



**Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PROJECTE FI DE CARRERA

**TÍTOL: SIMULACIÓ DE XARXA DE DISTRIBUCIÓ D'AIGUA POTABLE AMB EL
PROGRAMA EPANET 2.0.**

AUTORA: Sandra Segura Torrades

TITULACIÓ: Enginyeria Tècnica Industrial. Pla 95.

DIRECTOR: Teresa Coll i Ausió

DEPARTAMENT: Enginyeria Química

DATA: 15 de setembre de 2015

TÍTOL: SIMULACIÓ DE XARXA DE DISTRIBUCIÓ D'AIGUA POTABLE AMB EL PROGRAMA EPANET 2.0.

COGNOMS: Segura Torrades

NOM: Sandra

TITULACIÓ: ENGINYERIA TÈCNICA INDUSTRIAL

ESPECIALITAT: QUÍMICA INDUSTRIAL

PLA: 95

DIRECTOR: Teresa Coll Ausió

DEPARTAMENT: Enginyeria Química

QUALIFICACIÓ DEL PFC

TRIBUNAL

PRESIDENT

SECRETARI

VOCAL

José Antonio Román Jiménez

Frederic Vilà Martí

Pedro Ponsa Asensio

DATA DE LECTURA: 15 de setembre de 2015

Aquest Projecte té en compte aspectes mediambientals: Sí No

PROJECTE FI DE CARRERA

RESUM (màxim 50 línies)

És comú que durant l'etapa universitària s'estudiïn matèries que, en la vida professional no tenen una aplicació directa o, la realitat de les mateixes, és molt diferent a allò que s'ha vist durant la carrera. És per aquest motiu, que és molt important enfocar i donar realisme a allò que s'estudia mitjançant la realització de pràctiques de processos reals i que l'alumnat pugui fer-se una idea d'allò es pot trobar en el seu futur com a professionals de la Enginyeria.

En aquest projecte s'ha realitzat una proposta d'aquest tipus de pràctica. Aquesta està dirigida a estudiants del Grau d'Enginyeria Química i, concretament, per a l'assignatura d'Operacions Bàsiques i/o de Mecànica de Fluids.

Un dels tres grans blocs d'aquesta assignatura (Pla 95) era la Mecànica de fluids, i el fluid més comú, important i necessari en la vida de les persones és l'aigua. Per aquest motiu, aquesta pràctica té a veure amb la distribució d'aigua potable a la població.

Per a la realització d'aquesta pràctica s'ha d'utilitzar el programa EPANET2.0, que fa simulacions de xarxes d'aigua de manera professional i és lliure i gratuït. Es pot descarregar d'Internet.

En el projecte s'explica la proposta de pràctica, així com la metodologia didàctica a seguir. S'inclou la descripció de la base de treball i del què s'ha de desenvolupar, de com s'ha fer (tot i que és una proposta oberta en aquest sentit), del tipus d'informe que s'ha d'entregar, de com ha de ser l'exposició davant els/les altres alumnes i finalment, del mètode d'avaluació que s'aplicarà.

La pràctica està pensada per a ser realitzada en grup per tal de fomentar el treball en equip i de lideratge així doncs, a part de l'aprenentatge científic-tècnic que puguin adquirir, també contribueix al desenvolupament d'altres capacitats/habilitats que es reconeixen en les directrius del Pla Bolonya.

Paraules clau (màxim 10):

Aigua	Xarxa	Fluids	Epanet
Didàctica	Pràctica	Equip	

AGRAÏMENTS

Vull agrair aquest projecte en primer lloc a la Emi Papiol que va ser qui es va molestar a trucar un per un, i després de 20 anys, a antics estudiants de l'EUPVG, entre ells, jo. Gràcies a ella estic acabant la carrera amb la presentació d'aquest projecte, així que gràcies Emi!

En segon lloc, vull agrair-li a la Teresa Coll, TOT!! Sense ella tampoc estaria aquí! La seva ajuda ha estat increïble! És motivadora, creativa i sempre positiva i amb un somriure a la boca! Ha estat un plaer ser alumna teva i és, i serà un plaer, seguir sent amigues. El millor del projecte, ha estat retrobar-te. 3a, gràcies, gràcies i gràcies!!!

En tercer lloc, vull agrair a en Ramon Ariño, Responsable d'Àrea de Suport d'Explotació, i a en David Saporta, Responsable d'Unitat d'Explotació de Xarxes, de l'empresa Aigües de Barcelona, per tota la informació que m'han facilitat i sobretot, per la seva amabilitat i ajuda desinteressada. Moltíssimes gràcies!!!

En quart lloc, vull agrair a l'Ester Simó la seva responsabilitat i eficiència de cara a l'alumnat, constestant correus electrònics, fins i tot, estant de vacances. Ester, t'agraeixo molt totes les molèsties que t'has pres per facilitar-me informació!!

En cinquè i últim lloc, i no per això menys important, vull agrair a la meva família i amics, el haver estat al meu costat durant tot aquest temps, ajudant-me, donant-me ànims, creient en mi, quan jo no em creia massa a mi mateixa...i sobretot aguantant-me el nerviosisme ara ja cap al final.

Especialment li vull dedicar aquest projecte:

- Al Miguel, el meu company, per estar sempre allà animant-me i fent-me sentir que JO PUC! T'estimo Mic!!
- A les meves filles, la Maia i la Iona, que són les millors i les estimo amb bogeria, tot i que, a vegades, també em fan parar boja d'una altra manera.
- A la meva mare, la Carme, per ser-hi sempre. Gràcies mama per tot el que fas per mi!!!
- Al meu germà, que a la seva manera, sempre està.
- Al meu pare, que tot i que ja no hi és, estic segura que, un dia com aquest, estaria molt orgullós de mi.
- I als meus amics i amigues. Gràcies Júlia, Pontx, Martibauti, Ibau, Patri, i un llarg etc. Gràcies de tot cor!!

ÍNDIX DE CONTINGUTS

1. INTRODUCCIÓ.....	4
2. LA IMPORTÀNCIA DE L'AIGUA.....	5
2.1. Introducció.....	5
2.2. L'aigua.....	5
2.3. Usos socials de l' aigua.....	5
2.3.1. Consum domèstic i de lleure.....	6
2.3.2. L'agricultura i ramaderia.....	6
2.3.3. La indústria.....	7
2.4. La manca d'aigua.....	7
2.5. Característiques fisicoquímiques de d'aigua.....	8
2.6. Directiva marc de l'aigua.....	8
3. LES XARXES DE SUBMINISTRAMENT D'AIGUA POTABLE.....	9
3.1. Introducció.....	9
3.2. Descripció d'una xarxa de subministrament.....	9
3.2.1. Tipus de xarxes de subministrament segons el seu ús.....	9
3.2.2. Tipus de xarxes de subministrament segons la seva topologia.....	10
3.3. Parts d'una xarxa de subministrament.....	11
3.4. Components d'una xarxa de distribució.....	12
3.4.1. Canonades.....	12
3.4.2. Unions.....	12
3.4.3. Elements de maniobra i control.....	13
3.4.3.1. Elements de maniobra.....	13
3.4.3.2. Elements de control.....	13
3.4.3.3. Desguassos.....	15
3.4.3.4. Cabalímetres.....	15
3.4.4. Dipòsits.....	15
3.4.5. Bombes i Estacions de bombeig.....	17
3.4.6. Impulsions.....	18
3.4.7. Escomeses.....	18
3.4.8. Peces especials.....	18
3.5. Simbologia en plànols d'una xarxa de distribució	20
3.6. Conceptes a definir d'una xarxa de distribució.....	21
3.6.1. Malla	21
3.6.2. Ramal	21
3.6.3. Arbre.....	21
3.6.4. Polígon.....	21
3.6.5. Hidrant.....	21
3.6.6. Dotació	21
3.6.7. Demanda.....	21
3.6.8. Cabals.....	23
3.6.9. Diàmetres de canonada.....	23
3.6.10. Pressions.....	23
3.7. Qualitat de l'aigua en una xarxa de subministrament.....	24
4. XARXES RAMIFICADES O OBERTES I XARXES MALLADES O TANCADAS.....	25
4.1. Introducció.....	25
4.2. Xarxes ramificades o obertes.....	25
4.3. Xarxes mallades o tancades.....	26
4.4. Avantatges i inconvenients de les xarxes ramificades i mallades.....	27
4.4.1. Xarxes ramificades.....	27
4.4.2. Xarxes mallades.....	28
4.5. Hidràulica de la conducció en xarxes mallades.....	29

4.5.1. Continuitat.....	29
4.5.2. Càrrega.....	29
4.5.3. Càlcul de la potència.....	29
4.5.4. Revisió de la capacitat hidràulica.....	30
4.5.5. Disseny de la xarxa:	30
4.5.6. Característiques addicionals de les xarxes mallades.....	30
5. MECÀNICA DE FLUIDS.....	32
5.1. Introducció.....	32
5.2. Equació de continuïtat.....	32
5.3. Equació de Bernoulli.....	33
5.4. La pèrdua de càrrega.....	34
5.5. Règim laminar i règim turbulent.....	35
5.6. Número de Reynolds.....	36
5.7. Equació general de Darcy-Weisbach.....	37
5.8. Equació de Hazen-Williams.....	39
5.9. Equació de Chezy-Manning.....	40
5.10. Mètode de Hardy Cross per l'anàlisi de xarxes tancades.....	41
6. EPANET.....	43
6.1. Introducció.....	43
6.2. Descripció del programa EPANET.....	43
6.3. Característiques del model hidràulic de l'EPANET.....	43
6.4. Característiques del model de qualitat de l'EPANET.....	44
6.5. EPANET enfront d'altres programes de simulació de xarxes d'aigua.....	44
6.6. Presentació de la base de treball amb EPANET.....	45
7. DIDÀCTICA DE LA PRÀCTICA.....	47
7.1. Introducció	47
7.2. Metodologia de treball.....	47
7.3. Objectius i competències bàsiques.....	47
7.4. Criteris d'avaluació.....	48
7.4.1. Document per l'autoavaluació individual.....	48
7.4.2. Document per l'autoavaluació del grup.....	49
7.5. Duració de la pràctica.....	49
8. PROPOSTA DE PRÀCTICA.....	50
8.1. Introducció.....	50
8.2. Base de treball.....	50
8.3. Primera tasca: Simplificació de les xarxes facilitades.....	54
8.4. Desenvolupament de la pràctica.....	58
8.5. Informe de la pràctica.....	64
8.6. Exposició de la pràctica.....	64
9. CONCLUSIONS.....	65
10. BIBLIOGRAFIA.....	66
11. ANNEXES.....	68
11.1. Annex 1. Informe de la simulació de la xarxa ramificada de Can Guey.....	68
11.2. Annex 2. Informe de la simulació de la xarxa mallada d'Universitat.....	74
11.3. Annex 3. Informe de la simulació de la xarxa de Can Guey simplificada.....	85
11.4. Annex 4. Informe de la simulació de la xarxa d'Universitat simplificada.....	86

1. INTRODUCCIÓ

És molt comú que durant l'etapa universitària de les persones es treballin i s'estudiïn matèries que, en la vida professional no tenen una aplicació directa o, la realitat de les mateixes, és molt diferent a allò que s'ha vist durant la carrera. És per aquest motiu, que és molt important enfocar i donar realisme a allò que s'estudia mitjançant la realització de pràctiques de processos reals i que els i les alumnes puguin fer-se una idea d'allò es poden trobar en el seu futur com a professionals de la Enginyeria.

En aquest projecte es realitzarà una proposta d'aquest tipus de pràctica. Aquesta estarà enfocada per a estudiants del Grau d'Enginyeria Química i, concretament, per a l'assignatura d'Operacions Bàsiques i/o de Mecànica de Fluids.

Tal com jo vaig estudiar l'assignatura d'Operacions Bàsiques, un dels tres grans blocs d'aquesta assignatura era la Mecànica de fluids, i el fluid més comú, important i necessari en la vida de les persones és l'aigua. Per aquest motiu, aquesta pràctica tindrà a veure amb la distribució d'aigua potable a la població.

El disseny d'una xarxa de distribució d'aigua potable pot ser molt complicat, o sigui que s'han hagut de desenvolupar programes informàtics per tal de facilitar la feina als professionals que s'hi dediquen. En aquest projecte s'utilitzarà un programa, que es pot trobar de manera gratuïta a la xarxa, que s'anomena EPANET.

L'aigua, els seus usos i característiques seran el punt de partida d'aquest projecte, juntament amb dades dels principals consums a Europa, entre d'altres.

La descripció d'una xarxa de distribució, les seves característiques i els diferents tipus que existeixen tindran especial atenció, així com les avantatges i desavantatges d'unes i altres.

Per estructurar millor la informació que serà necessària a l'hora de dur a terme la pràctica, també hi haurà una base teòrica de Mecànica de fluids per a la resolució de problemes i/o pel disseny de xarxes. Es parlarà de les equacions de continuïtat i de Bernoulli, bàsiques en l'estudi dels fluids, conceptes com la pèrdua de càrrega i el seu càlcul, definir els tipus de règims de flux que es poden trobar, el número de Reynolds i la seva importància, el factor de fricció i d'altres equacions de càlcul com la de Darcy-Weisbach, la de Hazen-Williams i la de Chezy-Manning, que són les tres opcions de càlcul que dona el programa EPANET en les seves simulacions de xarxes d'aigua. Per acabar el capítol, també hi haurà una descripció del mètode d'anàlisi de xarxes tancades de Hardy Cross.

Com s'ha comentat anteriorment, per a la realització de la pràctica es farà servir el programa EPANET, així doncs, també hi haurà una descripció del mateix, que inclourà un parell d'exemples de parts de xarxes de distribució reals, però no inclourà una explicació del funcionament del programa, ja que aquest és molt intuïtiu.

Finalment es descriurà la proposta de pràctica que és l'objectiu d'aquest projecte així com la metodologia didàctica que es seguirà. Inclourà la descripció de la base de treball i del què els i les estudiants hauran de desenvolupar, de com ho hauran de fer, del tipus d'informe que hauran d'entregar i del mètode d'avaluació que s'aplicarà a aquest treball.

La pràctica està pensada per a ser realitzada en grup per tal de fomentar el treball en equip i de lideratge així doncs, a part de l'aprenentatge científic-tècnic que puguin adquirir, també contribueix al desenvolupament d'altres capacitats/habilitats que es reconeixen en les directrius del Pla Bolonya.

2. LA IMPORTÀNCIA DE L'AIGUA

2.1. Introducció

Aquest capítol parla de la importància de l'aigua com a element imprescindible per als éssers vius i se'n descriuen els usos, característiques, normativa i malbaratament que se'n fa, tot i ser un recurs natural limitat.

2.2. L'aigua

L'aigua és un element imprescindible per a la vida en general i per la vida humana en particular. Ha estat, al llarg de tota la història de la humanitat, un element clau en el desenvolupament de totes les cultures. Les primeres civilitzacions de les que es té referència van florir a la vora de grans sistemes fluvials, i molt abans, els pobles prehistòrics van establir-se sistemàticament a la vora dels rius. Això continua vigent en la actualitat.

Els éssers humans, d'altra banda, estem compostats bàsicament d'aigua (entre un 50 i un 75% del pes corporal), i aquest és, fins i tot per damunt del menjar, un element imprescindible per la seva supervivència física. L'aigua també compleix importants funcions higièniques, culinàries i terapèutiques.

L'aigua, en rius i altres grans masses aquàtiques, ha facilitat el transport i les comunicacions i és una molt important font d'aliments gràcies a les activitats pesqueres.

Així doncs, l'aigua ha estat i continua sent un element essencial en l'origen, desenvolupament i reproducció de la societat humana. Tant és així, que sempre ha estat considerat un bé comú. Les societats modernes i el seu alt grau de complexitat han fet que aquest antic bé comú hagi perdut el seu caràcter comunal i hagi esdevingut un recurs. I com a recurs, l'aigua té un preu i és susceptible d'apropiació.

L'aigua, com tot element natural, és limitat, i a més, la distribució de pluges és desigual al planeta, per la qual cosa la disponibilitat d'aigua no és igual a tot arreu.

Les condicions climàtiques fan que l'aigua sigui un bé escàs i mal distribuït. Uns 2000 milions de persones de 80 països d'arreu del món viuen en zones amb escassetat crònica d'aigua, i, a mesura que les poblacions humanes i animals vagin creixent, la crisi serà pitjor.

La quantitat d'aigua que consumeixen els diferents països està en funció del grau de desenvolupament tecnològic de la societat. Els països més desenvolupats, com els Estats Units o la Unió Europea consumeixen grans quantitats d'aigua per fer front a l'agricultura i la ramaderia intensiva, a la generació d'energia i al desenvolupament d'activitats industrials.

Per altra banda, la relació que tenim els éssers humans amb l'aigua s'hauria de revisar per tal de gestionar de manera més òptima els recursos hídrics dels que es disposen. Només un ús racional de l'aigua pot permetre que l'activitat de les persones i el desenvolupament siguin compatibles amb els recursos existents i la natura en si mateixa. Hi ha d'haver un canvi de conducta i fer un ús racional de l'aigua, cal utilitzar-la sense malbaratar-la.

2.3. Usos socials de l'aigua

Es poden distingir tres camps diferenciats en els usos socials de l'aigua: el consum domèstic i de lleure, l'agricultura i la indústria.

2.3.1. Consum domèstic i de lleure

El desenvolupament d'un sistema de canalitzacions (xarxa de distribució) que ha suposat la possibilitat de disposar d'aigua directament a les nostres llars és un progrés del que no sempre hem gaudit i, això és un privilegi que, en l'actualitat i segons l'OMS, només en gaudeix un 20% de la població mundial.

La quantitat d'aigua que consumeixen les persones a casa seva varia segons el nivell de vida del país on viuen. A Europa es calcula una despesa mitjana d'aigua potable d'entre 150 i 200 litres al dia encara que per a beure només és d'entre 2 i 3 litres, en canvi, un ciutadà de l'Índia té un consum de 25 litres al dia.

A la ciutat de Barcelona i la seva àrea metropolitana el consum d'aigua per persona i dia està per sota de la mitjana europea ja que s'ha anat moderant al llarg dels últims anys. Segons dades d'Aigües de Barcelona (Empresa Metropolitana de Gestió del Cicle Integral de l'Aigua), ha passat de ser d'uns 130 litres de mitjana al 2001, als actuals 105 litres.

Al llarg del dia, la demanda d'aigua també varia.



Figura1. Font: www.aiguesdebarcelona.cat

Avui dia també es fan moltes activitats d'esbarjo amb aigua, cosa que incrementa de manera considerable el consum d'aigua depenent de l'època de l'any.

2.3.2. L'agricultura i ramaderia

L'agricultura i la ramaderia són les activitats humanes que consumeixen més aigua; a Catalunya representen gairebé un 50% del consum total.

Molta de l'aigua que s'utilitza per regar es malbarata a causa de l'evaporació i dels sistemes de reg tradicionals com són l'aspersió i la inundació. Actualment hi han tècniques de reg, com el microgoteig directe a les arrels de les plantes, que permeten un aprofitament òptim de l'aigua.

