pedra/ormigó	0,0240	1,82	0,86	1,565	3,54	0,4421	0,584	0,9147	0,6868	1,250	0,4268	33,878	0,8895	0,225	0,1978	0,364	1,889	0,008548	
8,259	18127,14	Pedra/ormigó	0,0240	1,90	0,89	1,691	3,68	0,4595	0,193	0,3261	0,6579	1,250	0,4579	28,204	1,8474	0,076	0,0453	0,353	1,862	0,008633	
8,265	18150,76	Pedra/ormigó	0,0240	1,88	0,79	1,485	3,46	0,4292	0,378	0,5613	0,6649	1,250	0,44249	28,225	33,751	1,1517	0,148	0,1124	0,356	1,868	0,008612
8,306	18177,41	Pedra	0,0300	2,40	0,62	1,488	3,64	0,4088	0,721	1,0724	0,5208	1,250	0,52008	26,184	0,6356	0,319	0,2886	0,302	1,722	0,014309	
8,322	18224,96	Pedra	0,0300	2,40	0,66	1,584	3,72	0,4258	0,347	0,5494	0,5208	1,250	0,53208	26,184	1,0539	0,153	0,1079	0,302	1,722	0,014309	

A44. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH11.

Elevació aiguada	Distància aiguada	Material	n coeficient de Manning	b (m) amplada	m) mesures A (m2) secció	S	P (m) perímetre	R _h (m)	U (m/s)	Q (m³/s)	Y local (m)	S local (m²)	P local (m)	R _h local (m)	Coef. Chézy	Y normal (m)	F _r	Froude y normal	Y crítica (m)	U _c	S crític
8,358	18271,53	Pedra	0,0300	2,40	0,65	1,560	3,7	0,4216	0,522	0,8137	0,3208	1,250	5,3208	0,3349	26,184	0,7994	0,231	0,1863	0,302	1,722	0,014309
8,394	18320,77	Pedra	0,0300	2,35	0,70	1,645	3,75	0,4387	0,521	0,8568	0,5319	1,250	5,2319	0,2389	26,258	0,8243	0,228	0,1832	0,307	1,734	0,014229
8,430	18370,71	Pedra	0,0300	2,32	0,68	1,578	3,68	0,4287	0,509	0,8035	0,5388	1,250	5,1788	0,2414	26,302	0,8344	0,222	0,1780	0,309	1,742	0,014180
8,466	18420,55	Pedra	0,0300	2,33	0,69	1,608	3,71	0,4333	0,514	0,8256	0,5365	1,250	5,1965	0,2405	26,287	0,8318	0,224	0,1798	0,308	1,739	0,014196
8,502	18430,30	Pedra	0,0300	2,35	0,65	1,528	3,65	0,4185	0,514	0,8256	0,5319	1,250	5,2319	0,2389	26,258	0,8243	0,228	0,1832	0,307	1,734	0,014229
8,556	18460,88	Pedra	0,0300	2,38	0,62	1,476	3,62	0,4076	0,772	1,1395	0,5252	1,250	5,2852	0,2365	26,213	0,6092	0,340	0,3159	0,304	1,727	0,014277
8,611	18510,88	Pedra	0,0300	2,37	0,61	1,446	3,59	0,4027	0,599	0,8660	0,5274	1,250	5,2674	0,2373	26,228	0,7194	0,263	0,2255	0,305	1,730	0,014261
8,665	18560,88	Pedra	0,0300	2,36	0,65	1,534	3,66	0,4191	0,615	0,9437	0,5297	1,250	5,2497	0,2381	26,243	0,7212	0,270	0,2313	0,306	1,732	0,014245
8,719	18609,46	Pedra	0,0300	2,32	0,66	1,531	3,64	0,4207	0,626	0,9580	0,5388	1,250	5,1788	0,2414	26,302	0,7214	0,272	0,2352	0,309	1,742	0,014180
8,729	18610,54	Pedra	0,0300	2,20	0,76	1,672	3,72	0,4495	1,812	3,0803	0,5682	1,250	4,9682	0,2516	26,485	0,3770	0,768	0,9424	0,320	1,773	0,013985
8,732	18657,79	Fornigó	0,0140	2,05	0,70	1,435	3,45	0,4159	0,334	0,4795	0,6098	1,250	4,7098	0,2654	57,261	1,1717	0,137	0,0986	0,336	1,815	0,002992
8,735	18707,79	Fornigó	0,0140	2,01	0,77	1,548	3,55	0,4360	0,300	0,4645	0,6219	1,250	4,6419	0,2693	57,399	1,3002	0,122	0,0840	0,340	1,827	0,002978
8,737	18719,81	Fornigó	0,0140	2,06	0,72	1,483	3,5	0,4238	0,520	0,7708	0,6068	1,250	4,7268	0,2644	57,226	0,8777	0,213	0,1771	0,335	1,812	0,002996
8,740	18757,82	Fornigó	0,0140	2,04	0,77	1,571	3,58	0,4388	0,396	0,6217	0,6127	1,250	4,6927	0,2664	57,295	1,0749	0,161	0,1219	0,337	1,818	0,002988
8,742	18807,75	Fornigó	0,0140	2,05	0,75	1,538	3,55	0,4331	0,224	0,3446	0,6098	1,250	4,7098	0,2654	57,261	1,5569	0,092	0,0573	0,336	1,815	0,002992
8,745	18857,71	Fornigó	0,0140	2,02	0,80	1,616	3,62	0,4464	0,323	0,5224	0,6188	1,250	4,6588	0,2683	57,365	1,2468	0,131	0,0924	0,339	1,824	0,002981
8,748	18907,69	Fornigó	0,0140	2,04	0,80	1,632	3,64	0,4484	0,324	0,5290	0,6127	1,250	4,6927	0,2664	57,295	1,2398	0,132	0,0929	0,337	1,818	0,002988
8,750	18948,90	Fornigó	0,0140	2,05	0,81	1,661	3,67	0,4525	0,293	0,4870	0,6098	1,250	4,7098	0,2654	57,261	1,3269	0,120	0,0813	0,336	1,815	0,002992
8,751	18957,35	Terra/fornigó	0,0180	2,09	0,78	1,630	3,65	0,4466	0,353	0,5759	0,5981	1,250	4,7781	0,2616	44,429	1,1522	0,146	0,1051	0,332	1,804	0,004970
8,753	19004,84	Terra/fornigó	0,0180	2,11	0,75	1,583	3,6	0,4358	0,207	0,3251	0,5896	1,250	4,8296	0,2588	44,350	1,6131	0,086	0,0521	0,328	1,795	0,004987
8,755	19052,31	Terra/fornigó	0,0180	2,11	0,75	1,583	3,61	0,4384	0,208	0,3293	0,5924	1,250	4,8124	0,2597	44,376	1,6173	0,086	0,0522	0,330	1,798	0,004982
8,756	19102,31	Terra/fornigó	0,0180	2,16	0,69	1,490	3,54	0,4210	0,140	0,2080	0,5787	1,250	4,8987	0,2552	44,245	2,0451	0,059	0,0312	0,324	1,784	0,005011
8,759	19139,13	Terra/fornigó	0,0180	2,16	0,72	1,555	3,6	0,4320	0,287	0,4457	0,5787	1,250	4,8987	0,2552	44,245	1,8005	0,120	0,0809	0,324	1,784	0,005011
8,773	19152,70	Pedra/fornigó	0,0180	2,19	0,62	1,358	3,43	0,3959	0,966	1,3122	0,5708	1,250	4,9508	0,2525	44,167	0,5433	0,408	0,4186	0,321	1,776	0,005029
8,797	19201,93	Pedra/fornigó	0,0180	2,10	0,78	1,638	3,66	0,4475	0,720	1,1786	0,5952	1,250	4,7952	0,2607	44,403	0,7158	0,298	0,2715	0,331	1,801	0,004976
8,824	19251,22	Pedra/fornigó	0,0180	2,08	0,80	1,664	3,68	0,4522	0,764	1,2717	0,6010	1,250	4,7610	0,2626	44,456	0,6946	0,315	0,2928	0,333	1,807	0,004964
8,845	19295,93	Pedra/fornigó	0,0180	2,13	0,72	1,534	3,57	0,4296	0,692	1,0606	0,5869	1,250	4,9469	0,2579	44,324	0,7158	0,288	0,2610	0,327	1,792	0,004993
8,889	19300,78	Pedra	0,0300	2,14	0,70	1,498	3,54	0,4232	1,783	2,6704	0,5841	1,250	4,8641	0,2570	26,578	0,7752	0,745	0,9268	0,326	1,789	0,013887
8,932	19350,39	Pedra	0,0300	2,10	0,69	1,449	3,48	0,4164	0,552	0,9994	0,5952	1,250	4,7952	0,2607	26,642	0,8275	0,228	0,1936	0,331	1,801	0,013821
8,976	19400,39	Pedra	0,0300	2,10	0,84	1,764	3,78	0,4667	0,593	1,0459	0,5952	1,250	4,7952	0,2607	26,642	0,8297	0,245	0,2078	0,331	1,801	0,013821
9,020	19449,91	Pedra	0,0300	2,11	0,80	1,688	3,71	0,4550	0,586	0,9888	0,5924	1,250	4,8124	0,2597	26,626	0,8247	0,243	0,2060	0,330	1,798	0,013838
9,064	19499,34	Pedra	0,0300	2,10	0,74	1,554	3,58	0,4341	0,568	0,8829	0,5952	1,250	4,7952	0,2607	26,642	0,8266	0,235	0,1995	0,331	1,801	0,013821
9,089	19500,24	Terra	0,0300	2,20	0,70	1,540	3,6	0,4278	3,154	4,8576	0,5682	1,250	4,9682	0,2516	26,485	0,2549	1,336	1,9946	0,320	1,773	0,013985
9,090	19550,21	Terra	0,0300	2,19	0,66	1,445	3,51	0,4118	0,083	0,1193	0,5708	1,250	4,9508	0,2525	26,500	2,8513	0,035	0,0156	0,321	1,776	0,013969

A45. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH12.

Apèndix

Elevació aiguada	Distància aiguada	Material	n coeficient de Manning	b (m) amplitud	m (m) profunditat	A (m ²) secció	P (m) perímetre	Rh (m)	U (m/s)	Q (m ³ /s)	V local (m/s)	Y local (m)	S (m ²)	P local (m)	Rh local (m)	Coef.Chézy	Y normal (m)	Froude y local	Froude y normal	Y crítica (m)	Uc	S crític
				b	y	s	p	rh	u	q	v	y	s	p	rh	c	yn	fr	fn	yc	uc	sc
9,093	19598,49	Terra	0,0300	2,14	0,74	1,584	3,62	0,4375	0,164	0,2590	0,5841	1,250	4,8641	0,2570	26,578	1,8816	0,0381	0,0381	0,326	1,789	0,013887	
9,096	19642,33	Terra	0,0300	2,16	0,65	1,404	3,46	0,4058	0,138	0,1937	0,5787	1,250	4,8987	0,2552	26,547	2,0274	0,0568	0,0309	0,324	1,784	0,013920	
9,099	19648,38	Terra/fornigo	0,0180	2,05	0,77	1,579	3,59	0,4397	0,171	1,1293	0,6098	1,250	4,7098	0,2654	44,536	0,7230	0,293	0,2686	0,336	1,815	0,004946	
9,101	19698,33	Terra/fornigo	0,0180	2,06	0,80	1,648	3,66	0,4503	0,207	0,3403	0,6068	1,250	4,7268	0,2644	44,509	1,6682	0,085	0,0510	0,335	1,812	0,004952	
9,103	19747,78	Terra/fornigo	0,0180	2,08	0,78	1,622	3,64	0,4457	0,206	0,3345	0,6010	1,250	4,7610	0,2626	44,456	1,6531	0,085	0,0512	0,333	1,807	0,004964	
9,105	19797,78	Terra/fornigo	0,0180	2,05	0,82	1,681	3,69	0,4556	0,208	0,3497	0,6098	1,250	4,7098	0,2654	44,536	1,6734	0,085	0,0513	0,336	1,815	0,004946	
9,106	19827,10	Terra/fornigo	0,0180	2,10	0,78	1,638	3,66	0,4475	0,190	0,3109	0,5952	1,250	4,7952	0,2607	44,403	1,7402	0,079	0,0459	0,331	1,801	0,004976	
9,108	19848,01	Terra/fornigo	0,0180	2,14	0,71	1,519	3,56	0,4268	0,336	0,5100	0,5841	1,250	4,8641	0,2570	44,297	1,1524	0,140	0,0998	0,326	1,789	0,004999	
9,111	19897,77	Terra/fornigo	0,0180	2,05	0,80	1,640	3,65	0,4493	0,237	0,3882	0,6098	1,250	4,7098	0,2654	44,536	1,5260	0,097	0,0612	0,336	1,815	0,004946	
9,115	19947,77	Terra/fornigo	0,0180	2,15	0,77	1,656	3,69	0,4486	0,291	0,4821	0,5814	1,250	4,8814	0,2561	44,271	1,2918	0,122	0,0818	0,325	1,787	0,005005	
9,120	19981,40	Terra/fornigo	0,0180	2,08	0,80	1,664	3,68	0,4522	0,399	0,6641	0,6010	1,250	4,7610	0,2626	44,456	1,0711	0,164	0,1231	0,333	1,807	0,004964	
9,121	19997,85	Terra/fornigo	0,0180	2,12	0,55	1,166	3,22	0,3621	0,277	0,3228	0,5896	1,250	4,8296	0,2588	44,350	1,2247	0,115	0,0799	0,328	1,795	0,004987	
9,125	20045,56	Terra/fornigo	0,0180	2,10	0,60	1,260	3,3	0,3818	0,270	0,3408	0,5952	1,250	4,7952	0,2607	44,403	1,2805	0,112	0,0763	0,331	1,801	0,004976	
9,129	20095,35	Terra/fornigo	0,0180	2,14	0,53	1,134	3,2	0,3544	0,252	0,2858	0,5841	1,250	4,8641	0,2570	44,297	1,2847	0,105	0,0710	0,326	1,789	0,004999	
9,133	20144,28	Terra/fornigo	0,0180	2,12	0,55	1,166	3,22	0,3621	0,258	0,3007	0,5896	1,250	4,8296	0,2588	44,350	1,2842	0,107	0,0726	0,328	1,795	0,004987	
9,137	20194,08	Terra/fornigo	0,0180	2,16	0,50	1,080	3,16	0,3418	0,246	0,2656	0,5787	1,250	4,8987	0,2552	44,245	1,2778	0,103	0,0695	0,324	1,784	0,005011	
9,142	20222,43	Terra/fornigo	0,0180	2,12	0,51	1,081	3,14	0,3443	0,328	0,3542	0,5896	1,250	4,8296	0,2588	44,350	1,0706	0,136	0,1011	0,328	1,795	0,004987	
9,166	20294,14	Terra	0,0220	2,45	0,55	1,348	3,55	0,3796	0,442	0,5955	0,5102	1,250	5,4102	0,2310	35,606	0,8420	0,198	0,1538	0,298	1,711	0,007738	
9,191	20343,88	Terra	0,0220	2,40	0,56	1,344	3,52	0,3818	0,533	0,7160	0,5208	1,250	5,3208	0,2349	35,705	0,7542	0,236	0,1959	0,302	1,722	0,007695	
9,216	20356,28	Terra	0,0220	2,40	0,45	1,080	3,3	0,3273	0,963	1,0400	0,5208	1,250	5,3208	0,2349	35,705	0,4746	0,426	0,4463	0,302	1,722	0,007695	
9,219	20393,52	Terra	0,0220	2,40	0,46	1,104	3,32	0,3325	0,205	0,2267	0,5208	1,250	5,3208	0,2349	35,705	1,3391	0,091	0,0567	0,302	1,722	0,007695	
9,222	20443,28	Terra	0,0220	2,40	0,40	0,960	3,2	0,3000	0,166	0,1593	0,5208	1,250	5,3208	0,2349	35,705	1,4749	0,073	0,0436	0,302	1,722	0,007695	
9,225	20491,32	Terra	0,0220	2,45	0,46	1,127	3,37	0,3344	0,182	0,2046	0,5102	1,250	5,4102	0,2310	35,606	1,4405	0,081	0,0483	0,298	1,711	0,007738	
9,229	20539,39	Terra	0,0220	2,45	0,44	1,078	3,33	0,3237	0,178	0,1914	0,5102	1,250	5,4102	0,2310	35,606	1,4407	0,079	0,0472	0,298	1,711	0,007738	
9,232	20561,04	Terra	0,0220	2,45	0,44	1,078	3,33	0,3237	0,265	0,2852	0,5102	1,250	5,4102	0,2310	35,606	1,1045	0,118	0,0804	0,298	1,711	0,007738	
9,242	20632,56	Terra	0,0220	2,45	0,45	1,103	3,35	0,3291	0,253	0,2789	0,5102	1,250	5,4102	0,2310	35,606	1,1463	0,113	0,0754	0,298	1,711	0,007738	
9,252	20682,31	Terra	0,0220	2,45	0,43	1,054	3,31	0,3183	0,297	0,3125	0,5102	1,250	5,4102	0,2310	35,606	1,0156	0,133	0,0940	0,298	1,711	0,007738	
9,252	20729,85	Terra	0,0220	2,45	0,44	1,078	3,33	0,3237	0,069	0,0749	0,5102	1,250	5,4102	0,2310	35,606	2,6927	0,031	0,0135	0,298	1,711	0,007738	
9,254	20764,65	Terra	0,0220	2,39	0,43	1,028	3,25	0,3162	0,139	0,1424	0,5208	1,250	5,3030	0,2357	35,725	1,7068	0,061	0,0339	0,303	1,725	0,007686	
9,255	20780,11	Terra/fornigo	0,0180	2,38	0,46	1,095	3,3	0,3318	0,262	0,2871	0,5232	1,250	5,2852	0,2365	43,689	1,1421	0,116	0,0783	0,304	1,727	0,005140	
9,257	20830,01	Terra/fornigo	0,0180	2,40	0,46	1,104	3,32	0,3325	0,146	0,1614	0,5208	1,250	5,3208	0,2349	43,640	1,6796	0,065	0,0360	0,302	1,722	0,005151	
9,261	20849,27	Terra/fornigo	0,0180	2,40	0,44	1,056	3,28	0,3220	0,376	0,3972	0,5208	1,250	5,3208	0,2349	43,640	0,8818	0,166	0,1279	0,302	1,722	0,005151	
9,272	20879,18	Terra/fornigo	0,0180	2,40	0,42	1,008	3,24	0,3111	0,508	0,5119	0,5208	1,250	5,3208	0,2349	43,640	0,7110	0,225	0,1923	0,302	1,722	0,005151	
9,277	20924,59	Terra/fornigo	0,0180	2,40	0,42	1,008	3,24	0,3111	0,248	0,2498	0,5208	1,250	5,3208	0,2349	43,640	1,1470	0,110	0,0739	0,302	1,722	0,005151	

A46. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH13.

Elevació aiguada	Distància aiguada	Material	n coeficient de Manning	b (m) amplada	h (m) presurs A (m2) secció	P (m) perim	Rh (m)	V (m/s)	Q (m3/s)	V local (m)	V local (m2)	S (m2)	p (m)	Rh local (m)	Coef.Chazy	Y normal (m)	Froude Y local	Froude Y normal	Y crítica (m)	V crítica (m/s)	Sr
			s	h	y	s	rh	U	Q	V	S	p	Rh	U	L	Yn (m)	Fr	Fr	Yc	Vc	Sr
9.292	20973,87	Terra/Fornigó	0,0180	2,40	0,43	1,032	3,26	0,3166	0,4794	0,5208	1,250	5,3208	0,2349	43,640	0,7667	0,203	0,1673	0,302	1,722	0,005151	
9.315	21023,50	Terra/Fornigó	0,0180	2,40	0,42	1,008	3,24	0,3111	0,5544	0,5208	1,250	5,3208	0,2349	43,640	0,6742	0,243	0,2139	0,302	1,722	0,005151	
9.338	21073,21	Terra/Fornigó	0,0180	2,40	0,46	1,104	3,32	0,3325	0,574	0,6342	1,250	5,3208	0,2349	43,640	0,6746	0,254	0,2233	0,302	1,722	0,005151	
9.361	21120,24	Terra/Fornigó	0,0180	2,40	0,42	1,008	3,24	0,3111	0,565	0,6695	1,250	5,3208	0,2349	43,640	0,6621	0,250	0,2217	0,302	1,722	0,005151	
9.385	21132,60	Terra/Fornigó	0,0180	2,40	0,40	0,960	3,2	0,3000	1,075	1,0323	1,250	5,3208	0,2349	43,640	0,4242	0,476	0,5271	0,302	1,722	0,005151	
9.417	21167,72	Terra	0,0220	2,50	0,43	1,075	3,36	0,3199	0,642	0,6900	1,250	5,5000	0,2273	35,509	0,6015	0,290	0,2642	0,294	1,699	0,007948	
9.449	21217,35	Terra	0,0220	2,70	0,39	1,053	3,48	0,3026	0,520	0,5478	1,250	5,8630	0,2132	35,133	0,6458	0,244	0,2067	0,280	1,656	0,007948	
9.481	21267,10	Terra	0,0220	2,70	0,37	0,999	3,44	0,2904	0,506	0,5050	1,250	5,8630	0,2132	35,133	0,6463	0,237	0,2008	0,280	1,656	0,007948	
9.512	21316,19	Terra	0,0220	2,60	0,39	1,014	3,38	0,3000	0,520	0,5274	1,250	5,6808	0,2200	35,318	0,6575	0,239	0,2048	0,287	1,677	0,007865	
9.545	21343,36	Terra	0,0220	2,70	0,33	0,891	3,36	0,2652	0,644	0,5737	1,250	5,8630	0,2132	35,133	0,5283	0,302	0,2828	0,280	1,656	0,007948	
9.581	21367,17	Terra/Fornigó	0,0180	2,40	0,38	0,912	3,16	0,2886	0,948	0,8647	1,250	5,3208	0,2349	43,640	0,4535	0,419	0,4495	0,302	1,722	0,005151	
9.617	21414,99	Terra/Fornigó	0,0180	2,40	0,40	0,960	3,2	0,3000	0,686	0,6590	1,250	5,3208	0,2349	43,640	0,5722	0,304	0,2897	0,302	1,722	0,005151	
9.654	21464,98	Terra/Fornigó	0,0180	2,00	0,41	0,820	2,82	0,2908	0,658	0,5392	1,250	4,6250	0,2703	44,671	0,6456	0,266	0,2613	0,341	1,830	0,004916	
9.690	21514,45	Terra/Fornigó	0,0180	2,50	0,35	0,875	3,2	0,2734	0,634	0,5552	1,250	5,9000	0,2273	43,400	0,5653	0,286	0,2694	0,294	1,699	0,005208	
9.726	21564,28	Terra/Fornigó	0,0180	2,45	0,39	0,956	3,23	0,2958	0,666	0,6366	1,250	5,4102	0,2310	43,519	0,5732	0,298	0,2810	0,298	1,711	0,005180	
9.763	21614,28	Terra/Fornigó	0,0180	2,50	0,45	1,125	3,4	0,3309	0,717	0,8063	1,250	5,5000	0,2273	43,400	0,5673	0,324	0,3038	0,294	1,699	0,005208	
9.769	21644,73	Terra/Fornigó	0,0180	2,40	0,46	1,104	3,32	0,3325	0,370	0,4083	1,250	5,3208	0,2349	43,640	0,9047	0,164	0,1241	0,302	1,722	0,005151	
9.773	21664,83	Terra	0,0220	2,55	0,42	1,071	3,39	0,3159	0,297	0,3186	1,250	5,5902	0,2236	35,413	0,9875	0,136	0,0956	0,290	1,688	0,007823	
9.775	21714,63	Terra	0,0220	2,60	0,39	1,014	3,38	0,3000	0,129	0,1309	1,250	5,6808	0,2200	35,318	1,6649	0,059	0,0319	0,287	1,677	0,007865	
9.776	21763,19	Terra	0,0220	2,65	0,38	1,007	3,41	0,2953	0,091	0,0921	1,250	5,7717	0,2166	35,225	2,0573	0,043	0,0204	0,283	1,666	0,007906	
9.778	21812,49	Terra	0,0220	2,50	0,45	1,125	3,4	0,3309	0,139	0,1558	1,250	5,5000	0,2273	35,509	1,6970	0,063	0,0339	0,294	1,699	0,007780	
9.779	21831,07	Terra	0,0220	2,50	0,44	1,100	3,38	0,3255	0,380	0,4170	1,250	5,5000	0,2273	35,509	1,5446	0,171	0,0975	0,294	1,699	0,007780	
9.782	21862,05	Fornigó	0,0140	2,90	0,60	1,740	4,1	0,4244	0,418	0,7281	1,250	6,2310	0,2006	54,651	0,8330	0,204	0,1464	0,267	1,617	0,003285	
9.795	21909,88	Fornigó	0,0140	2,92	0,55	1,606	4,02	0,3995	0,647	1,0389	1,250	6,2681	0,1994	54,597	0,6042	0,316	0,2657	0,265	1,613	0,003291	
9.809	21946,13	Fornigó	0,0140	2,90	0,61	1,769	4,12	0,4294	0,780	1,3791	1,250	6,2310	0,2006	54,651	0,5530	0,379	0,3347	0,267	1,617	0,003285	
9.822	21960,16	Fornigó	0,0140	2,00	0,80	1,600	3,6	0,4444	1,287	2,0588	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,4984	0,520	0,5820	0,341	1,830	0,002974	
9.835	22009,99	Fornigó	0,0140	1,99	0,90	1,791	3,79	0,4726	0,711	1,2755	1,250	4,6081	0,2713	57,469	0,7627	0,286	0,2600	0,343	1,833	0,002970	
9.849	22059,81	Fornigó	0,0140	2,00	0,92	1,840	3,84	0,4792	0,718	1,3207	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,7604	0,290	0,2628	0,341	1,830	0,002974	
9.862	22109,69	Fornigó	0,0140	2,00	0,94	1,880	3,88	0,4845	0,723	1,3586	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,7607	0,292	0,2645	0,341	1,830	0,002974	
9.876	22159,65	Fornigó	0,0140	1,98	0,99	1,960	3,96	0,4950	0,732	1,4358	1,250	4,5913	0,2723	57,504	0,7656	0,294	0,2673	0,344	1,836	0,002967	
9.889	22202,66	Fornigó	0,0140	1,98	1,00	1,980	3,98	0,4975	0,792	1,5681	1,250	4,5913	0,2723	57,504	0,7284	0,318	0,2963	0,344	1,836	0,002967	
9.891	22210,12	Terra	0,0220	1,99	0,98	1,950	3,95	0,4937	0,403	0,7852	1,250	4,6081	0,2713	36,571	1,1363	0,162	0,1206	0,343	1,833	0,007335	
9.892	22215,44	Terra	0,0220	2,05	1,05	2,153	4,15	0,5187	0,403	0,8667	1,250	4,7098	0,2654	36,439	1,1415	0,165	0,1203	0,336	1,815	0,007388	
9.896	22269,96	Terra	0,0220	2,05	1,02	2,091	4,09	0,5112	0,269	0,5622	1,250	4,7098	0,2654	36,439	1,4845	0,110	0,0705	0,336	1,815	0,007388	

A47. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH14.

Apèndix

Elevació anul·lada	Distància anul·lada	Material	n coeficient de Manning	b (m) amplada	m	pesos A (m) secció	P (m) perim	rh (m)	U (m/s)	v (m/s)	Q (m³/s)	V local (m)	A local (m²)	P local (m)	rh local (m)	Coefficieny	V normal (m)	Froude y local	Froude y normal	Yc	Yc	Vc	S critic
			β	b	γ	S	p	rh	U	v	Q	V	S (m²)	p (m)	rh	C	Vn (m)	Fr	Fr	Yc	Yc	Vc	Sc
9.922	22319.66	Terra	0,0220	2,05	1,05	2,153	4,15	0,5187	0,667	1,4353	0,6098	1,250	4,7098	0,2654	36,439	0,8155	0,273	0,2357	0,336	0,336	1,815	0,007388	
9.948	22341,76	Terra	0,0220	2,00	1,03	2,060	4,06	0,5074	0,985	2,0301	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	36,549	0,8314	0,398	0,3960	0,341	0,341	1,830	0,007344	
9.975	22369,67	Terra	0,0220	2,00	1,05	2,100	4,1	0,5122	0,908	1,9064	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	36,549	0,6697	0,367	0,3542	0,341	0,341	1,830	0,007344	
10.002	22418,71	Terra	0,0220	2,00	1,06	2,120	4,12	0,5146	0,687	1,4564	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	36,549	0,8082	0,277	0,2440	0,341	0,341	1,830	0,007344	
10.029	22444,66	Terra	0,0220	2,00	1,06	2,120	4,12	0,5146	0,944	2,0019	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	36,549	0,6537	0,381	0,3729	0,341	0,341	1,830	0,007344	
10.050	22465,61	Terra	0,0220	2,00	1,05	2,100	4,1	0,5122	0,916	1,9231	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	36,549	0,6659	0,370	0,3583	0,341	0,341	1,830	0,007344	
10.071	22515,41	Terra	0,0220	2,00	1,08	2,160	4,16	0,5192	0,599	1,2948	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	36,549	0,8886	0,242	0,2080	0,341	0,341	1,830	0,007344	
10.097	22545,45	Terra	0,0220	2,00	1,10	2,200	4,2	0,5238	0,883	1,9434	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	36,549	0,6889	0,357	0,3398	0,341	0,341	1,830	0,007344	
10.112	22561,59	Terra	0,0220	2,00	1,00	2,000	4	0,5000	0,862	1,7243	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	36,549	0,6858	0,348	0,3324	0,341	0,341	1,830	0,007344	
10.152	22596,21	Terra	0,0220	2,00	1,05	2,100	4,1	0,5122	0,987	2,0725	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	36,549	0,6335	0,399	0,3959	0,341	0,341	1,830	0,007344	
10.192	22645,54	Terra	0,0220	2,00	1,05	2,100	4,1	0,5122	0,827	1,7365	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	36,549	0,7128	0,334	0,3127	0,341	0,341	1,830	0,007344	
10.223	22672,31	Terra	0,0220	2,04	1,00	2,040	4,04	0,5050	0,978	1,9955	0,6127	1,250	4,6927	0,2664	36,461	0,6259	0,399	0,3948	0,337	0,337	1,818	0,007379	
10.229	22694,02	Terra/Formigó	0,0180	2,04	1,00	2,040	4,04	0,5050	0,586	1,1947	0,6127	1,250	4,6927	0,2664	44,563	0,8811	0,239	0,1992	0,337	0,337	1,818	0,004940	
10.236	22716,02	Terra/Formigó	0,0180	2,00	1,01	2,020	4,02	0,5025	0,626	1,2651	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	44,671	0,8505	0,253	0,2168	0,341	0,341	1,830	0,004916	
10.258	22742,58	Terra	0,0220	2,00	0,97	1,940	3,94	0,4924	0,822	1,5944	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	36,549	0,7032	0,332	0,3129	0,341	0,341	1,830	0,007344	
10.300	22791,83	Terra	0,0220	2,00	0,96	1,920	3,92	0,4898	0,823	1,5805	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	36,549	0,7008	0,332	0,3139	0,341	0,341	1,830	0,007344	
10.342	22822,20	Terra	0,0220	2,01	0,99	1,990	3,99	0,4987	0,661	1,1113	0,6219	1,250	4,6419	0,2693	36,527	0,5948	0,430	0,4393	0,340	0,340	1,827	0,007353	
10.355	22841,68	Terra	0,0220	2,02	1,00	2,020	4,02	0,5025	0,756	1,5277	0,6188	1,250	4,6588	0,2683	36,505	0,7457	0,307	0,2796	0,339	0,339	1,824	0,007362	
10.369	22890,73	Terra	0,0220	2,00	1,01	2,020	4,02	0,5025	0,477	0,9627	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	36,549	1,0204	0,192	0,1506	0,341	0,341	1,830	0,007344	
10.382	22929,52	Terra	0,0220	1,99	1,05	2,090	4,09	0,5109	0,542	1,1323	0,6281	1,250	4,6081	0,2713	36,571	0,9464	0,218	0,1778	0,343	0,343	1,833	0,007335	
10.395	22938,38	Formigó	0,0140	2,03	1,00	2,030	4,03	0,5037	1,724	3,4996	0,6158	1,250	4,6758	0,2673	57,330	0,4298	0,701	0,8396	0,338	0,338	1,821	0,002985	
10.408	22988,04	Formigó	0,0140	2,03	1,05	2,132	4,13	0,5161	0,740	1,5773	0,6158	1,250	4,6758	0,2673	57,330	0,7634	0,301	0,2704	0,338	0,338	1,821	0,002985	
10.435	23036,96	Formigó	0,0140	2,10	1,01	2,121	4,12	0,5148	1,075	2,2809	0,5952	1,250	4,7952	0,2607	57,089	0,5827	0,445	0,4498	0,331	0,331	1,801	0,003010	
10.438	23084,39	Formigó	0,0140	2,08	1,05	2,184	4,18	0,5225	0,361	0,7879	0,6010	1,250	4,7610	0,2626	57,158	1,2218	0,149	0,1042	0,333	0,333	1,807	0,003003	
10.441	23085,87	Formigó	0,0140	2,08	1,09	2,267	4,26	0,5322	2,392	5,4228	0,6010	1,250	4,7610	0,2626	57,158	0,3490	0,985	1,2926	0,333	0,333	1,807	0,003003	
10.449	23133,25	Formigó	0,0140	2,10	0,90	1,890	3,9	0,4846	0,567	1,0709	0,5952	1,250	4,7952	0,2607	57,089	0,8696	0,234	0,1940	0,331	0,331	1,801	0,003010	
10.457	23149,56	Formigó	0,0140	2,00	0,98	1,960	3,96	0,4949	0,980	1,9199	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,484	0,6270	0,396	0,3950	0,341	0,341	1,830	0,002974	
10.491	23179,79	Formigó	0,0140	2,00	0,99	1,980	3,98	0,4975	1,493	2,9557	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,4746	0,603	0,6919	0,341	0,341	1,830	0,002974	
10.504	23182,11	Formigó	0,0140	2,00	0,97	1,940	3,94	0,4924	3,410	6,6163	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,4746	0,603	0,6919	0,341	0,341	1,830	0,002974	
10.518	23231,35	Formigó	0,0140	2,00	1,00	2,000	4	0,5000	0,748	1,4956	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,7541	0,302	0,2749	0,341	0,341	1,830	0,002974	
10.531	23260,92	Formigó	0,0140	2,00	1,01	2,020	4,02	0,5025	0,968	1,9559	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,6362	0,391	0,3876	0,341	0,341	1,830	0,002974	
10.545	23308,88	Formigó	0,0140	2,01	0,98	1,970	3,97	0,4962	0,754	1,4849	0,6219	1,250	4,6419	0,2693	57,399	0,7453	0,305	0,2788	0,340	0,340	1,827	0,002978	
10.559	23333,33	Formigó	0,0140	2,03	1,01	2,050	4,05	0,5062	1,070	2,1942	0,6158	1,250	4,6758	0,2673	57,330	0,5919	0,435	0,4441	0,338	0,338	1,821	0,002985	
10.579	23358,34	Formigó	0,0140	2,00	1,00	2,000	4	0,5000	1,278	2,5555	0,6250	1,250	4,6250	0,2703	57,434	0,5276	0,516	0,5616	0,341	0,341	1,830	0,002974	

A48. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH15.