Les necessitats alimentàries cada cop més exigents i elevades de la humanitat han fet que hagi augmentat el consum d'aigua fins al punt de forçar la natura i produir plantes utilitzant quantitats d'aigua superiors.

La ramaderia també implica un important consum d'aigua: una vaca necessita 100 litres d'aigua al dia, una ovella entre 40 i 70, i un porc entre 20 i 30 (segons dades de <http://www.xtec.cat/~mferna99/projecte/aigua.htm>).

2.3.3. La indústria

L'aigua ha format part del desenvolupament tecnològic i industrial de la humanitat des dels seus inicis. La indústria, actualment, consumeix aproximadament un 23% del total d'aigua consumida per la humanitat. Tot i que aquesta proporció varia entre el 50% d'Europa occidental i Amèrica del nord en front del 3 i 9% d'Amèrica del sud, Àfrica i Àsia.

L'aigua és necessària en la majoria de processos industrials. S'utilitza aigua per produir vapor, com a refrigerant de maquinària, per rentar i dissoldre materials, principalment, i com a matèria primera. Les principals indústries consumidores d'aigua són les centrals elèctriques, les papereres i les siderúrgiques.

Només per fer-se una idea del consum d'aigua a la indústria, unes quantes dades: es necessiten 250 litres d'aigua per produir un quilo de paper, 270.000 litres per mil quilos d'acer, i per la fabricació d'un sol cotxe, uns 78.000 litres com a mínim, tenint en compte totes les fases (des de l'extracció de minerals, fins que surt de fàbrica).

2.4. La manca d'aigua

És difícil d'entendre, en la seva justa mesura, el valor social que ha tingut i té l'aigua si no ens fixem en alguns dels efectes de la seva mancança. A moltes poblacions de països del sud ens trobem que la manca d'aigua suposa, per una banda, danys a la salut de les persones pel consum d'aigua contaminada, costos suplementaris en la productivitat pel fet d'haver de recórrer distàncies considerables per dur-la fins a les seves llars, o per la necessitat bullir-la per garantir-ne les condicions sanitàries, i per altra banda, forts impactes ambientals per la gens regulada explotació d'aqüífers.

Malalties com la diarrea (que cada any afecten un 1000 milions de persones), filariasis (1000 milions), tracoma (500 milions), esquistosomiasis (200 milions) o el mateix còlera venen transmesos per l'aigua. Això es deu a un deficient sistema de sanejament que fa que les excretes humanes acabin contaminant tant les aigües superficials com les subterrànies.

El desmesurat i caòtic creixement de les ciutats, en els anomenats països en vies de desenvolupament, unit a un creixement demogràfic disparat, han fet que la gent hagi hagut de resoldre per si mateixa les seves necessitats d'aigua.

Milions de persones excaven els seus propis pous, posant en perill la seva salut i de retruc, exhaurint els corrents subterranis, a l'explotar-los per damunt de la seva possibilitat de re-càrrega. A part de la inversió de temps i esforç que suposa resoldre l'abastiment diari d'aigua (que normalment recau sota la responsabilitat de les dones) entre les capes més pobres de la població, (temps i esforç que no poden per tant dedicar a altres activitats que millorin la seva qualitat de vida), el consum d'aigua suposa una part substancial de la renda familiar: un 18% a Onitsha (Nigèria) i un 20% a Puerto Príncipe (Haití) com a exemples extrems i dramàtics.

Per altra banda el sistema de canalitzacions d'aigua i el sistema de clavegueram poden acabar generant una doble il·lusió: per una banda es pensa que és impossible l'esgotament o la disminució de la qualitat d'aigua que amb tanta facilitat i comoditat es rep a les llars, sobretot quan a gran part de la humanitat aquesta "normalitat" dels països desenvolupats els hi semblaria un autèntic miracle. I per altra banda es pensa que les aigües residuals que s'aboquen diàriament a les piques de la cuina, al bany o a la tassa de l'inodor simplement "desapareixen" miraculosament. Tanta irreflexió només pot dur a un ús irracional i malbaratador de l'aigua i amb el temps a viure en una societat amb "estrès hídric".

2.5. Característiques fisicoquímiques de l'aigua

Els problemes de la qualitat de l'aigua a les xarxes de distribució s'han anat corregint gràcies a les estacions depuradores, tot i que no del tot, a causa de la contaminació provocada per les activitats agrícoles, ramaderes i industrials.

En el marc de la Unió Europea la Directiva marc de l'aigua estableix un marc dictant valors màxims i mínims per al contingut en minerals, de diferents ions com clorurs, nitrats, nitrits, amoni, calci, magnesi, fosfat, arsènic, trihalometans, etc., a més dels gèrmens patògens. Aquesta directiva ha estat transposada a la legislació espanyola, i les autoritats sanitàries han de vetllar pel seu compliment. En les aigües anomenades *minerals* o *minero-medicinals* els controls són més estrictes encara (es pot consultar a http://www.diba.cat/web/salutpublica/normativa_aigues_beguda_envasada).

Els paràmetres per l'aigua potable fan incidència en dues categories: Química/física i microbiològica. Entre la primera categoria hi ha els paràmetres que inclouen els metalls pesants, compostos orgànics, sòlids en suspensió totals i terbolesa. Aquests paràmetres tendeixen a incidir en el risc de malalties cròniques, que per exemple poden produir els metalls pesants, tanmateix hi ha substàncies químiques com els nitrats/nitrits i l'arsènic que poden tenir un impacte més immediat. Els paràmetres físics afecten l'estètica i el gust i poden complicar l'eliminació dels microbis patògens.

Els paràmetres microbiològics inclouen bacteris coliformes, *E. coli* (que és un indicador de contaminació fecal), i patògens específics com el del còlera altres virus entèrics. També s'inclouen els oocists de protozous paràsits com *Cryptosporidium sp.*, *Giardia lamblia*, *Legionella*,.[4] Es presta gran atenció als paràmetres microbians ja que tenen un immediat risc per la salut.

2.6. Directiva marc de l'aigua

Al preàmbul de la directiva específica es posa que «l'aigua no és un bé comercial com els altres, sinó un patrimoni que cal protegir, defensar i tractar com a tal». La directiva testimonia d'un objectiu ambiciós de protegir l'aigua, de prevenir-ne la contaminació, promoure-ne un ús sostenible, protegir el seu entorn, millorar l'estat dels ecosistemes i atenuar els efectes de les inundacions i dels episodis de sequera. Com que l'aigua no respecta les fronteres polítiques, la Unió hi veu una aliada per a propulsar la cooperació transfronterera.

La directiva imposa entre altres sistemes uniformes i comparables entre els estats de mesura de la qualitat, de redacció d'un pla hidrològic, d'un registre públic de zones protegides, d'aigües utilitzades per a la captació d'aigua potable, un programa de mesures per a mantenir i millorar la qualitat per cada conca o subconca, una estratègia per combatre i de prevenir la contaminació. S'estipula també una definició general de la qualitat d'aigües de superfície en tres categories: molt bon estat, bon estat i estat acceptable per a cada tipus d'aigua. Les aigües que assoleixin un estat inferior al que és acceptable s'han de classificar com a deficientes o dolentes. S'utilitzen criteris de diversitat de la flora i fauna, d'hidromorfologia (cabal, continuïtat, format de les riberes...) i qualitat fisicoquímica.

3. LES XARXES DE SUBMINISTRAMENT D'AIGUA POTABLE

3.1. Introducció

En aquest capítol es descriu el que és una xarxa de subministrament d'aigua i les diferents tipologies que existeixen. També s'expliquen les seves parts, els components que no poden faltar, els conceptes necessaris per a la seva compressió i els requeriments que s'han de garantir per tal de poder fer arribar aigua potable a la població amb la qualitat necessària.

3.2. Descripció d'una xarxa de subministrament

Una xarxa de subministrament és un conjunt d'elements encarregats del transport de l'aigua des dels punts de producció i/o emmagatzemament fins als punts de consum: domicilis, comerços, indústries, hidrants de reg i incendis, etc.

La xarxa està constituïda bàsicament per canonades i elements especials: vàlvules, accessoris, hidrants, elements d'unió, elements de mesura, etc. que han de ser dimensionats per als cabals que permetin mantenir la xarxa a unes pressions mínimes de funcionament. La resta dels components del sistema de distribució (dipòsits, estacions de bombeig, ...) condicionaran el seu disseny i càlcul, per la qual cosa no es pot tractar una xarxa com a un element aïllat.

Pràcticament la totalitat de poblacions al nostre país compten amb xarxes de subministrament d'aigua potable, però no hi ha un reglament d'obligat compliment a nivell nacional, així que cada municipi o les pròpies Companyies explotadores i/o subministradores disposen de Normativa pròpia. Per exemple, tot i que hi han molts municipis on no existeix l'obligació contractual per part de la Entitat Subministradora de garantir una pressió mínima a les escomeses, a Barcelona i la seva àrea metropolitana, i segons el Reglament del Servei Metropolità del cicle integral de l'aigua, Aigües de Barcelona ha de garantir una pressió nominal de subministrament apta per al consum humà mesurada en la clau externa de 20 metres de columna d'aigua (mcda), com a mínim, i de 130 mcda, com a màxim.

El que sí existeixen són normes tècniques referides als materials i equips desenvolupades per Comitès d'Estandardització (UNE, ISO, AFNOR, DIN, etc.), algunes recomanacions i normes de caràcter general aplicables a les xarxes de distribució urbana d'aigua, i també recomanacions d'Associacions del sector, com AEAS (Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento), IWA (International Water Association), AWWA (American Water Works Association), etc.

Es pot fer una classificació de les xarxes de subministrament d'aigua segons diferents criteris.

3.2.1. Tipus de xarxes de subministrament segons el seu ús

Segons l'ús que se li doni a l'aigua subministrada, les xarxes de subministrament poden ser:

- Xarxes generals de subministrament d'aigua en zones urbanes: la mateixa xarxa és l'encarregada del subministrament domèstic, i donar servei industrial, de reg, de neteja de carrers, d'extinció d'incendis, etc.
- Xarxes de subministrament per a zones residencials, on pot arribar a existir una xarxa per l'aigua potable i una altra per la resta d'usos i serveis.
- Xarxa de servei a polígons industrials.
- Xarxes exclusives de reg: cultius i/o jardins.
- Xarxes per a ús exclusiu en l'extinció d'incendis.

A les ciutats del nostre país és comú que hi hagi una xarxa única encarregada de cobrir totes les necessitats. Hi han alguns casos puntuals on es pot trobar xarxes de reg separatives per a zones verdes independents de la xarxa de subministrament per a consum humà o per usos industrials. Aquestes xarxes permeten aprofitar altres fonts de subministrament d'inferior qualitat que la requerida per a l'aigua potable, però no són molt habituals perquè la inversió per dur-les a terme és elevada. I el cas de les xarxes per extinció d'incendis no és habitual tampoc perquè els hidrants d'incendis, en general, estan connectats a la xarxa general.

3.2.2. Tipus de xarxes de subministrament segons la seva topologia

Segons com estan connectades les canonades entre si, es poden distingir els següents tipus de xarxes:

- Xarxes Ramificades o Obertes: Xarxes on l'aigua només pot seguir un camí fins a arribar a cada nus del sistema
- Xarxes Mallades o Tancades: Xarxes on les possibilitats de camí entre nusos del sistema són múltiples.
- Xarxes Mixtes (que barregen les dues tipologies anteriors).

Els sistemes Ramificats i Mallats seran definits més exhaustivament en el següent capítol d'aquest projecte.

3.3. Parts d'una xarxa de subministrament

El subministrament d'aigua potable a la població i altres serveis passa per quatre etapes que estan encadenades, aquestes són: captació, tractament, adducció i distribució. Cadascuna d'elles té una funció específica i ben definida que es comenta a continuació.

Captació: Conjunt d'instal·lacions de regulació, derivació i conducció de les aigües superficials i subterrànies, des de les fonts de subministrament fins a les instal·lacions de tractament. Inclou preses, sènies, canals, pous, estacions de bombeig i conduccions d'aigua bruta.

Tractament: Conjunt d'instal·lacions de potabilització necessàries per a que el subministre arribi als valors paramètrics que assenyalen en el Real Decret 140/2003, de 7 de febrer, pel que s'estableixen els criteris sanitaris de la qualitat de l'aigua de consum humà.

Adducció: Conjunt de conduccions i instal·lacions que connecta les estacions de tractament amb les xarxes de distribució. Normalment la xarxa d'adducció té estructura d'arbre pot intercalar estacions elevadores i cada branca acaba en un dispositiu o vàlvula de control. El seu traçat generalment no passa per sòl urbà, travessa freqüentment diversos municipis, i ha de mantenir exempta d'escomeses i hidrants, per no condicionar els seu règim d'explotació.

Distribució: Conjunt de conduccions i instal·lacions que connecta els punts d'entrega a la xarxa d'adducció (dipòsit o vàlvula de control) amb les escomeses domiciliàries. El seu disseny, excepte excepció justificada, serà mallada i el seu traçat serà per sòl urbà o periurbà dins d'un mateix municipi. A efectes de disseny i explotació, dins de la xarxa de distribució es distingeixen tres xarxes superposades:

- *Xarxa de transport*: Conjunt de conduccions troncal de la xarxa de distribució que interconnecten els punts d'entrega de la xarxa d'adducció amb les diferents zones de pressió i consum del municipi assegurant la continuïtat hidràulica de la xarxa bàsica de l'abastament. Generalment el diàmetre nominal de les conduccions de la xarxa de transport serà superior a 150 mm i sobre d'aquestes ha d'evitar-se la instal·lació d'escomeses i hidrants.
- *Xarxa principal*: Conjunt de conduccions de repartiment sobre les quals es pot instal·lar escomeses i hidrants, compostat per canonades de diàmetre nominal igual o superior a 150 mm.
- *Xarxa secundària*: Conjunt de conduccions de repartiment compostat per la resta de conduccions de diàmetre nominal inferior a 150 mm, sobre les quals es podran instal·lar escomeses.

3.4. Components d'una xarxa de distribució

A continuació es pot trobar una descripció dels components bàsics d'una xarxa de distribució:

3.4.1. Canonades

Les canonades estan formades per una successió de tubs convenientment units intercalant altres elements que permetin una econòmica i fàcil instal·lació i explotació del sistema.

El sistema utilitzat per a la unió dels tubs entre si, depèn del material base de la conducció. La unió es pot realitzar mitjançant juntes, elements electrosoldables i soldadura.

A l'igual que les juntes, els accessoris i les peces especials depenen del material base de la canonada.

En el cas de la xarxa de Barcelona i l'àrea metropolitana, i segons la informació rebuda d'Aigües de Barcelona, els materials de canonada que s'utilitzen principalment són el polietilè d'alta densitat (PEA) o la Fosa dúctil (FD), però també es podrien trobar altres materials com l'acer electrosoldat (CHA), el formigó armat (HA), policlorur de vinil orientat molecularment (PVC-O), polièster reforçat amb fibra de vidre (PRFV), etc.

A continuació hi ha una petita descripció dels principals materials:

- *Fosa dúctil (FD)*: S'utilitzen canonades de fosa dúctil, principalment en les parts d'adducció i distribució. Per a diàmetres de $80 \leq DN \leq 800$ mm, amb pressions normalitzades d'entre 1 i 4 MPa i en canonades que tinguin moltes derivacions. Les canonades i accessoris de fosa han de complir les especificacions establertes en les següents normes: UNE-EN 545:2002, UNE-EN 681-1:1996, UNE-EN 681-1/A1:1999 i ISO 7005-2:1988.
- *Polietilè (PEA)*: S'utilitzen canonades de polietilè d'alta densitat en canonades de fins a 200 mm de diàmetre i pressions normalitzades entre 1 MPa i 1,6 MPa. Han de complir la norma UNE-EN 12201:2003 . Donada la seva gran flexibilitat, les canonades de PEA són especialment aptes per a l'estesa de noves xarxes o per la renovació de les existents en terrenys rocosos, i igualment, al tractar-se d'un material plàstic de gran resistència als agents químics i a l'atac de microorganismes, és recomanable per a la seva instal·lació en terrenys agressius.
- *Acer (CHA)*: Es poden utilitzar canonades amb material base d'acer en canonades de diàmetre interior ≥ 800 mm. En diverses instal·lacions (dipòsits, impulsions, estacions de tractament d'aigua, etc.), acostumen a utilitzar-se canonades d'acer de menor diàmetre. Són especialment indicades en casos d'altres pressions, $PN \geq 1,6$ MPa. Han de complir les normes UNE-EN 10020:2001 , UNE-EN 10025:1994 , UNE-EN 10025:1994 i AWWA M-11:1989 .
- *Formigó armat (HA)*: Es poden utilitzar canonades de formigó armat amb camisa de xapa en canonades de diàmetre ≥ 800 mm, per a pressions normalitzades (PN) de fins a 1,6 MPa, en canonades en les quals es puguin produir ovalacions importants i en les que es prevegin poques derivacions. Han de complir les normes: UNE-EN 639:1995, UNE- EN 641:1995, UNE-EN 642:1995 e Instrucción Eduardo Torroja para tubos de hormigón armado o pretensado (IET-80).

3.4.2. Unions

Són els dispositius que fan possible enllaçar de forma estanca dos elements consecutius de la canonada. Els sistemes d'unió solen classificar-se de la següent manera:

- *Unions flexibles*: Si permeten una desviació angular significativa, durant i després de la instal·lació i un lleuger desplaçament diferencial entre eixos.

- *Unions rígides*: Si no permeten una desviació angular significativa no durant no després de la posada en obra.
- *Unions ajustables*: Si solament permeten una desviació angular significativa en el moment de la instal·lació però no després.

3.4.3. Elements de maniobra i control

Són els elements intercalats en les canonades, utilitzats per regular el flux d'aigua que passa per la xarxa de distribució en totes les seves característiques amb la finalitat d'optimitzar la seva explotació.

3.4.3.1. Elements de maniobra

Segons les normes UNE-EN 736:1996 i UNE-EN 1074 , els elements de maniobra d'una xarxa de distribució es poden dividir en els següents tipus:

- *Vàlvules de seccionament*: Són dispositius hidromecànics destinats a tancar el pas de l'aigua en una canonada mitjançant un obturador. El seu funcionament és, per a totes les tipologies, d'apertura i tancament totals. Les posicions intermèdies correspondran a situacions provisionals o excepcionals. Les més utilitzades són les de comporta i les de papallona.
- *Vàlvules de aeració*: La seguretat de la explotació de les canonades exigeix que les operacions relatives a l'expulsió i entrada d'aire estiguin assegurades i tractades automàticament. Per aconseguir això es disposa d'aquests dispositius de seguretat anomenats vàlvules de aeració.