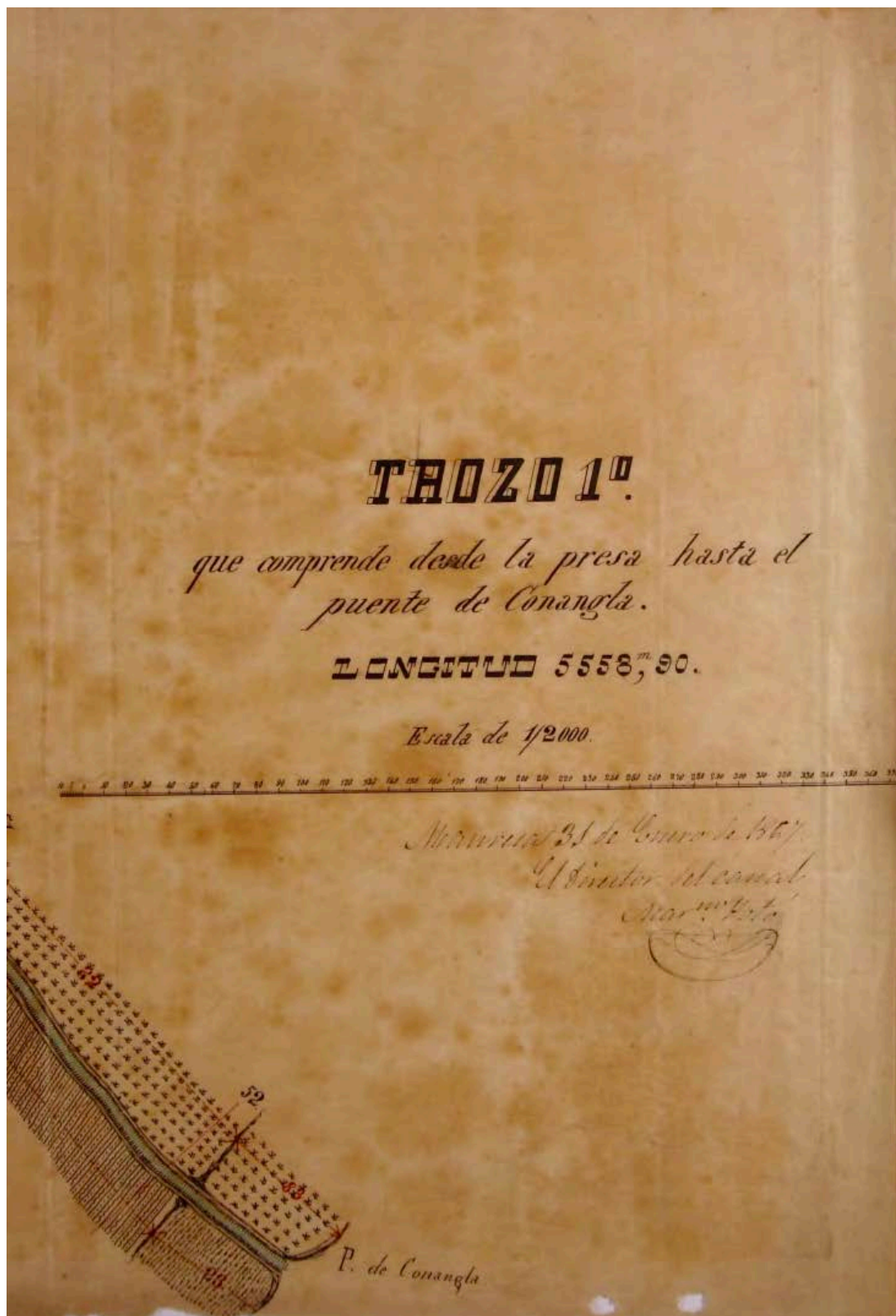
Elevació aumlada	Distància aumlada	Material	n coeficient de Manning	b (m) amplada	(m) mesura	A (m ²) secció	P (m) perímetre	rh (m)	V (m/s)	Q (m ³ /s)	Y (m)	A local(m ²)	P local (m)	rh local (m)	Coefficient	Y normal (m)	Froude y local	Froude y normal	Y crítica (m)	V crítica (m/s)	S crític
			n	b	y	S	P	rh	U (m/s)	Q (m ³ /s)	Y (m)	S (m ²)	P (m)	rh (m)	C	Yn (m)	F	F'	Yc	Vc	Sc
10.599	23407,18	Fornigó	0,0140	2,08	0,86	1,789	3,8	0,4707	0,878	1,5711	0,6010	1,250	4,7610	0,2626	57,158	0,6445	0,362	0,3483	0,333	1,807	0,003003
10.619	23416,29	Fornigó	0,0140	2,10	0,80	1,680	3,7	0,4541	1,985	3,3352	0,5952	1,250	4,7952	0,2607	57,089	0,3662	0,822	1,0474	0,331	1,801	0,003010
10.665	23431,13	Fornigó	0,0140	2,10	0,80	1,680	3,7	0,4541	2,336	3,9250	0,5952	1,250	4,7952	0,2607	57,089	0,3285	0,967	1,3014	0,331	1,801	0,003010
10.669	23457,88	Terra	0,0220	2,50	1,04	2,600	4,58	0,5677	0,397	1,0312	0,5000	1,250	5,5000	0,2273	35,509	1,0697	0,179	0,1224	0,294	1,699	0,007780
10.673	23506,26	Terra	0,0220	2,50	1,02	2,550	4,54	0,5617	0,293	0,7468	0,5000	1,250	5,5000	0,2273	35,509	1,3033	0,132	0,0819	0,294	1,699	0,007780
10.678	23519,42	Terra	0,0220	2,50	1,02	2,550	4,54	0,5617	0,562	1,4320	0,5000	1,250	5,5000	0,2273	35,509	0,8444	0,254	0,1951	0,294	1,699	0,007780
10.711	23556,31	Terra/fornigó	0,0180	3,00	1,03	3,090	5,06	0,6107	1,199	3,7049	0,4167	1,250	6,4167	0,1948	42,299	0,4761	0,593	0,5548	0,261	1,599	0,005483
10.744	23604,79	Terra/fornigó	0,0180	3,00	1,00	3,000	5	0,6000	1,034	3,1010	0,4167	1,250	6,4167	0,1948	42,299	0,5215	0,511	0,4570	0,261	1,599	0,005483
10.777	23639,28	Terra/fornigó	0,0180	3,00	0,90	2,700	4,8	0,5625	1,174	3,1698	0,4167	1,250	6,4167	0,1948	42,299	0,4655	0,581	0,5494	0,261	1,599	0,005483
10.777	23654,89	Fornigó	0,0140	2,47	0,64	1,581	3,75	0,4215	0,000	0,0000	0,5061	1,250	5,4461	0,2295	55,891	#DIV/0!	0,000	#DIV/0!	0,297	1,706	0,003140
10.818	23703,95	Fornigó	0,0140	2,47	0,66	1,630	3,79	0,4301	1,169	1,9064	0,5061	1,250	5,4461	0,2295	55,891	0,4631	0,525	0,5487	0,297	1,706	0,003140
10.832	23705,43	Fornigó	0,0140	2,25	0,80	1,800	3,85	0,4675	4,233	7,6196	0,5556	1,250	5,0556	0,2473	56,589	0,2151	1,813	2,9138	0,316	1,760	0,003063
10.846	23754,13	Fornigó	0,0140	2,25	0,82	1,845	3,89	0,4743	0,745	1,3751	0,5556	1,250	5,0556	0,2473	56,589	0,6893	0,319	0,2866	0,316	1,760	0,003063
10.861	23756,36	Fornigó	0,0140	2,25	0,82	1,845	3,89	0,4743	3,485	6,4305	0,5556	1,250	5,0556	0,2473	56,589	0,2465	1,493	2,2415	0,316	1,760	0,003063
10.881	23778,81	Terra	0,0220	4,05	0,65	2,633	5,35	0,4921	0,856	2,2534	0,3086	1,250	8,4086	0,1487	33,083	0,4568	0,492	0,4043	0,213	1,447	0,008963
10.898	23790,69	Terra/fornigó	0,0180	2,30	0,80	1,840	3,9	0,4718	1,255	2,3091	0,5435	1,250	5,1435	0,2430	43,887	0,4797	0,544	0,5785	0,311	1,747	0,005093
10.914	23834,77	Terra/fornigó	0,0180	2,30	0,78	1,794	3,86	0,4648	0,645	1,1570	0,5435	1,250	5,1435	0,2430	43,887	0,7427	0,279	0,2389	0,311	1,747	0,005093
10.920	23840,63	Terra	0,0220	3,70	0,62	2,294	4,94	0,4644	0,835	1,9145	0,3378	1,250	7,7378	0,1615	33,545	0,4765	0,458	0,3860	0,227	1,491	0,008718
10.923	23856,53	Terra	0,0220	3,70	0,62	2,294	4,94	0,4644	0,374	0,8589	0,3378	1,250	7,7378	0,1615	33,545	0,8131	0,206	0,1326	0,227	1,491	0,008718
10.924	23880,73	Terra/fornigó	0,0180	3,80	0,70	2,660	5,2	0,5115	0,192	0,5111	0,3289	1,250	7,9289	0,1577	40,833	1,3044	0,107	0,0537	0,223	1,478	0,005884
10.925	23906,60	Terra/fornigó	0,0180	3,80	0,72	2,736	5,24	0,5221	0,286	0,7824	0,3289	1,250	7,9289	0,1577	40,833	1,0099	0,159	0,0908	0,223	1,478	0,005884
10.928	23940,46	Fornigó	0,0140	2,30	0,80	1,840	3,9	0,4718	0,424	0,7804	0,5435	1,250	5,1435	0,2430	56,426	0,9887	0,184	0,1362	0,311	1,747	0,003081
10.929	23975,16	Fornigó	0,0140	2,30	0,86	1,978	4,02	0,4920	0,207	0,4094	0,5435	1,250	5,1435	0,2430	56,426	0,6252	0,090	0,0518	0,311	1,747	0,003081
10.931	23989,76	Fornigó	0,0140	2,30	0,80	1,840	3,9	0,4718	0,507	0,9324	0,5435	1,250	5,1435	0,2430	56,426	0,8781	0,219	0,1727	0,311	1,747	0,003081
10.933	24036,37	Fornigó	0,0140	2,30	0,80	1,840	3,9	0,4718	0,284	0,5217	0,5435	1,250	5,1435	0,2430	56,426	1,2931	0,123	0,0796	0,311	1,747	0,003081
10.935	24084,64	Fornigó	0,0140	2,30	0,85	1,955	4	0,4888	0,285	0,5577	0,5435	1,250	5,1435	0,2430	56,426	1,3083	0,124	0,0796	0,311	1,747	0,003081
10.936	24095,34	Fornigó	0,0140	2,30	0,85	1,955	4	0,4888	0,428	0,8376	0,5435	1,250	5,1435	0,2430	56,426	0,9976	0,186	0,1370	0,311	1,747	0,003081
10.937	24127,06	Fornigó	0,0140	2,30	0,80	1,840	3,9	0,4718	0,243	0,4472	0,5435	1,250	5,1435	0,2430	56,426	1,4330	0,105	0,0648	0,311	1,747	0,003081
10.940	24171,40	Fornigó	0,0140	2,30	0,80	1,840	3,9	0,4718	0,356	0,6552	0,5435	1,250	5,1435	0,2430	56,426	1,1109	0,154	0,1079	0,311	1,747	0,003081
10.941	24176,36	Fornigó	0,0140	2,30	0,82	1,886	3,94	0,4787	0,621	1,1710	0,5435	1,250	5,1435	0,2430	56,426	0,7718	0,269	0,2256	0,311	1,747	0,003081
10.943	24218,83	Fornigó	0,0140	2,30	0,82	1,886	3,94	0,4787	0,352	0,6633	0,5435	1,250	5,1435	0,2430	56,426	1,1273	0,152	0,1058	0,311	1,747	0,003081
10.970	24266,22	Fornigó	0,0140	2,30	0,80	1,840	3,9	0,4718	1,031	1,8968	0,5435	1,250	5,1435	0,2430	56,426	0,5469	0,446	0,4450	0,311	1,747	0,003081
10.997	24281,13	Fornigó	0,0140	2,30	0,83	1,909	3,96	0,4821	0,865	1,5595	0,5435	1,250	5,1435	0,2430	56,426	0,3720	0,808	0,9761	0,311	1,747	0,003081
11.033	24315,94	Terra	0,0220	2,40	0,74	1,776	3,88	0,4577	0,862	1,5311	0,5208	1,250	5,3208	0,2349	35,705	0,5931	0,381	0,3574	0,302	1,722	0,007695

A49. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH16.

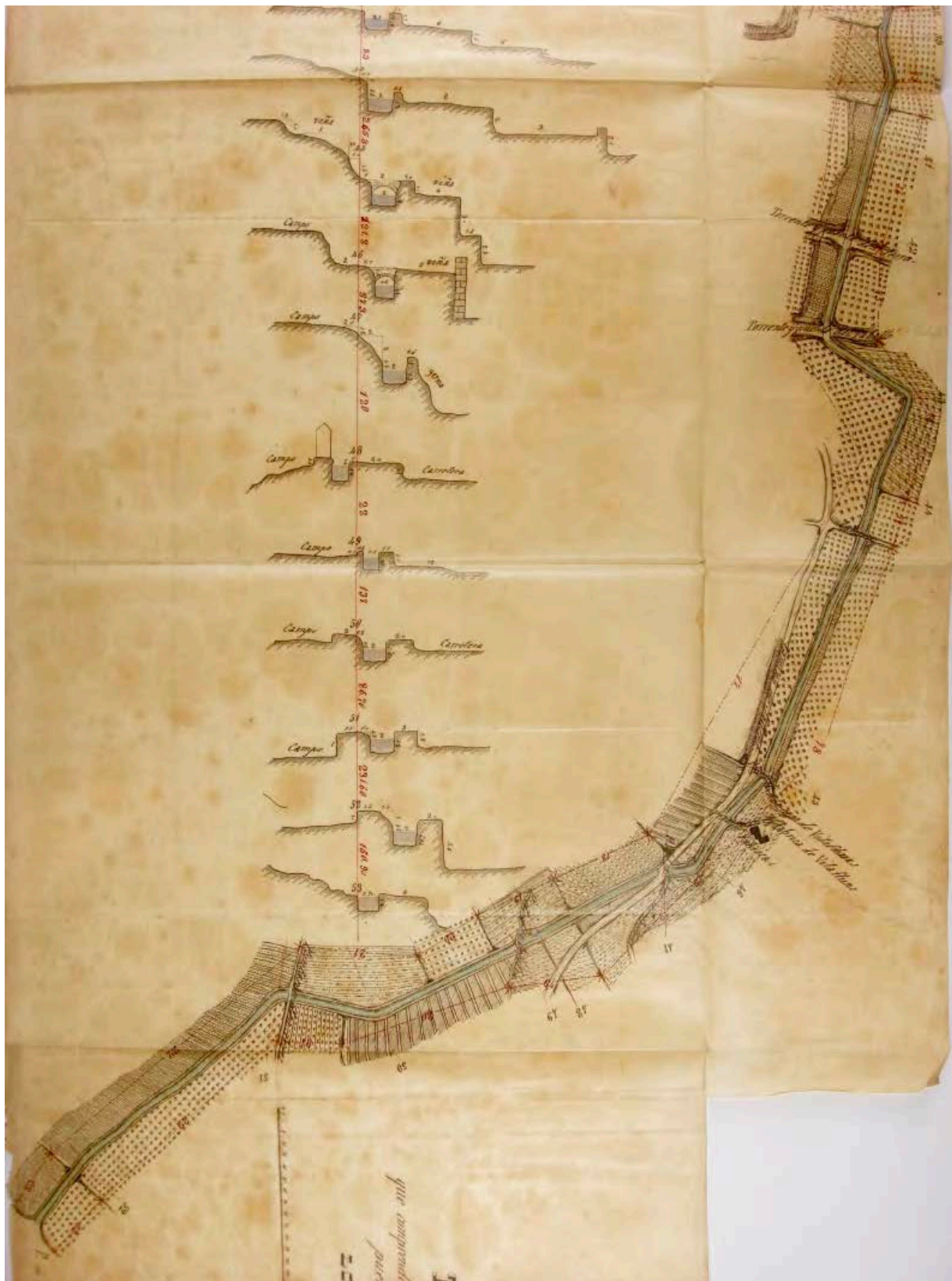
Apèndix

Elevació acumulada	Distància acumulada	Material	u coeficient de Manning	b (m) amplitud	h (m) profunditat	A (m ²) secció	P (m) perímetre	Rh (m)	V (m/s)	Q (m ³ /s)	Y local (m)	A local (m ²)	p local (m)	Rh local (m)	Coefficient	Y normal (m)	Froude y local	Froude y normal	Y crítica (m)	Ur	S crític
			S	b	h	S	P	Rh	U (m/s)	Q (m ³ /s)	Y	S (m ²)	p (m)	Rh	C	Yn (m)	Fr	Fn	Yc		S _c
11,050	24348,40	Terra	0,0220	2,40	0,76	1,824	3,92	0,4653	0,625	1,1394	0,5208	1,250	5,3208	0,2349	35,705	0,7406	0,276	0,2317	0,302	1,722	0,007695
11,054	24364,72	Terra	0,0220	2,20	0,78	1,716	3,76	0,4564	0,439	0,7534	0,5682	1,250	4,9682	0,2516	36,116	0,9769	0,186	0,1418	0,320	1,773	0,007521
11,056	24411,27	Terra	0,0220	2,20	0,78	1,716	3,76	0,4564	0,191	0,3276	0,5682	1,250	4,9682	0,2516	36,116	1,7019	0,081	0,0467	0,320	1,773	0,007521
11,060	24444,18	Terra	0,0220	2,15	0,78	1,677	3,71	0,4520	0,269	0,4516	0,5814	1,250	4,9814	0,2561	36,222	1,3656	0,113	0,0736	0,325	1,787	0,007477
11,065	24460,80	Fornigó	0,0140	2,07	0,96	1,987	3,99	0,4980	0,302	0,5992	0,6039	1,250	4,7439	0,2635	57,192	1,3518	0,124	0,0828	0,334	1,809	0,002999
11,065	24503,56	Fornigó	0,0140	2,07	0,96	1,987	3,99	0,4980	0,473	0,9400	0,6039	1,250	4,7439	0,2635	57,192	1,0012	0,194	0,1509	0,334	1,809	0,002999
11,069	24507,58	Fornigó	0,0140	2,07	1,14	2,360	4,35	0,5425	1,559	3,6780	0,6039	1,250	4,7439	0,2635	57,192	0,4697	0,640	0,7261	0,334	1,809	0,002999
11,071	24557,58	Fornigó	0,0140	2,07	1,14	2,360	4,35	0,5425	0,248	0,5862	0,6039	1,250	4,7439	0,2635	57,192	1,5977	0,102	0,0627	0,334	1,809	0,002999
11,072	24589,90	Fornigó	0,0140	2,07	1,14	2,360	4,35	0,5425	0,236	0,5578	0,6039	1,250	4,7439	0,2635	57,192	1,6514	0,097	0,0587	0,334	1,809	0,002999
11,073	24607,61	Fornigó	0,0140	2,07	1,18	2,443	4,43	0,5514	0,361	0,8815	0,6039	1,250	4,7439	0,2635	57,192	1,2546	0,148	0,1029	0,334	1,809	0,002999
11,074	24629,37	Fornigó	0,0140	2,07	1,18	2,443	4,43	0,5514	0,326	0,7953	0,6039	1,250	4,7439	0,2635	57,192	1,3437	0,134	0,0897	0,334	1,809	0,002999
11,077	24656,88	Terra/fornigó	0,0180	2,07	1,56	3,229	5,19	0,6222	0,423	1,3655	0,6039	1,250	4,7439	0,2635	44,483	1,1911	0,174	0,1237	0,334	1,809	0,004958
11,080	24661,01	Terra/fornigó	0,0180	2,07	1,56	3,229	5,19	0,6222	1,091	3,5230	0,6039	1,250	4,7439	0,2635	44,483	0,6332	0,448	0,4377	0,334	1,809	0,004958
11,082	24706,91	Fornigó	0,0140	2,07	1,16	2,401	4,39	0,5470	0,334	0,8032	0,6039	1,250	4,7439	0,2635	57,192	1,3150	0,137	0,0931	0,334	1,809	0,002999
11,089	24722,67	Fornigó	0,0140	2,07	1,16	2,401	4,39	0,5470	1,025	2,4600	0,6039	1,250	4,7439	0,2635	57,192	0,6235	0,421	0,4142	0,334	1,809	0,002999
11,099	24755,09	Fornigó	0,0140	2,07	1,18	2,443	4,43	0,5514	0,844	2,0604	0,6039	1,250	4,7439	0,2635	57,192	0,7123	0,347	0,3191	0,334	1,809	0,002999
11,109	24803,85	Fornigó	0,0140	2,07	1,20	2,484	4,47	0,5557	0,691	1,7174	0,6039	1,250	4,7439	0,2635	57,192	0,8161	0,284	0,2443	0,334	1,809	0,002999
11,119	24844,90	Fornigó	0,0140	2,07	1,25	2,588	4,57	0,5662	0,763	1,9744	0,6039	1,250	4,7439	0,2635	57,192	0,7706	0,314	0,2775	0,334	1,809	0,002999

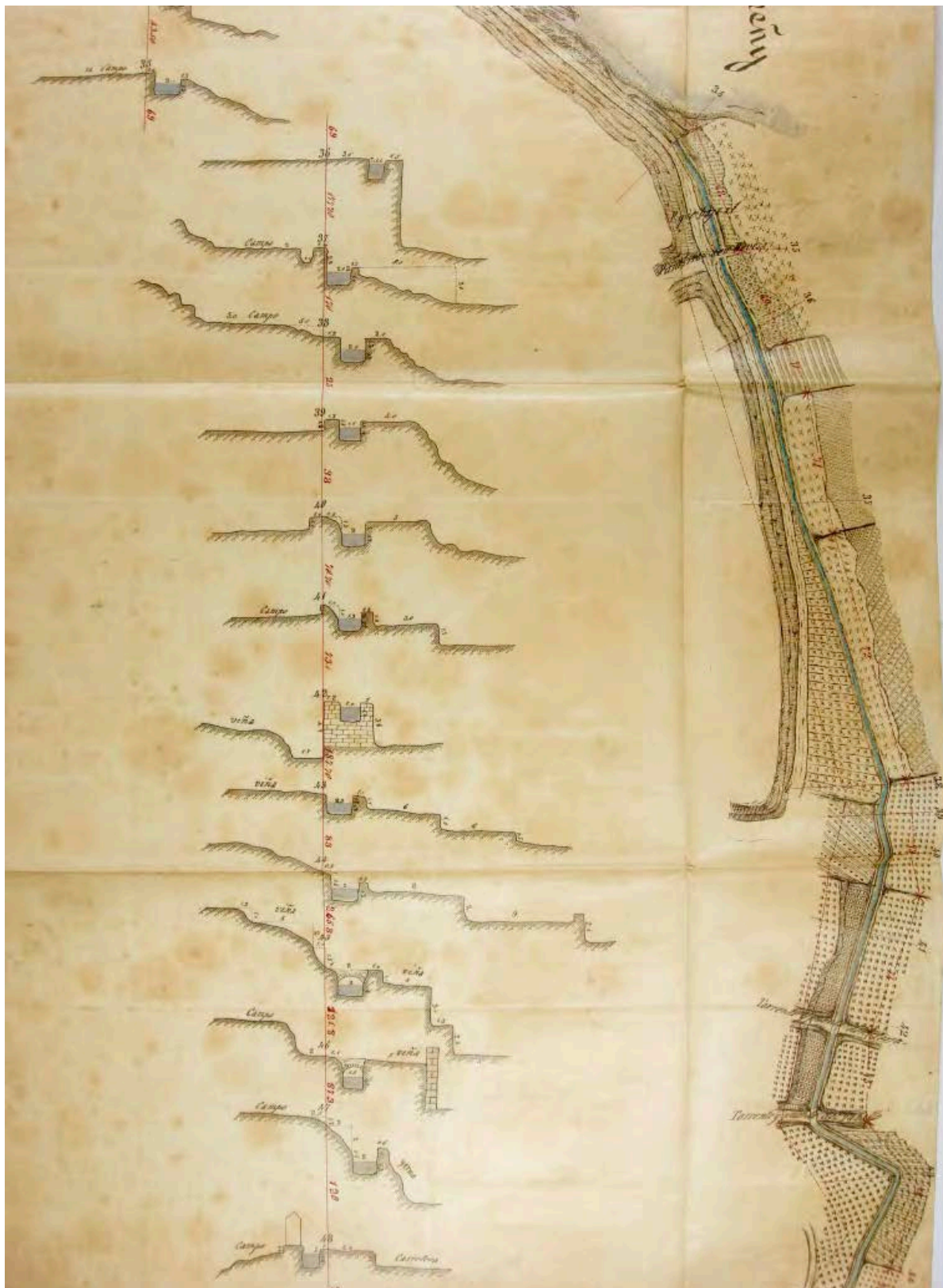
A50. Resultats de les variables hidràuliques obtinguts a partir de les dades obtingudes en l'aixecament topogràfic, full RVH17.



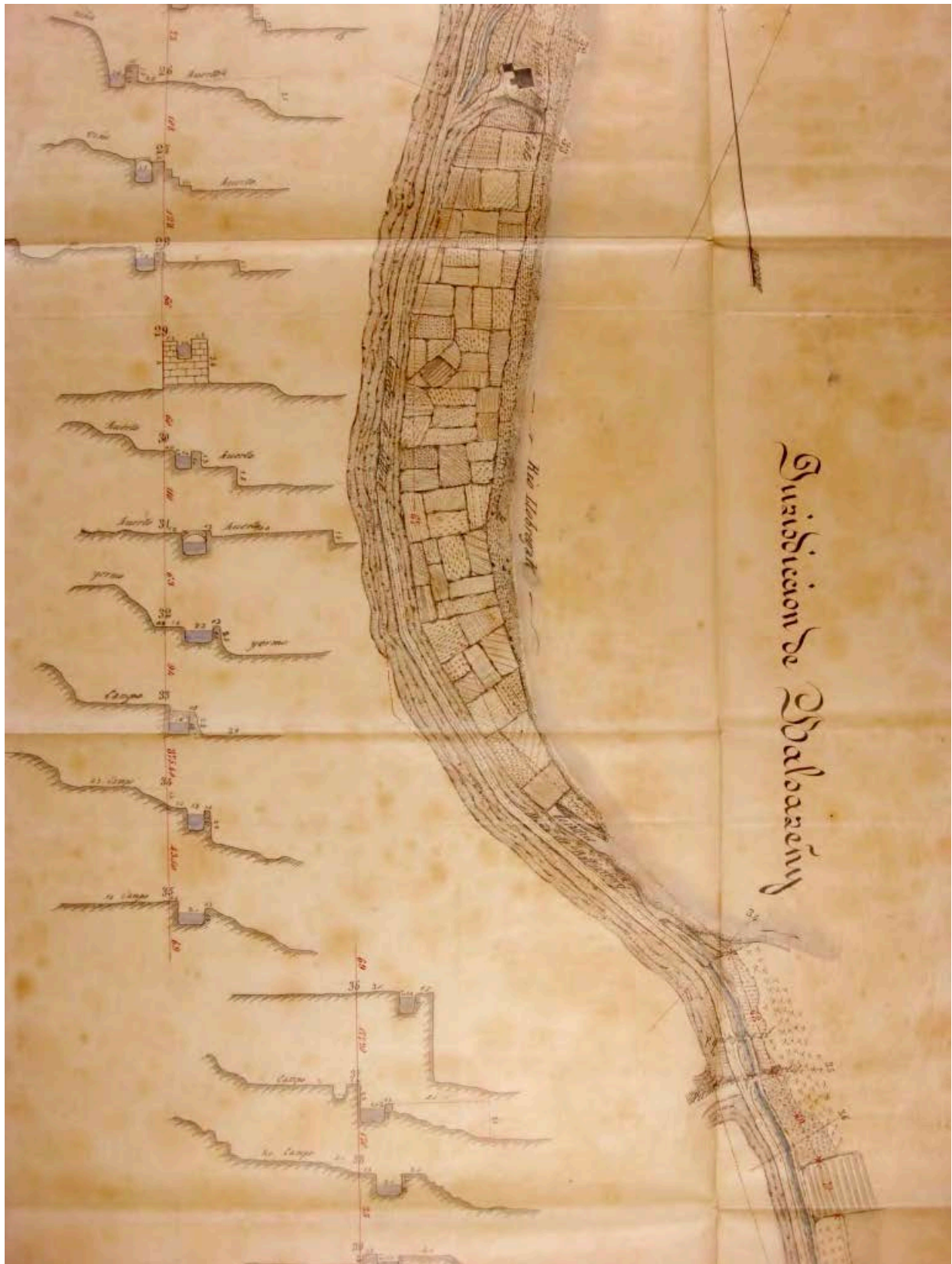
A51. Portada del plànol del primer tram, des de la presa fins el pont de Conangla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



A52. Primer plànol parcial dels 6 que formen el primer tram, des de la presa de Balsareny fins el pont de Conangla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



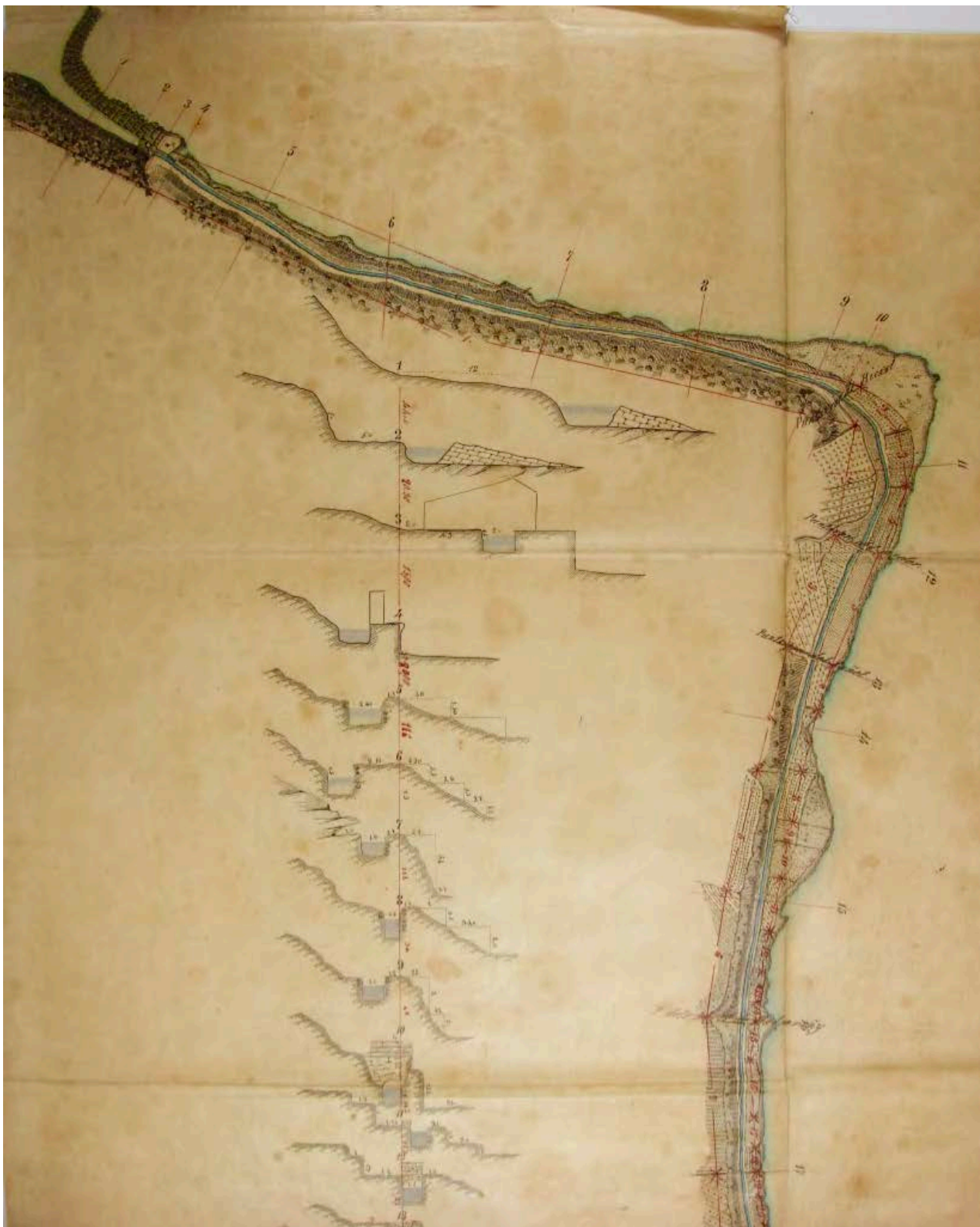
A53. Segon plànol parcial dels sis que formen el primer tram, des de la presa fins el pont de Conangla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font.



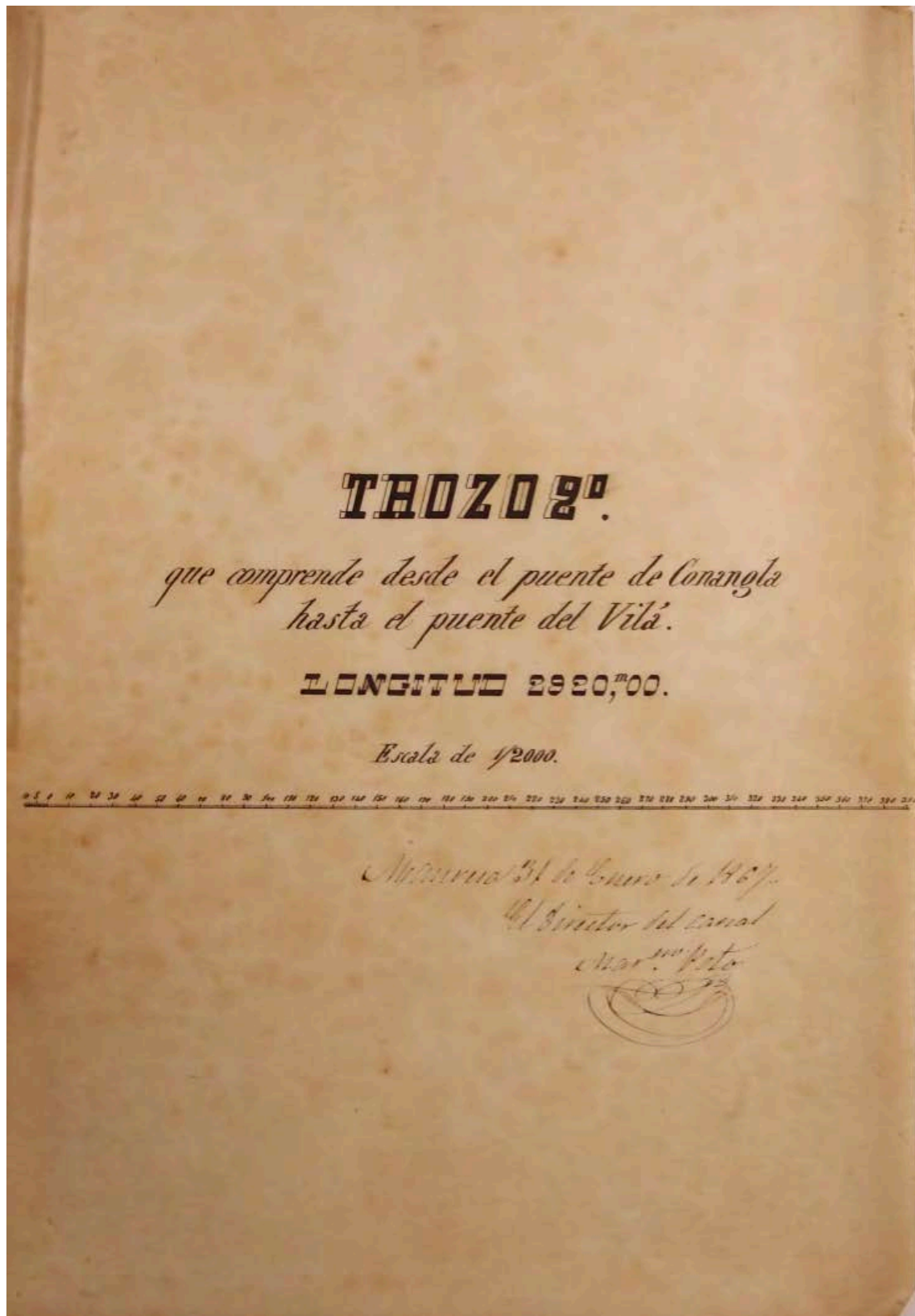
A54. Tercer plànol parcial dels sis que formen el primer tram, des de la presa fins el pont de Conangla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font.



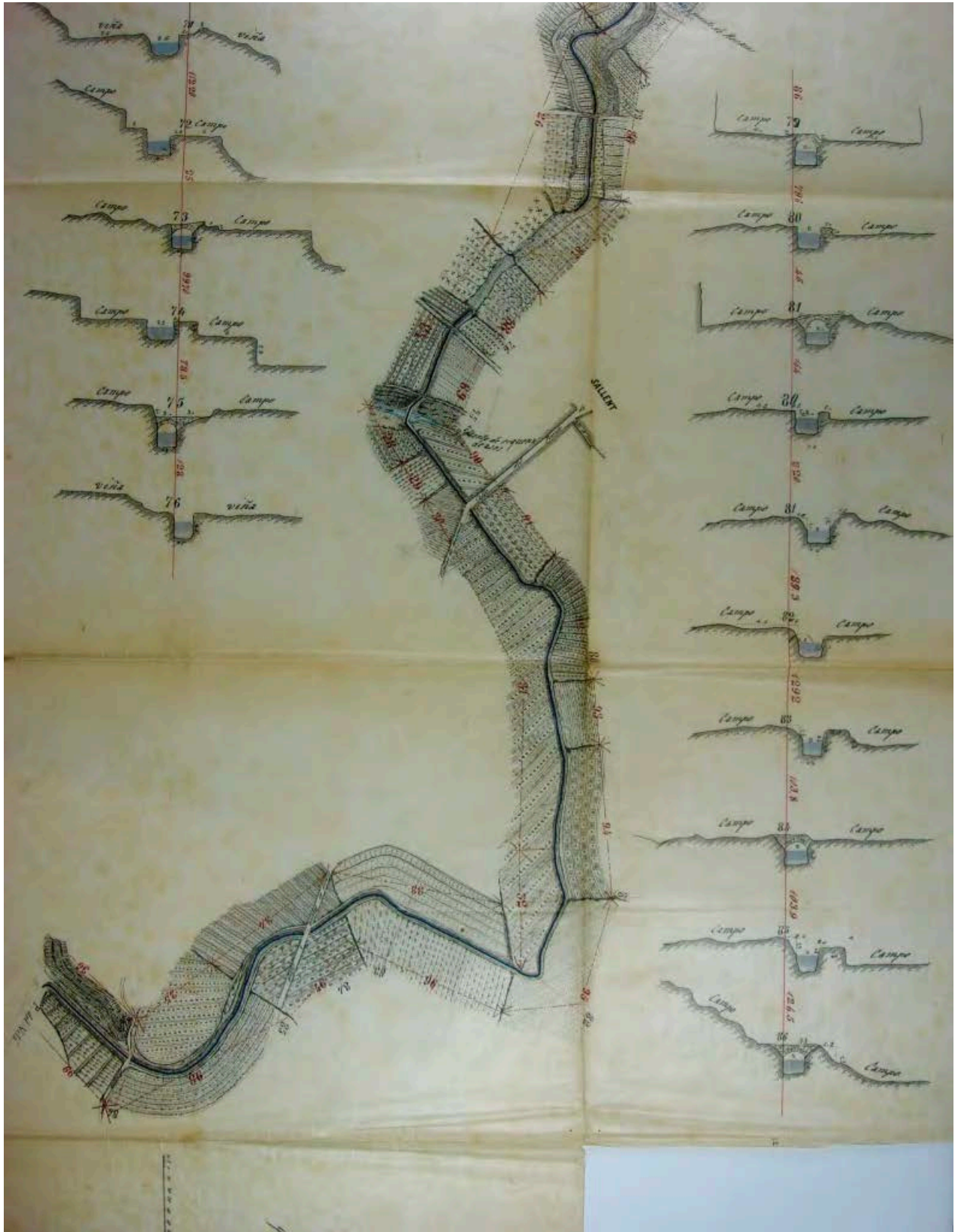
A55. Quart plànol parcial dels sis que formen el primer tram, des de la presa fins el pont de Conangla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font.



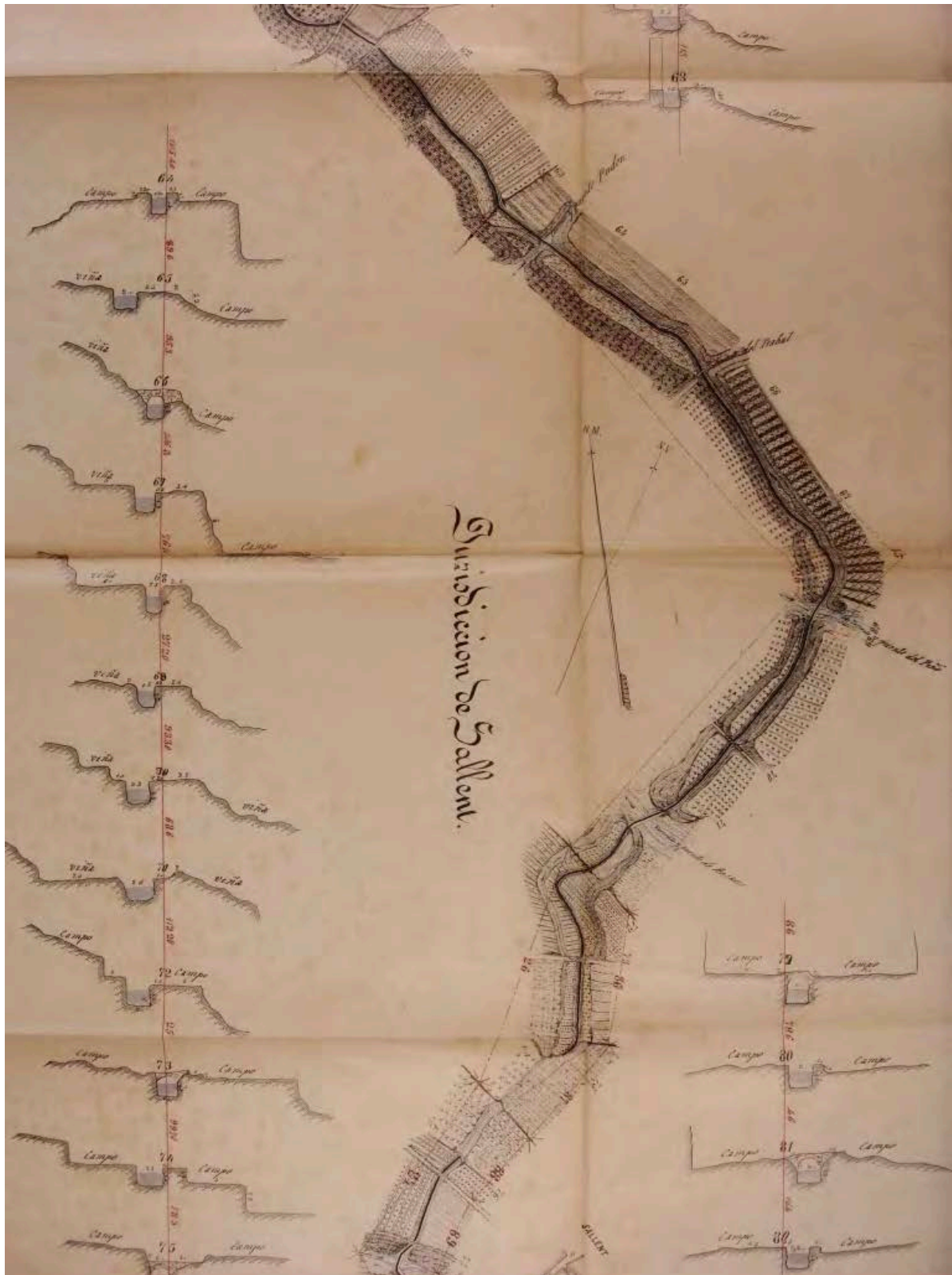
A57. Sisè plànol parcial dels sis que formen el primer tram, des de la presa fins el pont de Conangla de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font.



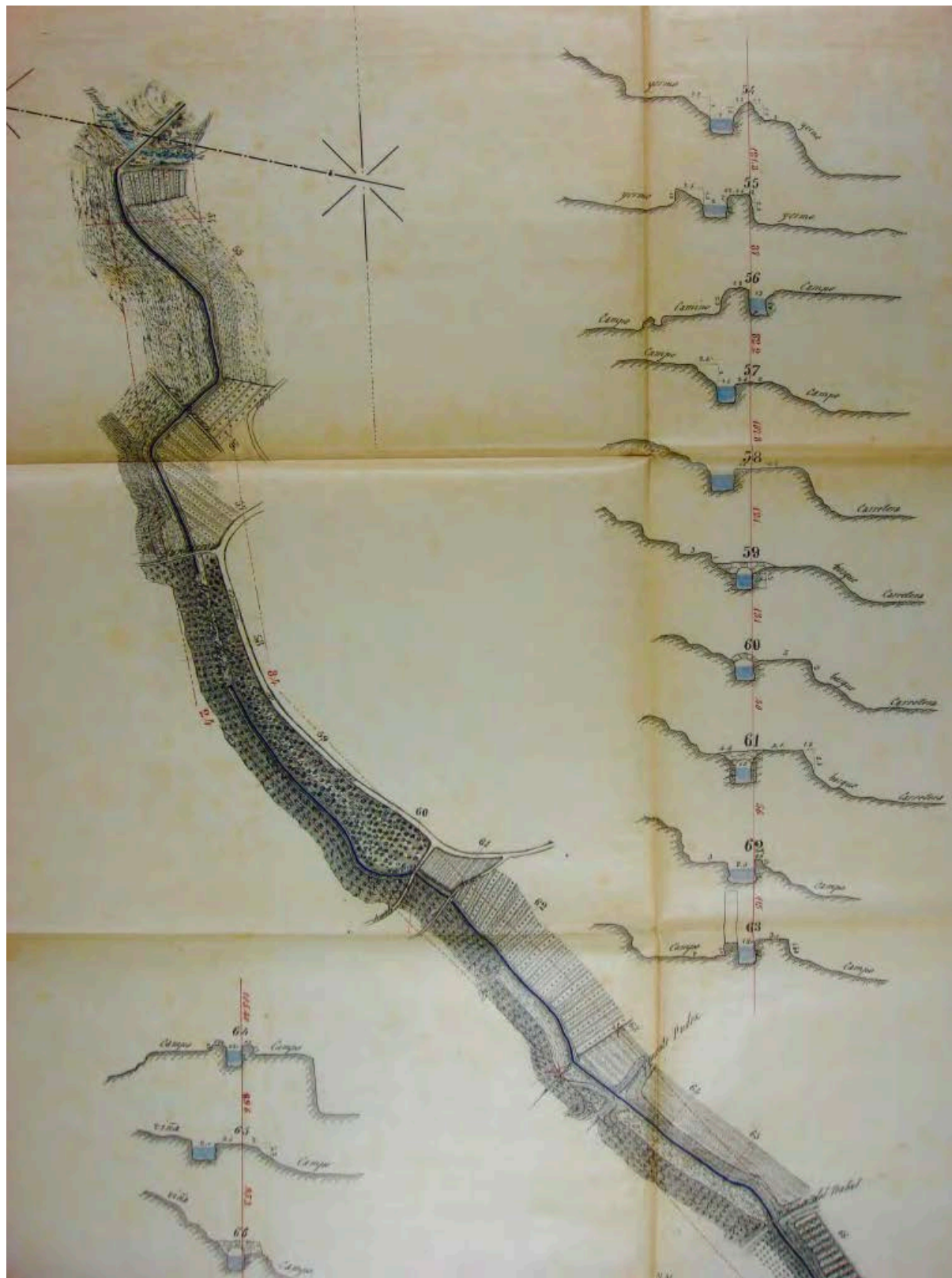
A58. Portada del plànol del segon tram, des del pont de Conangla fins el pont del Vilar, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



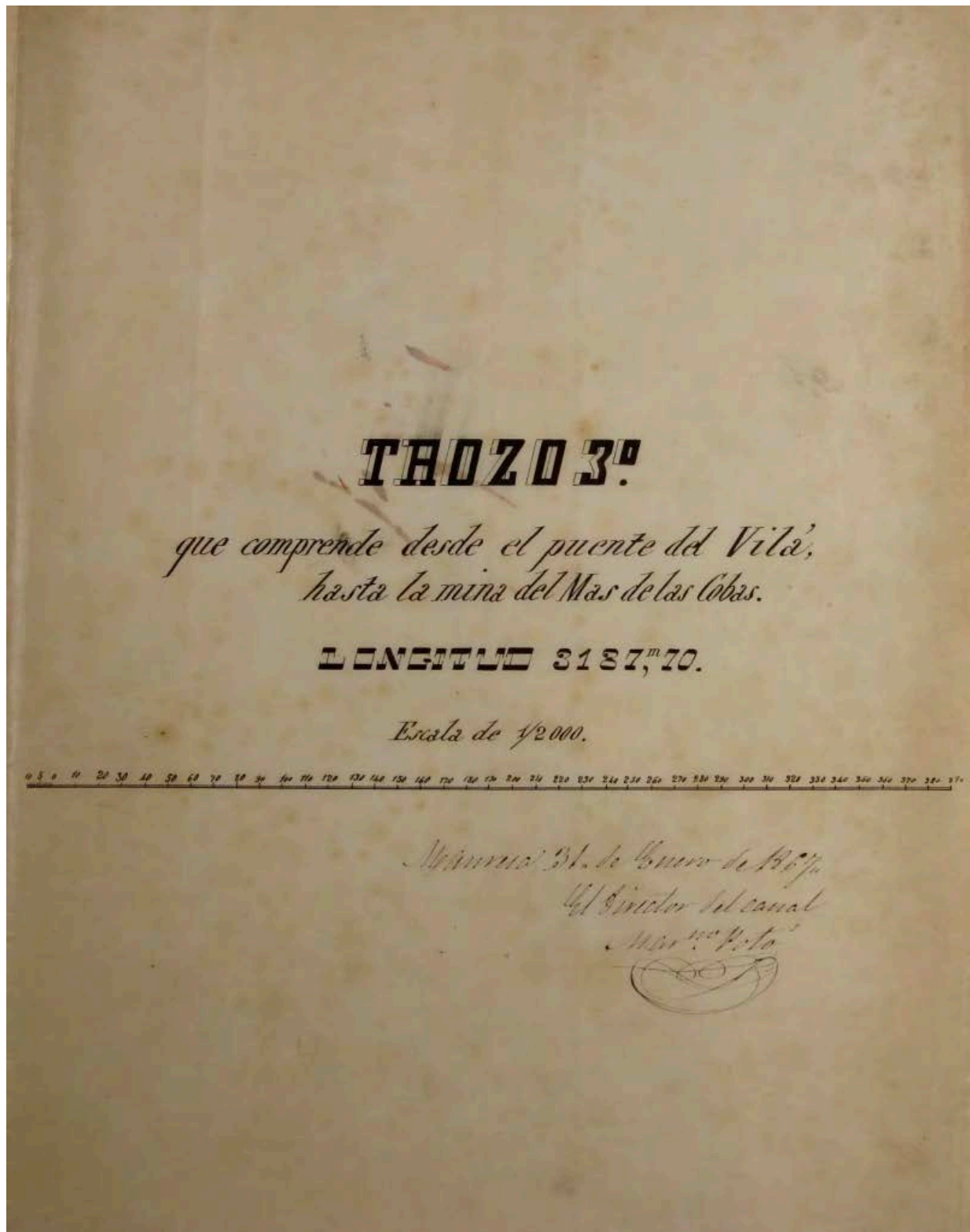
A59. Primer plànol parcial dels tres que formen el segon tram, des del pont de Conangla fins el pont del Vilar, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



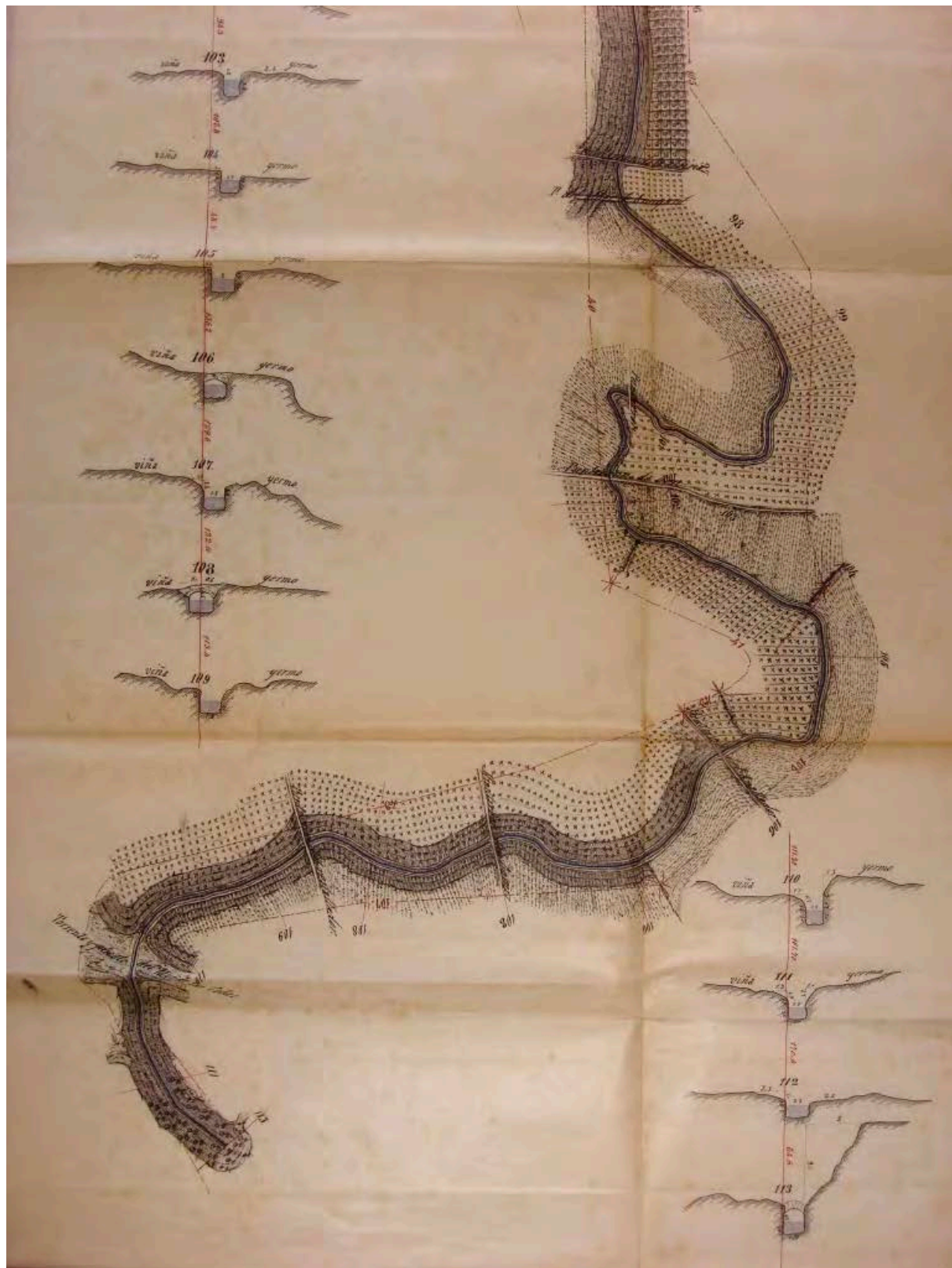
A60. Segon plànol parcial dels tres que formen el segon tram, des del pont de Conangla fins el pont del Vilar, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



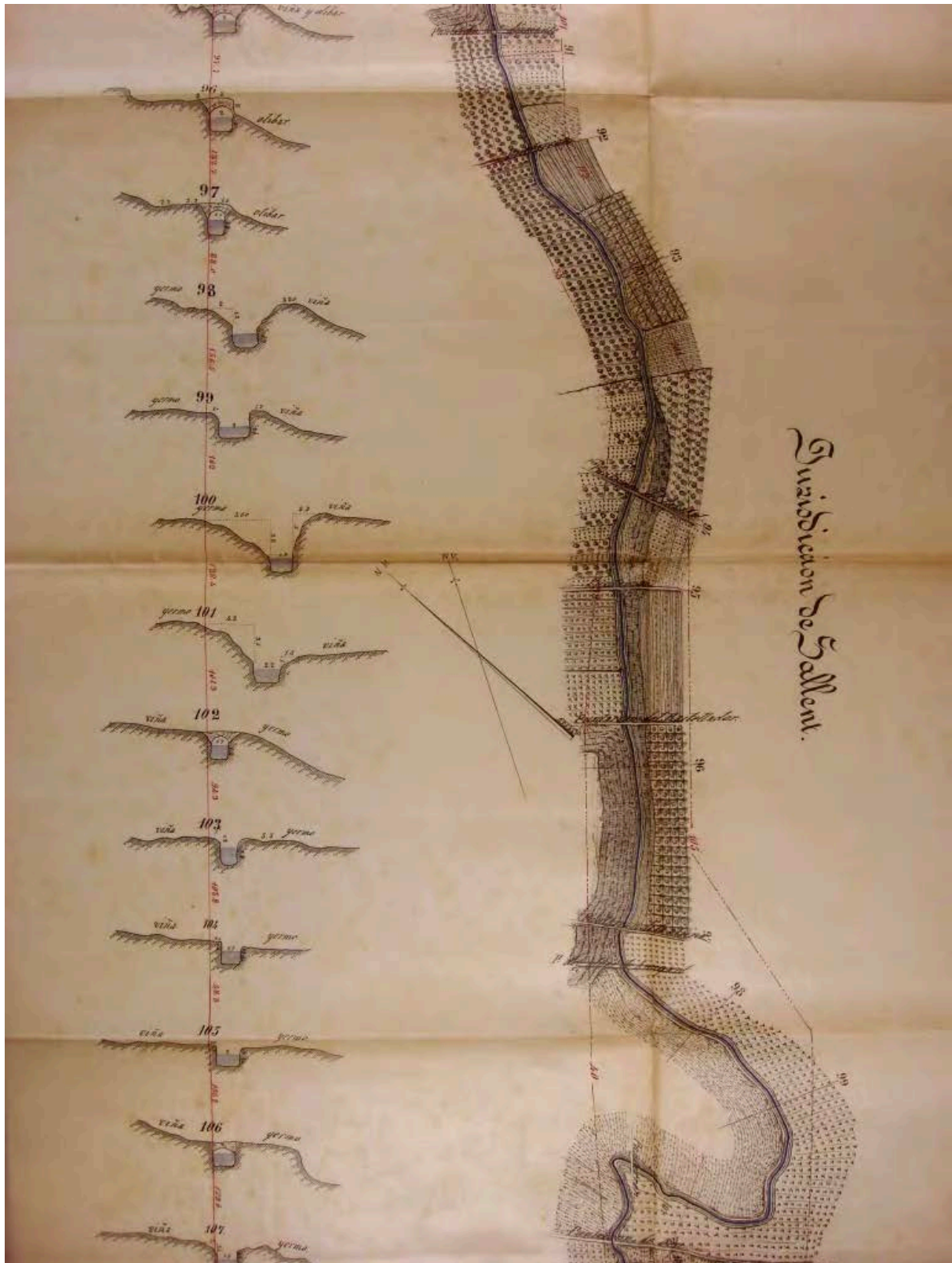
A61. Tercer plànol parcial dels tres que formen el segon tram, des del pont de Conangla fins el pont del Vilar, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



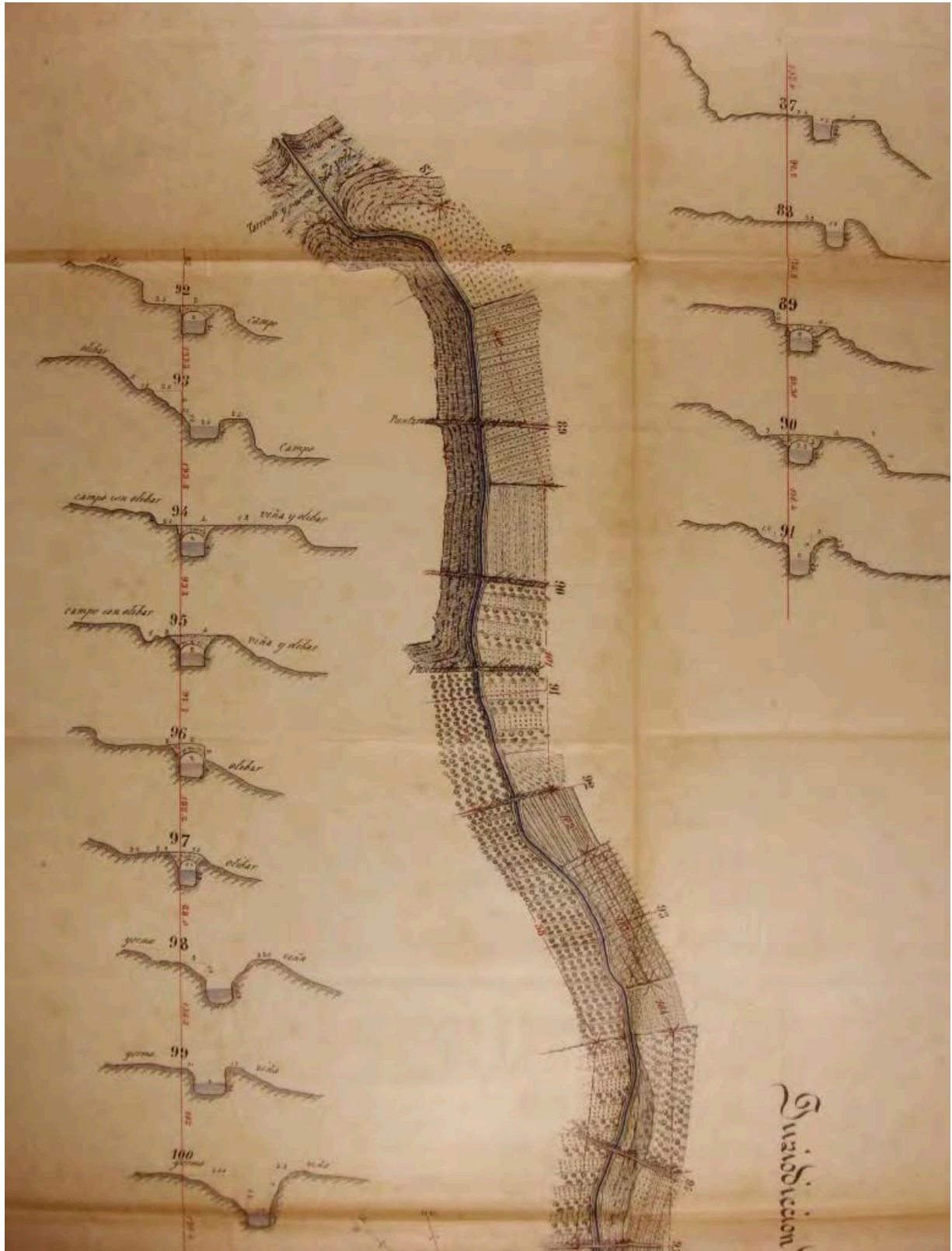
A62. Portada del plànol del tercer tram, des del pont de Vilar fins la mina del Mas de les Coves, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



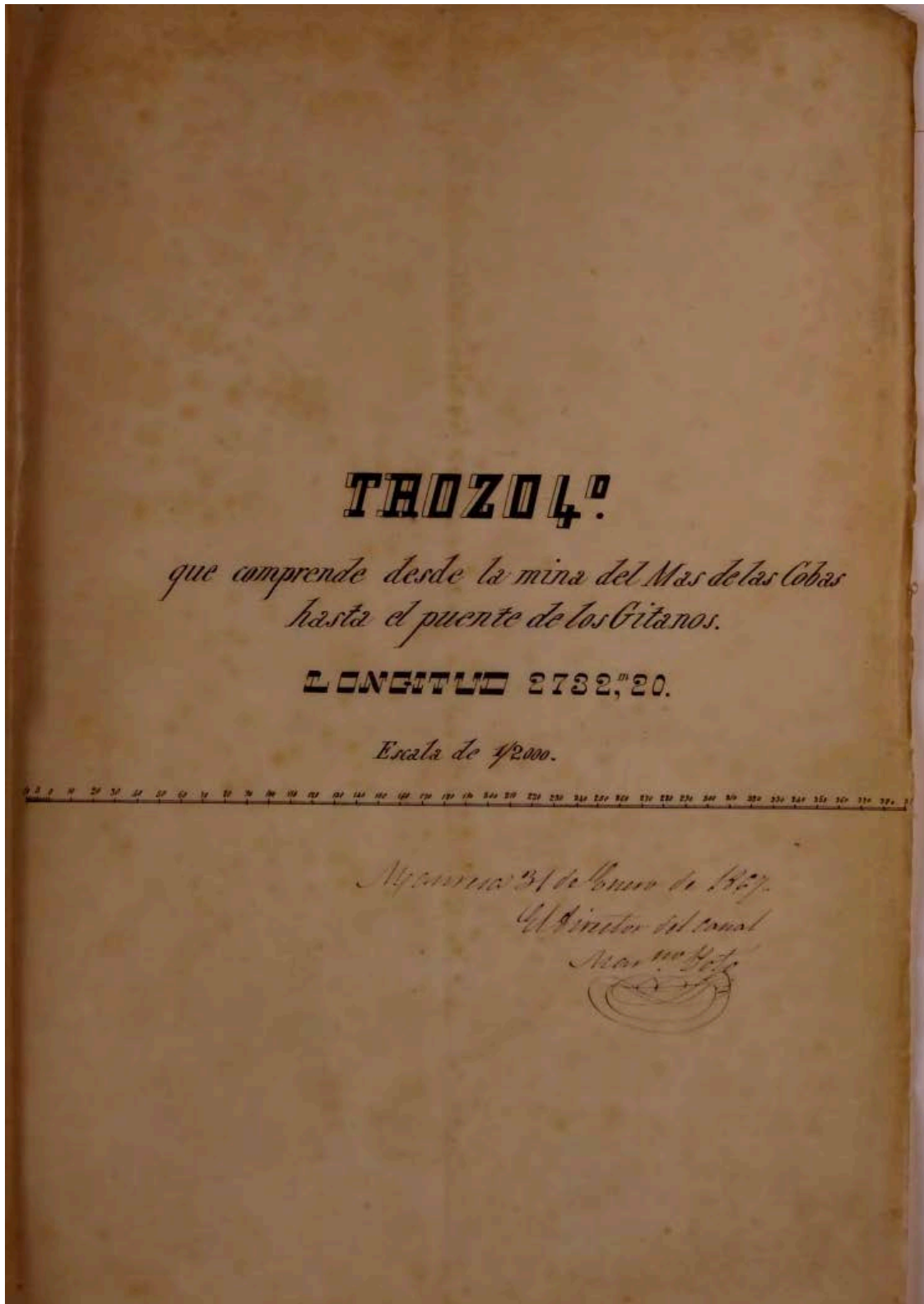
A63. Primer plànol parcial dels tres que formen el tercer tram, des del pont del Vilar fins la mina del Mas de les Coves, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