Segons les seves funcions, els elements d'aquests tipus de vàlvules es poden classificar de la següent manera:

- *Purgadors*: Eliminació contínua de les bosses o bombolles d'aire que es formen en la canonada procedents de la desgasificació de l'aigua.
- *Ventoses bifuncionals*: Realitzen, de forma automàtica, les funcions d'evacuació d'aire a l'hora d'omplir o posar en servei la canonada, i d'admissió d'aire, per evitar la depressió o el buit, en les operacions de descàrrega o trencament de la canonada.
- *Ventoses trifuncionals*: Poden realitzar qualsevol de les tres funcions anteriors de forma automàtica, evacuació i admissió d'aire i eliminació les bosses o bombolles d'aire de la canonada.
- *Vàlvules d'adducció d'aire*: Si per les característiques de la instal·lació es necessita un volum d'adducció d'aire superior al que permet la ventosa, serà necessari la utilització addicional de vàlvules amb la sola funció d'adducció d'aire per evitar que es formi el buit.

3.4.3.2. Elements de control

- *Vàlvules de control i seguretat*: S'ha de fer una distinció entre les dues funcions, control i seguretat. En la primera, es pretén mantenir la instal·lació en unes condicions de pressió, capacitat o cabal predeterminades, mentre que en la segona, l'actuació respon a situacions produïdes de forma brusca, i a vegades no desitjada, que poden ocasionar sobrevelocitats, inversions de flux o sobrepressions.

Segons aquesta distinció, es poden classificar en:

- *Vàlvules de control*: La seva funció principal és la de modular les condicions piezomètriques de cabal o de nivell d'una instal·lació en servei, modificant les que es pugui produir de forma irregular dins d'uns valors predeterminats.

Segons la funció de regulació es poden distingir les següents vàlvules:

- *Vàlvules de control de pressió*: Tenen com a funció principal reduir i mantenir la pressió aigües amunt o avall de la vàlvula en un valor establert. Segons aquest

critèri es poden diferenciar en:

Vàlvules reductores de pressió: La seva funció principal és reduir i estabilitzar la pressió d'una xarxa aigües avall de la vàlvula, a partir d'una condició aigües amunt, en un valor absolut constant i independent de les variacions de pressió aigües amunt i del cabal sol·licitat.

Vàlvules mantenedores de pressió: Són les que mantenen una pressió aigües amunt constant i independent de la pressió i cabal aigües avall, tancant completament quan aquesta pressió caigui per sota de valor preestablert. Pot modular el seu funcionament en diverses posicions d'apertura.

- *Vàlvules de control de cabal:* Tenen com a funció principal limitar i estabilitzar un cabal, independentment de la variació de pressió entre aigües amunt i aigües avall., existint una dependència entre el cabal que passa per un orifici i la pèrdua de càrrega que és produeix. La regulació es realitza a través d'un diafragma, el qual, si augmenta la pèrdua de càrrega, tendeix a tancar la vàlvula i, si disminueix, tendeix a obrir-la.
- *Vàlvules de control de nivell:* Tenen com a funció principal actuar, tancant o obrint el pas de l'aigua cap als dipòsits. Prèviament s'hauran hagut de fixar els nivells d'apertura i tancament.

La regulació pot realitzar-se en funció de l'alçada de la làmina d'aigua en el dipòsit a controlar (mitjançant flotador) o en funció de la pressió de l'aigua (vàlvules d'altitud pilotades).

- *Vàlvules de seguretat:* La seva funció principal és la de assegurar, amb el seu tancament o apertura, la detenció de la alimentació d'un tram d'una xarxa de distribució, evitant o reduint les conseqüències d'un trencament de canonada, o de la inversió de la direcció del flux d'aigua.

El tancament o apertura de la vàlvula s'ha de fer de forma ràpida per evitar, al mateix temps, provocar noves pertorbacions, degudes al fenomen del cop d'ariet, que puguin ser l'origen de nous trencaments. Segons això, es consideren el següents tipus de vàlvules de seguretat:

- *Vàlvules d'apertura-tancament automàtic:* Són aquelles que actuen automàticament mitjançant l'apertura o el tancament total al sobrepassar uns valors consigna preestablerts. Aquest valors poden ser:
 - Un augment de la velocitat de l'aigua.
 - Un augment de pressió aigües amunt.
 - Una disminució de la pressió de l'aigua.
 - Un augment del nivell en els dipòsits d'aigua.
- *Vàlvules de retenció:* Són dispositius hidromecànics amb la finalitat de deixar passar l'aigua només en un sol sentit. Estan formats per un obturador unidireccional que deixa passar l'aigua en el sentit desitjat, evitant la inversió del flux en el sentit oposat, tancant automàticament.

El tancament d'aquestes vàlvules ha de ser ràpid per limitar el flux invers a una petita magnitud, del contrari, aquest podria arribar a un valor important que produeixi elevades sobrepressions, per cop d'ariet en el moment del tancament, originant anomalies en la resta de la instal·lació. No obstant, també es pot aconseguir minimitzar el cop d'ariet mitjançant sistemes de tancament lents o amb retardament.

- *Vàlvules optimitzadores de bombeigs:* La seva funció principal és protegir les

instal·lacions de bombeig contra sobrepressions excessives.

La seva apertura es realitza generalment segons una velocitat de maniobra programada i comença després de la posada en marxa de la bomba, quan la pressió ha arribat a un valor prefixat.

El seu tancament es produeix, amb la bomba encara en funcionament, de manera lenta i programada durant la parada de la instal·lació. Quan la vàlvula s'ha tancat entre un 90 i un 95%, un interruptor deté la bomba eliminant-se les hidropulsacions que podrien provocar cops d'ariet.

3.4.3.3. Desguassos

Estan constituïts per un orifici o per una peça en forma de T, situats en la part inferior de la canonada. A continuació, s'hi ha de col·locar, com a mínim i depenent del diàmetre de canonada, una vàlvula de comporta i/o papallona, i posteriorment un tram de canonada fins arribar al clavegueram o a un punt de desguàs adient.

Hi han d'haver desguassos en els punts baixos relatius de la canonada, així com en tots el sectors que es puguin aïllar de la resta mitjançant vàlvules.

3.4.3.4. Cabalímetres

Són sistemes electrònics capaços de mesura el cabal d'aigua en canonades amb pressió. Poden ser de dos tipus, electromagnètics o per ultrasons.

3.4.4. Dipòsits

Un dipòsit és una infraestructura estanca destinada a l'acumulació d'aigua per al consum humà, usos industrials, protecció contra incendis, reg de zones verdes, etc.

Amb caràcter general els dipòsits han de complir les normes UNE-EN 1508:1999 i UNE-EN 805, que especifiquen i aporten les indicacions per al disseny de dipòsits d'aigua.

Depenent de la seva funció, els dipòsits poden ser de regulació, de reserva, de manteniment de pressió o d'alguna combinació de dues.

Es aconsellable que la seva capacitat sigui suficient per garantir l'abastament a la zona que correspongui durant 24 hores, incloent un volum d'aigua de reserva contra incendis (mai ha de ser inferior de la necessària per a 12 hores).

Amb la finalitat de facilitar els treballs d'exploració i manteniment, els dipòsits es dissenyen amb dos compartiments, com a mínim. Cada compartiment té una canonada d'entrada i una de sortida, així com una de buidat o desguàs. Totes elles seran independents i estaran proveïdes dels dispositius de seccionament necessaris per a realitzar derivacions i connexions entre els compartiments.

Els dispositius de seccionament, derivació i control es centralitzaran en arquetes o casetes, altrament anomenades càmeres de claus, adossades al dipòsit i fàcilment accessibles.

El dipòsit ha de dissenyar-se per prevenir la contaminació de l'aigua que emmagatzema i per evitar els canvis químics, físics o biològics perjudicials per a la qualitat de l'aigua, segons el RD 140/2003, de 7 de febrer.

A continuació s'adjunten les seccions en planta i alçat d'un dipòsit amb la disposició més freqüent dels elements necessaris:

Esquema simplificat de la secció en planta d'un dipòsit

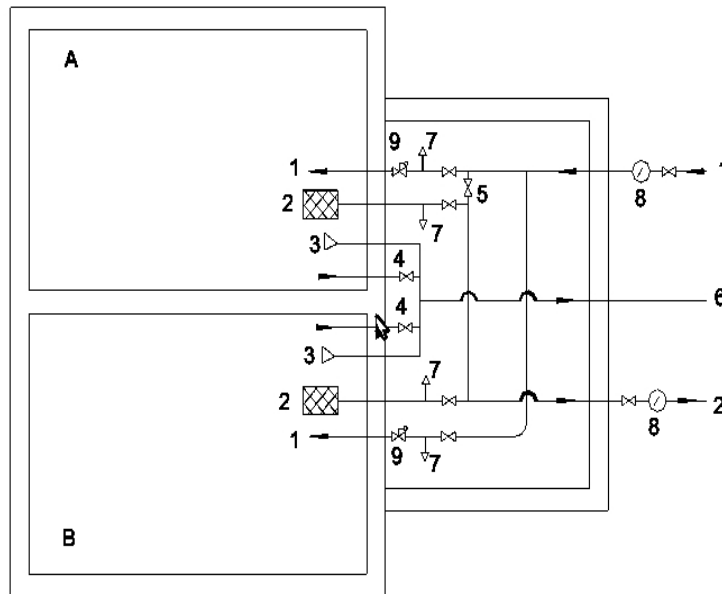


Figura 2. Font: NAACYII-2004 Normas para el Abastecimiento de Agua del Canal de Isabel II. (Revisión 2004)

A	Compartiment 1
B	Compartiment 2
1	Canonada d'entrada
2	Canonada de sortida
3	Sobreeixidor
4	Dispositiu de buidatge
5	Vàlvula de by-pass
6	Canonada de buidatge i alleujament
7	Aixeta per extracció de mostres
8	Cabalímetre o comptador
9	Vàlvula d'emplenament

Taula 1

Esquema simplificat de la secció en alçat d'un dipòsit

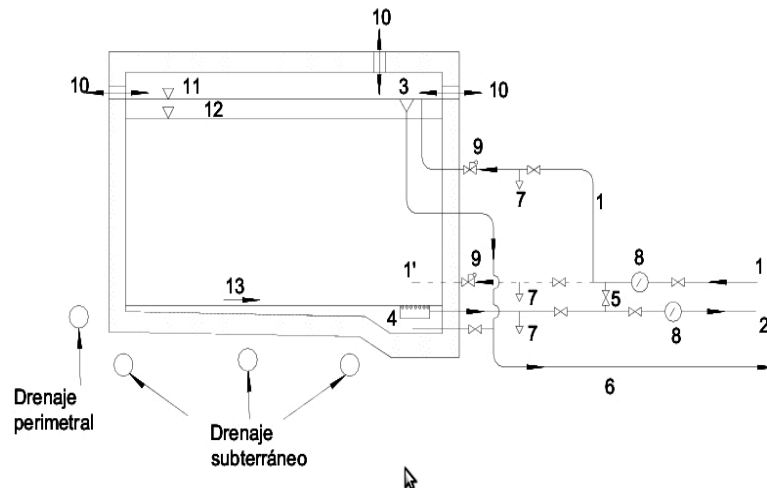


Figura 3. Font: NAACYII-2004 Normas para el Abastecimiento de Agua del Canal de Isabel II. (Revisión 2004)

1	Canonada d'entrada
2	Canonada de sortida
3	Sobreeixidor
4	Arqueta de buidatge
5	Vàlvula de by-pass
6	Canonada de buidatge i alleujament
7	Aixeta per extracció de mostres
e8	Cabalímetre o comptadors
9	Vàlvula d'emplenament
10	Ventilació
11	Nivell màxim d'aigua
12	Nivell màxim d'explotació
13	Sòl amb pendent

Taula 2

3.4.5. Bombes i Estacions de bombeig

Màquines que s'utilitzen per incrementar la pressió d'un líquid (aigua en el cas d'una xarxa de distribució) afegint energia al sistema hidràulic, per moure el fluid d'una zona de menor pressió o altitud a una altra de major pressió o altitud.

En funció de la forma d'instal·lació de les bombes, les estacions de bombeig es classifiquen en els tres grans grups següents:

- Estacions de bombeig sense cambra d'aspiració
- Estacions de bombeig amb cambra d'aspiració i amb bombes instal·lades en sec.
- Estacions de bombeig amb cambra d'aspiració i amb bombes submergides.

3.4.6. Impulsions

Els elements que han de figurar, en general, en una impulsió immediatament aigües avall del sistema de bombeig, són els que s'indiquen a continuació ordenats en el sentit del recorregut de l'aigua: una vàlvula d'aeració, una vàlvula de retenció, un mecanisme de protecció antiariet, una vàlvula optimitzadora de bombeig i un dispositiu de seccionament.

Encara que la vàlvula optimitzadora de bombeig evita que es produeixi el cop d'ariet durant el règim normal de funcionament, és necessari instal·lar el mecanisme antiariet per a que, amb la col·laboració de la vàlvula de retenció, el conjunt de bombeig quedi protegit de les sobrepressions derivades d'una parada imprevista de les bombes.

3.4.7. Escomeses

L'escomesa és el conjunt d'elements interconnectats que uneix la xarxa de distribució amb la instal·lació interior d'un consumidor de l'empresa que explota la xarxa.

Aquestes instal·lacions hauran de complir la normativa municipal i de les pròpies empreses subministradores d'aigua. A Catalunya, i promogut pel Grup de treball sobre Recursos Hídrics de la Xarxa de ciutats i pobles cap a la sostenibilitat, també hi ha un Reglament municipal tipus de servei de subministrament d'aigua potable per a municipis.

Una escomesa necessita tenir els següents elements:

- *Peça d'empelt en la xarxa*: És l'element de l'escomesa que enllaça amb la xarxa de distribució i aporta el necessari reforç estructural a la canonada i dona estanquitat al conjunt.
- *Peça de pressa*: és l'element d'unió entre la peça d'empelt i la canonada de subministrament.
- *Canonada*: És la conducció d'enllaç entre la xarxa de distribució i el punt de subministrament del client. El seu origen serà la peça de pressa a la xarxa i el seu extrem final, el conjunt de mesura.
- *Clau de tall a la vorera*: És l'element que permet l'aïllament entre la xarxa de distribució i el conjunt de mesura.
- *Clau d'entrada al comptador*: Uneix la canonada amb el comptador. Les seves funcions són d'aïllament i condemna provisional.
- *Comptador*: La seva funció és mesurar l'aigua subministrada.
- *Clau de sortida del comptador*: Es situa a continuació del comptador. Permet tallar el subministrament, impedeix la circulació d'aigua en sentit contrari i possibilita la mesura de pressió, la comprovació del comptador i la purga de la instal·lació.
- *Armari*: Allotja i protegeix el comptador i les seves claus d'entrada i sortida.
- *Quadre de comptadors*: En escomeses de diàmetres superiors a 100 mm, el conjunt de comptador general i claus d'entrada i sortida hauran d'allotjar-se en un quadre de comptadors.

3.4.8. Peces especials








- *Colze*: Component que permet un canvi de direcció en el traçat de la canonada.
- *Entroncament, derivació, te o canonada amb escomesa*: Component que permet la connexió entre dos canonades incidents en una única canonada, o bé el repartiment de cabal circulat per una canonada en vàries de secció més reduïda.
- *Con o reductor*: Component que permet variar la secció de la canonada al llarg d'una certa longitud.
- *Connector, adaptador, tub curt o tub de connexió*: Component que consisteix en un tub de

petita longitud amb els seus extrems acabats o bé en endoll, en campana, en brida o directament llisos.

- *Brida cega o tap:* Component que, habitualment col·locat en els extrems de les canonades o en les seves derivacions, impedeix que circuli aigua per la canonada, a la vegada que evita possibles intrusions.
- *Brida reductora:* tap al qual se li ha practicat un orifici en la zona central.

Tots aquests components, poden ser d'aquests materials: fosa dúctil, polietilè o polièster reforçat amb fibra de vidre. En tot cas, si és possible, seran del mateix material que la canonada a la qual estan instal·lats i, per tant, també hauran de complir la normativa que correspon a aquest material.

En la taula següent es mostra l'aspecte d'aquestes peces i el material recomanat:

Piezas especiales		Materiales		
		Fundición	PE	PRFV
CODO	MOLDEADO 	Blue	Blue	Blue
	SEGMENTADO 	White	Blue	Blue
	DERIVACIÓN 	Blue	Blue	Blue
	CONO 	Blue	Blue	Blue
	TUBO CORTO o CONECTOR 	Blue	Blue	Blue
	TAPÓN 	Blue	Blue	White
	BRIDA REDUCTORA 	Blue	White	White

Taula 3. Font: NAACYII-2004 Normas para el Abastecimiento de Agua del Canal de Isabel II. (Revisión 2004)

3.5. Simbologia en plànols d'una xarxa de distribució

Les xarxes de distribució d'aigua potable són representades en suport informàtic i en paper. S'han de seguir les especificacions i plantilles per a la digitalització de xarxes d'abastament que estiguin vigents.

A continuació es pot veure la simbologia que s'utilitza:

	BOMBA DE ABASTECIMIENTO		
	CALDERÍN		
	CAUDALÍMETRO		
	CLORADOR		ACOMETIDA DE DISTRIBUCIÓN
	COMPUERTA CANAL		TUBERÍA
	CONTADOR		TRAMO CANAL
	DESAGÜE		
	DISPOSITIVO DE PURGA		
	ENTRADA DE HOMBRE ABASTECIMIENTO		NUDO ENTRADA DE DEPÓSITO
	FILTRO		NUDO SALIDA DE DEPÓSITO
	FUENTE		NUDO CAMBIO DE ANTIGÜEDAD
	HIDRANTE		NUDO CAMBIO DE MATERIAL
	INJERTO BOCA DE RIEGO		NUDO CAMBIO DE SECCIÓN
	MUESTREO FIJO		NUDO DE RED
	POZO DE CAPTACIÓN SUBTERRÁNEA		NUDO DE TE
	PUNTO DE MEDIDA		NUDO TESTERO
	VÁLVULA DE ALIVIO		
	VÁLVULA DE CHORRO HUECO		
	VÁLVULA DE CORTE		
	VÁLVULA DE LLENADO DEPÓSITO		
	VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN		
	VÁLVULA DE RETENCIÓN		
	VÁLVULA DE SOBREVELOCIDAD		
	VÁLVULA DE AERACIÓN (VENTOSA)		
	ENTRADA HOMBRE GALERÍA		
	ENTRADA MATERIAL GALERÍA		

Figura 4. Font: Normas para Redes de Abastecimiento de Canal de Isabel II Gestión. Versión 2012.

3.6. Conceptes a definir d'una xarxa de distribució

En una xarxa de distribució també cal tenir present i definir els següents conceptes:

3.6.1. Malla

Contorn tancat format per canonades d'una xarxa d'abastament per les que circula aigua a pressió i que no contenen, al mateix temps, cap altre contorn tancat al seu interior.

3.6.2. Ramal

Conducció d'una xarxa d'abastament per la que circula aigua a pressió o en làmina lliure, el traçat de la qual no forma malla.

3.6.3. Arbre

Conjunt de ramals amb un origen comú.

3.6.4. Polígon

Conjunt format pel menor número possible de dispositius de seccionament que permet deixar sense subministrament qualsevol punt d'una xarxa de distribució.

3.6.5. Hidrant

Element connectat normalment a la xarxa de distribució principal, amb la finalitat de ser utilitzat davant qualsevol emergència pel Servei d'Extinció d'Incendis.

3.6.6. Dotació

S'anomena dotació al volum d'aigua assignat a la unitat abastida de població, habitatge o superfície urbana, en la unitat de temps. També podria es anomenar valor estimat de consum. Habitualment s'expressa en litres per habitant i dia (l/hab/d), metres cúbics per habitatge i dia ($m^3/habt/d$) i litres per metre quadrat i dia ($l/m^2/d$) o litres per hectàrea i dia (l/ha/d).

3.6.7. Demanda

S'entén per demanda al volum d'aigua assignat a la població abastida en una unitat de temps. També es podria anomenar consum.

La demanda es calcularà en funció de tots els usos que es preveuen seran consumits a la zona a abastir. Per a la seva obtenció, s'hauran de tenir en compte els valors de les taules que hi han a continuació, on figuren les dotacions específiques per a ús urbà residencial, ús terciari, dotacional i industrial i zones verdes comunes i públiques.

DOTACIONS ESPECÍFIQUES

URBÀ RESIDENCIAL

Habitatges multifamiliars		Habitatges unifamiliars	
Mida S_v (m ² /habt)	Dotació (m ³ /habt/d)	Superfície parcel·la S_p (m ²)	Dotació (m ³ /habt/d)
$S_v \leq 120$	0,90	$S_p \leq 200$	1,20
$120 < S_v \leq 180$	1,05	$200 < S_p \leq 400$	1,60
$S_v > 180$	1,20	$400 < S_p \leq 600$	2,00
		$600 < S_p \leq 800$	2,50
		$800 < S_p \leq 1.000$	3,00

Taula 4. Font: NAACYII-2004 Normas para el Abastecimiento de Agua del Canal de Isabel II. (Revisión 2004)

A les parcel·les unifamiliars de S_v superior de 1.000 m² s'afegiran les demandes de rec que superin els 1,20 m³/d.

TERCIARI, DOTACIONAL I INDUSTRIAL		ZONES VERDES, COMUNES I PÚBLIQUES	
Superfície edificada (m ²)	Dotació (l/m ² /d)	Superfície de rec S_r (ha)	Dotació (m ³ /ha/d)
Qualsevol	8,64	$S_r \leq 3$	18
		$S_r > 3$	Altres fonts

Taula 5 Font: NAACYII-2004 Normas para el Abastecimiento de Agua del Canal de Isabel II. (Revisión 2004)

Es comptabilitzaran addicionalment les demandes puntuals superiors a dues vegades els valors mitjans assenyalats.

CABALS DE CÀLCUL

Cabal mig	Q_m (l/s) = Demanda total (m ³ /d) / 86,4
Cabal punta	Q_p (l/s) = 1,8.(Q_m + (Q_m)0,5) 3. $Q_{mTaula 6}$.

Taula 6. Font: NAACYII-2004 Normas para el Abastecimiento de Agua del Canal de Isabel II. (Revisión 2004)

Les xarxes de distribució es dimensionen a cabal punta.

Les conduccions d'alimentació a dipòsit es dimensionen a cabal mig sempre que la capacitat de regulació superi el 50% de la demanda diària.

Es denomina **demanda zonal** d'una determinada àrea urbana d'igual ús, al volum diari de subministrament que resulta de multiplicar la dotació específica corresponent a l'ús del sòl d'aquest àmbit per l'edificabilitat o superfície del mateix previstes al plantejament urbà.

$$\text{Demanda zonal } i \text{ (m}^3/\text{d)} = A_i \cdot d_i$$

Sent:

A_i (m²) = Àrea o edificabilitat segons l'ús (i) determinat

d_i (m³/d/m²) = Dotació específica per l'ús (i)

Es considera demanda total d'una àrea urbana, a la suma de les demandes zonals corresponents a tots i cadascun dels usos del sòl en l'àrea de subministrament considerada:

Demanda total (m^3/d) = $\Sigma_i (A_i \cdot d_i)$

3.6.8. Cabals

Es denomina cabal mig de subministrament (Q_m) al cabal mig instantani que correspon a la demanda total.

Cabal mig:

$$Q_m (l/s) = \text{Demanda total } (m^3/d) / 86,4$$

Es denomina cabal punta (Q_p) al cabal de càlcul que resulta d'aplicar al cabal mig el coeficient punta instantani.

Caudal punta:

$$Q_p (l/s) = C_p \cdot Q_m (l/s)$$

El coeficient punta instantani (C_p) és una constant adimensional que adopta els següents valors:

Aigües amunt del dipòsit regulador	$C_p = 1$
En impulsions al dipòsit regulador	$C_p = 24 / (\text{hores de bombeig})$
Aigües avall del dipòsit regulador	$C_p = 1,8 \cdot (1 + (1 / Q_m)^{0,5}) \leq 3$

3.6.9. Diàmetres de canonada

En una xarxa de distribució, els diàmetres mínims de les canonades a instal·lar en funció de l'edificabilitat, seran els següents:

Edificabilitat (m^2/m^2)	Xarxa principal DN (mm)	Xarxa secundària DN (mm)
Baixa ($C_e \leq 0,5$)	150	80
Mitja ($0,5 < C_e \leq 1,0$)	200	100
Alta ($C_e > 1,0$)	300	100

Taula 7. Font: NAACYII-2004 Normas para el Abastecimiento de Agua del Canal de Isabel II. (Revisión 2004)

En polígons industrials, el diàmetre mínim a instal·lar serà de 150 mm.

Pel disseny de la xarxa, no només s'ha de tenir en compte els valors de la demanda i els diàmetres utilitzats per a les canonades, també s'ha de considerar el tipus de material que es fa servir ja que aquest pot incidir sobre la qualitat de l'aigua que hi circula.

3.6.10. Pressions

- *Pressió de Disseny (DP)*: És la pressió de funcionament de la xarxa o de la zona de pressió. Aquesta estarà fixada per qui dissenya la xarxa, considerant les futures ampliacions però excloent el cop d'ariet.
- *Pressió màxima de disseny (MDP)*: És la pressió màxima de funcionament de la xarxa o de la zona de pressió. Aquesta estarà fixada per qui dissenya la xarxa.
- *Pressió de funcionament (OP)*: És la pressió interna que apareix en un instant donat en un punt determinat de la xarxa.
- *Pressió de servei (SP)*: És la pressió interna en el punt de connexió a la instal·lació del consumidor, amb cabal nul en l'escomesa.
- *Pressió de prova (STP)*: Pressió hidrostàtica a la qual es sotmet una instal·lació abans de la

seva posada en servei per tal de comprovar la seva estanquitat, integritat i ancoratge.

Taula de pressions relatives als components

Designació	Definició	Requeriments
Pressió de funcionament admissible (PFA)	Pressió hidrostàtica màxima que un component es capaç de suportar de forma permanent.	$PFA \geq DP$
Pressió màxima admissible (PMA)	Pressió dinàmica màxima, inclòs el cop d'ariet, que un component es capaç de suportar	$PMA \geq MDP$
Pressió de prova en obra admissible (PEA)	Pressió màxima que un component acabat d'instal·lar en obra es capaç de suportar, durant el període de prova de la instal·lació.	$PEA \geq STP$

Taula 8. Font: NAACYII-2004 Normas para el Abastecimiento de Agua del Canal de Isabel II. (Revisión 2004)

Les pressions relatives als components estan recollides a la Norma UNE-EN 805:2000.

- *Pressió normalitzada o nominal (PN)*: És la pressió, segons la qual, es classifiquen i timbren les canonades, els accessoris, les peces especials i altres elements d'una xarxa. La relació entre la pressió normalitzada (PN) i les pressions relatives als components s'especifiquen en les normes del producte, o per defecte es considera $PN \geq PFA$.
- *Cop d'ariet*: Fluctuacions ràpides de pressió degudes a les variacions de cabal durant intervals curts de temps. El cop d'ariet està essencialment relacionat amb la velocitat de l'aigua i no amb la pressió interna de la xarxa.

3.7. Qualitat de l'aigua en una xarxa de subministrament

Tots els materials en contacte amb l'aigua de consum humà i per garantir la qualitat de l'aigua hauran de complir el que està establert en la DIRECTIVA 98/83/CE del Consell, de 3 de novembre de 1998, relativa a la qualitat de les aigües destinades al consum humà ([DOUE L núm. 330, del 05/12/1998](#)), en el [RD 140/2003, de 7 de febrer](#), pel que s'estableixen els criteris sanitaris de la qualitat de l'aigua de consum humà, i en la [Orden SSI/304/2013, de 19 de febrero](#) sobre substàncies per al tractament de l'aigua destinada a la producció d'aigua de consum humà. També s'haurà de considerar la [ORDEN SCO/1591/2005, de 30 de mayo](#) sobre el Sistema d'Informació Nacional d'Aigua de Consum, així com la normativa de cada autonomia. En el cas de Catalunya, l'ORDRE de 15 de desembre de 1983, per la qual es regula la distribució d'aigües potables de consum públic mitjançant contenidors, cubres i cisternes mòbils. ([DOGC núm. 398, del 13/01/1984](#)).

Cap dels components (i proteccions) d'una xarxa de distribució d'aigua de consum humà ha de poder produir alteracions en les característiques físiques, químiques, bacteriològiques i organolèptiques de les aigües, tenint en compte el temps i els tractaments físico-químics als quals aquestes puguin haver sigut sotmeses.

Si el contacte de l'aigua amb els components es produeix a través d'una protecció, tant aquesta, com el material protegit del component han de complir els criteris anteriorment establerts.

Les xarxes de distribució d'aigua seran, en la mesura que sigui possible, de disseny mallat, eliminant punts i situacions que facilitin la contaminació o el deteriorament de l'aigua distribuïda. Únicament en els llocs on sigui impossible mallar la xarxa de distribució, com en els vials en fons de sac, es podrà permetre la instal·lació d'una xarxa ramificada.

També s'han d'instal·lar dispositius de seccionament de manera que permetin el tancament per sectors (polígons) amb la intenció de poder aïllar àrees davant situacions anòmales, i desaigües que permetin les purgues per sectors (polígons) per protegir a la població de possibles riscos de salut.

4. XARXES RAMIFICADES O OBERTES I XARXES MALLADES O TANCADAS

4.1. Introducció

En aquest capítol s'explica amb detall el que és una xarxa ramificada i una xarxa mallada i se'n fa una comparativa d'avantatges i desavantatges. També hi ha una descripció de la metodologia de càlcul per les xarxes mallades.

4.2. Xarxes ramificades o obertes

Una xarxa de distribució d'aigua potable ramificada o oberta es caracteritza per estar formada per una canonada principal de distribució (la que té el major diàmetre) des de la qual surten ramals que acabaran en punts cecs, es a dir, sense interconnexions amb altres canonades de la mateixa xarxa de distribució d'aigua potable.

Als sistemes ramificats, l'aigua només pot seguir un camí fins a arribar a cada nus del sistema

En una xarxa ramificada es poden calcular els cabals circulants per les canonades aplicant la equació de continuïtat sense més. És a dir, el cabal que circula per una determinada canonada serà igual a la suma dels consums en els nusos situats aigües avall de la mateixa.

Una xarxa ramificada pura té només un punt d'alimentació, ja que en cas contrari passaria a ser una xarxa mallada i llavors, no seria possible determinar la proporció de cabal que hauria d'entrar des de cada un dels punts d'alimentació només aplicant l'equació de continuïtat.



Figura 5. Font: <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/red-de-distribucion-de-agua-potable-abierta-o-cerrada/>

Com es veu a la figura anterior, l'ús de xarxes ramificades es succeeix en desenvolupaments on el creixement dels quals s'ha establert a partir d'una via principal i en la que convergeixen una sèrie de carrers cecs. Això és així perquè les característiques topogràfiques no permeten la interconnexió entre els ramals per conformar circuits tancats.

4.3. Xarxes mallades o tancades

Una xarxa de distribució d'aigua potable mallada o tancada es caracteritza per estar formada per un conjunt de circuits anomenats malles fets a través de la interconnexió entre els ramals de la xarxa de distribució d'aigua potable.

En els sistemes les possibilitats de camí entre nusos són múltiples: com a mínim són possibles dos camins diferents. Això és tradueix en una major seguretat en el subministrament, ja que en el cas de tall en una conducció, existeixen camins alternatius per a l'alimentació dels nusos de la xarxa que hagin quedat afectats pel tall. Aquesta és la raó principal per la que s'utilitzen xarxes mallades en els sistemes de subministrament, sobretot en les conduccions principals que donen servei a un gran nombre d'usuaris.

Els cabals circulants per les canonades no queden definits aplicant només l'equació de continuïtat, sinó que és necessari utilitzar equacions d'equilibri de malla.

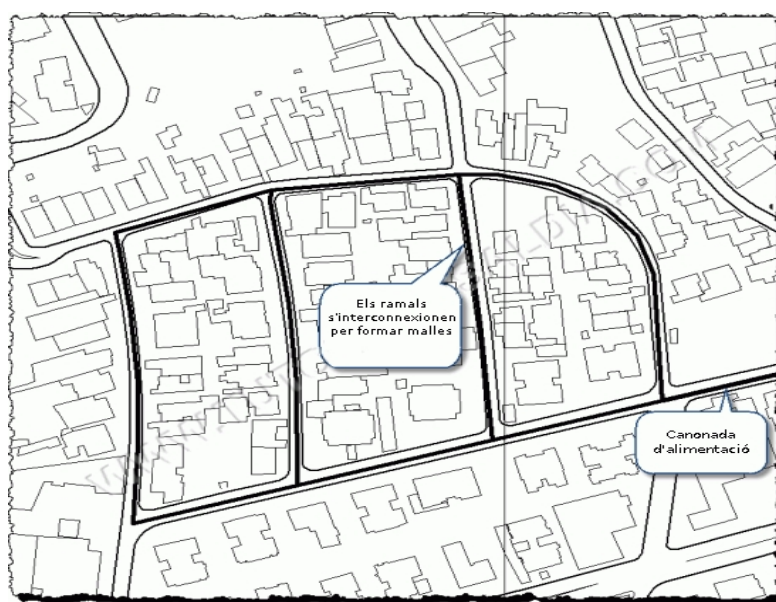


Figura 6. Font: <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/red-de-distribucion-de-agua-potable-abierta-o-cerrada/>

4.4. Avantatges i inconvenients de les xarxes ramificades i mallades

4.4.1. Xarxes ramificades

La principal avantatge de les xarxes ramificades és econòmica ja que gràcies a la simplicitat de la instal·lació (un nus només és alimentat per una canonada) la despesa és menor.

Una altra avantatge és que la regulació de pressions en el sistema és més senzilla, ja que els cabals circulant per les canonades són coneguts a priori. No obstant això, poden existir importants desequilibris de pressions entre diferents punts de la mateixa xarxa.

Pel que fa a càlcul, una petita avantatge que tenen les xarxes ramificades és que la seva resolució és directa, limitant-se al càlcul de les pèrdues en cada canonada per als cabals en trànsit, per obtenir posteriorment els valors de Piezomètrica i Pressió de cada nus.

El principal inconvenient de les xarxes ramificades és que davant d'un problema o una ruptura en alguna de les canonades que la conformen, s'haurà de deixar sense servei a tots els usuaris que estiguin atesos aigües avall de l'avaría, mentre que es realitzen els treballs de reparació.

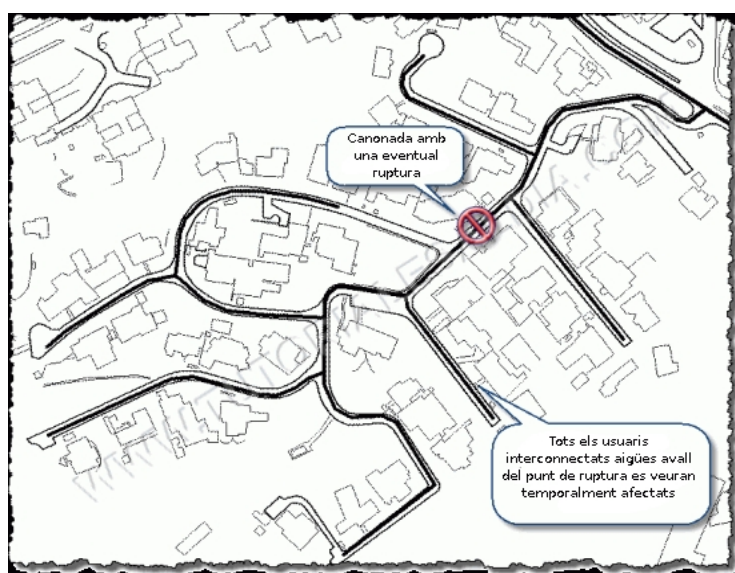


Figura 7. Font: <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/red-de-distribucion-de-agua-potable-abierta-o-cerrada/>

Les possibles ampliacions o increments de consum poden provocar pressions insuficients si no s'ha tingut en compte aquest fet a l'hora de dissenyar el sistema.

També poden existir problemes de qualitat de l'aigua en els ramals extrems de ramificacions. Si el temps de permanència de l'aigua en aquests ramals resulta excessiu, és necessari recórrer a purgues o mecanismes d'omplert i de buidatge.

4.4.2. Xarxes mallades

L'avantatge principal de les xarxes mallades és que aquest tipus de configuració és el més adient des del punt de vista de l'eficiència i de la garantia del servei. Davant d'un possible problema o ruptura d'alguna de les seves canonades, l'afectació d'usuaris serà menor ja que es poden establir rutes alternatives al flux a través de les malles que conformen la xarxa.

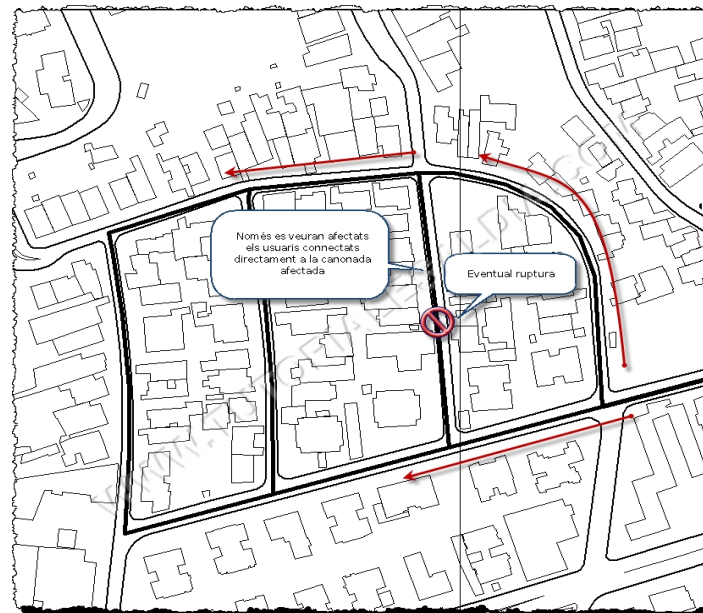


Figura 8. Font: <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/red-de-distribucion-de-agua-potable-abierta-o-cerrada/>

Les pèrdues de càrrega en el sistema són menors, la qual cosa es tradueix en alçades i pressions més equilibrades. Els usuaris disposen de pressions similars en les seves escomeses. Per aconseguir això en xarxes ramificades serien necessaris sistemes sobredimensionats, o sigui que l'avantatge econòmic desapareixeria.