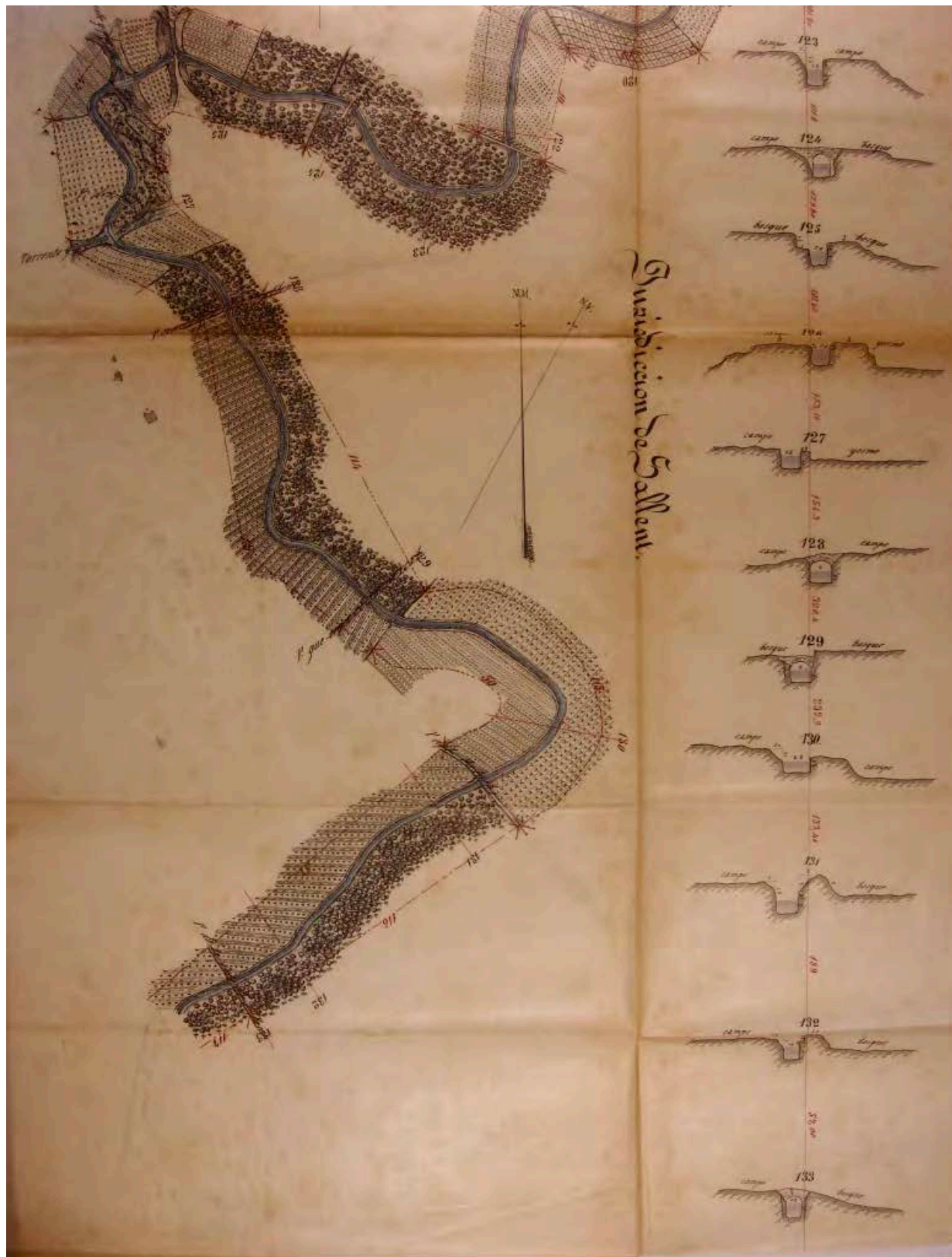
A64. Segon plànol parcial dels tres que formen el tercer tram, des del pont del Vilar fins la mina del Mas de les Coves, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



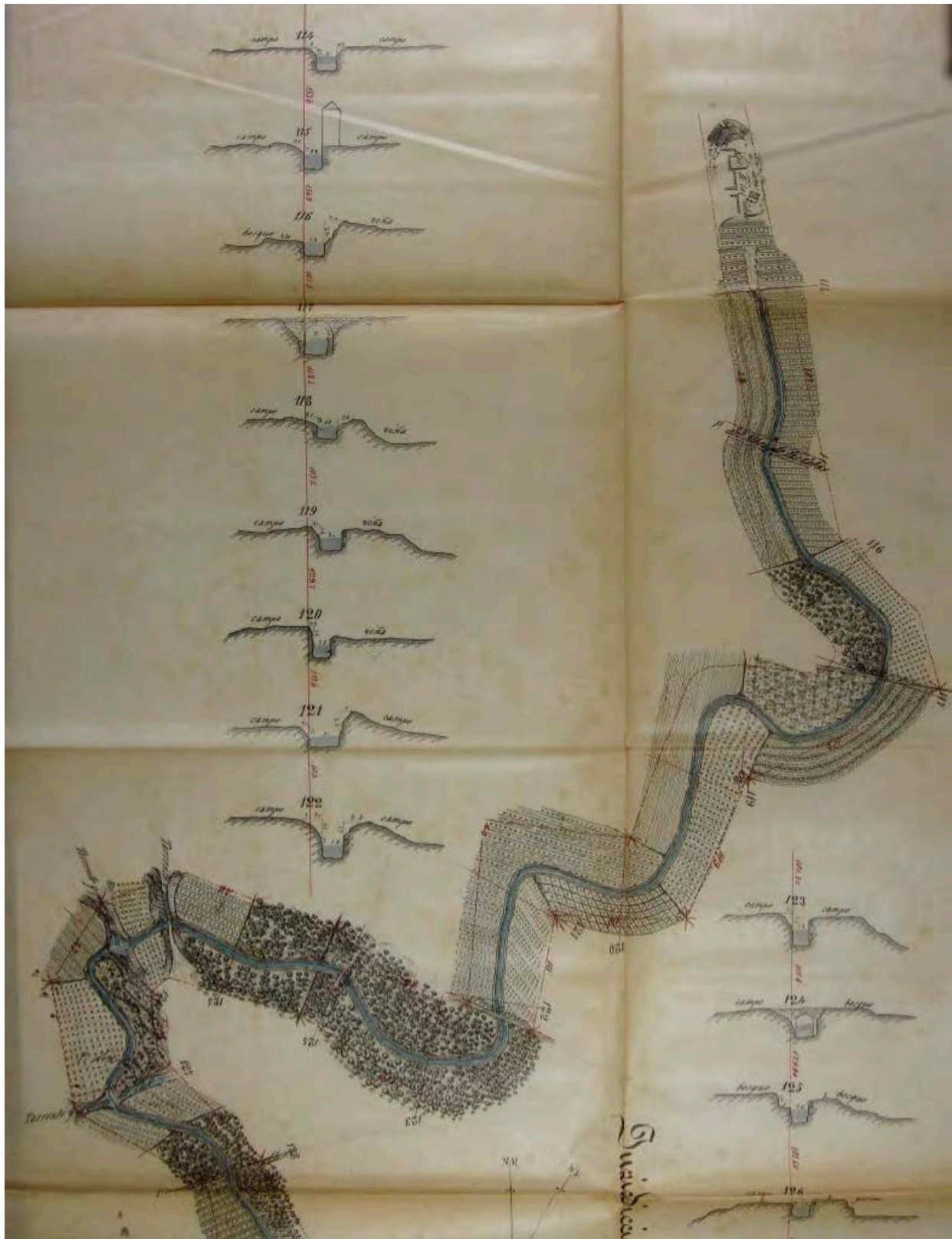
A65. Tercer plànol parcial dels tres que formen el tercer tram, des del pont del Vilar fins la mina del Mas de les Coves, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



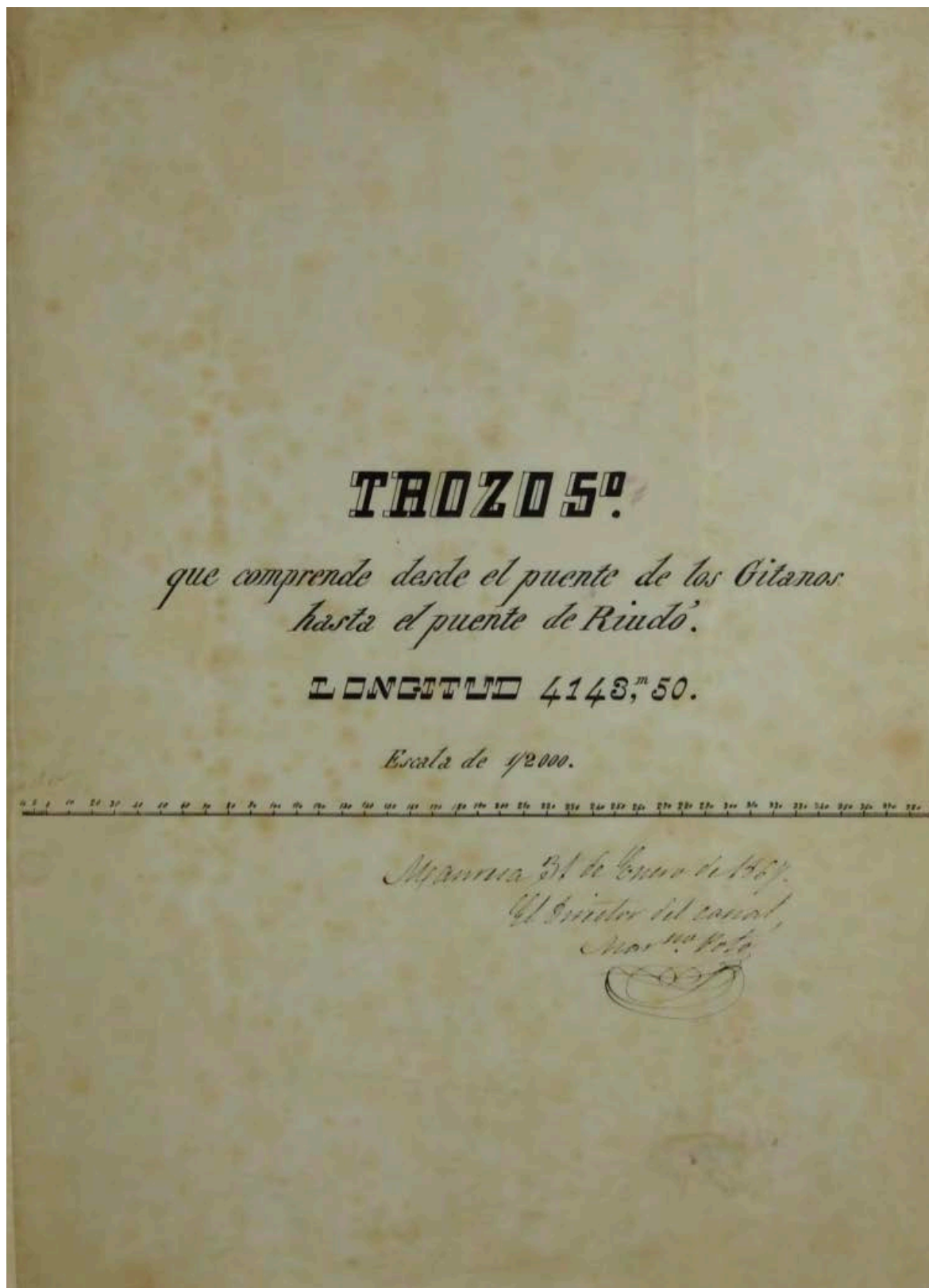
A66. Portada del plànol del quart tram, des de la mina del Mas de les Coves fins el pont dels Gitanos, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



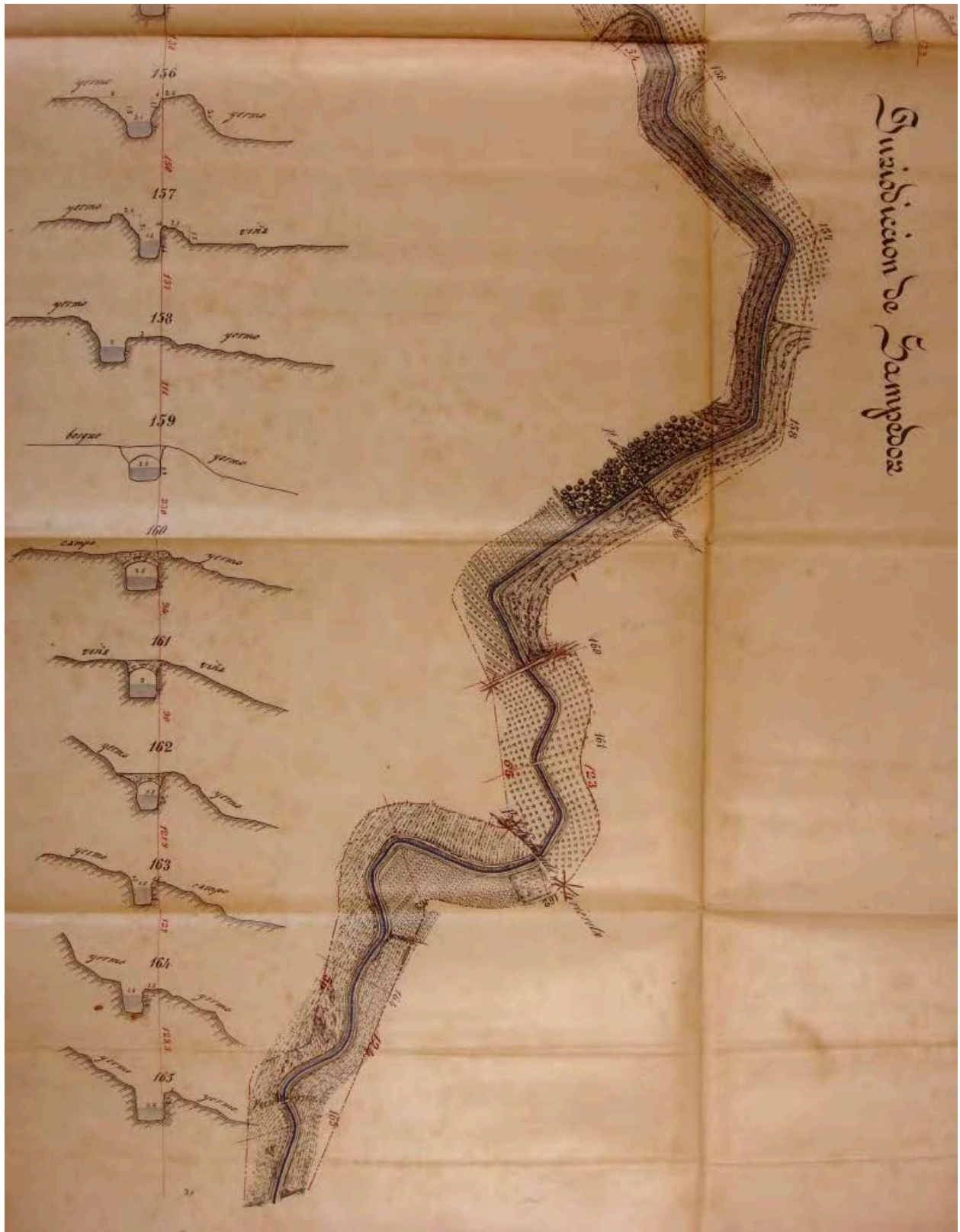
A67. Primer plànol parcial dels dos que formen el quart tram, des de la mina del Mas de les Coves fins al pont dels Gitanos, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



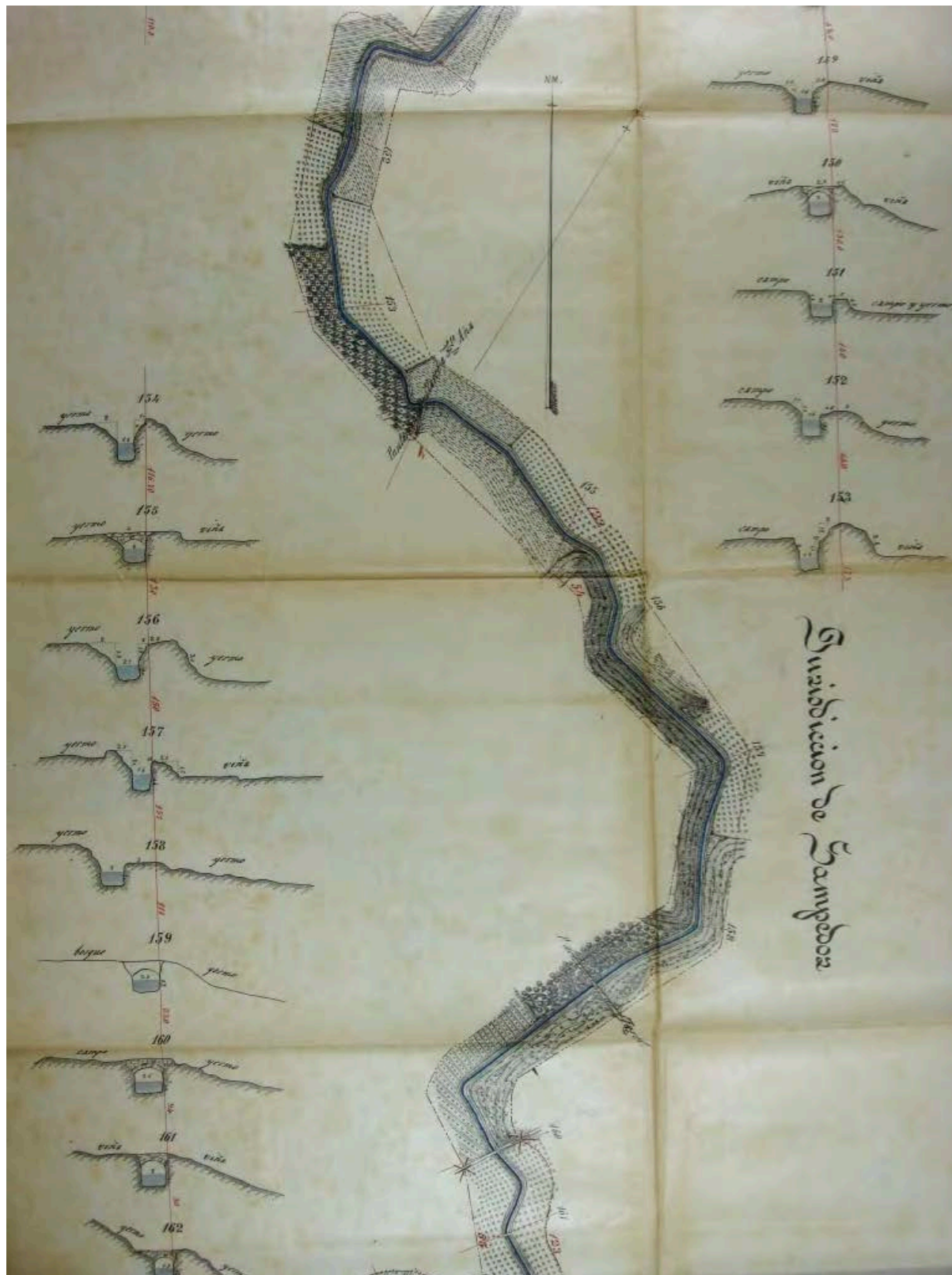
A68. Segon plànol parcial dels dos que formen el quart tram, des de la mina del Mas de les Coves fins al pont dels Gitanos, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



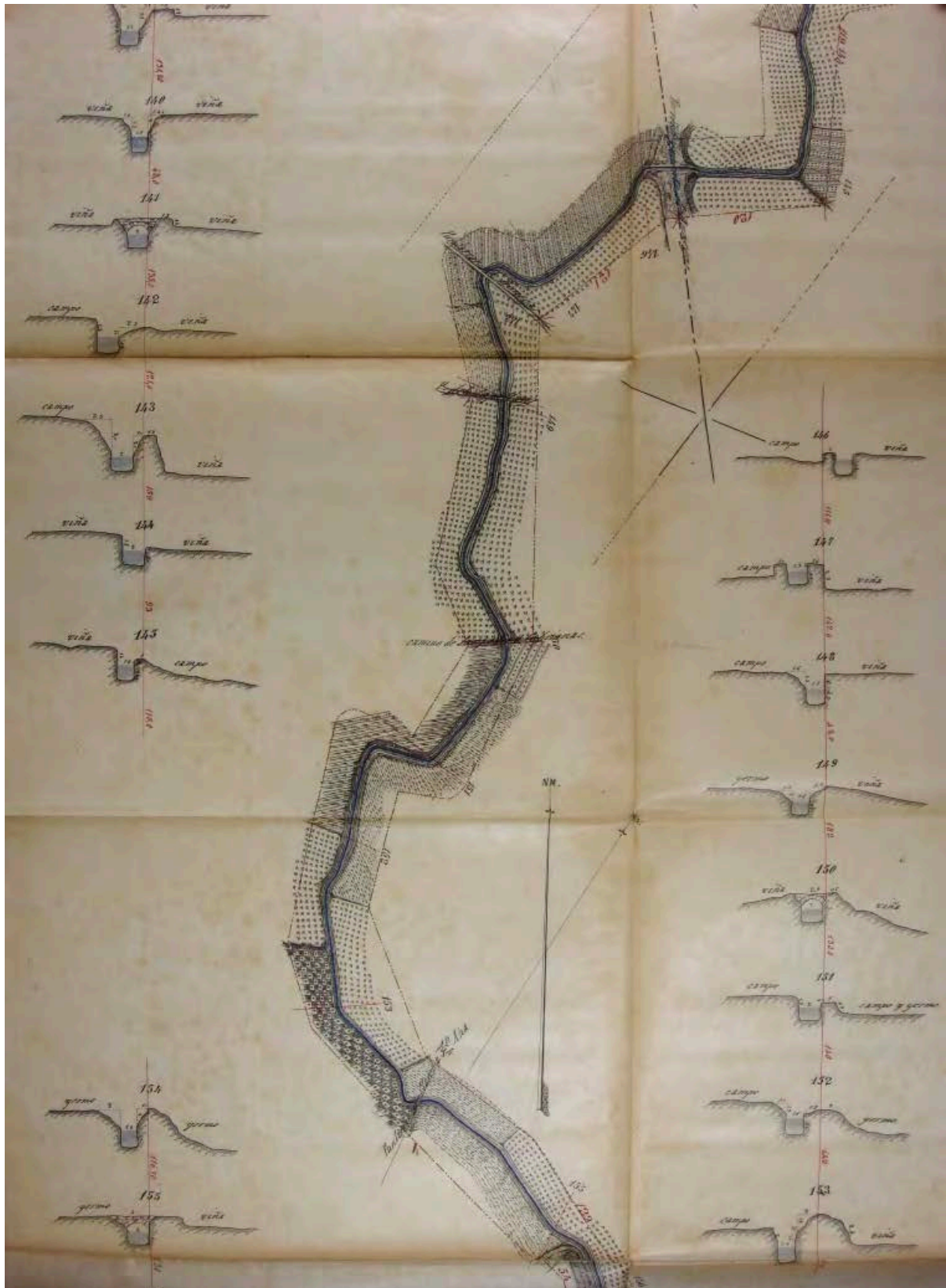
A69. Portada del plànol del cinquè tram, des del pont dels Gitanos fins el pont Riudor, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



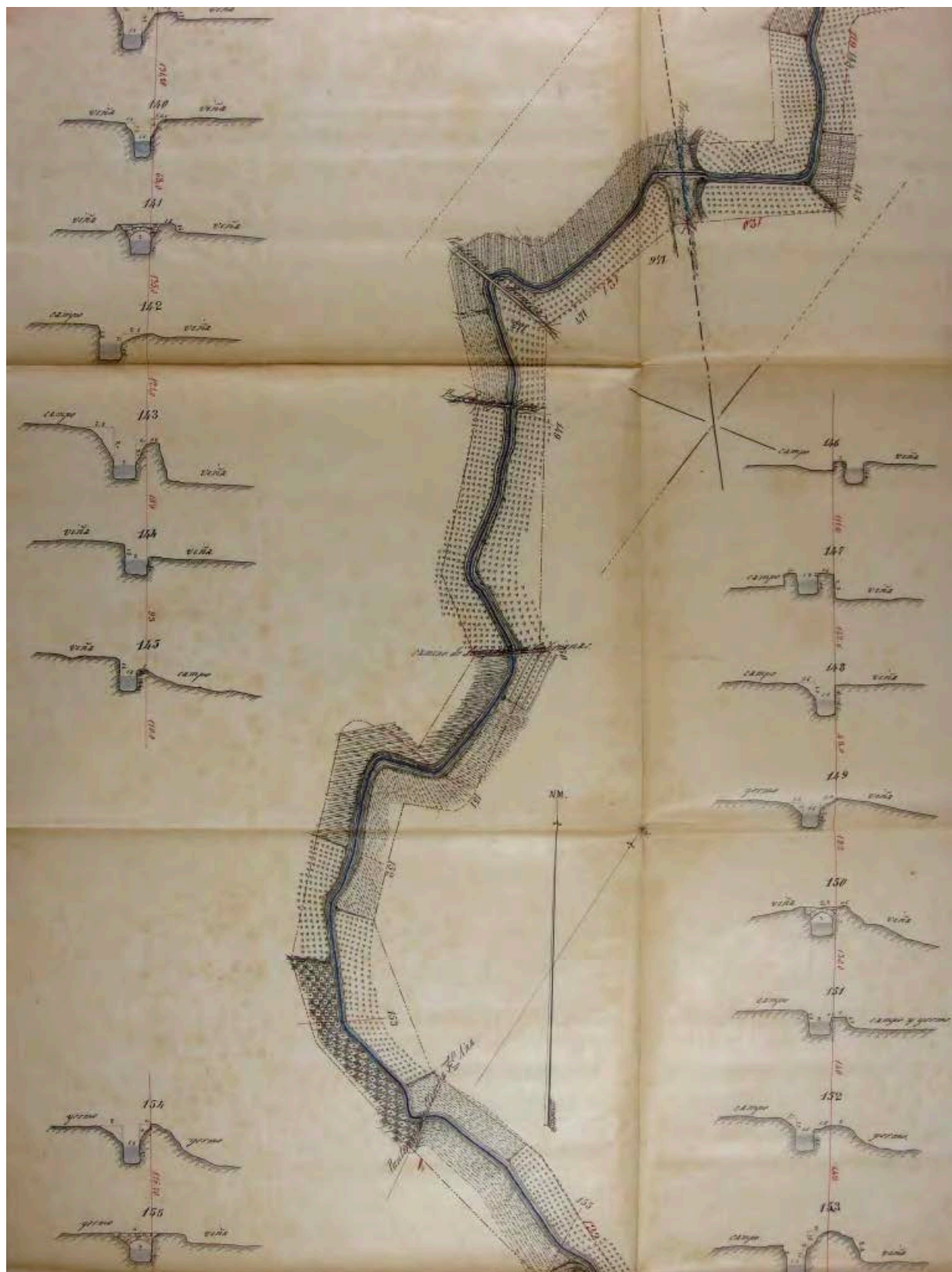
A70. Primer plànol parcial dels sis que formen el cinquè tram, des del pont dels Gitanos fins al pont del Riudor, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



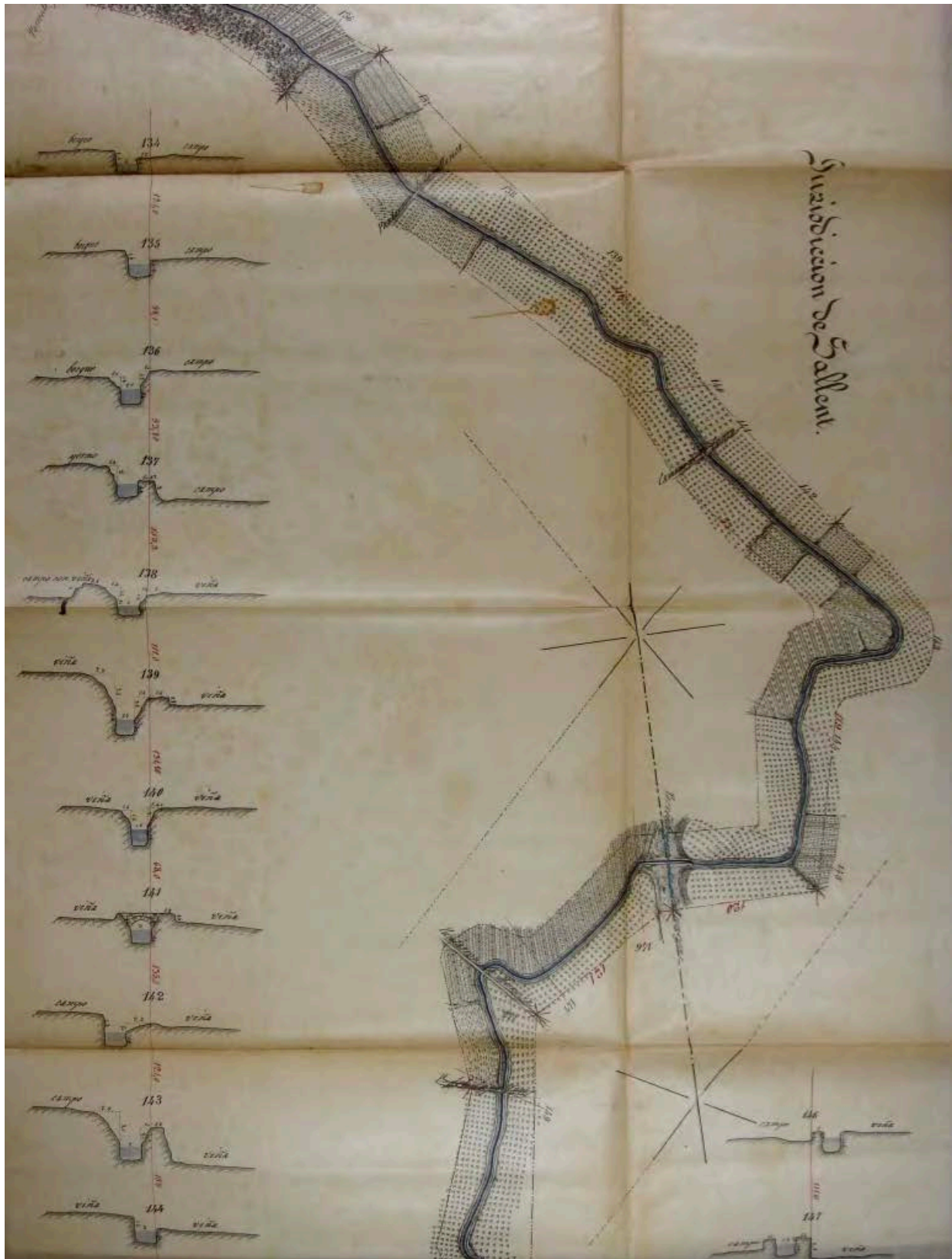
A71. Segon plànol parcial dels sis que formen el cinquè tram, des del pont dels Gitanos fins al pont del Riudor, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



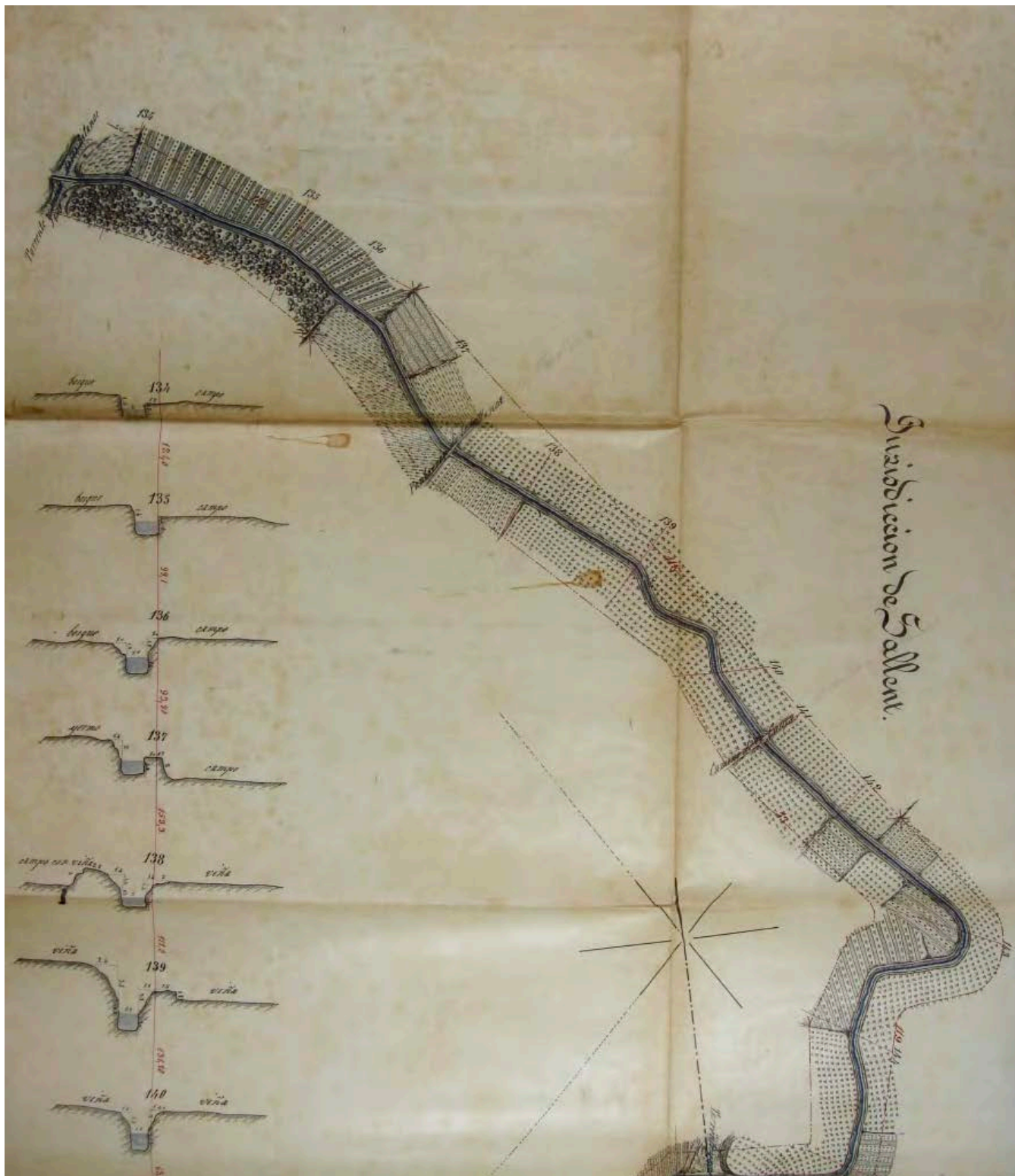
A72. Tercer plànol parcial dels sis que formen el cinquè tram, des del pont dels Gitanos fins al pont del Riudor, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