Els problemes sanitaris es redueixen ja que no es produeix estancament de l'aigua durant llargs períodes de temps. L'aigua circula en major o menor mesura per totes les canonades d'un sistema mallat.

Pel que fa a inconvenients, si parlem del càlcul, en les xarxes mallades és necessari realitzar el balanç dels cabals en trànsit en les canonades, donada la relativa complexitat de la forma de distribució. S'ha de recórrer a mètodes iteratius (com el mètode de Cross) per a la seva resolució. Actualment però, amb programes com l'EPANET s'ha simplificat el càlcul de qualsevol tipus de xarxa, però si parlem del càlcul manual, la necessitat de recórrer a mètodes iteratius representa certs inconvenients.

La regulació d'una xarxa mallada és més complexa, ja que el control dels cabals que vénen de les diferents fonts cap als diferents sectors implica disposar d'un complex sistema de vàlvules que controli el transvasament d'aigua entre les diferents zones. No obstant, l'equilibri final de pressions és més senzill que en les xarxes ramificades.

Finalment s'ha de destacar que freqüentment és convenient, i si així ho permeten les característiques del projecte urbanístic, la instal·lació de canonades que no alimentaran de manera directa cap parcel·la, per forçar alternatives de flux en cas que fallés algun dels ramals de la xarxa (conformació de malles). Per aquesta raó, en la majoria de projectes urbanístics, la selecció serà la d'una xarxa mallada de distribució d'aigua potable, tot i que pugui representar la instal·lació d'un major nombre de canonades, amb el corresponent increment de cost. En aquests casos predomina el criteri operatiu o de seguretat que l'econòmic.

4.5. Hidràulica de la conducció en xarxes mallades

En punts determinats de la xarxa poden haver-hi descàrregues o sortides d'aigua, a més de les possibles ramificacions. Aquests punts s'anomenen nusos de consum. També serà un nus el punt on canvien les característiques d'una conducció, com el seu diàmetre o la seva rugositat, encara que no hi hagi consum o ramificació.

4.5.1. Continuitat

En cada nus s'ha de plantejar l'equació de continuïtat. Al nus hi arribarà aigua, com a mínim, per una conducció i des d'allà pot sortir cabal de consum per una o més conduccions. Si Q_i és el cabal que circula pel tram i, que acaba al nus j, i si q_j el cabal que es descarrega en el nus j:

$$Q_i = Q_{(i+1)1} + Q_{(i+1)2} + q_j$$

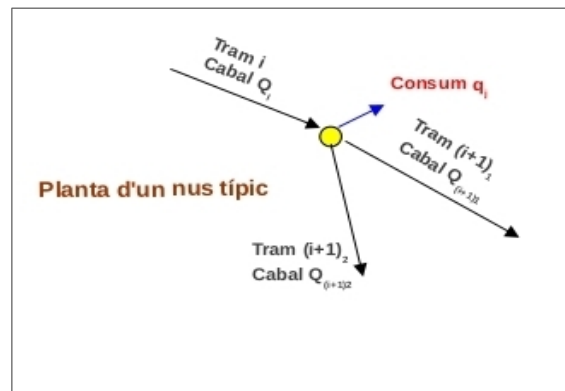


Figura 9

4.5.2. Càrrega

Entre l'extrem de subministrament, normalment un tanc o un dipòsit, i cada extrem, que pot ser un nus de consum, una descàrrega submergida en un tanc, una descàrrega lliure a l'atmosfera o l'inici d'una altra conducció, s'escriu l'equació de l'energia:

$$h_{\text{tanc de subministrament}} = h_{\text{extrem final}} + \sum h_c + \sum h_s$$

on:

$$h_{\text{tanc}} = z_{\text{tanc}} + \frac{P_{\text{tanc}}}{\rho \cdot g} + \frac{v_{\text{tanc}}^2}{2 \cdot g}$$
 (Per un tanc, el terme de velocitat és pràcticament zero perquè la velocitat és molt petita).

$$h_{\text{extrem}} = z_{\text{extrem}} + \frac{P_{\text{extrem}}}{\rho \cdot g} + \frac{v_{\text{extrem}}^2}{2 \cdot g}$$
, on h_c , les pèrdues de càrrega per fregament i h_s , les pèrdues de càrrega pels element de la xarxa entre tanc i extrem.

S'han d'escriure tantes equacions com siguin necessàries per a que totes les conduccions del sistema quedin incorporades, com a mínim, en una equació d'energia. La solució simultània de les equacions de continuïtat i d'energia resol qualsevol problema de xarxes ramificades.

4.5.3. Càlcul de la potència

Coneixent les característiques de tots els trams (L, D, e) i els cabals descarregats en cada nus (q), si es vol saber el desnivell entre el tanc superior i la cota d'energia a cada extrem de la xarxa (H_i), s'han de plantejar les equacions de continuïtat (una per a cada nus) i l'equació de l'energia entre el tanc més alt i cadascun dels extrems de la xarxa.

4.5.4. Revisió de la capacitat hidràulica

Coneixent les característiques de tots els trams (L, D, e) i la topografia de la xarxa (H_{Ti}), si es vol conèixer el cabal que es descarrega a cada nus i el cabal de cada tram, s'han de plantejar les equacions de continuïtat (una per a cada nus) i l'equació de l'energia entre el tanc més alt i cadascun dels extrems de la xarxa.

4.5.5. Disseny de la xarxa

Coneixent algunes característiques de tots els trams (L, D, e), la topografia de la xarxa (H_{Ti}), la pressió de servei i el consum a cada nus (q_j), si es vol conèixer el diàmetre de cada tram (D), s'han de plantejar les equacions de continuïtat (una per a cada nus) i l'equació de l'energia entre el tanc més alt i cadascun dels extrems de la xarxa. El problema tindrà múltiples solucions però a l'hora de fer la tria de la millor opció sempre es tindrà en compte la que tingui el menor cost.

4.5.6. Característiques addicionals de les xarxes mallades

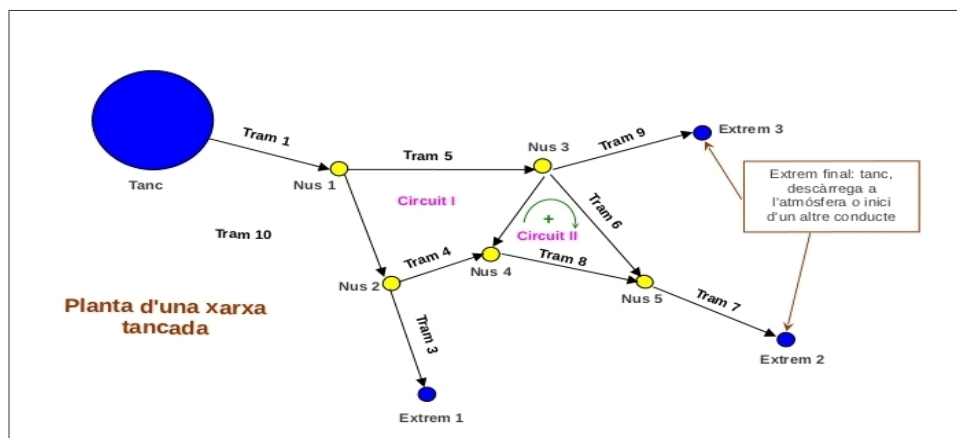


Figura 10

L'equació d'energia entre el tanc i el nus 5 es pot escriure pel flux que s'estableix a través dels diferents camins:

Camí per les canonades 1-5-6:

$$h_{\text{tanc de subministrament}} = h_5 + h_1 + h_5 + h_6$$

Camí per les canonades 1-5-10-8:

$$h_{\text{tanc de subministrament}} = h_5 + h_1 + h_5 + h_{10} + h_8$$

I a partir d'aquestes dues equacions es dedueix que pel circuit II(xarxa tancada), el camí per les canonades 6-8-10:

$$h_6 = h_{10} + h_8$$

Que es pot escriure així:

$$h_6 - h_8 - h_{10} = 0$$

I de forma general:

$$\sum h_i = 0$$

Aquesta equació que es coneix com a equació de l'energia o de circuit en xarxes mallades diu que:

LA SUMA DE LES PÈRDUES DE CÀRREGA EN UNA MALLA ÉS NUL·LA

Aquesta expressió fa que s'hagi d'adoptar un sistema de signes per les pèrdues totals a cada canonada, seran positives si aquestes van en la direcció del recorregut i negatives si van en sentit contrari. En tots els circuits s'ha de fer en la mateixa direcció. Normalment, com a direcció positiva, s'estableix la de les agulles del rellotge. Els circuits o malles han de ser elementals, això vol dir que en el seu interior no existeixin altres canonades.

En una xarxa mallada es poden escriure tantes equacions de circuit com circuits elementals es tinguin.

Pel que fa a un nus, l'equació de continuïtat quedarà de la següent manera: $\sum Q_j = 0$

Aquesta equació es coneix com a equació de continuïtat o de nus en xarxes mallades i afirma que:

LA SUMA DE CABALS EN UN NUS ÉS NUL·LA

Aquesta expressió fa que s'hagi d'adoptar un sistema de signes pel cabal: serà positiu si és d'entrada al nus i negatiu si és de sortida (o descàrrega). Sempre s'haurà de tenir en compte el consum del nus o el flux cap als altres nusos des del que s'està estudiant.

En una xarxa mallada es poden escriure tantes equacions de continuïtat com nusos hi hagin.

Per al desenvolupament de la xarxa es pot suposar flux permanent i incompressible, escala de pressions manomètriques i que es coneixen:

- les cotes de la superfície del tanc o dels tancs
- les cotes dels nusos
- la pressió en la superfície dels tancs
- la pressió de servei per a cada usuari
- el consum constant i conegut en els nusos (o el consum mitjà estàtic).
- les longituds, rugositats i coeficients de pèrdua local en totes les canonades.

A partir d'aquí, s'haurà de determinar el diàmetre en cada tram (en el cas que no sigui conegut).

Procediment suggerit:

1. Dibuir un esquema en planta de la xarxa.
2. Estimar les direccions de flux en les canonades segons la topografia local.
3. Verificar que a cada nus li arribi aigua a través d'una canonada segons les direccions adoptades.
4. Aplicar a cada nus la equació de continuïtat, fins a determinar el cabal de totes les canonades. Serà necessari suposar alguns valors de cabal, tot i que sempre s'haurà de respectar l'equació de continuïtat.
5. Adoptar una velocitat recomanada.
6. Amb el cabal i la velocitat recomanada es podrà determinar el diàmetre recomanat i assignar a cada canonada el diàmetre comercial més proper a aquest.
7. Si s'expressa la pèrdua d'energia com $h \sim Q^n$, es corregirà els cabals de totes les canonades i de un circuit j amb l'expressió: $\Delta Q_j = \frac{\sum h_i}{n \sum (\frac{h_i}{Q_i})}$ i s'haurà de repetir la correcció a tots els circuits reiteradament fins que la correcció sigui menyspreable. Per fer-ho, s'haurà de respectar i tenir en compte el signe del cabal que es corregeix i el de la mateixa correcció.
8. Calcular les pressions de servei en tots els nusos. Si no es satisfà cap pressió, per ser inferior a la pressió de servei necessària o per ser superior a la pressió de servei màxima permesa, serà necessari modificar, com a mínim, un diàmetre.

5. MECÀNICA DE FLUIDS

5.1. Introducció

Aquest capítol fa un recull de tota la teoria de mecànica de fluids necessària per comprendre i resoldre problemes sobre xarxes d'aigua, així com per poder calcular-ne el seu disseny. També servirà com a base teòrica de la pràctica que és l'objectiu principal d'aquest projecte.

5.2. Equació de continuïtat

En la mecànica de fluids, el principi físic de la conservació de la massa es pot descriure mitjançant l'equació de continuïtat.

La conservació de la massa d'un fluid a través de dues seccions d'un conducte (tals com S_1 i S_2) estableix que la massa que entra és igual a la que surt. És a dir, que si a través d'aquestes seccions (S_1 i S_2) circula un fluid a velocitats v_1 i v_2 respectivament, i si en el tram entre les seccions no existeixen ni aportacions ni consums, la quantitat de fluid per unitat de temps, és a dir, el cabal màssic que passa per la secció S_1 ha de ser igual al que passa per la secció S_2 .

En general la geometria del conducte és coneguda, per la qual cosa, el problema es redueix a estimar la velocitat mitjana del fluid en una secció determinada.

Com que la massa (m) es pot expressar com el producte de la densitat (ρ) i el volum (V), $m=\rho.V$, i el volum com el producte de la secció (S) per la longitud (L), $V=S.L$, i considerant que el fluid es mou en moviment uniforme, s'arriba a l'equació:

$$m=\rho.S.L.v.t$$

Tenint en compte que el cabal màssic ($Q_{\text{màssic}}$) es defineix com la quantitat de fluid per unitat de temps (kg/s), l'equació de continuïtat es pot expressar com:

$$Q_{\text{màssic}} = \rho_1.S_1.v_1 = \rho_2.S_2.v_2 = \text{constant}$$

En el cas de fluids incompressibles o líquids (particularment l'aigua), la densitat es pot considerar constant entre les dues seccions de pas, $\rho_1 = \rho_2$, així doncs es pot definir l'equació de continuïtat en forma de cabal volumètric (m^3/s):

$$Q_1 = Q_2 \text{ (el cabal que entra és igual al que surt)}$$

$$S_1.v_1 = S_2.v_2 = Q_{\text{volumètric}} = \text{constant}$$

On:

$$Q = \text{Cabal volumètric (m}^3/\text{s)}$$

$$v = \text{Velocitat (m/s)}$$

$$S = \text{Àrea transversal de la canonada o conducte (m}^2\text{)}$$

De l'equació de continuïtat es dedueix que les velocitats mitjanes d'un fluid líquid són inversament proporcionals a les seves respectives seccions.

5.3. Equació de Bernoulli

L'equació més simplificada del balanç d'energia en mecànica de fluids ve donada per l'equació de Bernoulli que és l'equació de conservació de l'energia entre dues seccions d'una canonada experimentada per un fluid que circula entre elles.

L'energia que posseeix cada punt d'un fluid en moviment està associada a diferents tipus d'energia:

Energia potencial (per la seva posició): $E_p = m \cdot g \cdot z$,

Energia de pressió: $E_{pressió} = F \cdot L = P \cdot S \cdot L = \frac{m}{\rho} \cdot P = \frac{m \cdot g}{\gamma} \cdot P$

ja que $m = \rho \cdot V = \rho \cdot S \cdot L$ y $\gamma = \rho \cdot g$

Energia cinètica (deguda a la seva velocitat): $E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

Així doncs, l'energia total que posseeix un fluid incompressible en moviment és:

$$E = m \cdot g \cdot z + \frac{m}{\rho} \cdot P + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (\text{J})$$

Sent constant en tota la secció, i particularitzada entre dues seccions de la canonada, es compliria que $E_1 = E_2$.

L'equació de Bernoulli permet, que al llarg d'un flux, els tres termes experimentin modificacions per intercanvi d'uns valors amb d'altres, sempre mantenint la suma total.

En fluid, el més interessant no és conèixer l'energia que té el fluid en un lloc determinat, sinó saber l'alçada que podria arribar aquest fluid amb l'energia que té, és per això que el balanç d'energia en aquest àmbit se sol expressar en termes d'alçada (h, m) i és parla de la càrrega que té aquest fluid. Aquest canvi de punt de vista es pot fer dividint entre $m \cdot g$ tots els termes d'energia inclosos en l'equació anterior, així:

$$h = z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{1}{2} \cdot \frac{v^2}{g} \quad (\text{m})$$

Si particularitzem entre dues seccions (1 i 2) de la canonada, el balanç d'energia, o millor dit de càrrega, complirà que:

$h_1 = h_2 = \text{constant}$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot (v_1^2 - v_2^2) + m \cdot g \cdot (z_1 - z_2) + \frac{m \cdot g}{\gamma} \cdot (P_1 - P_2) = 0$$

$$\frac{v_1^2}{2 \cdot g} - \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + z_1 - z_2 + \frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma} = 0$$

Llavors $\frac{v_1^2}{2 \cdot g} + z_1 + \frac{P_1}{\gamma} = \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + z_2 + \frac{P_2}{\gamma} = \text{Constant} = \text{Eq. de Bernoulli}$

L'equació de Bernoulli o de conservació de l'energia indica que en un fluid en moviment sotmès a l'acció de la gravetat, la suma de les alçades geomètrica, manomètrica i cinètica és constant per als diferents punts d'una línia de corrent.

En realitat, el terme cinètic $\frac{v^2}{2.g}$ varia al variar el mòdul de v segons el punt de la secció transversal considerada. Per a que realment representi a l'energia cinètica mitjana que passa per la secció, es corregeix amb el Coeficient de Coriolis (α) que multiplicarà el terme cinètic indicat abans. En règim laminar, $\alpha=2$, i en règim turbulent, $\alpha=1$. Generalment, en Hidràulica es treballa en règim turbulent, o sigui que el terme cinètic serà l'indicat.

Un líquid en repòs posseeix la mateixa energia en qualsevol punt. Per unitat de massa, la suma de les energies de posició i de pressió s'anomena alçada o cota piezomètrica H.

$$H = z + \frac{P}{\rho \cdot g} \quad (\text{m})$$

L'equació de Bernouilli descriu una situació que no inclou la pèrdua d'energia per fregament amb les parets que experimenta el fluid en moviment, ni les pèrdues per canvis en el sentit del flux, ni la presència de màquines que poden modificar de forma important l'energia que el fluid conté. En l'apartat següent es fa una referència a aquest tipus de pèrdua d'energia, o millor dit, de pèrdua de càrrega que experimentarà el fluid.

5.4. La pèrdua de càrrega

L'equació de Bernouilli es considera vàlida només per líquids no viscosos o per dos punts molt propers. En la realitat, tot i que les transformacions es realitzen de la forma indicada, les expressions no són del tot exactes ja que a través de dos punts d'una canonada, i a causa de la fricció de les partícules del fluid entre si i contra les parets de la canonada que les conté, es produeix una pèrdua d'energia dinàmica del fluid. Aquesta pèrdua d'energia és el que s'anomena Pèrdua de càrrega. Per mantenir la igualtat, l'equació s'ha de modificar de la següent manera:

$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2.g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2.g} + h_{1-2}$, on h_{1-2} representa les pèrdues d'energia que es produeixen en la transformació. Es coneix com a pèrdua de càrrega.