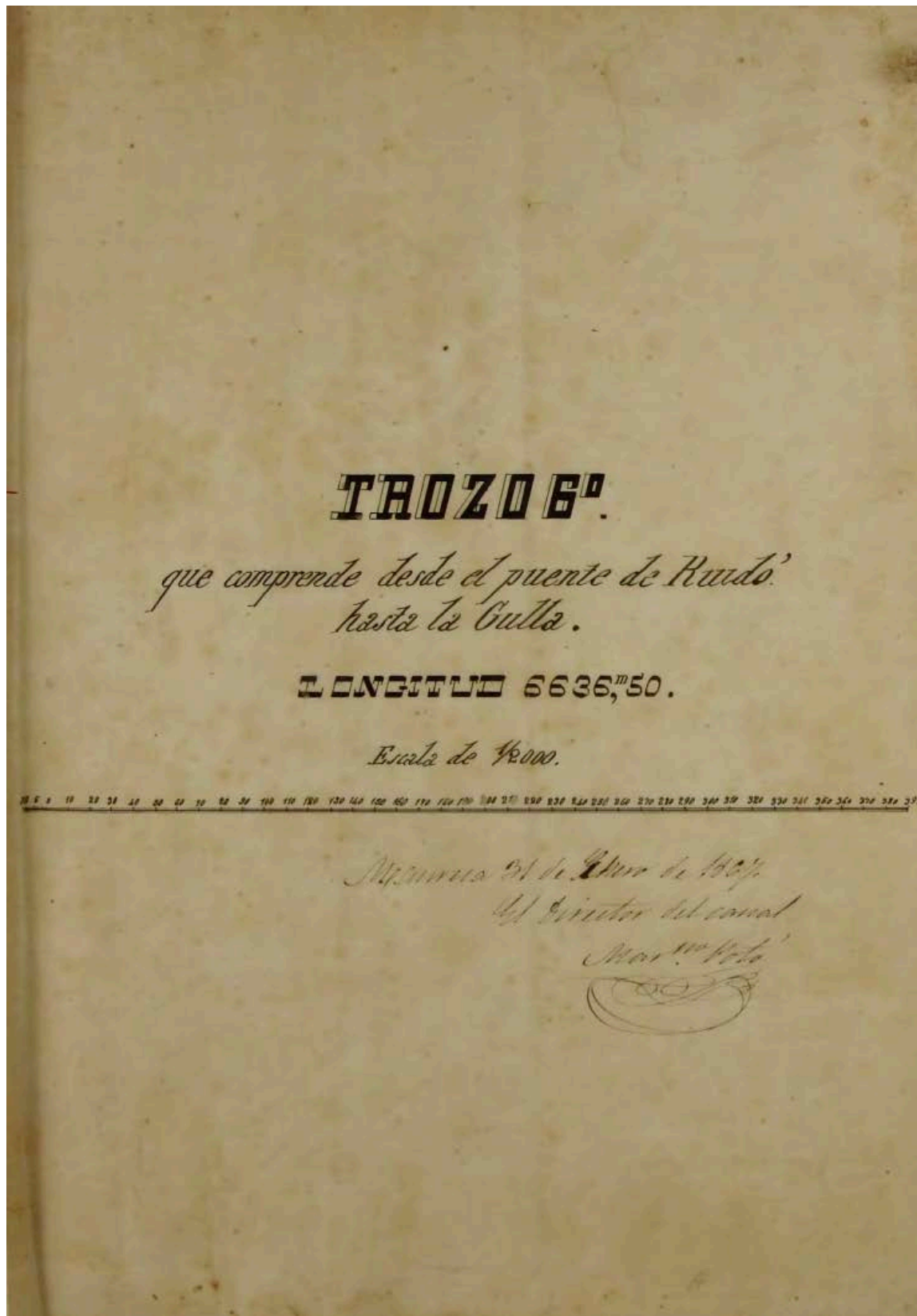
A73. Quart plànol parcial dels sis que formen el cinquè tram, des del pont dels Gitanos fins al pont del Riudor, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



A74. Cinquè plànol parcial dels sis que formen el cinquè tram, des del pont dels Gitanos fins al pont del Riudor, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



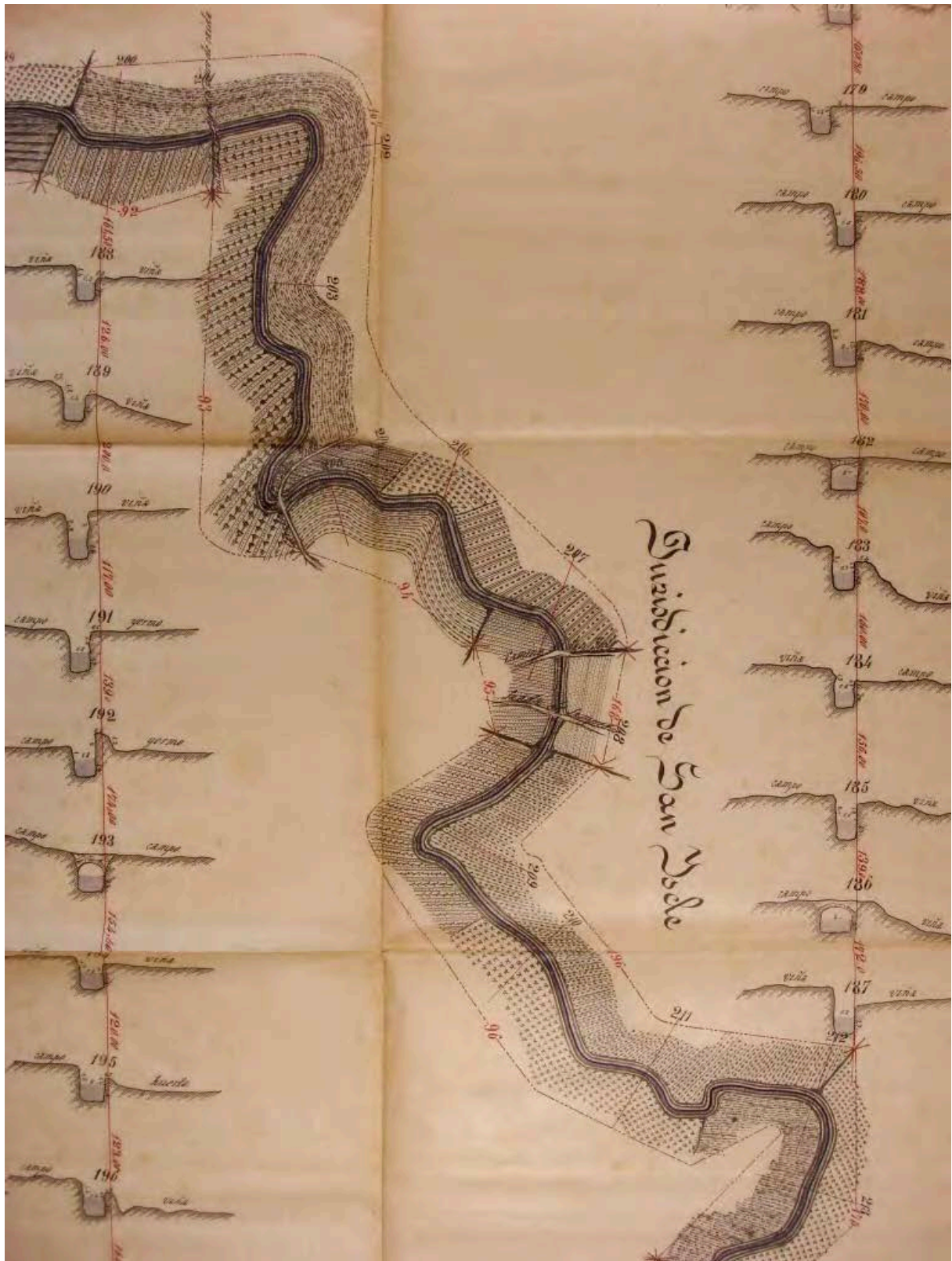
A75. Sisè plànol parcial dels sis que formen el cinquè tram, des del pont dels Gitanos fins al pont del Riudor, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



A76. Portada del plànol del sisè tram, des del pont del Riudor fins l'Agulla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



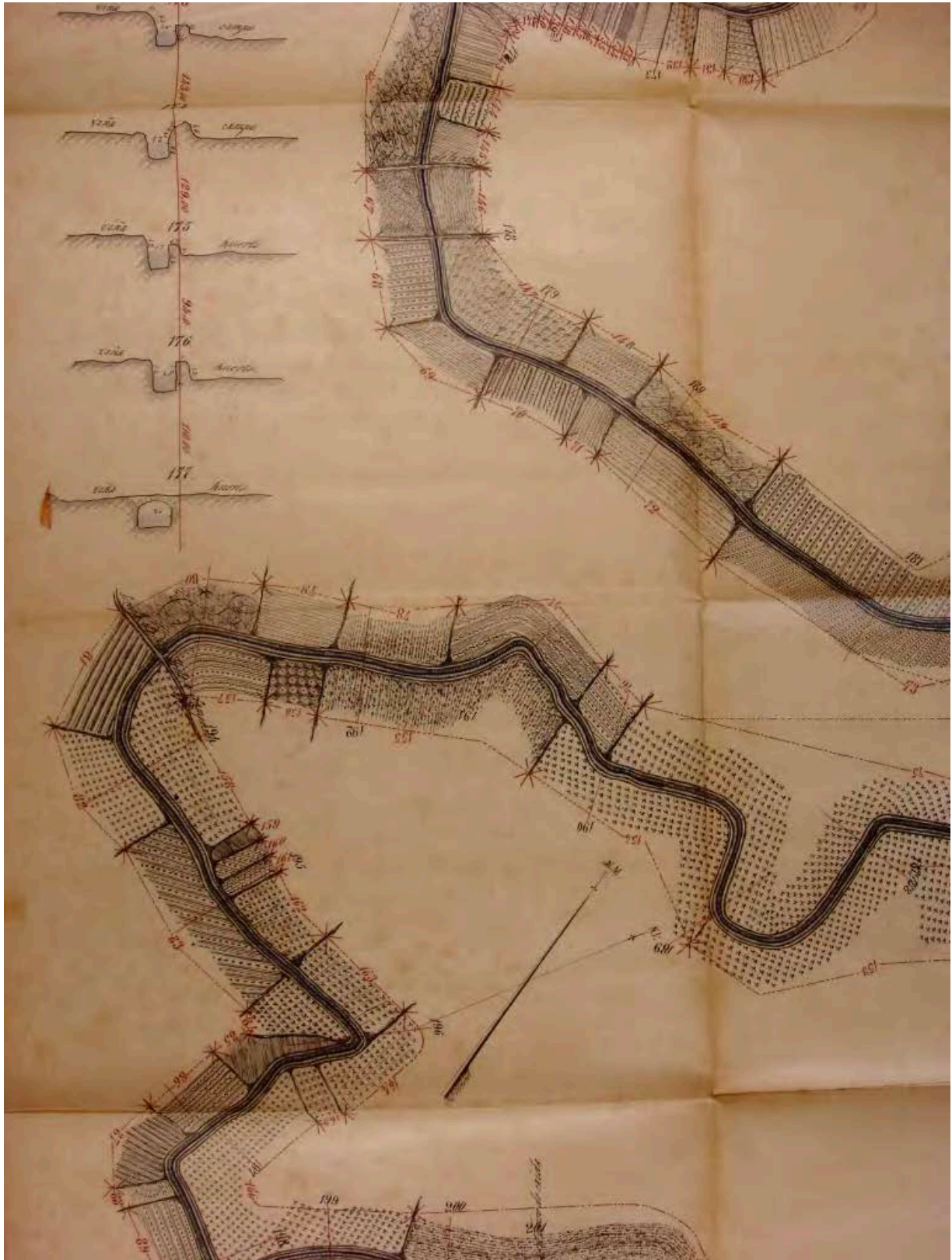
A77. Primer plànol parcial dels set que formen el sisè tram, des del pont del Riudor fins l'Agulla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



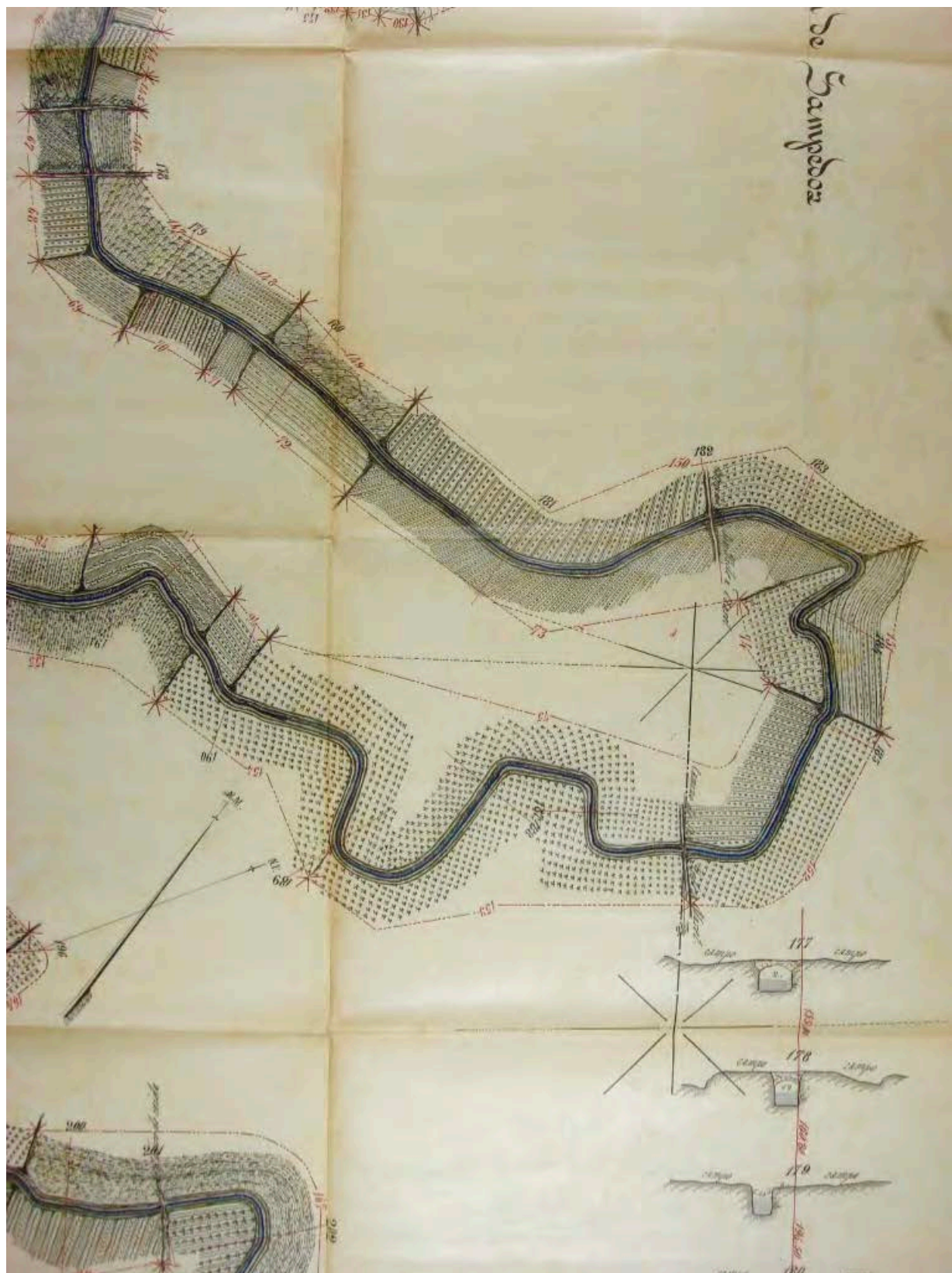
A78. Segon plànol parcial dels set que formen el sisè tram, des del pont del Riudor fins l'Agulla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



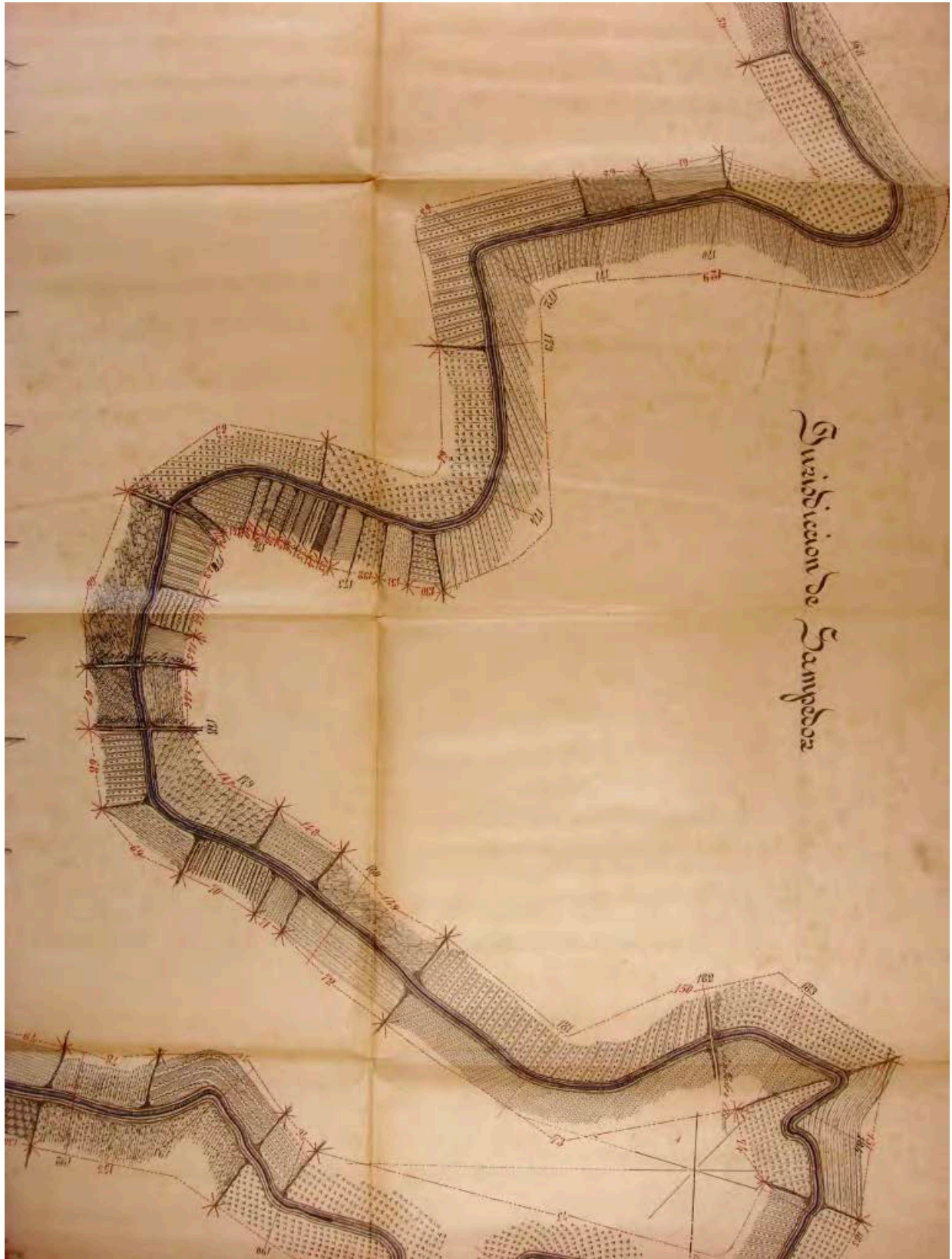
A79. Tercer plànol parcial dels set que formen el sisè tram, des del pont del Riudor fins l'Agulla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



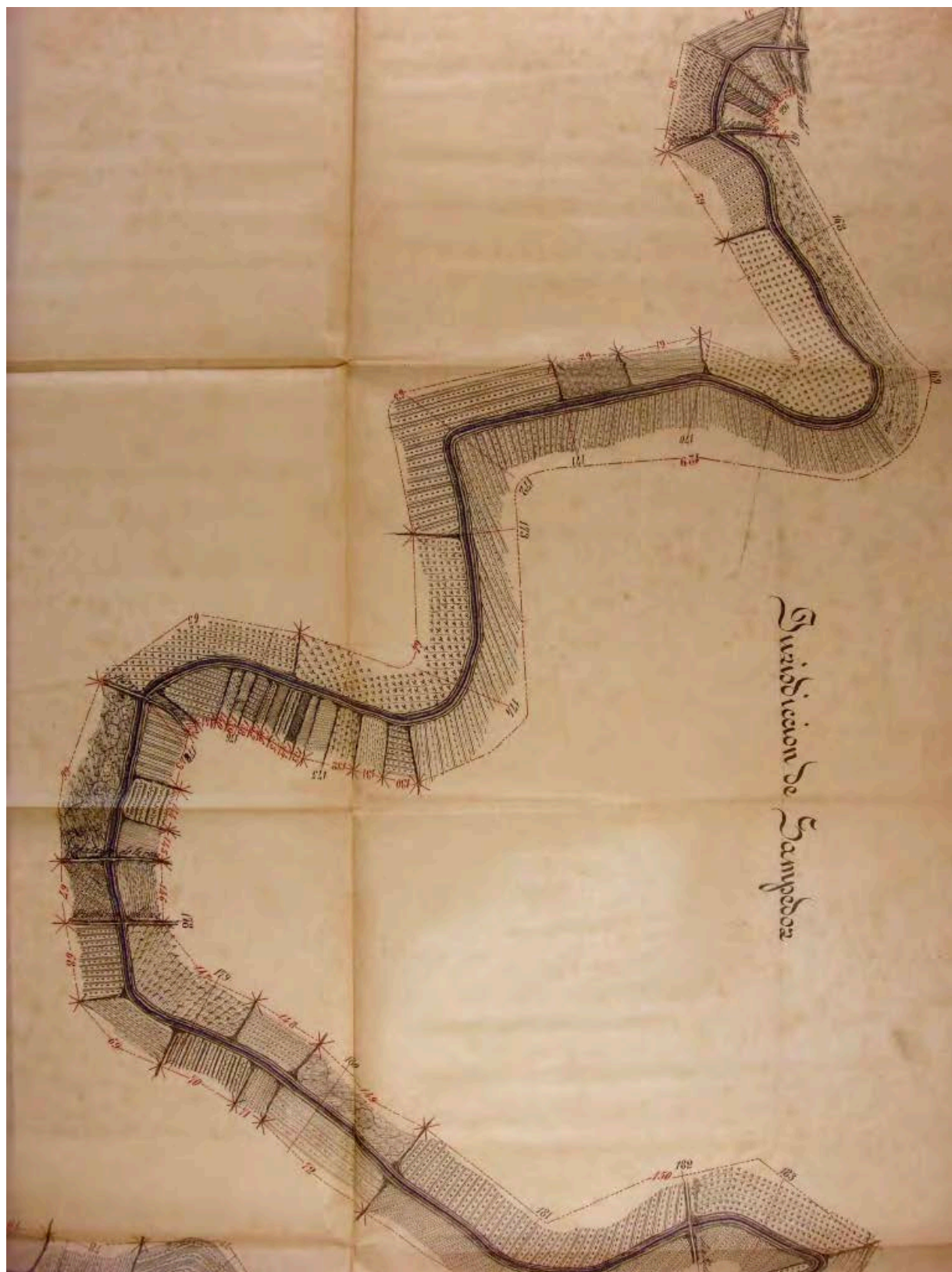
A80. Quart plànol parcial dels set que formen el sisè tram, des del pont del Riudor fins l'Agulla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



A81. Cinquè plànol parcial dels set que formen el sisè tram, des del pont del Riudor fins l'Agulla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.

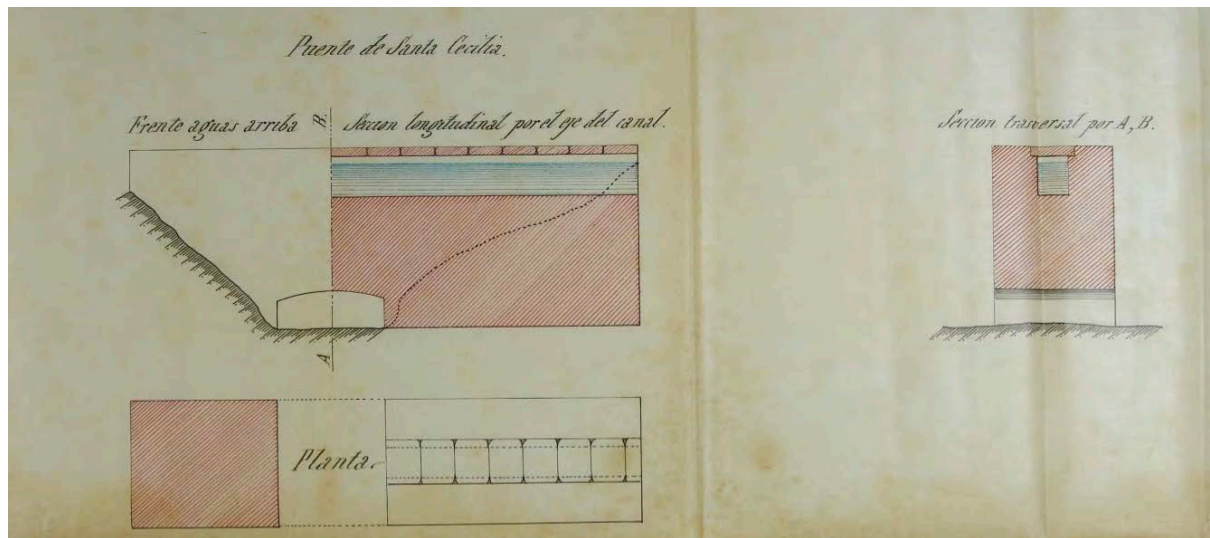


A82. Sisè plànol parcial dels set que formen el sisè tram, des del pont del Riudor fins l'Agulla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.

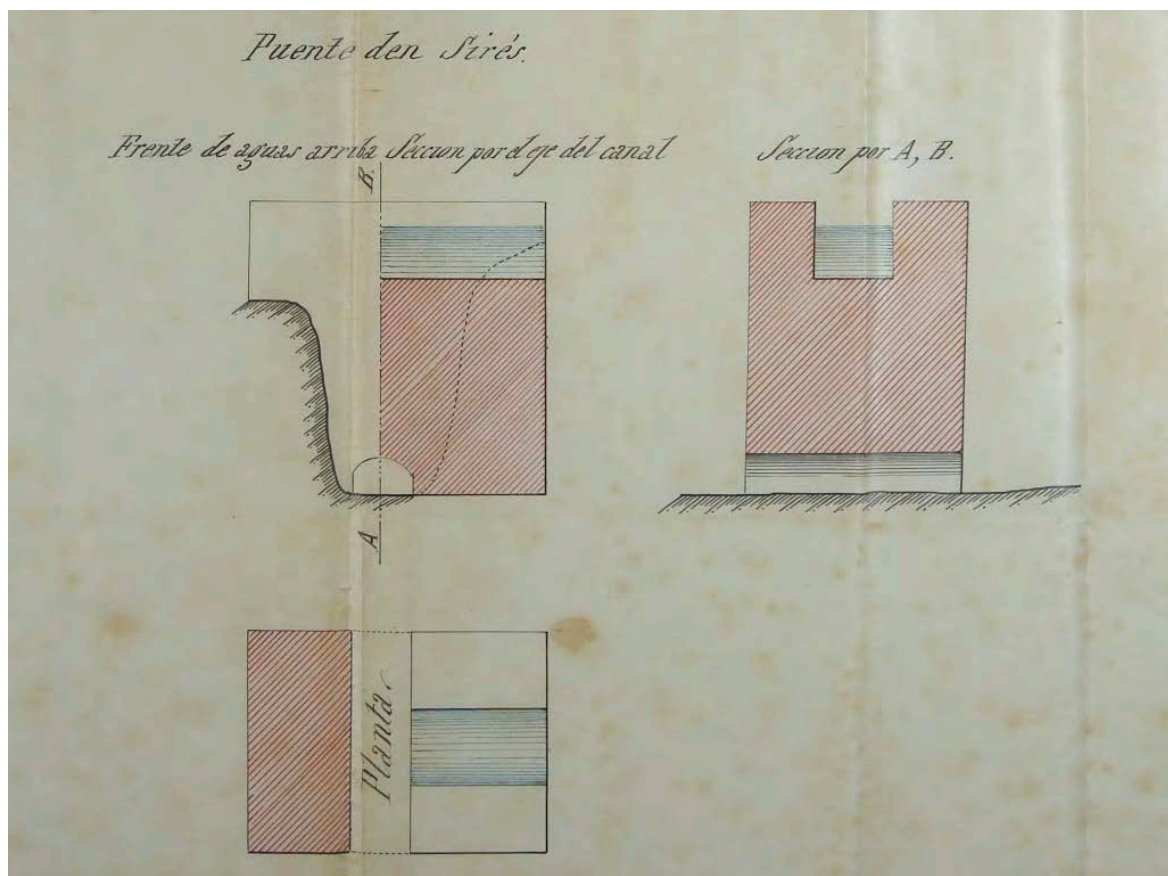


A83. Setè plànol parcial dels set que formen el sisè tram, des del pont del Riudor fins l'Agulla, de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.

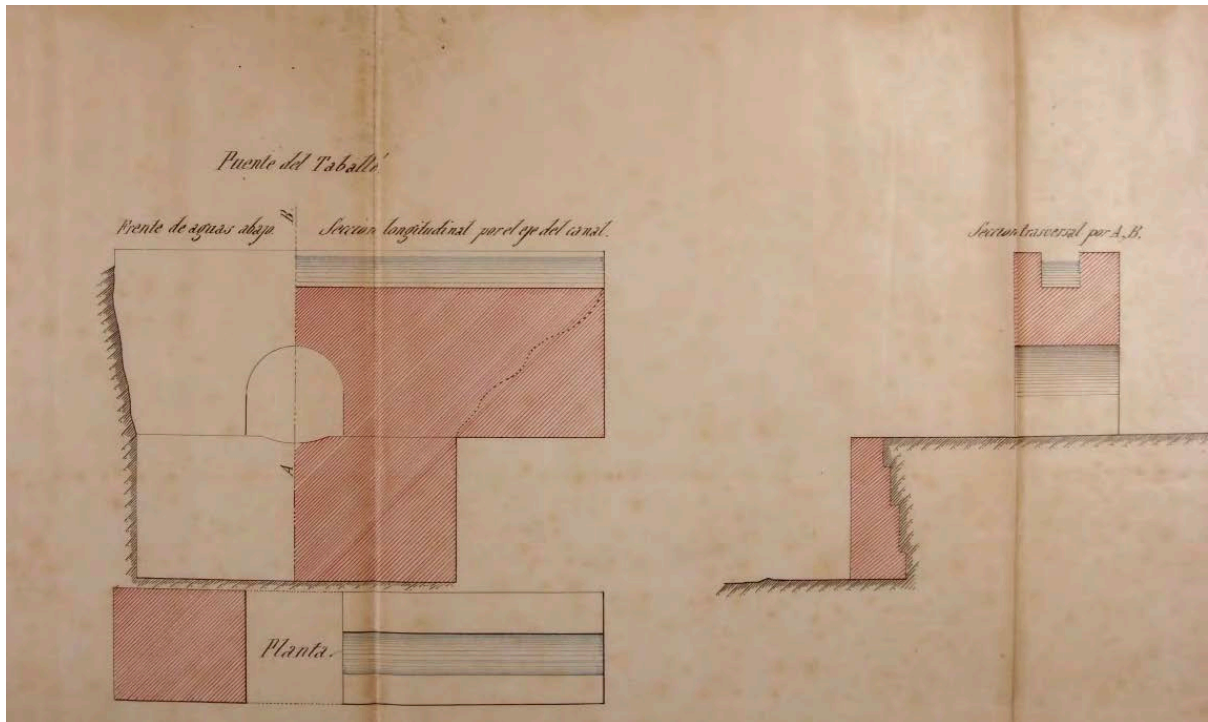
Apèndix



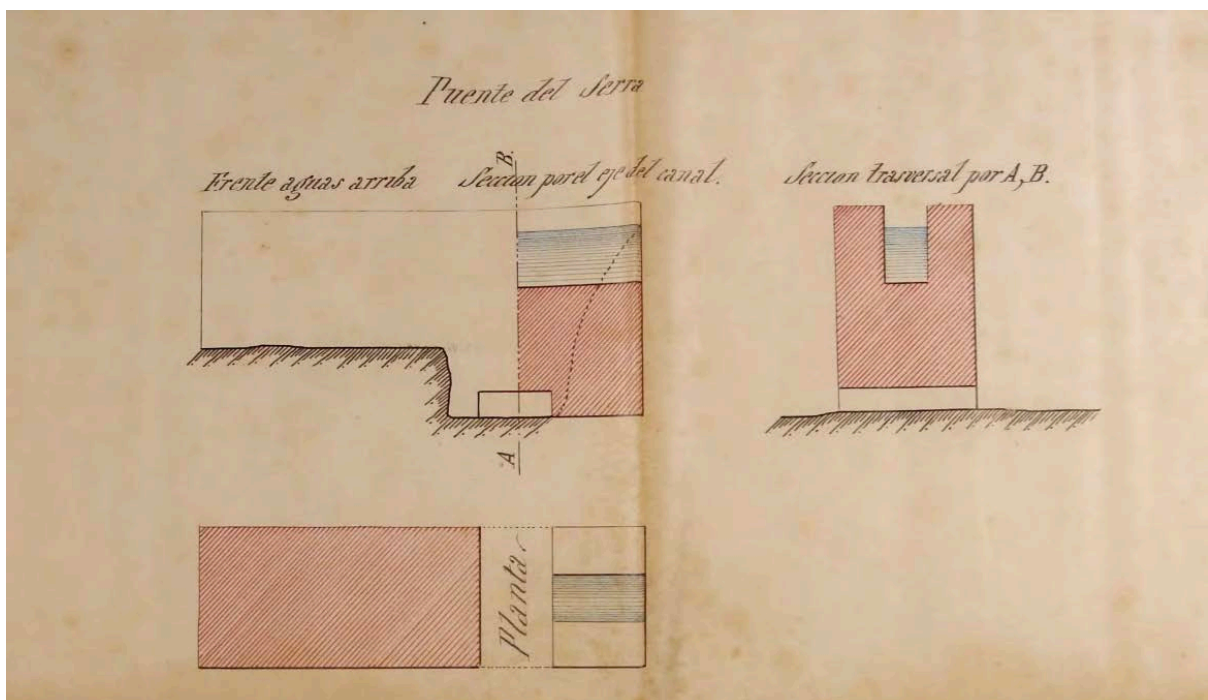
A84. Planta i seccions del Pont de Santa Cecília de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