Les pèrdues de càrrega poden ser de dues classes: les pèrdues de càrrega per fregament i les singulars.

1. Pèrdues de càrrega contínues o per fregament (h_c): Són degudes a la viscositat del líquid i es produeixen al llarg de tota la conducció. S'acostumen a expressar com a producte de la pèrdua de càrrega unitària (J) i la longitud del tram a considerar (L). La representació gràfica de h_c en funció de la longitud L seria una recta de pendent J.

$$h_c = J.L$$

La pèrdua de càrrega per unitat de longitud depèn de la rugositat de la canonada, del seu diàmetre, del cabal que circula i de la seva velocitat, generalment,

$$h_c = f \cdot \left(\frac{L}{D}\right) \cdot \frac{v^2}{2.g} \quad ,$$

on f depèn del material de la canonada i del règim de circulació del fluid.

2. Pèrdues de càrrega locals, accidentals o singulars (h_s): Són degudes a les pertorbacions de la corrent líquida en punts concrets, degut als elements inclosos en la xarxa per on es mou el fluid, com derivacions, vàlvules, canvis de secció, etc. I s'expressen en general com:

$$h_s = \frac{1}{2} \cdot K \cdot v^2$$

La pèrdua de càrrega total que experimenta un fluid per fet de desplaçar-se entre dos punts d'una canonada, serà per tant:

$$h_{1-2} = h_c + \sum h_s$$

A partir d'aquí, es pot escriure el balanç d'energia com:

$$h_2 = h_1 + h_{1-2}$$

És a dir, que la càrrega del fluid en el punt 2 és la que tenia el fluid en el punt 1 més la càrrega perduda durant el desplaçament d'1 a 2.

Si el sistema avaluat conté una màquina, aquesta incorporarà energia al sistema, si és una bomba, i extraurà energia, si es tracta d'una turbina, però en qualsevol cas s'haurà de considerar en el balanç d'energia de la següent manera:

$$h_2 = h_1 + h_m + h_{1-2} \quad , \text{ on } h_m \text{ representa la càrrega associada a la màquina.}$$

La informació de la càrrega de la bomba, la proporciona el propi fabricant de la bomba i depèn del cabal, més cabal menys càrrega. També es dona informació sobre el rendiment amb el cabal, cosa que s'haurà de considerar quan s'hagi de triar una bomba per donar energia al fluid per portar-lo a un lloc determinat.

5.5. Règim laminar i règim turbulent

Quan un fluid circula per una canonada ho pot fer en règim laminar o en règim turbulent. La diferència entre els dos règims es troba en el comportament de les partícules fluides, que a la seva vegada depèn del balanç entre les forces d'inèrcia i les forces viscoses o de fregament.

El número de Reynolds és el paràmetre que expressa la relació entre les forces d'inèrcia i el fregament en l'interior d'una corrent, per la qual cosa el règim hidràulic dependrà del seu valor.

Règim laminar: les partícules del líquid es mouen sempre al llarg de trajectòries uniformes, en capes o làmines, amb el mateix sentit, direcció i magnitud.

En canonades de secció circular, si fem un tall transversal, les capes de igual velocitat es disposen de forma concèntrica, amb $v \approx 0$ junt a les parets de la canonada i velocitat màxima al centre.

Règim turbulent: les partícules del líquid es mouen seguint trajectòries erràtiques, desordenades, amb formació de remolins. Quan augmenta la velocitat de flux, i per tant el número de Reynolds, la tendència al desordre creix. Cap de les capes del fluid avança més ràpida que les altres, i només existeix un fort gradient de velocitat a les proximitats de les parets de la canonada, ja que les partícules en contacte amb la paret han de tenir forçosament velocitat nul·la.

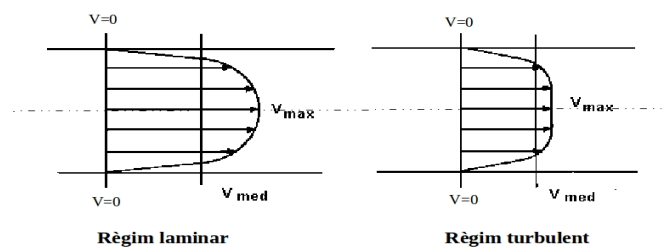


Figura 11. Font: http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/InstalacionesIndustriales/Art_Interes/Tema3.pdf

El pas de règim laminar a turbulent no es produeix de manera instantània. Quan es treballa en règim laminar, a velocitats baixes, i es força al fluid per a que augmenti la velocitat, comencen a aparèixer ondulacions (règim crític). Si aquest augment de velocitat persisteix el fluid arribarà a règim turbulent.

En el moviment d'un fluid a través d'una conducció es comprova, depenent de la viscositat del fluid i del diàmetre del tub, que en cada cas existeix una velocitat crítica per sota de la qual el règim laminar és estable. Per a velocitats superiors a la velocitat crítica, aquest règim es torna inestable i passa a turbulent davant de qualsevol vibració.

Dins del règim turbulent es poden trobar tres zones diferents:

Règim turbulent llis: les pèrdues que es produeixen no depenen de la rugositat interior del tub. Es presenta per valors del número de Reynolds baixos per sobre de 4000.

Règim turbulent de transició: les pèrdues depenen de la rugositat del material del tub i de les forces de viscositat. Es presenta per valors del número de Reynolds alts, i depèn del número de Reynolds i de la rugositat relativa.

Règim turbulent rugós: les pèrdues de càrrega són independents del número de Reynolds i depenen només de la rugositat del material. Es presenta per valors molt elevats del número de Reynolds.

5.6. Número de Reynolds

El número de Reynolds (Re) és el valor de l'agrupació adimensional $v \cdot \frac{D}{\nu}$ que determina el pas de règim laminar a turbulent d'un fluid. Estableix que aquest pas varia al modificar la velocitat i/o viscositat. El número crític de Reynolds (Re)_c, és a dir, el valor de Re que marcaria el pas del règim laminar al turbulent, val 2300 per a canonades (2320 exactament segons alguns autors).

En definitiva:

Re < 2000: Règim laminar

2000 < Re < 4000: Zona crítica o de transició

Re > 4000: Règim turbulent

Matemàticament, el Re és un paràmetre adimensional que expressa la relació entre les forces d'inèrcia i les forces de viscositat o de fregament en l'interior d'un corrent.

Les forces d'inèrcia que actuen sobre un volum L³ de corrent, vénen donades per l'equació de Newton: F_i = m.a.

Per tant, $F = \rho \cdot L^3 \cdot \frac{v}{T}$, on $\rho \cdot L^3 = m$ (massa) i $\frac{v}{T} = a$ (acceleració). I com $\frac{L}{T} = v$, llavors:

$$F_i = \rho \cdot L^2 \cdot v^2$$

L'equació de la força de viscositat és $F_v = \mu \cdot \frac{v}{y} \cdot S$

Per tant, $F_v = \mu \cdot \frac{v}{L} \cdot L^2 = \mu \cdot v \cdot L$

El quocient entre les dues forces és el Re:

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot L^2 \cdot v^2}{\mu \cdot L \cdot v} = \frac{\rho \cdot L \cdot v}{\mu}$$

Com la viscositat cinemàtica és $\nu = \frac{\mu}{\rho}$, llavors $\text{Re} = \frac{L \cdot v}{\nu}$

Per canonades amb secció circular, la longitud característica (L) és el diàmetre (D) de la conducció:

$$F_i = m \cdot a = \rho \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot L \cdot \frac{v}{T} = \rho \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot v \cdot T \cdot \frac{v}{T} = \rho \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot v^2$$

$$F_v = \mu \cdot \frac{v}{D} \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \quad \text{ja que } y = D \quad \text{i} \quad S = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

$$\text{Per tant, } \text{Re} = \frac{\rho \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot v^2}{\mu \cdot \frac{v}{D} \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4}} = \frac{\rho}{\mu} \cdot v \cdot D = \frac{v \cdot D}{\nu} \Rightarrow \text{Re} = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

La velocitat mitja que marca el pas d'un règim a un altre s'anomena velocitat crítica (v_c):

$$v_c = \frac{(R_e)_c \cdot \nu}{D}$$

La importància del número de Reynolds no sols radica en el fet de poder determinar la velocitat crítica que caracteritza el règim d'una corrent de líquid sinó que també s'utilitza pel càlcul de pèrdues de càrrega en conduccions.

5.7. Equació general de Darcy-Weisbach

L'equació de Darcy-Weisbach és una equació molt utilitzada en hidràulica. Permet el càlcul de la pèrdua de càrrega deguda a la fricció dins d'una canonada plena.

Aquesta fórmula permet l'avaluació adient de l'efecte de cadascun dels factors que incideixen en la pèrdua d'energia en una canonada. És una de les poques expressions que agrupen tots aquests factors i l'avantatge d'aquesta fórmula és que es pot aplicar a tots els tipus de flux hidràulic (laminar, de transició i turbulent); el factor de fricció però, haurà de prendre els valors adients depenent del que correspongui.

La forma general de l'equació és $h_c = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$, on:

h_c = Pèrdua de càrrega deguda a la fricció (m)

f = Factor de fricció de Darcy (adimensional)

L = Longitud de la canonada (m)

D = Diàmetre de la canonada (m)

v = Velocitat mitjana del fluid (m/s)

g = Acceleració de la gravetat $\approx 9,80665\text{m/s}^2$

La pèrdua de càrrega contínua és directament proporcional a la velocitat del líquid i a la longitud del tram de canonada que estem considerant. I serà inversament proporcional al seu diàmetre.

Existeixen altres equacions empíriques, principalment l'equació de Hazen-Williams, que en la majoria dels casos, són molt més fàcils de calcular. No obstant, gràcies a les calculadores, la facilitat de càlcul no és un problema, per la qual cosa, l'equació de Darcy-Weisbach és la més utilitzada.

L'equació de Darcy-Weisbach pot ser escrita en funció del cabal circulant, ja que el cabal que flueix per una conducció circular a plena secció està lligat al diàmetre i a la velocitat mitja per la relació:

$$Q = v \cdot S = v \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \Rightarrow v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$$

Si substituïm a l'equació de Darcy-Weisbach:

$$h_c = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{16 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot D^4} \cdot \frac{1}{2 \cdot g}$$

Si operem el terme constant $\frac{16}{\pi^2} \cdot \frac{1}{2 \cdot g} = 0.0826$, la equació quedaria:

$$h_c = 0.0826 \cdot f \cdot \frac{Q^2}{D^5} \cdot L, \text{ que és l'equació de Darcy-Weisbach en funció del cabal.}$$

Si es vol saber el valor de la pèrdua de càrrega per unitat de longitud (J):

$$J = \frac{h_c}{L} = 0.0826 \cdot f \cdot \frac{Q^2}{D^5}$$

D'aquesta expressió es pot deduir que un augment de cabal o un augment de velocitat del líquid implica un augment de la pèrdua de càrrega, mentre que el diàmetre i la pèrdua de càrrega estan inversament relacionats.

El **factor de fricció** o coeficient de resistència de Darcy-Weisbach (f) és un paràmetre adimensional que depèn del número de Reynolds i de la rugositat relativa de la canonada, paràmetre que dóna idea de la magnitud de l'aspror de la seva superfície interior:

$$f = f\left(R_e, \frac{K}{D}\right)$$

La influència del número de Reynolds i la rugositat relativa és quantitativament diferent segons les característiques del corrent de fluid.

En fluids que circulen en règim laminar ($Re < 2000$), la rugositat relativa no influeix en f, ja que el fregament es deu fonamentalment a la fricció d'unes capes de fluid sobre altres i no d'aquestes sobre

les parets de la canonada. Així doncs, el factor de fricció per a règims laminars és:

$$f = \frac{64}{Re}$$

Si apliquem logaritmes: $\log(f) = \log(64) - \log(Re)$, trobem l'equació d'una recta (AB) coneguda com a Recta de Poiseuille.

En règim de transició ($2300 < Re < 4000$), els valors de f són incerts ja que el fluid es comporta de manera dual, tant laminar com turbulent, mostrant gran inestabilitat. El factor de fricció quedarà definit per la corba BC.

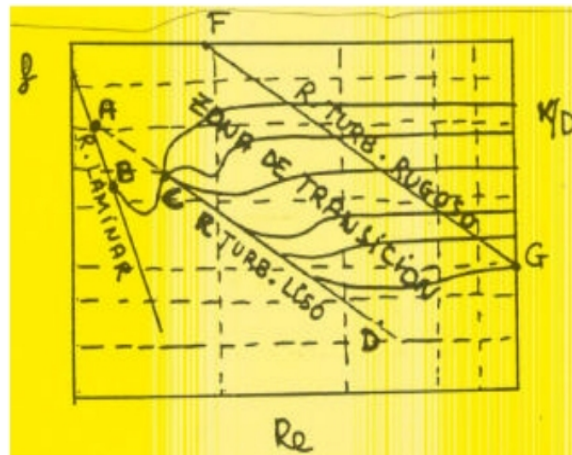


Figura12. Font: http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/instalacionesIndustriales/Art_Interes/Tema6.pdf

En règim turbulent ($Re > 4000$), la rugositat és molt important. Hi han molts investigadors que s'han esforçat en calcular f a partir dels resultats obtinguts en experiments propis o d'altres investigadors. L'equació que més utilitzada per calcular el factor de fricció en aquest tipus de règim és la de White-Colebrook.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{f}} + \frac{K/D}{3.71}\right)$$

5.8. Equació de Hazen-Williams

L'equació de Hazen-Williams permet el càlcul de la pèrdua de càrrega per a flux turbulent dins de la zona de transició.

$$f = \frac{13.69 \cdot g}{c^{1.85} \cdot v^{0.15} \cdot D^{0.17}}$$

Introduint aquest valor de f a l'equació general de Darcy-Weisbach i posant la velocitat en funció del cabal, si operem s'obté:

$$h_c = \frac{10.7}{c^{1.85} \cdot D^{4.87}} \cdot Q^{1.85} \cdot L \quad (\text{Equació vàlida per a diàmetres no inferiors a 50 mm.})$$

Els valors del coeficient c de Hazen-Williams per a diferents materials, classe i estat dels tubs, són els següents:

Material, classe i estat del tub	c
Canonades de plàstic noves	150
Canonades molt polides (fibrociment)	140
Canonades de ferro noves i polides	130
Canonades de formigó armat	128
Canonades d'acer noves	120
Canonades de palastre reblonat noves	114
Canonades d'acer utilitzades	110
Canonades de foneria noves	100
Canonades de palastre reblonat utilitzades	97
Canonades de foneria utilitzades	90-80

Taula 9. Font: http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/InstalacionesIndustriales/Art_Interes/Tema7.pdf

Hi han altres fórmules per trobar la pèrdua de càrrega en règim turbulent dins la zona de transició, com la de Scimemi (per canonades de fibrociment), o la d'Scobey (per canonades d'alumini), o la de Veronesse-Datei (per canonades de PVC i per $4 \cdot 10^4 < Re < 10^6$), però la de Hazen-Williams és la més important i la que serveix per a canonades de qualsevol tipus de material.

També trobem altres expressions per trobar la pèrdua de càrrega en règim turbulent llis que no es descriuran, com la de Blasius o la de Cruciani-Margaritora que s'utilitzen per segons quins tipus de canonades.

5.9. Equació de Chezy-Manning

En el règim turbulent rugós, $f = f(K/D)$, $(Re)_r > 70$ i $\beta = 2$.

Pel càlcul de la pèrdua de càrrega en aquest tipus de règim de flux s'utilitza l'equació de Manning.

$$h_c = \frac{10.3 \cdot n^2}{D^{5.33}} \cdot Q^2 \cdot L$$

sent n el coeficient de rugositat de la canonada, el valor del qual depèn del tipus de material.

Material	n
Plàstic (PE)	0.006-0.007
Plàstic (PVC)	0.007-0.009
Fibrociment	0.011-0.012
Foneria	0.012-0.013
Formigó	0.013-0.014
Acer comercial	0.015

Taula 10. Font: http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/InstalacionesIndustriales/Art_Interes/Tema7.pdf

De tota manera, en funció del material de la canonada hi han altres fórmules més adequades:

Material de la canonada	Fórmula
PVC	Veronesse-Datei
Poliestirè (PE)	Blassius
Fibrociment	Scimeni
Alumini	Scobey
Foneria /Acer	Hazen-Williams

Taula 11. Font: http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/InstalacionesIndustriales/Art_Interes/Tema7.pdf

5.10. Mètode de Hardy Cross per l'anàlisi de xarxes tancades

L'anàlisi d'una xarxa és essencial per entendre o avaluar el sistema. En el cas d'una xarxa oberta o ramificada pot calcular el cabal de sortida aplicant l'equació de continuïtat a tots els nusos. En el cas de les xarxes tancades o mallades, el cabal de circulació del fluid per una canonada està lligat als cabals de les altres malles i l'equació de continuïtat no és suficient per determinar els cabals que circulen per aquestes.

Com que les equacions d'una malla no són lineals a la sortida, l'anàlisi d'una xarxa tancada o mallada s'ha de fer mitjançant la utilització d'equacions addicionals deduïdes a partir del fet que la pèrdua de càrrega neta és zero a través d'una mateixa malla.

El mètode de Hardy Cross s'utilitza en l'anàlisi de xarxes tancades o mallades i està basat en les següents equacions bàsiques de continuïtat de flux i de pèrdua de càrrega que han de ser satisfetes:

1. La suma dels cabals d'entrada i sortida d'un nus i la demanda del nus ha de valer zero, matemàticament es pot expressar com:

$$\sum Q_i = q_j \quad \text{per tots els nusos } j = 1, 2, 3, \dots, j_L \quad (1)$$

on Q_i és el cabal de sortida de la canonada al nus j , i q_j és la demanda del nus j .

2. La suma algebraica de la pèrdua de càrrega a una malla ha de ser igual a zero:

$$\sum_{\text{malla } k} K_i Q_i |Q_i| \quad \text{per totes les malles } k = 1, 2, 3, \dots, k_L \quad (2)$$

on

$$K_i = \frac{8f_i L_i}{\pi^2 g D_i^5} \quad (3)$$

on i = nombre de canonades que s'han de sumar a la malla k .