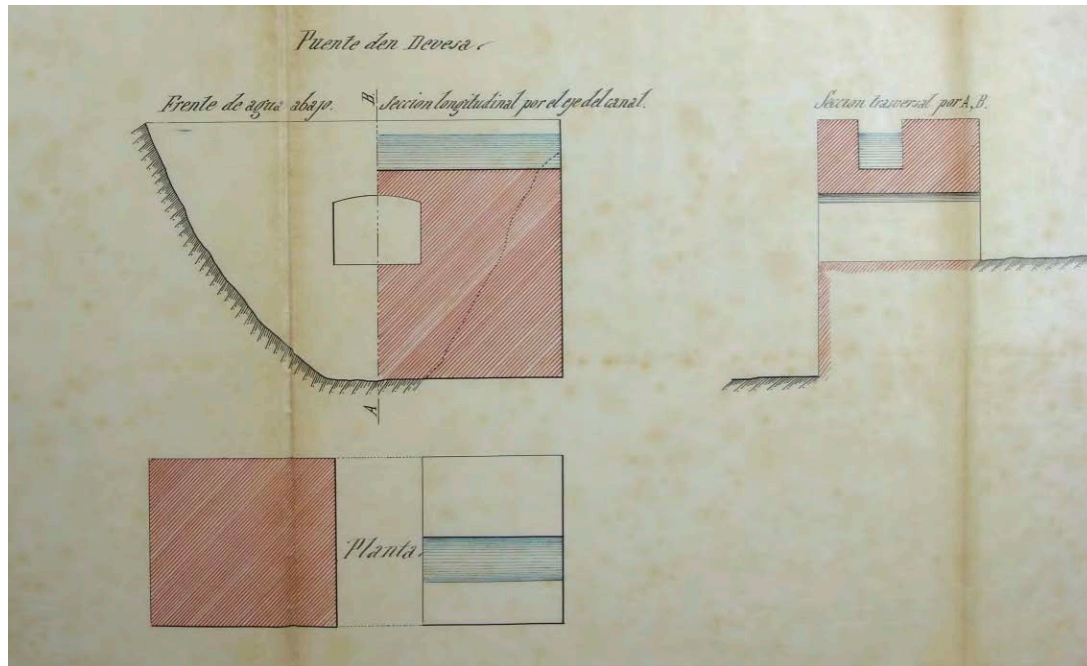
A85. Planta i seccions del Pont de Sirés de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



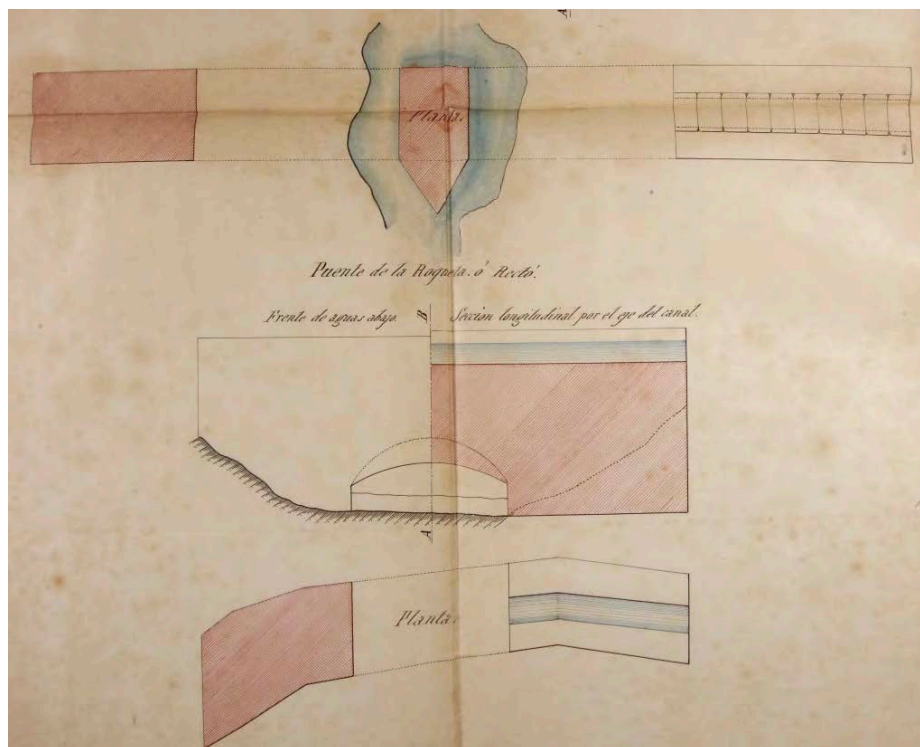
A86. Planta i seccions del Pont del Taballé de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



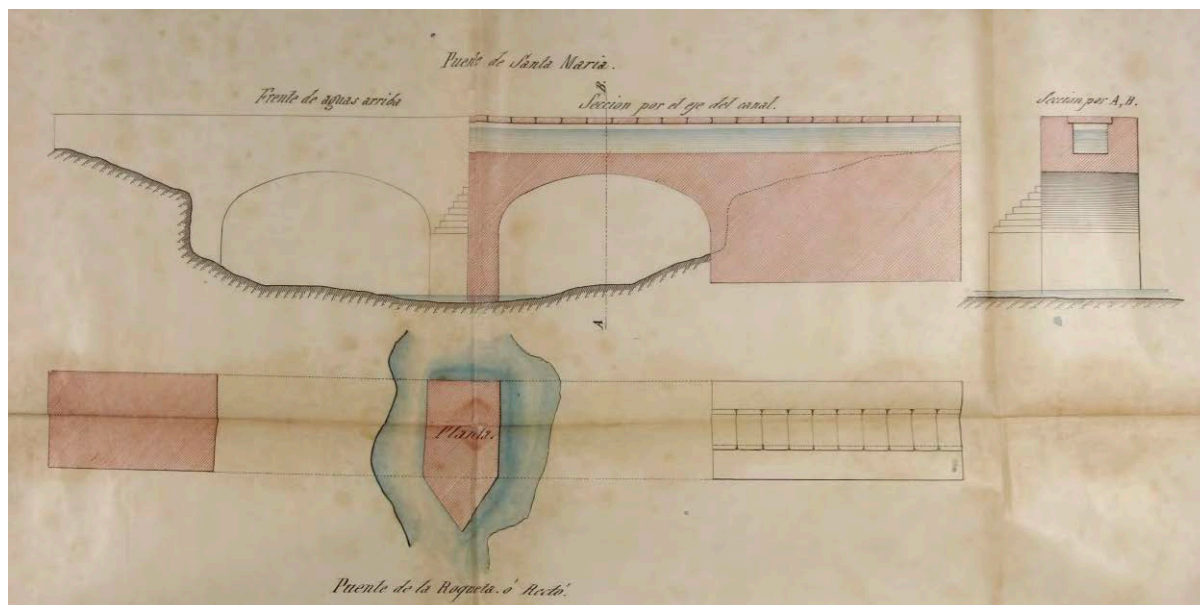
A87. Planta i seccions del Pont del Serra de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



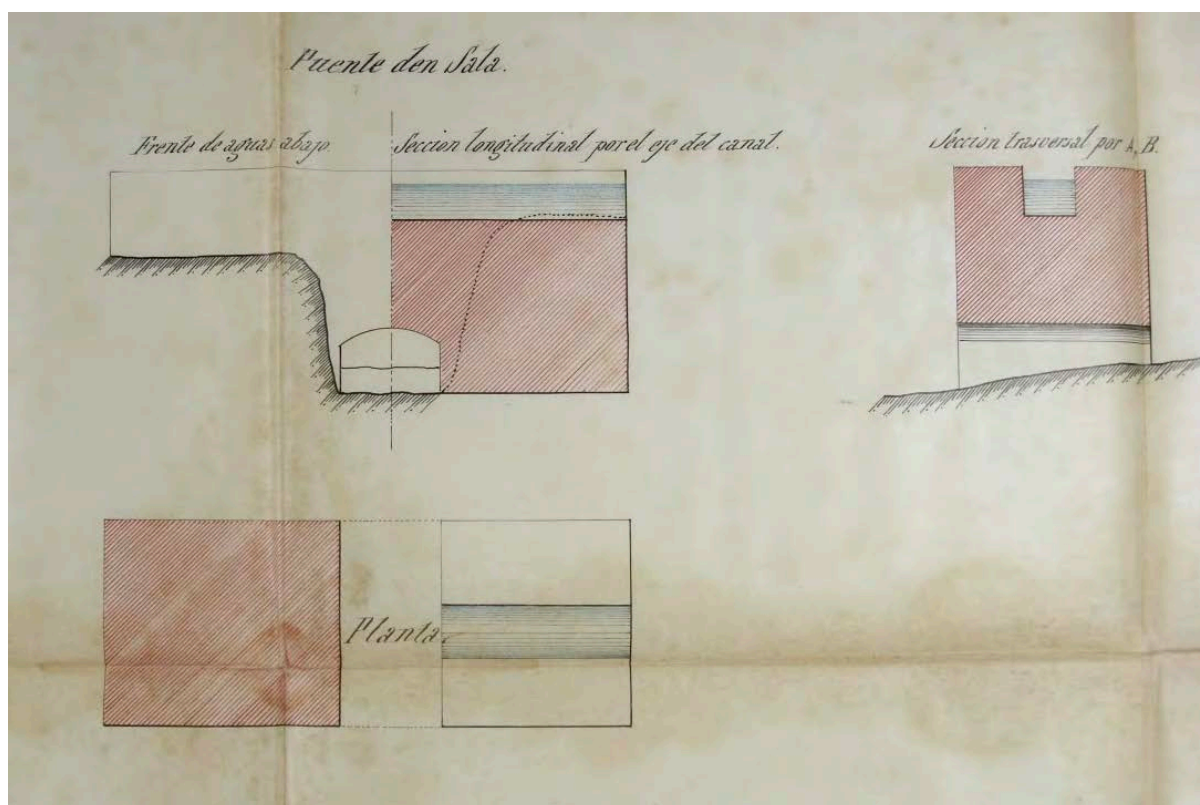
A88. Planta i seccions del Pont d'en Devesa de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



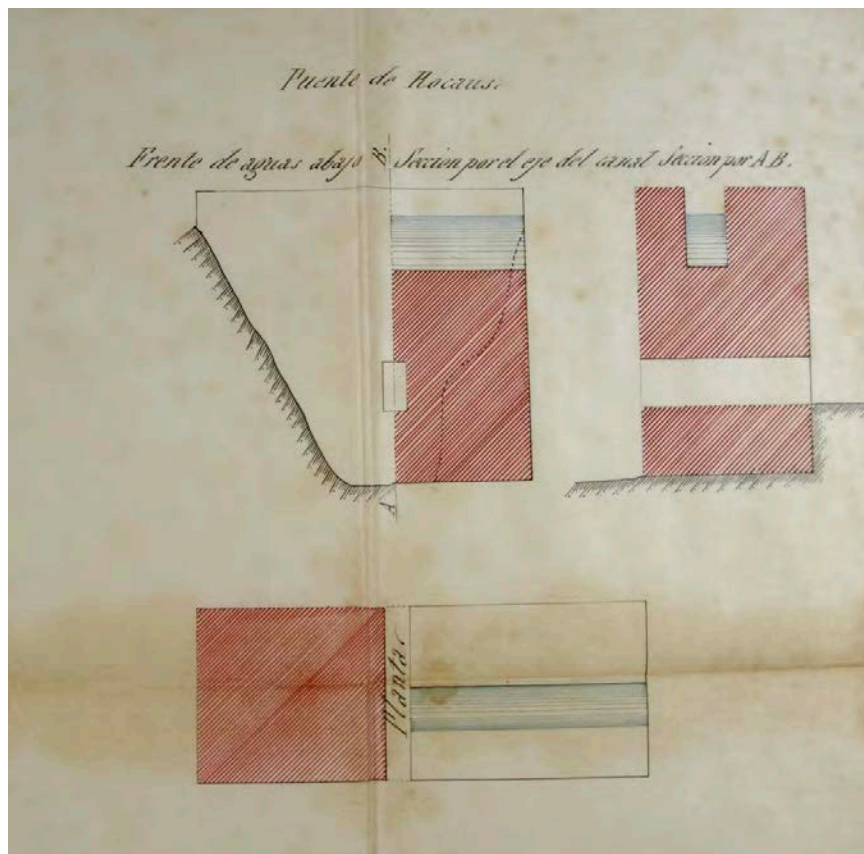
A89. Planta i seccions del Pont de la Roqueta o del Rector de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



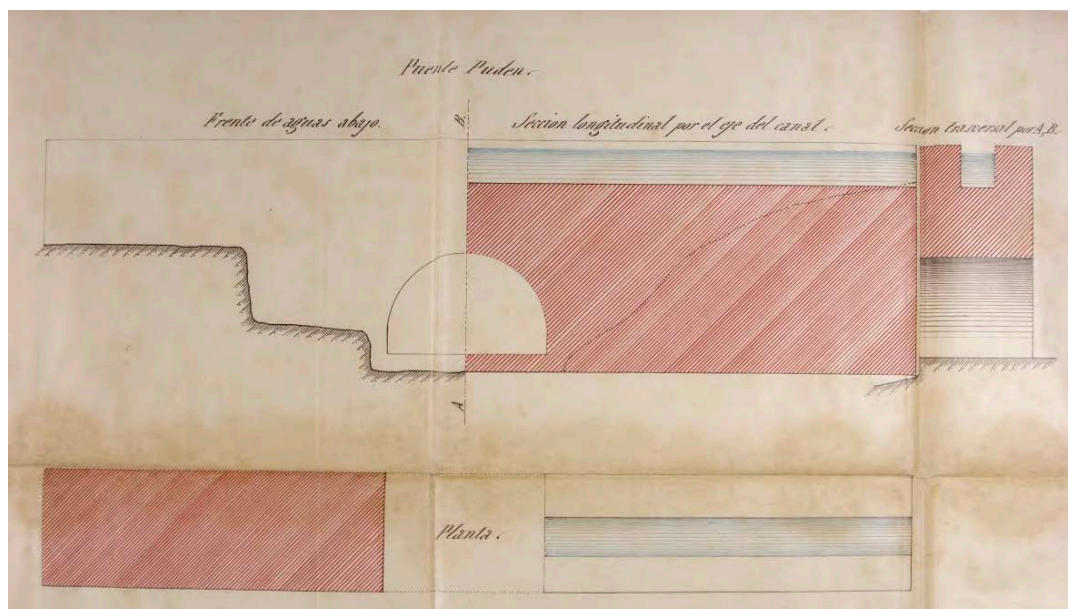
A90. Planta i seccions del Pont de Santa Maria de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



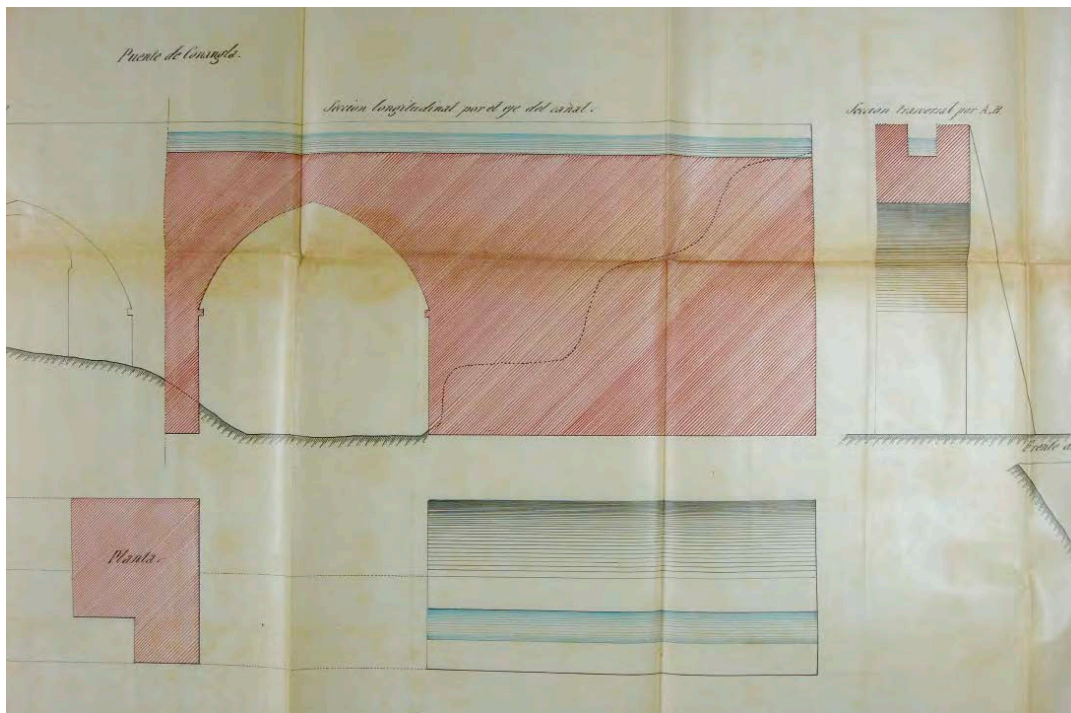
A91. Planta i seccions del Pont d'en Sala de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



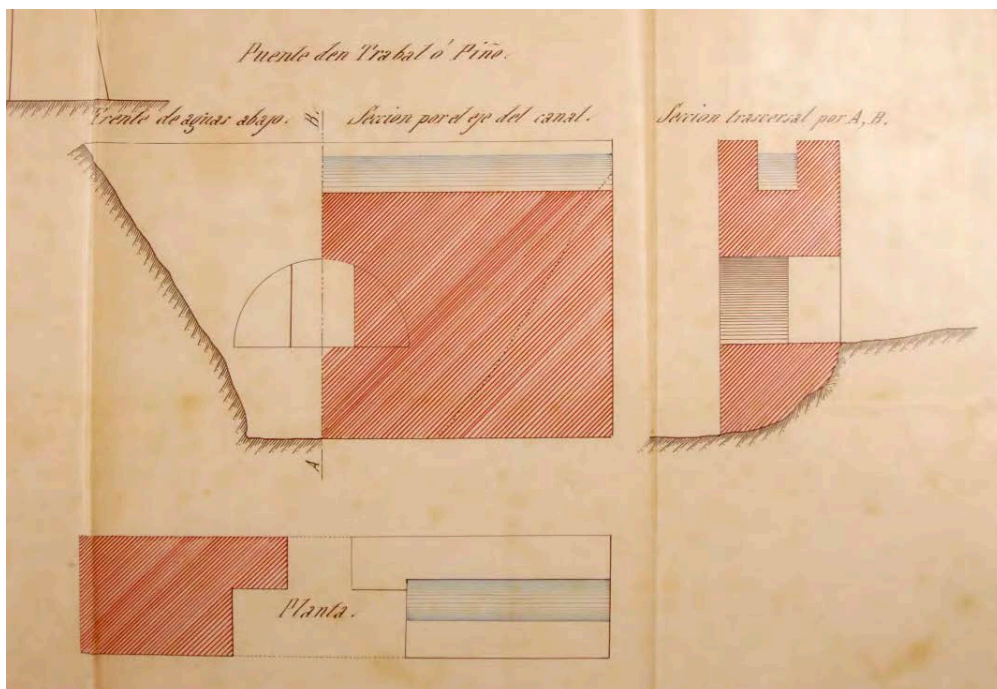
A92. Planta i seccions del Pont de Rocaus de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



A93. Planta i seccions del Pont Pudent de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.

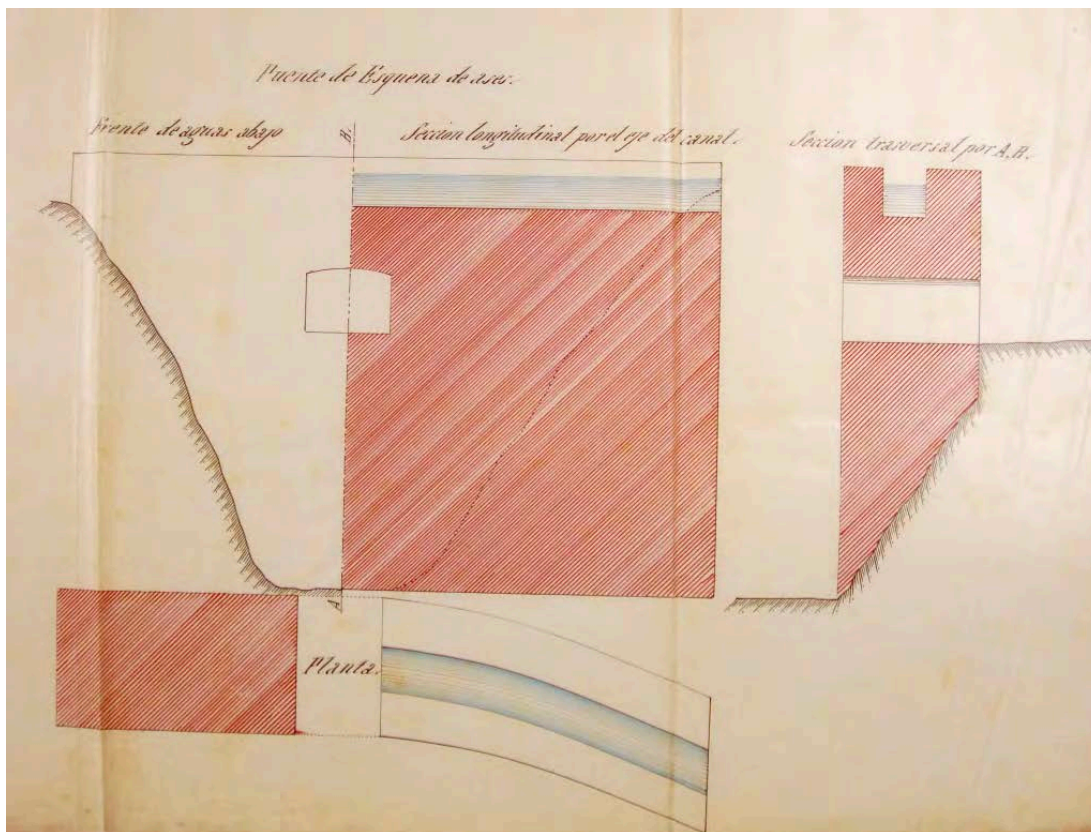


A94. Planta i seccions del Pont de Conangla de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.

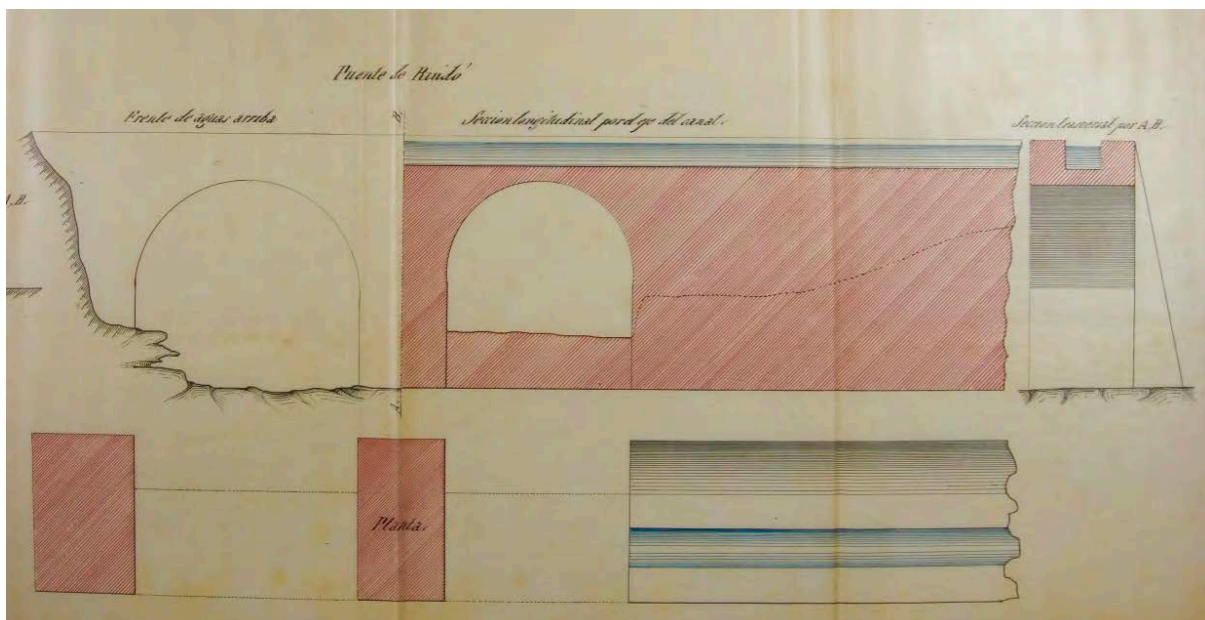


A95. Planta i seccions del Pont d'en Trabal o del Pinyó de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.

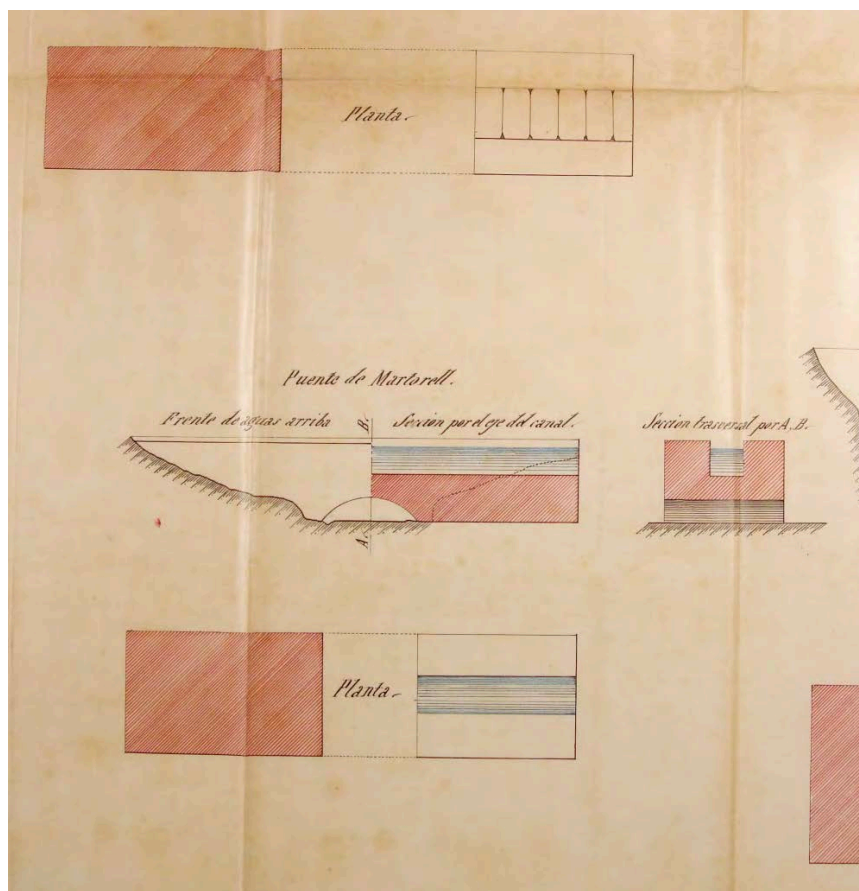
Apèndix



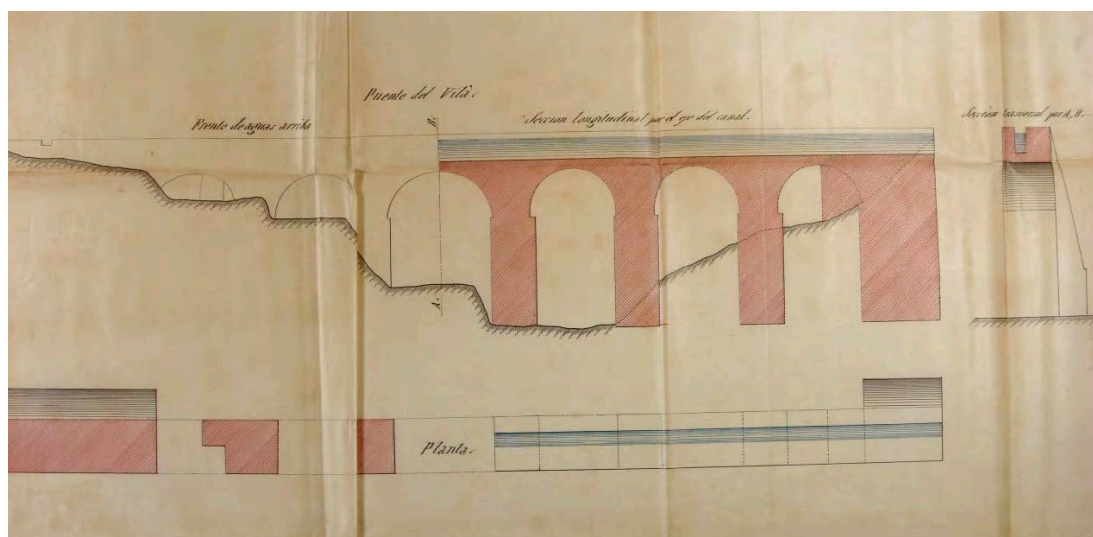
A96. Planta i seccions del Pont d'Esquena d'Ase de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



A97. Planta i seccions del Pont de Riudor de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.

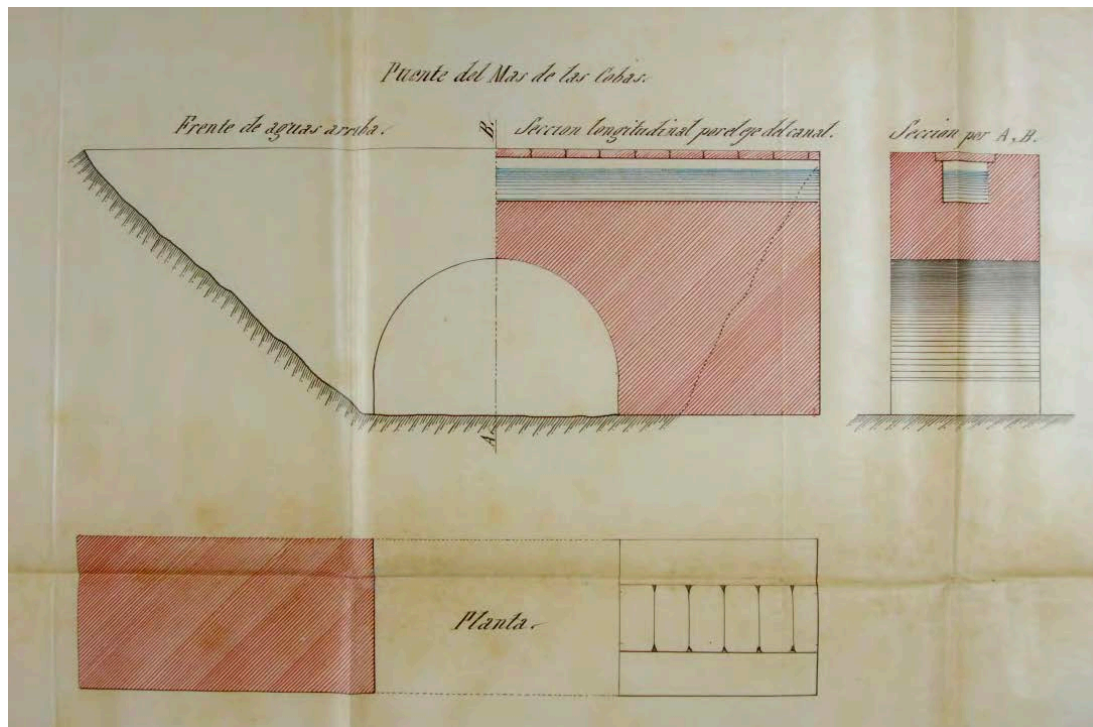


A98. Planta i seccions del Pont de Martorell de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.
Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.

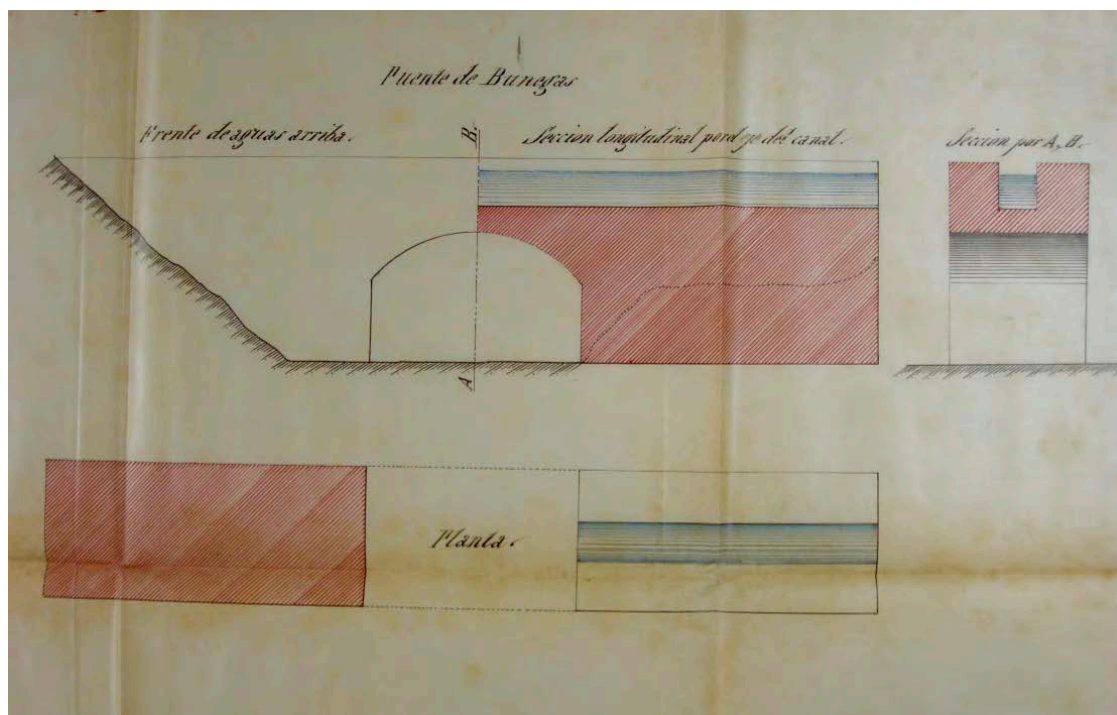


A99. Planta i seccions del Pont del Vilar de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867.
Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.