Normalment, no és possible satisfer l'equació (2) amb la primera suposició de cabal. Els cabals s'hauran d'anar modificant fins que l'equació (2) sigui pràcticament zero en comparació amb el que donava amb la primera suposició. La modificació dels cabals vindrà determinada per l'aplicació de la correcció ΔQ_k als cabals suposats inicialment. Llavors,

$$\sum_{\text{malla } k} K_i (Q_i + \Delta Q_k) |Q_i + \Delta Q_k| = 0$$

Desenvolupant l'equació (4), despreciant el terme quadràtic de ΔQ_k i simplificant, s'obté la següent equació:

$$\Delta Q_k = \frac{-\sum_{\text{malla } k} K_i Q_i |Q_i|}{2 \sum_{\text{malla } k} K_i |Q_i|} \quad (5)$$

Sabent el valor de ΔQ_k , les correccions a aplicar són:

$$Q_{i\text{ nou}} = Q_{i\text{ vell}} + \Delta Q_k, \text{ per totes les malles } k \quad (6)$$

Així doncs, el procediment a seguir per l'anàlisi de les xarxes tancades o mallades segons el mètode de Hardy Cross es pot resumir de la següent manera:

1. Numerar tots els nusos i canonades. També fer-ho amb les malles.
2. Adoptaran un signe positiu totes les canonades que segueixin el sentit de la circulació de les agulles del rellotge, i un signe negatiu, la resta. És a dir, on el cabal de descàrrega del nus vagi cap a un altre nus amb nombre més gran que l'anterior.
3. Aplicar l'equació de continuïtat a tots els nusos començant pels nusos que tinguin dos canonades de descàrrega i se'n desconegui el cabal. Suposarem un valor de cabal per una canonada i aplicarem l'equació de continuïtat ($\sum Q_i = q_j$) per obtenir el valor de cabal per l'altra canonada. Repetir fins que tots els cabals siguin coneguts. Si existeixen més de dues canonades, el cabal de les quals sigui desconegut, es suposaran valors arbitraris per totes elles, exceptuant-ne una i s'aplicarà l'equació de continuïtat per saber el valor que falta.
4. Assumint un factor de fricció $f_i = 0.02$ a totes les canonades i computant la corresponent K_i utilitzant l'equació (3).
5. Calcular ΔQ_k pels cabals coneguts i aplicar les correccions.
6. Procedir de igual manera a totes les malles.

S'hauran de repetir els passos 6 i 7 fins que les correccions de cabal a totes les malles siguin pràcticament zero.

6. EPANET

6.1. Introducció

En aquest capítol es descriu el software de simulació i càlcul de xarxes de distribució anomenat EPANET. Serà amb aquest programa amb el qual es desenvoluparà la pràctica objectiu d'aquest projecte.

6.2. Descripció del programa EPANET

L'EPANET és un programa gratuït que es pot trobar a Internet que realitza simulacions del comportament hidràulic durant un període de temps i també de la qualitat de l'aigua en xarxes de distribució a pressió. Va ser desenvolupat per la Water Supply and Water Resources Division, formalment la Drinking Water Research Division de l'Agència de Protecció del Mediambient (U.S. Environmental Protection Agency (EPA)) del govern dels Estats Units. La traducció al castellà s'ha realitzat a la Universitat Politècnica de València (UPV) de la mà del Grup Multidisciplinar de Modelació de Fluids.

De manera general, i com ja s'ha vist, una xarxa està formada per canonades, nusos (connexions entre canonades), bombes, vàlvules i tancs d'emmagatzematge o dipòsits. L'EPANET pot determinar el cabal que circula per cadascuna de les conduccions, la pressió en cada nus, el nivell d'aigua dels tancs i la concentració de diferents components químics a través de la xarxa durant un període de simulació determinat analitzat en diversos intervals de temps. També es pot determinar el temps de permanència de l'aigua en les canonades, així com realitzar estudis de la procedència de l'aigua en cada punt de la xarxa.

L'EPANET és una eina excel·lent de desenvolupament del coneixement relacionat amb el moviment i la destinació dels constituents de l'aigua en una xarxa de distribució. Té moltes aplicacions en l'anàlisi de sistemes de distribució. El disseny de programes de mostreig, el calibratge de models hidràulics, l'anàlisi del clor residual i la valoració del risc pels consumidors són algunes d'aquestes aplicacions.

No cal entrar en la descripció del funcionament del programa perquè és molt intuïtiu. Es pot descarregar el Manual d'Usuari de l'EPANET a: <http://www.instagua.upv.es/Epanet/> o a http://www.epanet.es/descargas/EN2manual_esp.pdf

L'EPANET 2.0. es pot descarregar gratuïtament a: <http://www.instagua.upv.es/Epanet/> o a <http://www.epanet.es/descargas.html> o a <http://epanet.info/descargas/epanet2-es/>

6.3. Característiques del model hidràulic de l'EPANET

L'EPANET no té limitacions pel que fa a la mida de la xarxa a analitzar.

- Calcula les pèrdues per fricció en les conduccions i fa anar les expressions de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach o Chezy-Manning.
- Inclou les pèrdues menors en elements com colzes, acoblaments, etc.
- Pot determinar el funcionament del sistema només amb el nivell de l'aigua en el tanc i controls de temps o utilitzar un complicat sistema de regulació temporal.
- Modela bombes funcionant, tant a velocitat de gir constant, com a velocitats de gir variable.
- Calcula l'energia consumida i el cost de bombeig de les estacions.
- Modela diferents tipus de vàlvules, incloent vàlvules de control, de retenció, de aïllament, reductores de pressió, de control de cabal, etc.
- Permet l'emmagatzematge d'aigua en tancs que presentin qualsevol geometria (secció del tanc

variable amb la seva alçada).

- Possibilitat d'establir diferents categories de consum en els nusos, cada una d'elles amb la seva pròpia corba de modulació.
- Modela consums dependents de la pressió que surten a l'exterior del sistema a través d'emissors (ruixadors, aspersors, fuites).
- Permet utilitzar controls de temps o sistemes de regulació més complexos mitjançant consignes.

6.4. Característiques del model de qualitat de l'EPANET

- Seguiment en el temps de substàncies no reactives que es troben a la xarxa.
- Modelació del comportament d'una substància reactiva al llarg del temps.
- Modelació del temps de permanència de l'aigua a la xarxa (edat de l'aigua).
- Seguiment del percentatge de fluid procedent d'un nus (procedència de l'aigua).
- Modelació de reaccions cinètiques:
 - Reaccions al fluid mitjançant equacions d'ordre n.
 - Reaccions amb la paret interior de la canonada mitjançant reaccions d'ordre 0 o 1
- Considera les limitacions de transferència de massa quan modela reaccions a la paret de la canonada.
- Permet reaccions de creixement o decreixement d'una substància fins arribar a una concentració límit.
- Permet correlacionar els coeficients de reacció a la paret de la canonada amb la seva rugositat
- Permet l'addició de substàncies en forma de concentració o de cabal màssic variables al llarg del temps en qualsevol punt de la instal·lació.
- Modela els dipòsits com quatre tipus diferents de reactors: de mescla completa, de flux en pistó (FIFO), en curtcircuit (LIFO) o amb dos compartiments de mescla.
- Capacitats d'estudi de fenòmens de qualitat:
 - Mesclat d'aigües de diferents fonts.
 - Edat o temps de permanència de l'aigua al sistema.
 - Disminució del clor residual.
 - Creixement dels subproductes de la desinfecció.
 - Seguiment de possibles situacions de propagació de substàncies contaminants.

6.5. EPANET enfront d'altres programes de simulació de xarxes d'aigua

Existeixen altres programes de simulació de xarxes de distribució d'aigua com el PICCOLO (que és el que utilitza Aigües de Barcelona), l'INFOWORKS, el WATERCAD, l'STONER, el MIKE URBAN, el KYPIPE, etc., però s'ha de pagar la llicència per poder utilitzar-los. Així doncs, tot i que l'ús de l'EPANET pot partir alguna manca de funcionalitat respecte als programes amb llicències privatives, aquest permet trencar les barreres econòmiques i de format de dades que suposen aquestes llicències, i així donar accessibilitat a qualsevol classe d'institució i/o persona.

6.6. Presentació de la base de treball amb EPANET

Per poder treballar la pràctica, que és l'objectiu principal d'aquest projecte, mitjançant l'EPANET, em vaig posar en contacte amb l'empresa Aigües de Barcelona per si em podien proporcionar material de treball. Vaig tenir una resposta molt bona per part seva i fins i tot, em varen convidar a visitar seu el centre de control (al carrer General Batet 1-3 de Barcelona) cosa que em va permetre conèixer de primera mà els sistemes de control de distribució d'aigua a la xarxa que ells utilitzen i prendre consciència de la magnitud i complexitat que una xarxa pot arribar a tenir.

Aquesta empresa doncs em va facilitar dos esquemes de trossos de xarxes reals de distribució d'aigua potable, un de xarxa ramificada i un altre de xarxa mallada. Tot i que a la realitat existeixen vàlvules, bombes, reductors de pressió i altres elements indispensables pel funcionament de les xarxes de distribució, en aquests esquemes proporcionats per Aigües de Barcelona, s'ha preferit treure'ls per simplificar, ja que seran la base de treball de la pràctica que es proposarà. Així doncs, els esquemes només disposen de canonades, nusos entre canonades i dipòsits. En les figures següents podem veure l'aspecte d'aquestes xarxes treballant amb l'EPANET.

Xarxa oberta o ramificada

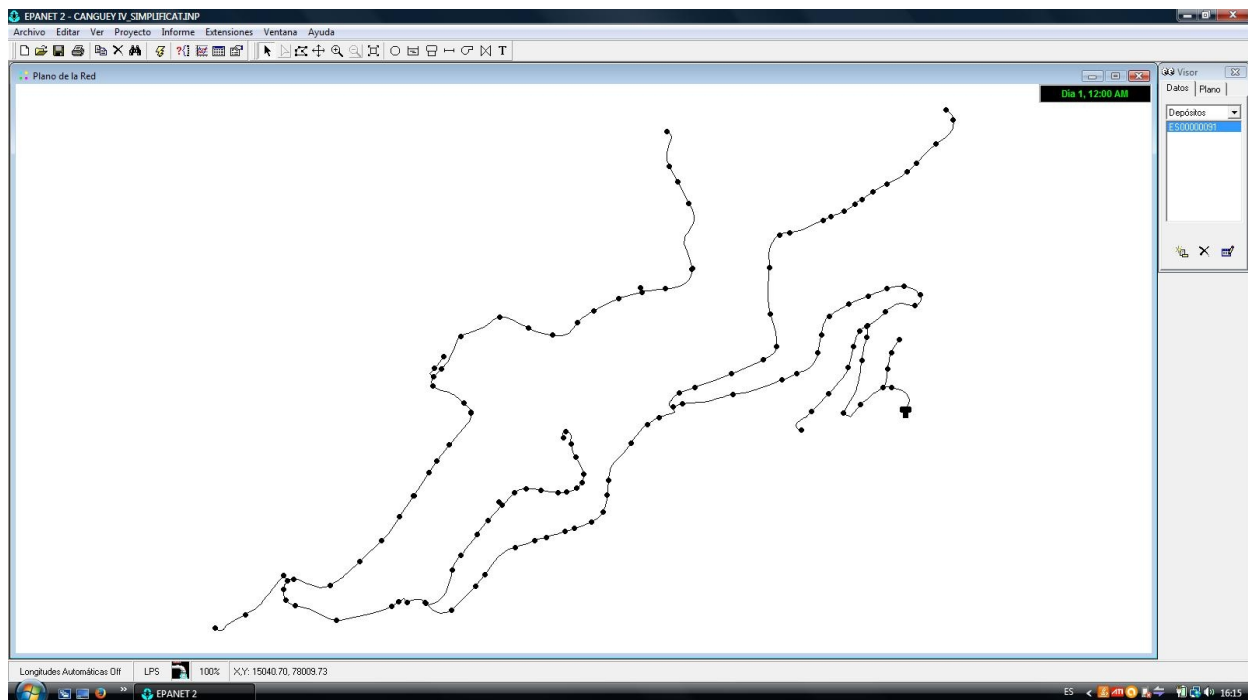


Figura 13

Xarxa tancada o mallada

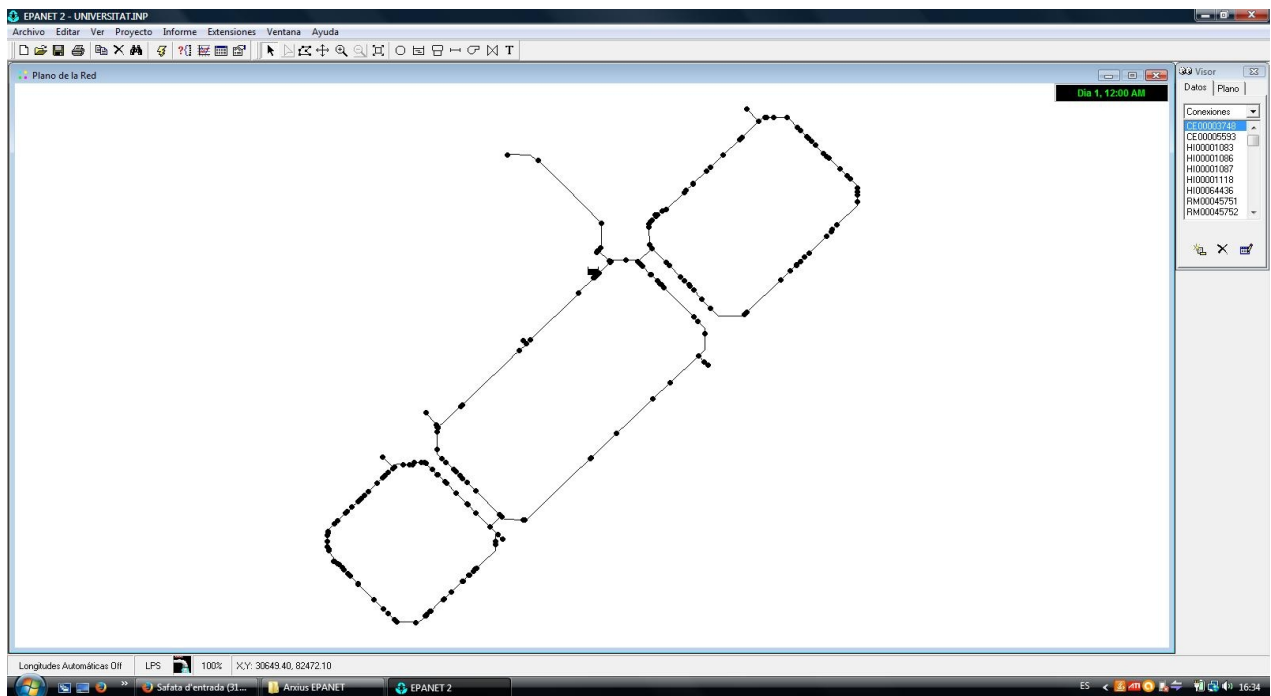


Figura 14

Al final del projecte, adjuntats com a annexes, es troben els informes de simulació de les dos xarxes generats amb l'EPANET.

7. DIDÀCTICA DE LA PRÀCTICA

7.1. Introducció

Des de l'entrada en vigor del Pla Bolonya, les Universitats han de ser capaces de permetre el desenvolupament d'altres capacitats o competències necessàries per al futur professional de l'alumnat, a part de les pròpiament acadèmiques i/o científiques. En general, aquestes altres capacitats havien estat pràcticament ignorades, però El Pla Bolonya les ha fet explícites i són el seu cavall de batalla per tal d'inserir de manera més òptima els futurs professionals dins el món laboral real.

En aquest capítol s'exposen la metodologia per dur a terme la pràctica proposada i els objectius i capacitats, tant acadèmics com de competències bàsiques, que amb la pràctica es vol contribuir a que els i les estudiants assoleixin.

7.2. Metodologia de treball

La metodologia de treball ve marcada per l'aplicació pràctica dels mètodes teòrics estudiats a l'aula per a la resolució de problemes en xarxes d'aigua.

Per dur a terme la feina proposada, l'alumnat haurà de treballar en equip. Els equips podran ser de 2 fins a 4 persones, i els i les estudiants hauran de formar els grups de treball de previ acord.

També hauran de decidir els aspectes bàsics de la seva pràctica, ja que aquesta pretén ser una proposta oberta sense enunciats i respostes tancades.

Hauran de ser creatius a l'hora de buscar solucions als problemes que puguin anar sorgint, tant de la pràctica en si, com als problemes relacionals entre companys/es. Hauran de saber arribar a consensos per anar avançant.

Hauran de participar activament durant el desenvolupament del treball.

Hauran de presentar una memòria on exposin tots els aspectes de la seva pràctica, decisions, justificacions, explicacions, metodologia, presentació de resultats i conclusions.

Hauran de realitzar una exposició de la pràctica realitzada.

Finalment, hauran d'autoavaluar-se de manera individual i en grup.

Durant el desenvolupament de la pràctica per part de l'alumnat, hi hauran sessions de seguiment, especialment al principi, per tal de definir bé el sistema que han d'estudiar, i ja més endavant, per resoldre qualsevol dubte que puguin tenir.

7.3. Objectius i competències bàsiques

Tot i que hi ha un clar objectiu, que és que els i les estudiants integrin els continguts teòrics i els sàpiguen aplicar en un context real; també es pot parlar d'altres objectius, no menys importants, com els enumerats a continuació:

- Posseir i comprendre els coneixements d'una àrea d'estudi.
- Saber aplicar els seus coneixements al treball de manera professional i posseir les competències mitjançant l'elaboració i defensa d'arguments i la resolució de problemes dins la seva àrea d'estudi.
- Capacitat de reunir i interpretar dades rellevants per emetre judicis que incloguin una reflexió d'índole científica i/o ètica.

- Capacitat de transmetre informació, idees, problemes, conclusions i solucions a un públic, tant especialitzat, com no especialitzat, d'una manera clara i sense ambigüitats.
- Creativitat a l'hora de resoldre problemes i buscar alternatives, en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinars) relacionats amb la seva àrea d'estudi.
- Capacitat de treball en equip i lideratge.
- Responsabilitat en la feina.

7.4. Criteris d'avaluació.

Els criteris d'avaluació de la pràctica seran diversos.

Per una banda, el/la professor/a valorarà la feina realitzada per cada grup mitjançant la memòria presentada. Però també, per altra banda, tindrà en compte altres aspectes d'execució de la pràctica.

Cada component del grup haurà de realitzar una autoavaluació tant de si mateix, com de la resta del grup, valorant aspectes de la feina realitzada, de relació amb la resta i de responsabilitat assumida.

L'exposició oral també tindrà pes a l'hora de realitzar l'avaluació, així doncs, la puntuació de la pràctica dependrà de diversos factors i no només de la valoració del professorat, sinó que també serà el propi alumnat qui agafarà part de d'aquesta responsabilitat.

La nota final de la pràctica es calcularà de la següent manera:

40% Valoració memòria (per part del professor/a)

10% Valoració sessions de seguiment (per part del professor/a)

30% Autoavaluació (per part del propi alumnat)

20% Valoració exposició (per part del professor/a)

7.4.1. Document per l'autoavaluació individual

Autoavaluació Individual

1. Nom:
2. Penso que aquesta pràctica ha estat ...
3. El treball en grup m'ha aportat ...
4. El que m'ha costat més és: (la resposta ha d'estar argumentada)
5. La qualificació que em poso és ... (0-10) , i penso que la meua actitud ha estat ... (0-10)
6. Valoració individual (0-10) de cada company i companya del grup de treball en **funció del treball realitzat**, justificar puntuació.