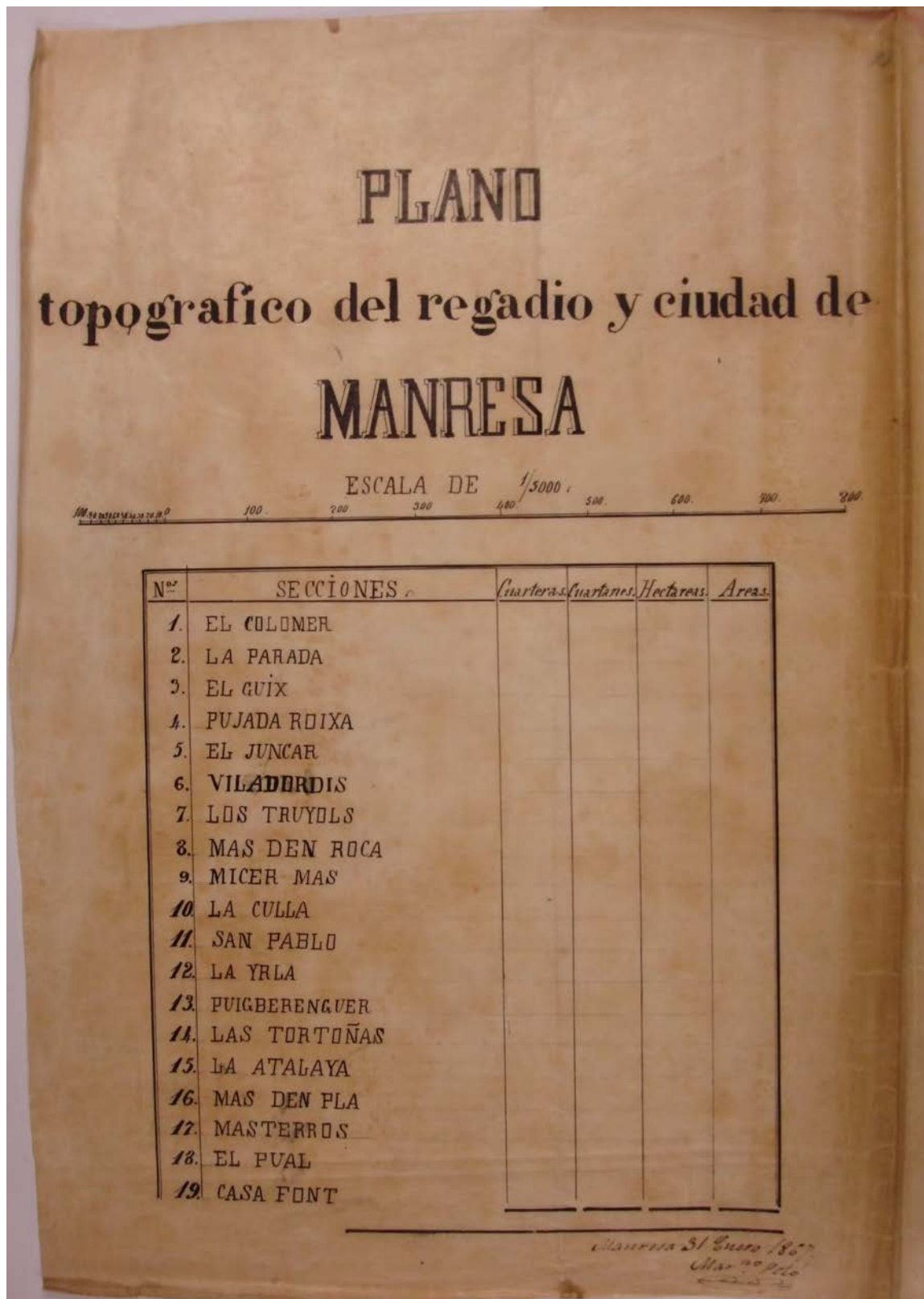
Apèndix



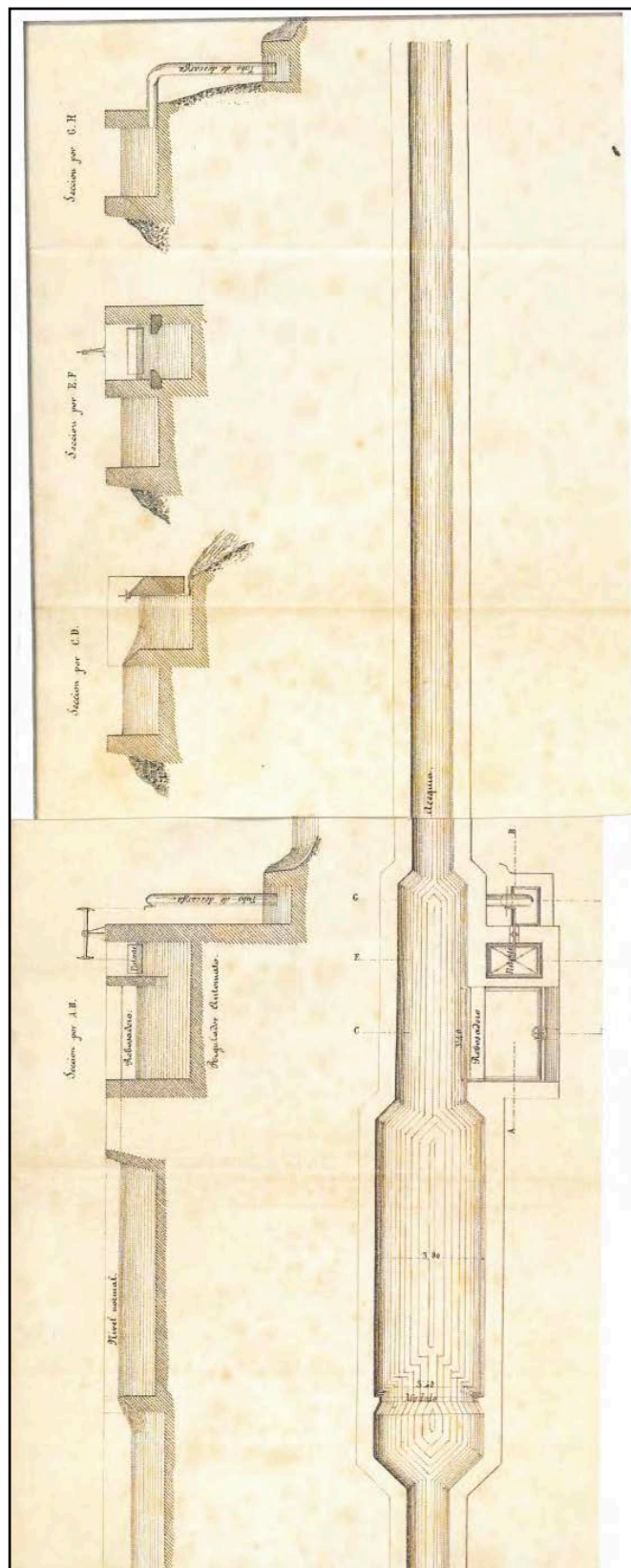
A100. Planta i seccions del Pont del Mas de les Coves de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



A101. Planta i seccions del Pont d'en Benegues de la Sèquia de Manresa, fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



A102. Portada del plànol del regadiu de Manresa fet per Marià Potó l'any 1867. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font, Manresa.



A104. Plànols del projecte del Mòdul Hidromètric redactat per l'enginyer Jaime de Castro l'any 1863.
Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font.

S. Presidente de la Junta
de la Acequia de Marrero.

Con la presente
memoria acompaño el plan
del módulo hidrométrico que
según el atento oficio q' en 27.
Abril pasado tubo V. e. bien en
cargarme el proyecto, concretan-
dome a las bases e' informe dado
por el S.^o Ingeniero de esta
Provincia.

El proyecto en su pla-
no acompaño está basado bajo
los datos siguientes:

- 1.^o Que el nivel de las aguas
en la acequia se fijara en el
de las aguas bajas.
- 2.^o --- Que la cantidad de mil

litros y se fijan de estacion, sera
aproximada y no fija, convida
la imposibilidad de hacerlo de
una manera precisa, atendida la
extraordinaria fluctuacion del
nivel de las aguas en el rio.

3.º ----- Que habiendo consi-
derado el modelo por vertedero
preferible a todo otro sistema
se establecerá uno de 3'40 de ancho
por 0'30 de carga, y por lo tanto
una perdida de 0'30 de desnivel
en todo el largo de la acequia; can-
tidad insignificante atendida
el largo considerable y tiene
dicha acequia.

4.º ----- Para modificar las
diferencias de gasto de agua que
pasa por el vertedero, se estable-
cerá un regulador automatico,
p. evitar la impericialidad o

descuido q̄ pudiera tener el en-
cargado q̄ al efecto se nombra.
5.º Que dicho modelo se estable-
cerá entre la presa de agua y el
primer boquete de siego del ca-
nal, afín de derivar la dotación
de agua, antes de hacer uso de
ella.

Descripción del Modelo Hidro- métrico.

El sistema q̄ se propo-
ne es el de un vertadero de
3'04 de ancho por 0'30 de carga
por el cual pesaran mil li-
tros de agua por segundo; y un
regulador automático q̄ fun-
cionando por medio de un flo-
tante extraiga de la acequia el
sobrante de la dotación.

El modulo se establece en la misma direccion de la acequia, y dispuesto de modo q' ensanchan dove lo suficientem puede el agua regularizar su corriente y nivel y evita torbellinos al pasar por el modulo.

Por el proyecto q' se acompaña se comprende facilmente q' el agua al pasar por los depositos preparatorios establecen un nivel q' en el estado normal sera' de 0'30 sobre el vertedero, y a dicha altura dejara' escapar una cantidad de agua de 0'02 de altura por el sevosadero q' hay en la pared de la izquierda de la acequia. El objeto de este escape es llenar un deposito en donde se establece y opera el flotante y afin de q' las oscilaciones o remolinos q' pro-

venza de la caída del agua del reservadero no produzcan oscilaciones bruscas al flotante, se ha dividido el depósito por medio de una pared transversal y dejando hueco por debajo, haze q el agua se comuniquen por debajo o sea por el fondo y no por la superficie.

En el fondo del depósito habia una abertura y practicamente se determinaran sus dimensiones por el cual dara paso al agua del reservadero y de modo tal y teniendo este una carga de 0'02. se establezca un nivel constante en el depósito donde haze el flotante.

En esta disposicion el flotante obrara segun pose mas o menos agua por el reservadero

debido a las variaciones de nivel en la acequia.

El flotante estará en conexión por medio de un balancín, con una balbula inmersa q. llevará el tubo de descarga. Este tubo q. empalmará con la acequia estará inmersido en un pequeño depósito, afin de estar lleno constantemente y opere instantaneamente, tan pronto como el flotante abra la balbula del tubo. Este tendrá 0'30 de diametro interior y por lo tanto podrá dar paso a mas de la mitad de la dotacion; de modo q. aun cuando en la acequia pasare un exceso de 50 p^o sobre la dotacion, el tubo de descarga se aliviaria dando salida al exceso de agua en la acequia, volviendo

al río el sobrante. Así es que
 afin de q. haya facilidad en con-
 ducir el agua al río y el tubo
 de descarga pueda operar bajo
 una carga de 4 a 5 metros el mo-
 dulo debería establecerse a 500
 metros de la presa, aproximada-
 mente.

Con el sistema propuesto
 creo se podría establecer un mo-
 dulo q. de peso a Mil litros
 por segundo, aproximadamente
 con diferencias insignificantes.

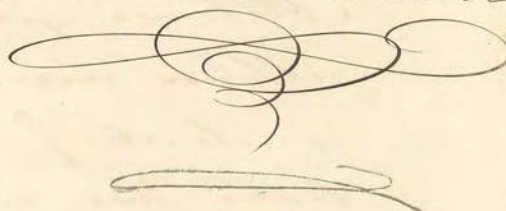
Propongo el proyecto
 cuyo plano acompaño, y no el
 Milans, por razón de q. este
 último necesita un vigilante
 constante q. regularize la can-
 tidad por medio de componentes
 movidos a mano; medio sume-
 ramente inconveniente, mayor

mente en un río como el Llobregat q. tan variable tiene su caudal de agua, y por lo tanto su nivel.

De por sí puedo decir q. creo inútil establecer un módulo de Mil litros por segundo en la acequia de Manresa, toda vez q. las obras de fab. y aconductos q. hay en dicha acequia tienen una sección tan reducida q. difícilmente pueden dar paso a los Mil litros de la dotación.

Barcelona 10. Agosto 1863.

Jaime de Castro



1864 - 26 marzo
JAIME DE CASTRO
BARCELONA.

Barcelona 26. Marzo 1864.

S. D. Joaquín Ferreras.

Muy Sr mio: tengo recibo
de su muy apreciada y en contestacion puedo
decirle q. el martes proximo saldre p. esa
en donde pernoctare y a la madrugada del
Miercoles pasare a Vallent para visitar
las obras q. se estan haciendo p. el modulo;
Lo q. se le aviso para si quiere prevenirse a
quien tengo q. acompañarme.


Eni otro pertienbr, soy del' offfo

S. D.

J. M. S. M.

Jaime de Castro

A113. Carta de 26 de març de 1864 de l'enginyer Jaime de Castro anunciant una visita d'obra. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font.

 **MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS**
DIRECCION GENERAL DE OBRAS HIDRAULICAS
**COMISARIA DE AGUAS DEL
PIRINEO ORIENTAL**
VIA LAYETANA, 33. 7.º. 2.º

BARCELONA (3), a 15 de Junio de 1963

S/R: N/R., Expediente 3544

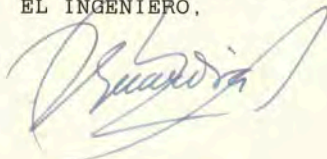
Destinatario:

SR. ALCALDE PRESIDENTE DEL
AYUNTAMIENTO DE
M A N R E S A (Barcelona)


El próximo jueves día 20 de Junio de 1963 sobre las 11.30 horas, me personaré en el Ayuntamiento de Balsareny, donde ruego me aguarde, para proceder a la confrontación del expediente ~~que se le instruye con motivo de su solicitud de~~ proyecto de módulo para 1.000 l/s. del aprovechamiento denominado "Acequia de Manresa", en término municipal de Balsareny provincia de Barcelona.

Lo que le comunico para que Vd. o representante suyo se persone en el citado Ayuntamiento a la hora señalada.

Dios guarde a Vd. muchos años.
EL INGENIERO,



A114. Carta de 15 de juny de 1963 anunciat visita de reconeixement en relació a l'emplaçament del nou Mòdul Hidromètric projectat. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font.

 **MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS**
 DIRECCION GENERAL DE OBRAS HIDRAULICAS
COMISARIA DE AGUAS DEL PIRINEO ORIENTAL
 S
 VIA LAYETANA, 33. 7.º. 2.º

BARCELONA (3), a 10 de Julio de 1963

S/R.: N/R.: Expte. 3544

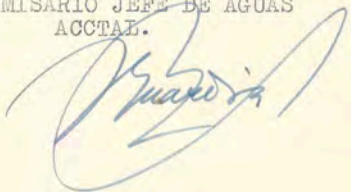
Destinatario:
 Sr. D. José Moll Vall
 Alcalde-Presidente de la
 "Iltre. Junta de la Acequia de
MANRESA".

COMISARIA DE AGUAS DEL PIRINEO ORIENTAL
 10 JUL 1963
 SALIDA N. 12654

ASUNTO: Aprobación Proyecto.

Visto su escrito de fecha 15 de septiembre de 1959, solicitando aprobación del Proyecto, que se acompañaba, para módulo limitador del caudal concedido a ese Ayuntamiento y Junta de la Acequia de Manresa, por O.M. de 20 de febrero de 1959, en un aprovechamiento de aguas del río Llobregat, inscrito en los Libros Registro de Aguas Públicas con el nº 1316, habiéndose puesto de manifiesto con motivo del reconocimiento del terreno efectuado, que resultando justificadas la disposición y características adoptadas en el módulo de referencia, se halla sin embargo, a más de 1.000 m. de la obra de toma del río, desviándose aguas antes del mismo para una turbina.

Habiendo sitio adecuado junto a la toma en el comienzo de la acequia, resulta obligado que efectúen la instalación del módulo en este lugar, al objeto de que se ajuste el caudal derivado al concedido, otorgándose el plazo de UN MES a partir de esta comunicación para llevarlo a cabo, debiendo notificar a esta Comisaría de Aguas el cumplimiento de las órdenes recibidas a los efectos oportunos.

Dios guarde a V. muchos años
 EL COMISARIO JEFE DE AGUAS
 ACCTAL.


MOD. UNE A 4 (210 x 297) 6101

A115. Carta de 10 de juliol de 1963 de la *Comisaría de Aguas* exigint un canvi d'emplaçament per el nou Mòdul Hidromètric projectat. Font: Centre de Documentació i Arxiu Històric de Can Font.

Publicacions originals

Journal of Irrigation and Drainage Engineering

Numerical Model for a 19th Century Hydrometric Module.

--Manuscript Draft--

Manuscript Number:	IRENG-8583
Full Title:	Numerical Model for a 19th Century Hydrometric Module.
Manuscript Region of Origin:	SPAIN
Article Type:	Case Study
Manuscript Classifications:	94: Hydraulic Measurements; 95: Hydrology/Hydraulics interface Methods (e.g., artificial neural networks, etc.); 97: Irrigation & Drainage
Funding Information:	
Abstract:	<p>The Cequia of Manresa is an open channel made in the XIV century that carries the water of the Llobregat river to the city of Manresa along their 26 km with such only 10.4 m slope. The channel is operational even today, supplying water for domestic, industrial and agricultural uses to a population of 150000 people.</p> <p>In 1864, by order of Spanish Queen Isabel II, was constructed a hydrometric module with the purpose that regulates the flow rate. The purpose of this paper is to simulate the behavior of the hydrometric module, a numerical model of free surface computational fluid dynamics (CFD) has been applied. The commercially known FLOW-3D software was applied to numerically solve the Navier-Stokes equations for solution domains, namely, the input and output sections with nominal cross-sections equal to those of the channel, the relaxation vessels, the central weir, the side weir, the two regulation manholes as well as a slice gate and a circular discharge valve.</p>
Corresponding Author:	Jordi Vives Universitat Politecnica de Catalunya Manresa, Barcelona SPAIN
Corresponding Author E-Mail:	jordi.vives@upc.edu
Order of Authors:	Jordi Vives Juan José de Felipe-Blanch Esteban Peña-Pitarch
Suggested Reviewers:	
Opposed Reviewers:	
Additional Information:	
Question	Response

Numerical Model for a 19th Century Hydrometric Module

Jordi Vives, JJ de Felipe, Esteban Peña-Pitrach¹

1 ABSTRACT

2 The Cequia of Manresa is an open channel made in the XIV century that carries
3 the water of the Llobregat river to the city of Manresa along their 26 km with such
4 only 10.4 m slope. The channel is operational even today, supplying water for domestic,
5 industrial and agricultural uses to a population of 150000 people.

6 In 1864, by order of Spanish Queen Isabel II, was constructed a hydrometric module
7 with the purpose that regulates the flow rate. The purpose of this paper is to simulate
8 the behavior of the hydrometric module, a numerical model of free surface computa-
9 tional fluid dynamics (CFD) has been applied. The commercially known FLOW-3D
10 software was applied to numerically solve the Navier-Stokes equations for solution do-
11 mains, namely, the input and output sections with nominal cross-sections equal to those
12 of the channel, the relaxation vessels, the central weir, the side weir, the two regulation
13 manholes as well as a slice gate and a circular discharge valve.

14 **Keywords:** CFD, 3D Simulation, Free surface profile, Weir

15 INTRODUCTION

16 The Cequia of Manresa is an open channel, built during the 14th century,
17 which captures a flow of the Llobregat river, in the province of Barcelona (Cat-
18 alonia). The diversion is obtained by means of a dam located in the municipality

¹Dept. of EMIT, Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa, Univ. Politècnica de Catalunya, (08242) Av. Bases de Manresa 61-73, Manresa, Spain. E-mail: jordi.vives@upc.edu.

19 of Balsareny and along a route of more than 26 kilometers, it leads the water to
20 the city of Manresa, where the water is distributed in two slopes over 800 hectares
21 of irrigated land and is also supplied for domestic and industrial uses of the city
22 (Latorre i Piedrafita 2002).

23 The Cequia of Manresa is considered to be the most important hydraulic work
24 of the late Middle Ages in Catalonia (Latorre i Piedrafita 1995). Its construction
25 began in 1337 (Sarret Arbós 1906), it involved the erection of thirty aqueducts
26 to bridge the unevenness of the terrain and seventy bridges to give way to roads
27 and to conduct the waters of rainwater runoff. In addition, a 321-meter long
28 underground gallery had to be excavated to cross a mound. All these elements
29 constitute singular exponents of medieval engineering and architecture.

30 At first, the Cequia was conceived exclusively for agricultural purposes, but
31 coinciding with the beginnings of the first industrial revolution, the small water-
32 falls along its scrapping route to the Cardener River became a source of energy
33 to power the machines of an incipient industry. This provoked the desire to ob-
34 tain greater water resources to meet the growing demand for energy production.
35 Quickly, the first conflicts between irrigators and industrialists for the exploita-
36 tion of canal water appeared (Oliveras 1986). The disputes over the flow rate
37 finally led to the construction of the hydrometric module in 1864, by order of
38 Spanish Queen Isabel II.

39 The original project of Hydraulic Module was written by the engineer Jaime
40 de Castro, who delivered a memorandum accompanied by the sketches on August
41 10, 1863 . The figures 1 and 2 show the original sketches of the project dated
42 1863.

43 The system consisted of two preparatory relaxation vessels. In the first glass,
44 the width of the channel went from 1.5 meters to 2.4 meters, the length of this
45 first relaxation glass was 7 meters.



FIG. 1. The project of the hydrometric module in 1863, plan view.



FIG. 2. The project of the hydrometric module in 1863, cross view.

46 Then the water passed to another glass 3.8 meters wide and 13.4 meters long.
 47 This second glass had in its final part a weir of the same width and a thickness of
 48 0.4 meters on which supposedly only should pass the 1000 liters per second (l/s)
 49 of the concession. In order to achieve this objective, the first relaxation cup of
 50 another weir located 28 centimeters above the level of the central weir was placed
 51 on the left wall, so that a 30-centimeter sheet of water would always exist above
 52 it. The flow derived from the lateral weir entered a manhole with a manually
 53 adjustable bottom gate. This first manhole connected with a second manhole,
 54 which was the one containing the regulation mechanism, so that when the water
 55 entered the second manhole, it activated a float and the latter opened a discharge
 56 valve. These manholes and the whole regulator mechanism were protected by a
 57 hut.

58 The construction structure of the hydrometric module is still standing today,
 59 with the exception of the automatic mechanism and the central weir, which were
 60 removed in the mid-20Th century when the module fell into disuse. Figure 3
 61 shows the central relaxation vessels as well as the booth containing the manholes

62 where the regulation mechanism was housed.



FIG. 3. Hydrometric module structure.



FIG. 4. Inside the hydrometric module building.

63 Figure 4 shows the lateral weir, who is protected by a grid, and the structure
64 of the two regulation manholes. The manhole in the first place is the one with
65 an adjustable bottom hatch. This first manhole communicates at the bottom
66 by means of an orifice of 1.15 square meters with the second manhole, shown
67 in the figure below. This second pit is the one containing the float and the
68 actuation mechanism of the automatic discharge valve. The space at the bottom

69 of the image in figure 4 is where the discharge duct with an internal diameter
70 of 30 centimeters was housed. Currently, all the elements that compose the
71 regulation mechanism are recovered and are shown in the permanent exhibition
72 on the Cequia de Manresa of the Manresa Museum of Technology in Manresa.
73 Figures 5 and 6 show the discharge piping, circular valve and valve actuation that
74 form part of the regulating mechanism upon arrival at the Manresa Museum of
75 Technology for restoration.



FIG. 5. Rocker level.



FIG. 6. Discharge piping, circular valve and valve actuator.

76 The study of the flow problem on weir using CFD and Volume Finite Method
77 (VFM) and its experimental validation has been applied on numerous occasions
78 with good results (Hargreaves et al. 2007),(Arvanaghi and Oskuei 2013),(Namaee
79 et al. 2014),(Zeng et al. 2017). The specific case of side wall weir has also been
80 studied also on several occasions (Aydin et al. 2011),(Taghavi and Ghodousi
81 2015),(Namaee and Shadpoorian 2016) and the Flow3D simulation software has

82 been frequently applied for in general free surface problems and, in particular,
83 on water sheets on weirs and free (Sarkardeh et al. 2014),(Taghavi and Ghodousi
84 2015).

85 The main objective of this research is to apply the CFD to verify the operation
86 of the hydrometric module of the 19th century of the Cequia of Manresa. The
87 aim is to simulate the dynamics of the hydrometric module's behavior in order
88 to check the regulation flow and verify if it meets the purpose for which it was
89 designed.

90 The creation and description of a methodology that makes it possible to simu-
91 late and validate a model that reproduces the dynamic behavior of this hydraulic
92 regulation device, the hydrometric module, is an objective prior to the previ-
93 ous one and that cannot be underestimated, especially if the complexity of the
94 phenomena involved in the problem is taken into account: Non-stationary, three-
95 dimensional and turbulent flow interacting with the regulating mechanism formed
96 by two control boxes, one of them equipped with a bottom gate, in addition to a
97 float and an automatic mechanically operated discharge valve.

98 As Dr. Helena Kirchner points out, hydraulic systems cannot be understood
99 outside their historical framework (Kirchner et al. 2002). In order to understand
100 why the hydrometric module of the Cequia of Manresa was designed, five centuries
101 after it entered into service, it is also convenient to investigate the reasons that
102 led to this decision.

103 This paper is organized as follows. Section 2 describes the simulation frame-
104 work used as a method to evaluate the model behavior, this section describes the
105 geometry and computational domain, the procedure as well as the mathemati-
106 cal and numerical model. Section 3 presents the graphical and numerical results
107 obtained with the simulation. Section 4 presents the validation of the model
108 by comparing it with the calculations obtained analytically. Finally, Section 5

109 presents our conclusions.

110 **METHOD**

111 **Geometries and computational domain**

112 The model of the hydrometric module has been constructed on the basis of a
113 reference inertial system where the x-axis is established for the direction of flow,
114 the y-axis for the normal cross-section to flow and normal to the bottom of the
115 channel and, finally, for the direction of gravity acceleration which determines
116 the right hand ruler. The module decomposes, following the flow direction of the
117 fluid stream, in the following sections:

118 First section: this is the arrival channel, with nominal characteristics equal
119 to those of the channel, i. e. 1.5 meters wide and a wall height of 2 meters. For
120 this first section, a length of 6 meters has been chosen which will be sufficient to
121 stabilize the inlet flow.

122 Second section: next to the first section is a 45-degree widening which results
123 in a section 2.4 meters wide and 7 meters long. On the left wall, there is a weir
124 that communicates with the first regulation manhole.

125 Third section: in a continuous channel with a second widening, also at 45
126 degrees, which gives rise to the third section of the module, which is the final
127 part of the regulation set. This third section is 3.8 meters wide and 13.4 meters
128 long. This section houses the weir that secures the level upstream. This weir is
129 almost in the final part of the glass, just 1.8 meters from the section constriction,
130 30 degrees and ending in the fourth section of the system, 1.5 meters. The walls
131 of the model can be seen in figure 7.

132 Fourth section: For simulation purposes, the fourth section, 1.5 meters wide,
133 has been arranged with a total length of 8 meters, sufficient to stabilize the flow.
134 In total, the model has a length of 34 meters, a maximum width of 3.8 meters



FIG. 7. Model walls.

135 and a height of walls of 2 meters. The average slope of the channel is $4/10000$,
 136 which is equivalent to the length of the model to a difference in level between the
 137 input and output of 0.0136 meters. The weir is the structure that interferes with
 138 the flow so that it must pass over with a variable height H which is a function of
 139 the flow rate. The weir is a thin, floodable, rectangular section weir with a width
 140 of 3.8 meters (y-axis) and a height of 1 meters (z-axis). The wall thickness is 0.4
 141 meters (x-axis). Depending on the height of sheet H , a $H+1$ meter water depth
 142 level will be obtained in the second and third sections of the module, which will
 143 cause water to be diverted or not by the lateral regulating weir.

144 The lateral weir has a height of 1.28 meters above the floor of the channel,
 145 which is 28 centimeters higher than the main weir. The first regulation manhole
 146 has a rectangular section of 3 meters on the x-axis and 2 meters on the y-axis,
 147 with a height of 3.5 meters (z-axis). This structure is equipped with a 1-meter
 148 wide bottom hatch that can be adjusted in height to release the excess flow and
 149 maintain a more or less constant loading height that feeds the second manhole.
 150 The second manhole is connected by the first one through an opening in the
 151 common wall. This second manhole has dimensions of 1.4 meters on the x-axis
 152 and 2 meters on the y-axis, its height is 2.5 meters on the z-axis. Inside this
 153 second manhole are the prismatic flotation mechanism, 1 meter on the x-axis,
 154 0.7 meters on the y-axis and 0.7 meters on the z-axis. Figure 8 shows a right
 155 side view of the model geometry. For the simulation, the original rocker arm

156 system has been replaced by a rigid system of bars that connect the float to
157 the discharge orifice cover, view figure 9, so that although they have the same
158 function, it simplifies and significantly reduces the cost of simulation.



FIG. 8. Model geometry, right view.



FIG. 9. Model geometry, left view with detail of regulator mechanism.

159 Procedure

160 To simulate the behaviour of water in the hydrometric module, a numerical
161 model of free surface CFD has been applied. The commercially known FLOW-3D
162 software was applied to numerically solve the Navier-Stokes equations for solution
163 domains, namely, the input and output sections with nominal cross-sections equal
164 to those of the channel, the relaxation vessels, the central weir, the side weir, the
165 two regulation manholes as well as a bottom gate and a circular discharge valve.
166 In order to estimate turbulence flow, a standard K-Ypsilon model was used.
167 (Aydin 2016) analyzed the free surface over a side weir and concluded that the
168 Volume of Fluid (VOF) method is a good choice for modelling free surface flow
169 with a suitable turbulence model such as K-Ypsilon. These models are based on
170 the fluid volume method and are able to simulate flow over a weir (Andersson et al.
171 2013). The flow conditions in the main channel at upstream and downstream of a

172 side weir can have a major influence on the behavior of the flow at the weir itself
 173 (Namaee and Shadpoorian 2016). Calculated results such as pressure, velocities
 174 and flow rate for different models with variable inlet flow rates were compared.

175 A total of six simulations have been carried out for flow rates of 1000, 1100,
 176 1200, 1300, 1400, and 1500 l/s respectively. Due to the large dimensions of
 177 the model and the variable nature of the simulation as a result of the regulation
 178 system incorporated in the model, a fairly long time is needed to obtain a suitable
 179 solution that shows the model's behavior. For this reason, a total simulation time
 180 of 360 seconds has been set for each simulation to obtain a behavior. The initial
 181 starting point was an empty channel, with which for a flow rate of 1000 l/s has
 182 been observed an interval of recharge of the module of around 56 seconds, so that
 183 the six simulations have been made from the initial simulation of preload of the
 184 module, all six starting from the second 56 and ending in the second 360. The
 185 average time required to calculate each simulation was around 384 hours. Being
 186 the total time for obtaining the six simulations of 2304 hours of calculation.

187 **Mathematical and numerical model**

188 In order to study the behavior of the flow, the filtered incompressible Navier-
 189 Stokes equations are solved. The principle of conservation of mass in differential,
 190 non-stationary and three-dimensional form for a given point is the equation 1.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v}) = 0 \quad (1)$$

191 As in the present case, the fluid can be considered incompressible, the density
 192 is constant both in time and in the studied domain, obtaining the equation 2.

$$\nabla \cdot \mathbf{v} = 0 \quad (2)$$

193 Equation 3 represents the principle of conservation of movement quantity and
 194 considering that the free surface flow is incompressible, which occurs at low veloc-
 195 ity and underestimating viscous dissipation, then the energy equation expressed
 196 in terms of specific enthalpy is equation 4.

$$\nabla \cdot (\rho \mathbf{u} \mathbf{v}) = u \nabla \cdot (\rho \mathbf{v}) + (\rho \mathbf{v}) \cdot \nabla u \quad (3)$$

$$\frac{\partial(\rho h)}{\partial t} + \nabla(\rho \mathbf{v} h) = \nabla(k \nabla T) + S_h \quad (4)$$

197 The governing equations are discretized by an unstructured grid arranged
 198 by the finite volume method. A second-order conservative scheme is used for
 199 spatial discretization (Verstappen and Veldman 2003). These schemes preserve
 200 the symmetrical properties of continuous differential operators and ensure both
 201 the conservation of kinetic-energetic equilibrium and the stability of the model
 202 (Versteeg and Malalasekera 2007).

203 Spatial approximation

204 Different grades of meshing are used to simulate flow on the model. In order
 205 to correctly solve the boundary layer and associated physical phenomena in the
 206 most critical areas, especially in weir and discharge flows, it is necessary to have a
 207 very fine mesh (Ali et al. 2017). A fine mesh is also required around the regulating
 208 mechanism, consisting of the float and the discharge valve actuator, as well as
 209 its full potential trajectory. Therefore, a prism layer is appropriate in this area
 210 due to the low non-orthogonal corrections required for this type of elements and
 211 the relative simplicity to place this type of control volumes near the surface. As
 212 flow moves away from the weir, the relative importance of flow structures in force
 213 coefficients and velocity profiles decreases, as does mesh resolution.

214 For the central part of the channel, both inlet, an outlet, as well as the two
 215 central relaxation vessels, a mesh with cubic cells of 0.1 meters on the side has
 216 been arranged. The same mesh size has also been used for the first regulation
 217 manhole, but for the second manhole, which houses the float, a refinement of
 218 the mesh has been made to get a better description of the turbulent phenomena
 219 around them (Stasa, P.; Kebo, V.; Kodym 2014), with cubic cells being 0.05
 220 meters on the side. The same has been done for the outlet volume around the
 221 bottom hatch of the first manhole and also for the volume around the discharge
 222 valve of the regulating mechanism. In addition, all the space through which the
 223 mechanism can be moved has also been rendered with 0.05 meter side cells. Table
 224 1 shows a summary of the different meshes in the domain as well as the size of
 225 their cells and the total number of cells in each region.

Mesh blocks	Domain area	Cell size (m)	Cell units
m1	Central core of the canal and the relaxation vessels	0.1	158400
m2	Module input channel region	0.1	10080
m3	First side manholes	0.1	13225
m4	Slice gate scrapping region	0.05	2800
m5	Second side manhole and discharge valve scrapping region	0.05	16128
m6	Region of displacement of the regulating mechanism	0.05	6720

TABLE 1. List of mesh blocks used in the domain.

226 Boundary conditions

227 Limiting conditions specify the flow variables or their gradients within the
 228 boundaries of computational variables flow domain. The upstream boundary
 229 can be installed in a channel section where you can know the water level for a
 230 given flow rate. This section should be away from the first glass of relaxation to

231 avoid the effect of reflection (Bhajantri et al. 2006). In order to set the limiting
232 conditions, a constant speed input profile, $\mathbf{u} = (u_{ref}, 0, 0)$, is imposed. For the
233 conditions of the model output domain, it is used a limiting convective condition,
234 setting the relative pressure equal to zero. For the channel walls and also for
235 the channel base, symmetrical conditions without no-slip are established. Rel-
236 ative pressure conditions equal to zero are imposed for the top of the domain.
237 Flow-Science's FLOW-3D commercially software has been applied to calculate
238 the simulations. Calculations have been performed using an Intel Core i7 7700
239 s1151 CPU with 16 GB RAM memory.

240 RESULTS

241 Graphical analysis

242 Figure 10 shows the water film cleanly, without the structures and walls, for
243 the instant $t = 110$ s when the inlet flow rate is 1200 l/s. This image allows us to
244 observe perfectly the behavior of the water velocity gradient in the hydrometric
245 module. It shows the stabilization of the outlet flow after the main weir, as
246 well as the turbulence caused downstream of it, where there is a hydraulic jump.
247 The same phenomenon is found in the lateral weir, where speed gradients are
248 also notable. The profiles of stream-wise fluctuations showed the same law the
249 velocity does, as the image shows.

250 Figure 11 shows the gradient of velocities from a higher view for $t = 240$ s.
251 When the input flow rate is 1400 l/s. In this image the relaxation of the water ve-
252 locity can be observed in the two central vessels and as the fluid accelerates in the
253 vicinity of the main dump. It is also possible to see perfectly the important tur-
254 bulence generated in the region where the hydraulic jump occurs (Babaali et al.
255 2015). Likewise, the high velocity of the water outlet is observed by the lateral
256 discharge valve, where the maximum velocity of the whole domain is reached,

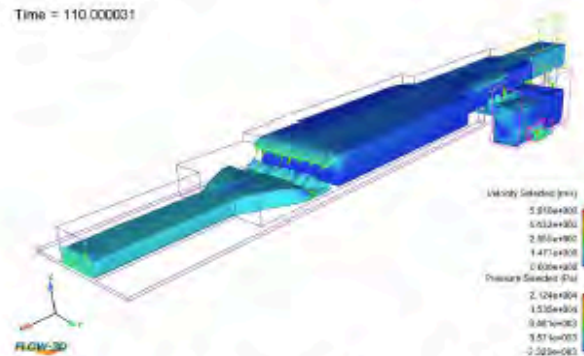


FIG. 10. Perspective view of the water body in the hydrometric module for an inlet flow rate of 1200 l/s, for the instant $t = 110$ s.

257 while at the exit of the bottom gate located in the first regulation pit the velocity
 258 does not reach such high values. On the other hand, figure 12 shows the hydro-
 259 metric module rear view, for $t = 240$ s, when the input flow rate is 1300 l/s; it
 260 allows a perfect view of the outlet water jet through the discharge valve when it
 261 is activated by the ascent of the float in the control box.

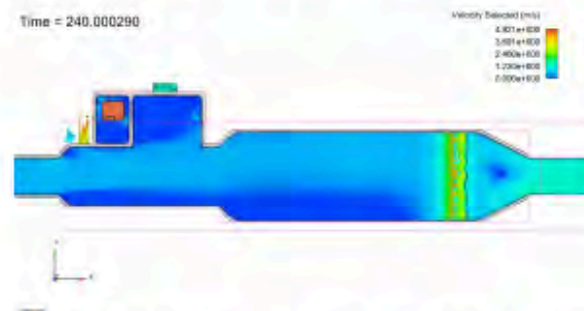


FIG. 11. The hydrometric module plant view, for $t = 240$ s, when the input flow rate is 1400 l/s.

262 The sequence shown in figure 13 shows 12 consecutive images of a simulation
 263 for an input flow rate of 1300 l/s in a time interval reaching from $t = 0$ to $t = 130$
 264 s. This interval of time is sufficient to be able to see how the respective central
 265 vessels of the module are first filled with water and then the water passes over the

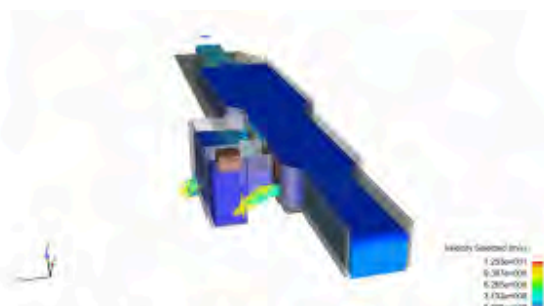


FIG. 12. The hydrometric module rear view, for $t = 240$ s, when the input flow rate is 1300 l/s.

266 lateral weir and begins to penetrate into the first manhole, leaving a part of the
 267 excess flow through the bottom gate. After a certain period of time, between $t =$
 268 69 and $t = 80$ s, the water level reaches the communication opening of the two
 269 manholes and, when this happens, the water begins to fill the second manhole,
 270 this manhole does not have its own drainage system, so the level starts to rise,
 271 activating the float, for $t = 99$ s. This, in turn, activates the discharge valve for
 272 time $t = 130$ s.

273 Numerical analysis

274 This section presents the numerical results obtained with the simulations. Due
 275 to the complexity of the model, different output flows are presented for the same
 276 permanent input flow. The output flows measured on the model correspond to
 277 the following sections: a) on the weir, b) at the final output of the module, c) on
 278 the slice gate of the first manhole and d) on the discharge valve of the regulating
 279 mechanism. The output flows are variable over time and in order to obtain a
 280 complete model behavior, it has been necessary to extend the simulation time to
 281 a sufficiently long period of time. The following simulations have been obtained:
 282 (1) for an input flow of 1000 l/s; (2) for an input flow of 1100 l/s; (3) for an input
 283 flow of 1200 l/s; (4) for an input flow of 1300 l/s; (5) for an input flow of 1400

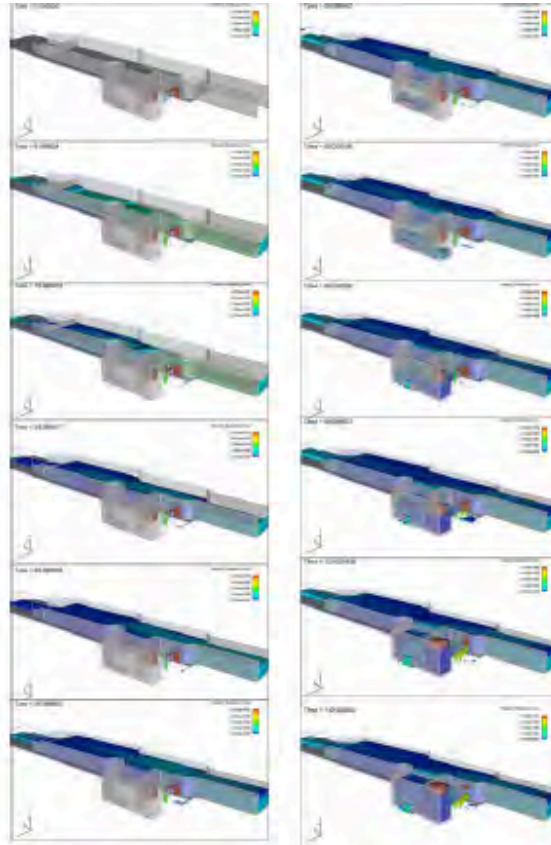


FIG. 13. Graphical representation of the evolution, between $t = 0$ and $t = 130$ s, of the simulation for an input flow rate of 1300 l/s.

284 l/s; and (6) for an input flow of 1500 l/s.

285 Figure 14 shows the results obtained for the case (1), that is an input flow
286 rate to the hydrometric module of 1000 l/s. For this condition, the convergence
287 of the flow on the central weir, section (a), is obtained from $t = 80$ s and its valor
288 is around 740 l/s. For the output flow in the final section of the module, section
289 (b), after the hydraulic jump, there is a logical delay with respect to the flow on
290 the weir, of 8 seconds. In addition, this output flow rate has a very fluctuating
291 behavior and is not completely stabilized over the entire simulation range. This

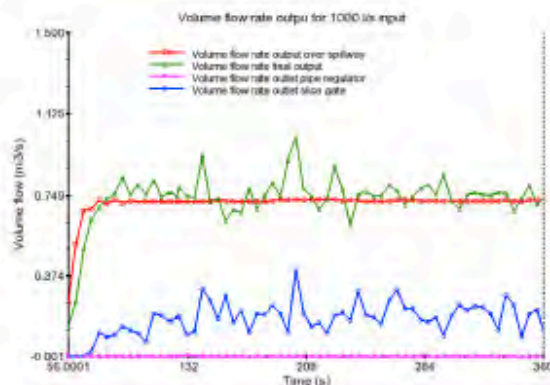


FIG. 14. Output flow balance for an inlet flow rate of 1000 l/s, case (1).

292 behavior is explained by the oscillating character of the hydraulic jump between
 293 these two sections. This induces very turbulent alterations in its proximities and
 294 causes great variations of the free surface of the flow, as well as in its depth and
 295 velocities. On the other hand, the discharge flow through the slice gate of the first
 296 manhole, section (c) is also very variable because the flow that enters the manhole
 297 comes from the lateral weir and during its fall into the manhole causes a high
 298 level of turbulence. This enormous variability of the flow in section (c) is reflected
 299 in figure 20 that shows the flow through the slice gate for the cases studied from
 300 (2) to (6) both inclusive. An important conclusion of the simulation for the input
 301 flow rate of 1000 l/s is that the regulation mechanism is not activated throughout
 302 the entire simulation range and consequently the output flow rate through the
 303 control section (d), which corresponds to the discharge valve, is zero.

304 The results obtained in the simulation for an input flow rate of 1100 l/s are
 305 presented in figure 15. In this case, the flow on the weir, section (a) is stabilized
 306 from $t = 91$ s for a value of around 771 l/s. For control section (b), that is the
 307 final output section, the flow has an oscillating behavior but the dispersion is
 308 smaller than in case (1), with the exception of the time interval between $t = 80$

309 and $t = 110$ s where the variations are very wide. The flow rate through the
 310 slice gate, section (c), is also very variable, similar to that obtained in the case
 311 (1), however, the behavior seems more stable from $t = 135$ s. As regards the
 312 operation of the automatic regulation mechanism, in this case if it is actuated
 313 from $t = 125$ s, the flow rate across the control section (d) is zero from $t = 0$ to
 314 $t = 125$ s and from this point onwards ranges between $Q = 0$ and $Q = 100$ l/s,
 315 depending on the position of the gauge inside the control manhole. It is observed
 316 that this mechanism works perfectly in accordance with the concept by which it
 317 was created, since it does not reach its limit, which, as will be checked later in
 318 the simulations (3), (4), (5) and (6) is around the value $Q = 200$ l/s.

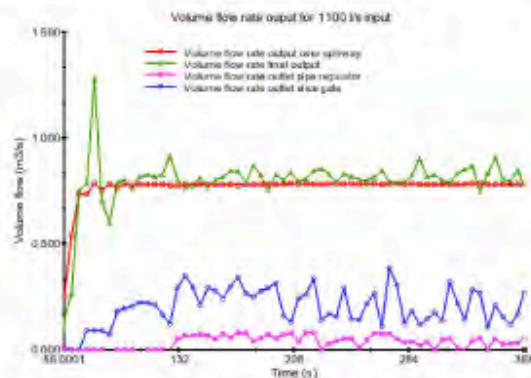


FIG. 15. Output flow balance for an inlet flow rate of 1100 l/s, case (2).

319 The case study (3), which corresponds to a flow rate of 1200 l/s, shows, for
 320 the first time, the maximum opening of the discharge valve of the automatic
 321 regulating system; this occurs from $t = 190$ s. The results obtained for the case
 322 (3) are shown in figure 16. The discharge valve starts to open partially from t
 323 $= 120$ s and maintains this regulation with partial openings from this point to t
 324 $= 190$ s, where it remains fully open until the end of the simulation. From the
 325 point $t = 190$ s onwards the flow rate through the discharge valve, section (d),

326 remains constant at 200 l/s. The outlet flow on the weir, cross-section (a), is
 327 around 800 l/s at a stable rate between $t = 80$ and $t = 242$ s. Between $t = 242$
 328 and $t = 315$ s, the flow on the weir is increased to 1000 l/s, to stabilize again at
 329 803 l/s from $t = 315$ s to the end of the simulation interval $t = 360$ s. The same
 330 phenomenon can be observed, in addition to the case (3), also in the simulations
 331 (4), (5) and (6), shown in the figures 17, 18, and 19, it should be noted that,
 332 in all these cases, it is evident that the discharge valve opens completely. It is
 333 observed that the maximum tips on the weir are induced after full opening of the
 334 discharge valve, probably because the suction that it produces alters the normal
 335 flow over the weir downstream sometime later.

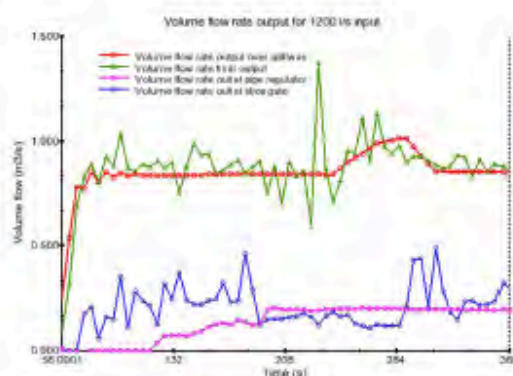


FIG. 16. Output flow balance for an inlet flow rate of 1200 l/s, case (3).

336 The results obtained for the case (4), corresponding to the simulation for
 337 an input flow rate of 1300 l/s, are shown in figure 17. It is observed that the
 338 regulated flow rate crossing over the weir, section (a) is around 906 l/s. The flow
 339 behavior on the weir is very stable from very early on, namely from $t = 90$ s.
 340 However, there is an alteration of the point flow between $t = 210$ and $t = 277$ s,
 341 which results in a maximum of 1050 l/s, to restore stability up to $t = 360$ s. As
 342 in case (3), the discharge valve is partially actuated for a short period of time to

343 switch to the maximum opening from $t = 140$ s up to the end of the simulation
 344 for $t = 360$ s.

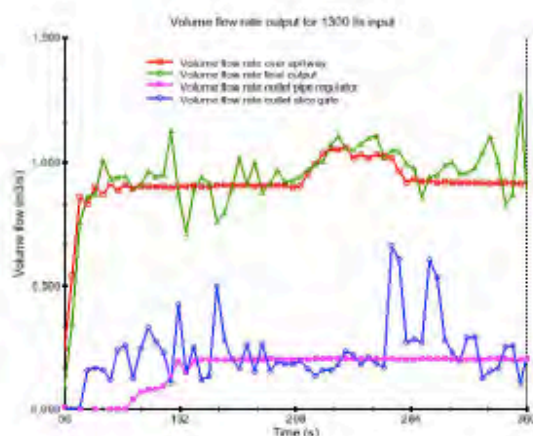


FIG. 17. Output flow balance for an inlet flow rate of 1300 l/s, case (4).

345 Figure 18 shows the results of the case simulation (5) for an input flow rate of
 346 1400 l/s. In this case, the regulated flow rate crossing section (a), above the weir,
 347 has a value of 981 l/s which remains very stable except for a punctual rebound
 348 where the flow rate is at a maximum of 1115 l/s. With the regulation system
 349 operated by the float in the manhole float, it can be seen that it starts operating
 350 from $t = 85$ s in a partial opening mode with an average flow rate of around
 351 110 l/s, for section (d), until $t = 273$ s is reached. From this point onwards, the
 352 discharge valve opens as far as it goes and facilitates the discharge of 200 l/s up
 353 to the end of the simulation.

354 The last case studied, the case (6), is obtained for an input flow of 1500 l/s
 355 and the results obtained for this simulation are presented in figure 19. The results
 356 obtained show us that this is the first case in which the regulated flow is above
 357 the limit value set by the administrative concession. The flow rate above the weir,
 358 section (a), is 1070 l/s, which is slightly higher than the target flow rate, i. e. 7 %

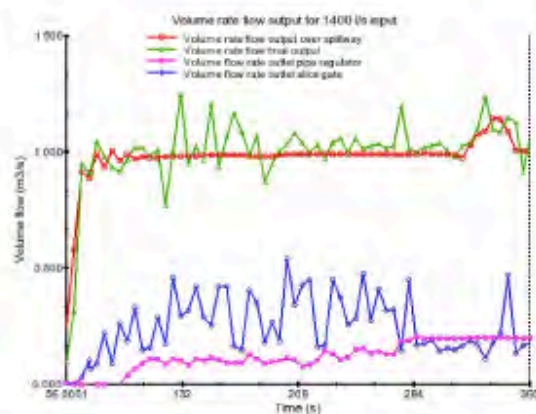


FIG. 18. Output flow balance for an inlet flow rate of 1400 liters/second, case (5).

359 higher than the target value of the regulation set at 1000 l/s for the concession.
 360 This regulated flow rate is 71.3 % of the input flow, or what is the same, the flow
 361 disregarded by the module that is returned to the Llobregat river in this situation
 362 is about 28.7 % of the flow rate absorbed by capturing the irrigation ditch. The
 363 value of the flow rate across section (b), at the outlet of the hydrometric module,
 364 is very stable with respect to the previous cases, probably due to the fact that
 365 when there is a greater depth of water in the channel, the fluctuations of the free
 366 surface caused by the hydraulic jump are relatively minor. With regard to the
 367 automatic regulation mechanism, it can be seen how it starts to operate from
 368 point $t = 80$ s, operates at partial mode up to point $t = 140$ s and, from this point
 369 onwards, remains at maximum speed, with the discharge valve fully open, until
 370 the end of the simulation, with an average flow in section (d) of 200 l/s.

371 Figure 20 shows the comparison of the output flow rate results in section (c),
 372 bottom gate, obtained for cases (2), (4) and (6), i. e. for inlet flow rates 1100,
 373 1300 and 1500 l/s. The case (1) that corresponds to a flow rate of 1000 l/s has
 374 not been represented in this figure because it is a flow rate that does not drive the

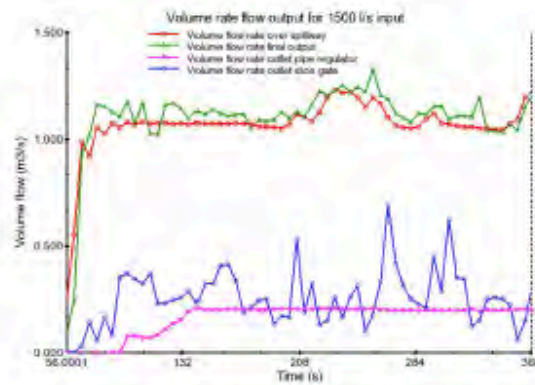


FIG. 19. Output flow balance for an inlet flow rate of 1500 l/s, case (6).

375 automatic regulation mechanism, as shown in the results of figure 14. Similarly,
 376 the results of the cases (3) and (5) are not represented in order to make the graph
 377 of the figure 20 easier to read. However, the behavior of these two cases follows a
 378 pattern similar to the rest. The figure 20 shows how the values of the waste flow
 379 have a great variability, obtaining for this range of sluice gates from a minimum
 380 of 130 l/s to a maximum of 400 l/s, occasionally with some punctual maximums
 381 that exceed this value.

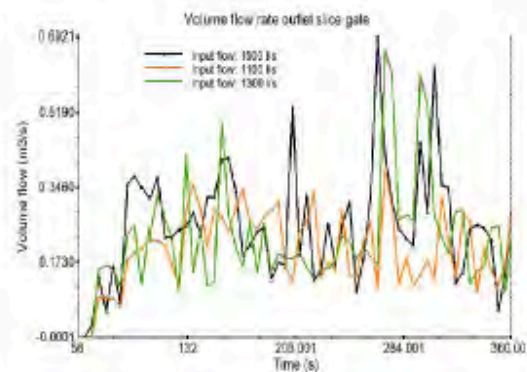


FIG. 20. Models comparison. Volume flow rate through the slice gate, section (c).

382 Comparison of the values of the discharge valve flow rate, section (d), are
 383 shown in figure 21 for models (2), (3), (4), (5) and (6), which correspond to inlet
 384 flow rates ranging from 1100 l/s to 1500 l/s with 100 l/s steps. The case (1),
 385 which corresponds to an input flow rate of 1000 l/s, has not been represented
 386 since in this case the regulation mechanism is not actuated, as can be seen in
 387 the figure 14, so that the flow rate value of this section (d) for case (1) would be
 388 0 l/s for the entire simulation interval. It should be noted that the mechanism
 389 starts partial operation between $t = 80$ and $t = 120$ s depending on the different
 390 inlet flow rates, anticipating the opening as the flow rate is higher. It is also
 391 shown that the only case in which the regulation mechanism operates partially
 392 for the entire simulation is the case (2) for $Q = 1100$ l/s, whereas for the rest of
 393 cases the operation is partial opening to full opening from $t = 130$ to $t = 280$ s,
 394 depending on the input flow rate. It is also very interesting to note that when
 395 the automatic regulation system operates in a total mode, a discharge capacity
 396 of 200 l/s is achieved, regardless of the input flow rate.

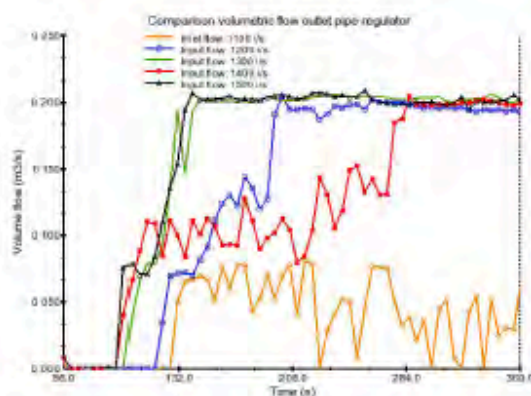


FIG. 21. Models comparison. Volume flow rate through pipe regulator, section (d).

397 Figure 22 shows the comparison of the values of the flows obtained on the

weir, section (a) for the different inlet flows between 1100 l/s and 1500 l/s, with intervals of 100 l/s. It is important to note that the values obtained are below the maximum limit of 1000 l/s established by the administrative concession for cases (1), (2), (3), (4) and (5) and that in case (6), which corresponds to the input flow of 1500 l/s, there is a small surplus of 7% with respect to that value. However, this percentage is very small in relation to the input flow rate, which is 50% higher than the flow to be regulated.

Another important aspect of the figure is the oscillations that appear as peak flow rates that show a certain interval of time after the discharge valve is fully opened, fluctuations that stabilize quickly.

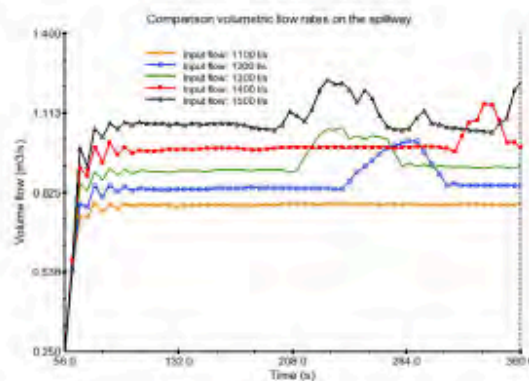


FIG. 22. Models comparison. Volume flow rate on the weir, section (a).

VALIDATION

For the validation of the model, the numerical results obtained for the discharge pipe outlet flow rate and the discharge flow rate on the weir are compared from the calculations obtained analytically for the different loading heights. The Torricelli equation, equation 5, with a discharge coefficient of 0.6 has been used to determine the outlet flow through the discharge valve (Franchini and Lanza

414 2014) and (Blasone et al. 2015).

$$Q = k_d S_h (2gH)^{1/2} \quad (5)$$

415 Equation 6 has been used to obtain the flow on the weir from the height of the
 416 sheet above it (Aydin et al. 2011),(Pandey et al. 2016),(Arvanaghi and Oskuei
 417 2013), (Wu and Rajaratnam 2015). The adimensional discharge coefficient for a
 418 thin-walled rectangular weir has been estimated at 0.6 (Arvanaghi and Oskuei
 419 2013),(Turalina et al. 2015), (Lin et al. 2002).

$$Q = \frac{2}{3} C_d (2g)^{1/2} b H^{3/2} \quad (6)$$

420 Table 2 shows the comparison between the values obtained with the numerical
 421 simulation and those obtained analytically from equation (1) for the section (d),
 422 corresponding to the discharge valve. The results for case (1) and case (2) should
 423 not be taken into account since for the first one the automatic mechanism is not
 424 activated and therefore the flow rate is zero, even though there is an average load
 425 height of 0.2 meters; the case (2) should not be taken into account either, since
 426 the valve is repeatedly actuated without opening completely, which means that it
 427 is a variable regime with different partial openings, and therefore the analytical
 428 results cannot be considered valid. For cases (3), (4), (5) and (6) a match is
 429 obtained between the numerical solution obtained from the simulation and the
 430 analytical solution, with a maximum error of 3,1 % in the case (3).

431 Table 3 shows the comparison between the values obtained with the numerical
 432 simulation and those obtained analytically from equation (2) for the weir section
 433 (a), so it's for the output flow. It can be observed by comparing the results that
 434 there is an adequate correspondence between them, the maximum variability
 435 being equal to 3.54 % for the case (1).

Case	Input flow rate (l/s)	Q outlet pipe regulator section (d) (l/s)	Load Height section (d)(m)	Q on culated analytically (l/s)	Difference (%)
(1)	1000	0	-	-	-
(2)	1100	51.3	0.20	84.0	-63.8
(3)	1200	198.7	1.05	192.5	3.1
(4)	1300	195.9	1.08	195.2	0.3
(5)	1400	200.4	1.07	194.3	3.0
(6)	1500	201.6	1.15	201.5	0.1

TABLE 2. Comparison of the flow rates obtained analytically in the section (d), corresponding to the discharge valve.

Case	Input flow rate (l/s)	Q outlet pipe regulator section (d) (l/s)	Load Height section (d)(m)	Q on culated analytically (l/s)	Difference (%)
(1)	1000	740	0.224	713.8	3.54
(2)	1100	771	0.231	747.5	3.05
(3)	1200	803	0.238	781.7	2.65
(4)	1300	906	0.257	877.2	3.18
(5)	1400	981	0.278	986.9	-0.60
(6)	1500	1070	0.290	1051.5	1.73

TABLE 3. Comparison of the flow rates obtained analytically in the section (a), on the weir.

436 CONCLUSIONS

437 It is observed that the behavior of the hydrometric module with the dimen-
 438 sions with which it was effectively designed reduces the input flow so that the
 439 limit value of 1000 l/s is not exceeded. This is at the expense of scrapping a
 440 variable volumetric flow rate through the slice gate of the regulating manhole
 441 plus another flow rate through the discharge valve.

442 A prerequisite for this, with automatic overflow control regulated by discharge,
 443 is the precise positioning of the slice gate in the first manhole since a difference
 444 of only a few centimeters can have a significant impact on the volume of water
 445 that crosses it.

446 It is also observed that for arrival flows of less than 1200 l/s, considerable
 447 flow is wasted through the bottom gate unnecessarily, so manual shut-off would
 448 be necessary to avoid this. On the other hand, for flow rates of more than 1500
 449 l/s, the discharge valve capacity is limited to scrapping a maximum of 200 l/s,
 450 an amount that is insufficient and should, therefore, be increased to obtain a
 451 greater regulating capacity. However, these very high flows would probably no
 452 longer reach the hydrometric modulus because upstream, immediately after the
 453 river catchment, scrapping was taking place through side weir gates. Therefore,
 454 it can be deduced that the hydrometric module fulfilled its function within the
 455 flow rate range and that, despite having an automated regulation system, the
 456 correct adjustment of the slide gate position required human supervision to avoid
 457 misuse of the scrapping flow rates.

458 NOTATION

Q	Flow rate
k_d	Discharge coefficient for a hole
S_h	Hole section
ρ	Density
h	Specific entalpy
T	Temperature
S_h	Enthalpic source
g	Acceleration due to gravity
H	Head above hole
C_d	Discharge coefficient for a rectangular weir
h	Head over weir crest
u	Velocity of flow in x direction
v	Velocity of flow in y direction
p	Pressure

450 **ACKNOWLEDGEMENTS**

460 This work was partially supported by the Spanish government (projects DPI2013-
461 40882-P and DPI2016- 80077-R).

462 Conflict of Interest-None

463 **REFERENCES**

464 Ali, Z., Tucker, P. G., and Shahpar, S. (2017). "Optimal mesh topology generation
465 for CFD." *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 317, 431–
466 457.

467 Andersson, A. G., Andreasson, P., and Staffan Lundström, T. (2013). "CFD-
468 Modelling and Validation of Free Surface Flow During Spilling of Reservoir
469 in Down-Scale Model." *Engineering Applications of Computational Fluid Me-
470 chanics*, 7(1), 159–167.

471 Arvanaghi, H. and Oskuei, N. N. (2013). "Sharp-Crested Weir Discharge Coeffi-
472 cient." *Journal of Civil Engineering and Urbanism*, 3(3), 87–91.

473 Aydin, I., Altan-Sakarya, A. B., and Sisman, C. (2011). "Discharge formula
474 for rectangular sharp-crested weirs." *Flow Measurement and Instrumentation*,
475 22(2), 144–151.

476 Aydin, M. C. (2016). "Investigation of a sill effect on rectangular side-weir flow by
477 using cfd." *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 142(2), 04015043.

478 Babaali, H., Shamsai, A., and Vosoughifar, H. (2015). "Computational Modeling
479 of the Hydraulic Jump in the Stilling Basin with Convergence Walls Using CFD
480 Codes." *Arabian Journal for Science and Engineering*, 40(2), 381–395.

481 Bhajantri, M. R., Eldho, T. I., and Deolalikar, P. B. (2006). "Hydrodynamic
482 modelling of flow over a spillway using a two-dimensional finite volume-based
483 numerical model." *Sadhana*, 31(6), 743–754.

484 Blasone, M., Dell'Anno, F., De Luca, R., Faella, O., Fiore, O., and Saggese, A.

- 485 (2015). "Discharge time of a cylindrical leaking bucket." *European Journal of*
 486 *Physics*, 36(3), 035017.
- 487 Franchini, M. and Lanza, L. (2014). "Leakages in pipes: generalizing Torricelli's
 488 equation to deal with different elastic materials, diameters and orifice shape
 489 and dimensions." *Urban Water Journal*, 11(8), 678–695.
- 490 Hargreaves, D. M., Morvan, H. P., and Wright, N. G. (2007). "Validation of
 491 the Volume of Fluid Method for Free Surface Calculation: The Broad-Crested
 492 Weir." *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 1(2), 136–
 493 146.
- 494 Kirchner, H., Oliver, J., and Vela Palomares, S. (2002). *Aigua prohibida: arque-*
 495 *ologia hidràulica del feudalisme a la Cerdanya: el Canal Reial de Puigcerdà*.
 496 Universitat Autònoma de Barcelona, Servei de Publicacions, Bellaterra.
- 497 Latorre i Piedrafita, X. (1995). *Història de l'aigua a Catalunya*.
- 498 Latorre i Piedrafita, X. (2002). *La Sèquia de Manresa*. Fundació Pere García
 499 Fària, Girona.
- 500 Lin, C. H., Yen, J. F., and Tsai, C. T. (2002). "Influence of sluice gate contraction
 501 coefficient on distinguishing condition." *Journal of Irrigation and Drainage*
 502 *Engineering*, 128(4), 249–252.
- 503 Namaee, M. R., Rostami, M., Jalaledini, S., and Habibi, M. (2014). "A 3-
 504 Dimensional Numerical Simulation of Flow Over a Broad-Crested Side Weir."
 505 *Advances in Hydroinformatics*, Springer Singapore, Singapore, 511–523.
- 506 Namaee, M. R. and Shadpoorian, R. (2016). "Numerical Modeling of Flow Over
 507 Two Side Weirs." *Arabian Journal for Science and Engineering*, 41(4), 1495–
 508 1510.
- 509 Oliveras, J. (1986). *La consolidació de la ciutat industrial: Manresa (1871-1900)*.
 510 Caixa d'Estalvis de Manresa.
- 511 Pandey, R., Mittal, P. K., and Choudhary, P. M. K. (2016). "Flow Character-

- 512 istics of Sharp Crested Rectangular Weir: A Review." *IJISET -International*
513 *Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 3(3).
- 514 Sarkardeh, H., Reza Zarrati, A., Jabbari, E., and Marosi, M. (2014). "Numerical
515 Simulation and Analysis of Flow In A Reservoir In The Presence of Vortex."
516 *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 8(4), 598-608.
- 517 Sarret Arbós, J. (1906). *La Cèquia de Manresa*. Caixa d'Estalvis de Manresa,
518 Manresa.
- 519 Stasa, P.; Kebo, V.; Kodym, O. (2014). "Effect of mesh density on the accuracy
520 of the calculation using CFD." *14Th SGEM GeoConference on Informatics,*
521 *Geoinformatics and Remote Sensing, Vol. 1*.
- 522 Taghavi, M. and Ghodousi, H. (2015). "Simulation of Flow Suspended Load in
523 Weirs by Using Flow3D Model." *Civil Engineering Journal*, 1(1), 37-49.
- 524 Turalina, D., Yembergenova, D., and Alibayeva, K. (2015). "The experimental
525 study of the features of water flowing through a sharpcrested weir in channel."
526 *EPJ Web of Conferences*, 92(02102), 1-5.
- 527 Verstappen, R. and Veldman, A. (2003). "Symmetry-preserving discretization of
528 turbulent flow." *Journal of Computational Physics*, 187(1), 343-368.
- 529 Versteeg, H. K. H. K. and Malalasekera, W. W. (2007). *An introduction to com-*
530 *putational fluid dynamics : the finite volume method*. Pearson Education Ltd.
- 531 Wu, S. and Rajaratnam, N. (2015). "Solutions to rectangular sluice gate flow
532 problems." *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 141(12), 06015003.
- 533 Zeng, J., Zhang, L., Ansar, M., Damisse, E., and González-Castro, J. A. (2017).
534 "Applications of Computational Fluid Dynamics to Flow Ratings at Prototype
535 Spillways and Weirs. I: Data Generation and Validation." *Journal of Irrigation*
536 *and Drainage Engineering*, 143(1), 04016072.