7.4.2. Document per l'autoavaluació del grup

Autoavaluació del grup

1. Membres del grup
2. Avaluació del procés de treball (Nota de 0-10 i argumentació)
3. Avaluació del resultat final. (Nota de 0 a 10 i argumentació)
4. Avaluació de grup:
 - Com ens hem organitzat?
 - El clima del grup
 - Propostes de millora
5. Altres

7.5. Duració de la pràctica

La duració de la pràctica serà de mig quadrimestre.

8. PROPOSTA DE PRÀCTICA

8.1. Introducció

En aquest capítol es realitzarà la descripció de la proposta de pràctica que es presentarà a l'alumnat.

8.2. Base de treball

Les xarxes facilitades per Aigües de Barcelona seran la base de treball de la pràctica. Com ja s'ha comentat al capítol dedicat al programa EPANET, per simplificar els esquemes, s'han suprimit vàlvules, bombes, reductors de pressió i altres elements, i, només s'han mantingut les canonades, nusos entre canonades i dipòsits.

El primer esquema correspon a la xarxa de distribució d'aigua potable d'una part d'una urbanització de Torrelles de Llobregat anomenada Can Guey. Aquesta secció de xarxa, que Aigües de Barcelona anomena CanguyIV, és alimentada per un dipòsit tancat d'igual nom. La zona es pot veure en la foto següent:

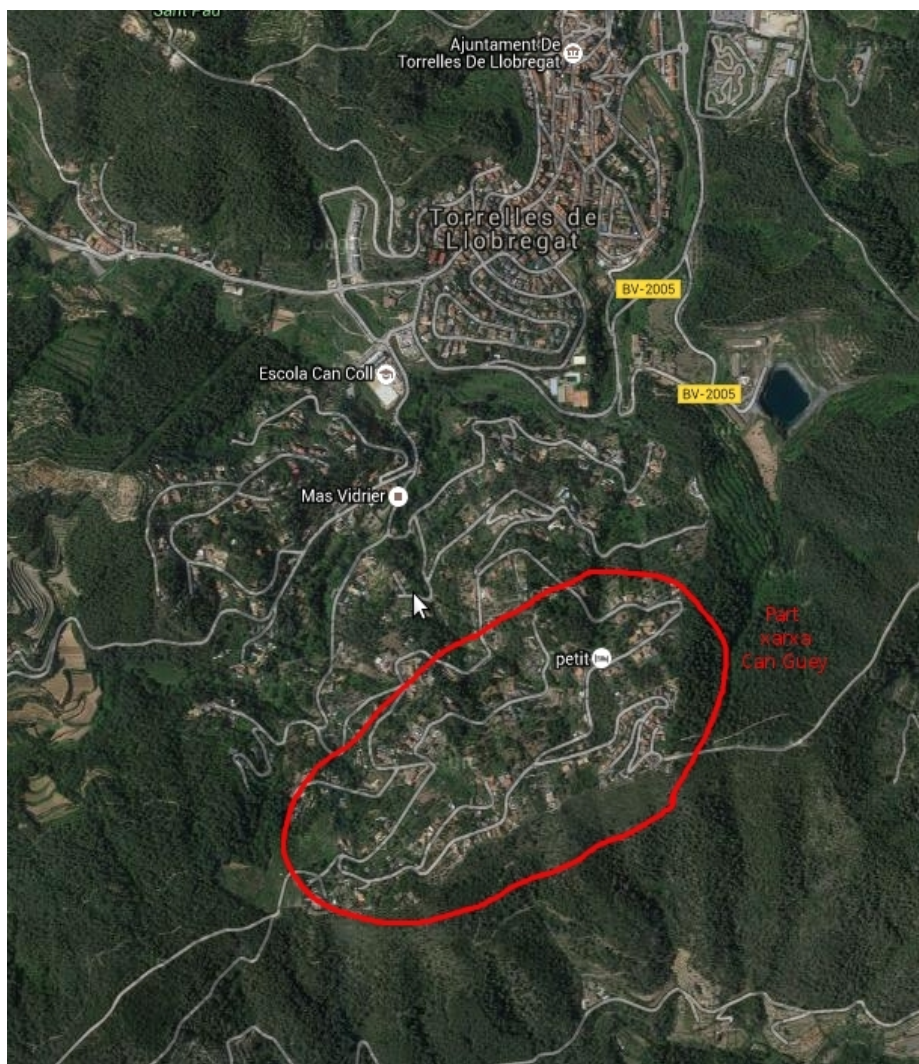


Figura 15. Font: <https://www.google.es/maps>

Al fer una ampliació de la zona es pot marcar el traçat exacte de la xarxa de distribució sobre el mapa en color blau.



Figura 16. Font: <https://www.google.es/maps>

Si s'amplia encara més, es pot identificar amb claredat la ubicació del dipòsit.

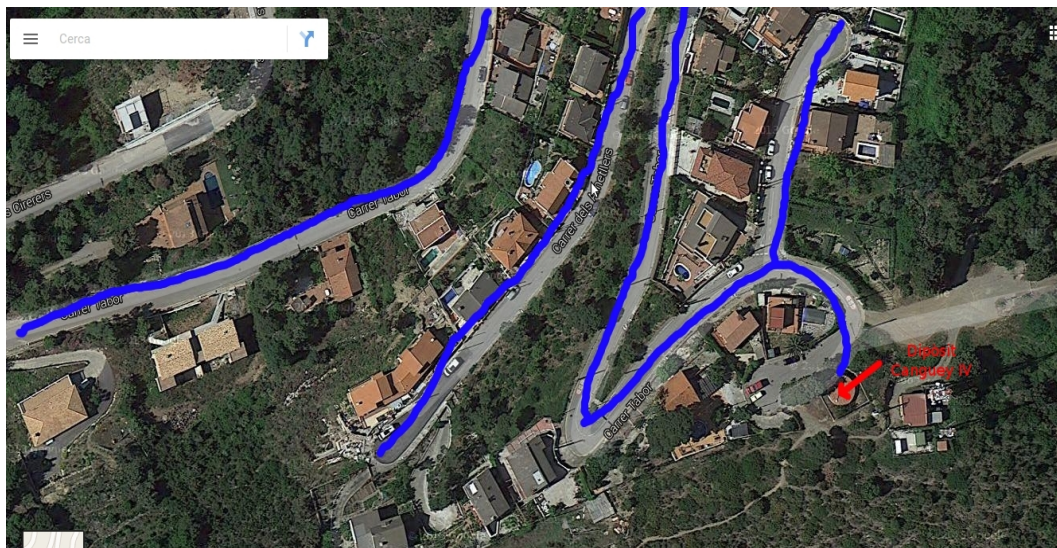


Figura 17. Font: <https://www.google.es/maps>

Es tracta d'una xarxa oberta o ramificada, que tot i ser senzilla, està formada per nombrosos nusos que corresponen a les diferents demandes que hi ha a la zona. A la figura següent, es pot comprovar l'aspecte de la xarxa quan es treballa amb l'EPANET i tal com l'han facilitat des d'Aigües de Barcelona.

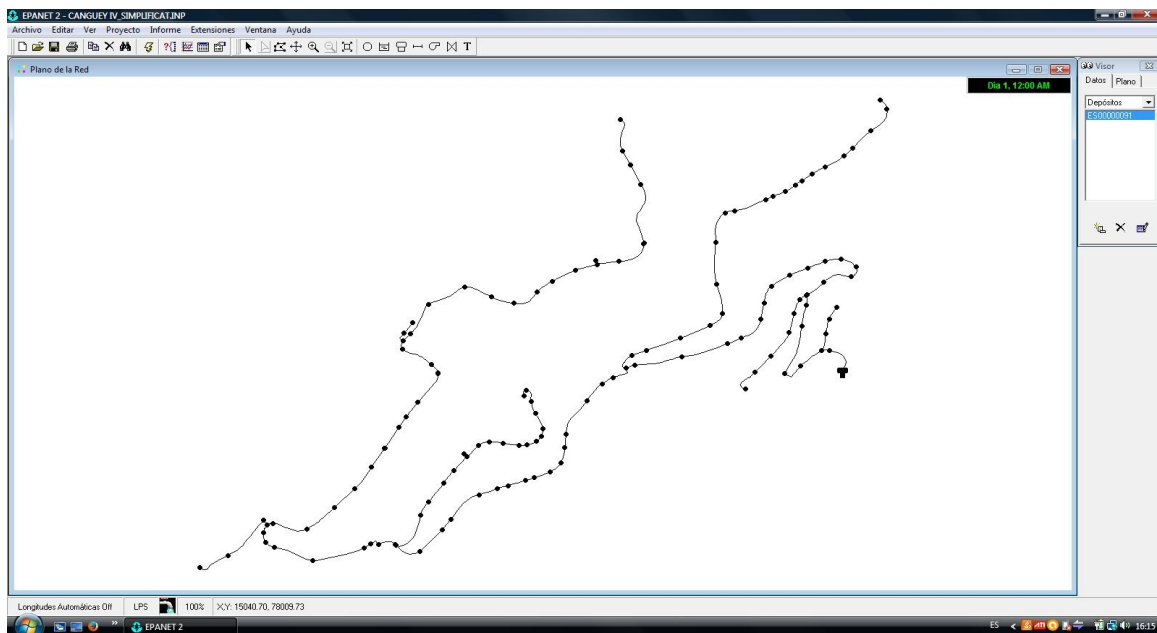


Figura 18

El segon esquema correspon a una part de la de xarxa de distribució d'aigua potable de la ciutat de Barcelona, concretament a una secció que, Aigües de Barcelona, anomena Universitat. Aquesta secció, com el seu nom indica, està situada a la plaça Universitat de l'Eixample Barceloní, i està formada per l'illa de l'UB i dos illes adjacents a aquesta.



Figura 19. Font: <https://www.google.es/maps>

Com s'ha fet abans amb Can Guey, s'ha marcat el traçat exacte de la xarxa de distribució sobre el mapa en color blau.



Figura 20. Font: <https://www.google.es/maps>

Es tracta d'una xarxa tancada o mallada, composta per tres malles. L'esquema, al tractar-se d'una secció de la xarxa de Barcelona, i concretament a una zona cèntrica de la ciutat, no té cap dipòsit apropiat. És per aquest motiu, que s'ha suposat que la secció està alimentada mitjançant un dipòsit tancat virtual. També s'ha fet així perquè a l'hora de crear una xarxa amb EPANET, aquesta s'ha d'alimentar, com a mínim, amb un dipòsit o bé un embassament. A la figura següent, es pot comprovar l'aspecte de la xarxa quan es treballa amb l'EPANET.

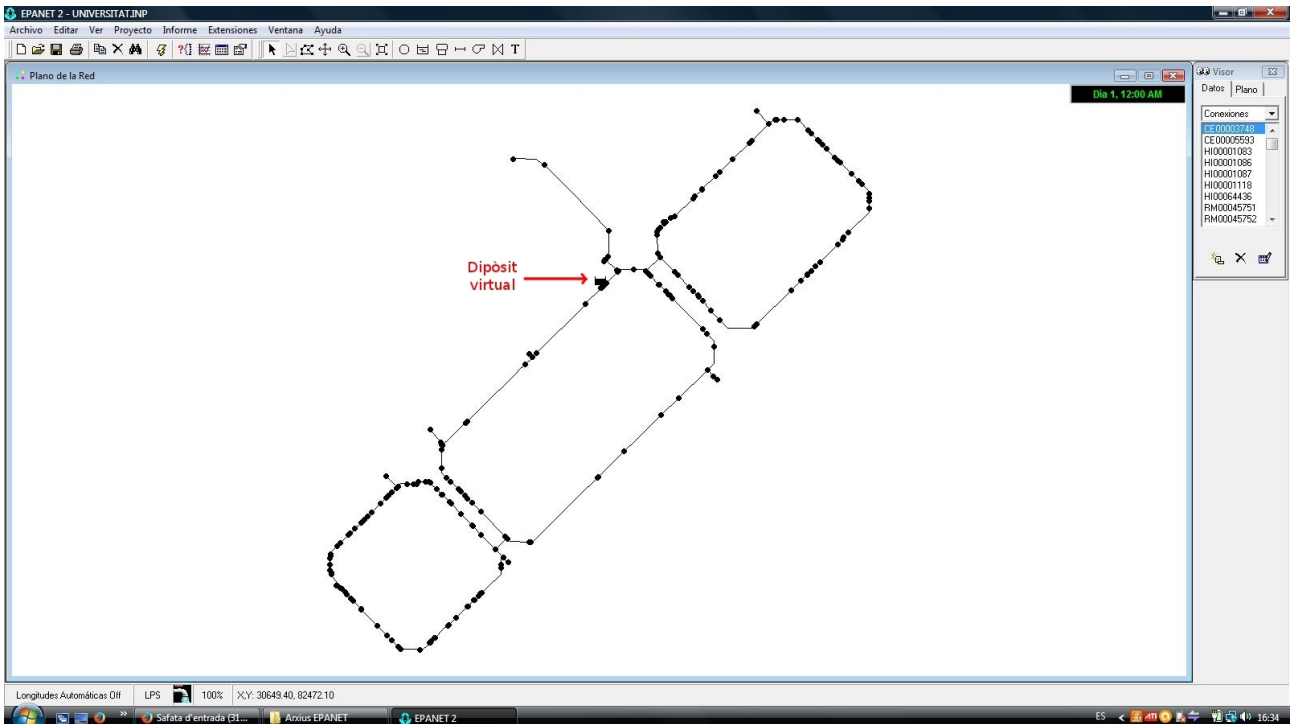


Figura 21

8.3. Primera tasca: Simplificació de les xarxes facilitades

Les xarxes facilitades per Aigües de Barcelona no són molt complicades ja que són parts petites de xarxes de distribució d'aigua potable reals. A més se'ls han suprimit elements que les compliquen com vàlvules, reductors de pressió i d'altres elements. Tot i això disposen de molts nusos i canonades i per tant, per facilitar la pràctica, s'ha cregut convenient que la primera tasca de la mateixa pràctica sigui simplificar el nombre de nusos i canonades.

Als alumnes se'ls hi demanarà que triïn una de les dues xarxes que tenim com a base de treball i ho portin a terme.

En el cas de la xarxa oberta o ramificada de Can Guey, per exemple, es podria simplificar la xarxa sumant totes les demandes de tots els nusos que hi ha a la canonada fins el nus d'on surt una ramificació i adjudicant el valor d'aquesta suma a aquest últim nus. En el cas que hi hagi un diàmetre diferent de canonada abans d'arribar a una ramificació, s'han sumat les demandes fins a l'últim nus abans del canvi de diàmetre. Al realitzar la simplificació, s'han enumerat els nusos i les canonades com es pot veure, i per tant, l'esquema simplificat de Can Guey queda de la següent manera:

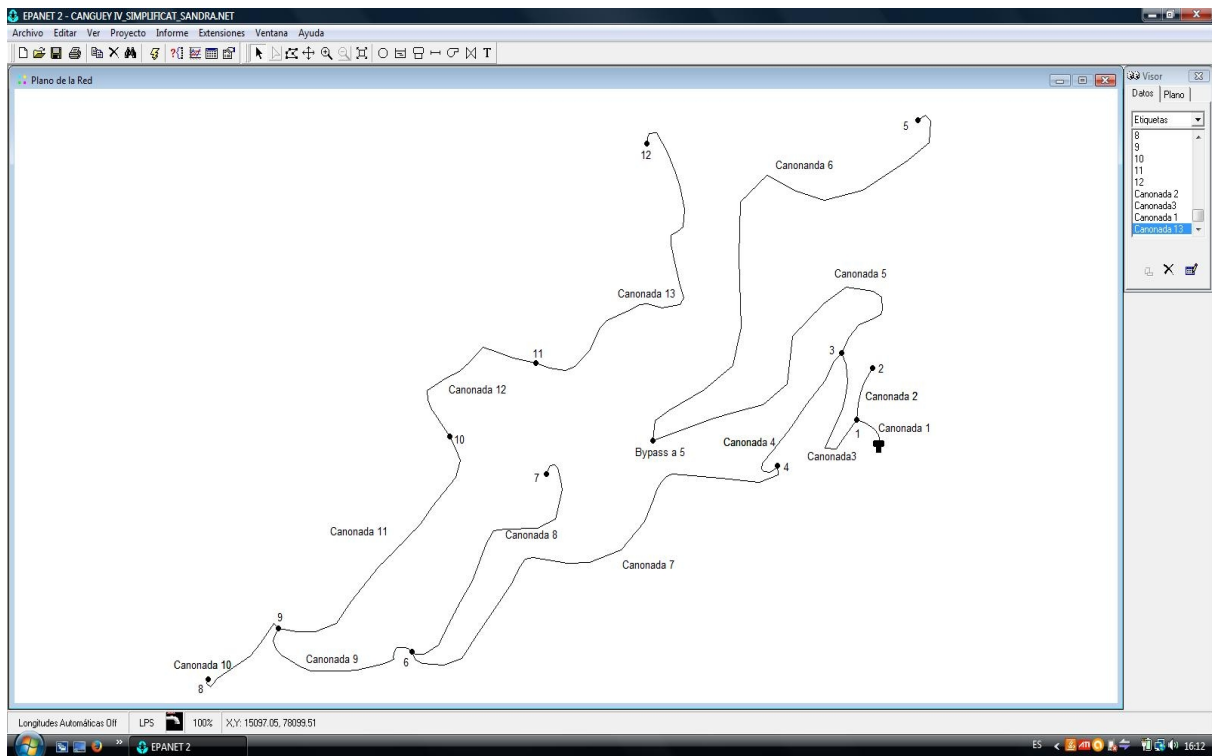


Figura 22

A continuació s'inclouen les dades de la simplificació de Can Guey:

canonada	longitud (m)	diàmetre (mm)	rugositat	demanda base en el nus al final de la canonada (L/s)	demanda base en el nus al final de la canonada (L/h)
1	54,66	130,8	130	0,01	41
2	64,89	51,4	130	0,07	264
3	199,54	130,8	130	0,04	133
4	166,20	51,4	130	0,16	567
5	456,08	130,8	130	0,27	976
6	591,48	130,8	130	0,39	1.400
7	452,90	90	130	0,22	785
8	355,39	51,4	130	0,13	450
9	214,55	90	130	0,06	227
10	121,65	51,4	130	0,06	214
11	355,24	90	130	0,19	695
12	275,57	61,4	130	0,13	471
13	399,70	51,4	130	0,15	542

NUS	COTA (m)
1	362,7
2	346,0
3	334,8
4	331,2
5	264,0
6	282,9
7	282,0
8	267,8
9	262,7
10	232,4
11	233,2
12	244,5

Taula 12

En el cas de la xarxa tancada o mallada d'Universitat, s'ha fet el mateix però la simplificació no és tan intuïtiva com en una xarxa ramificada. Al realitzar la simplificació, s'han enumerat els nusos i les canonades com es pot veure i per tant, l'esquema simplificat d'Universitat queda de la següent manera:

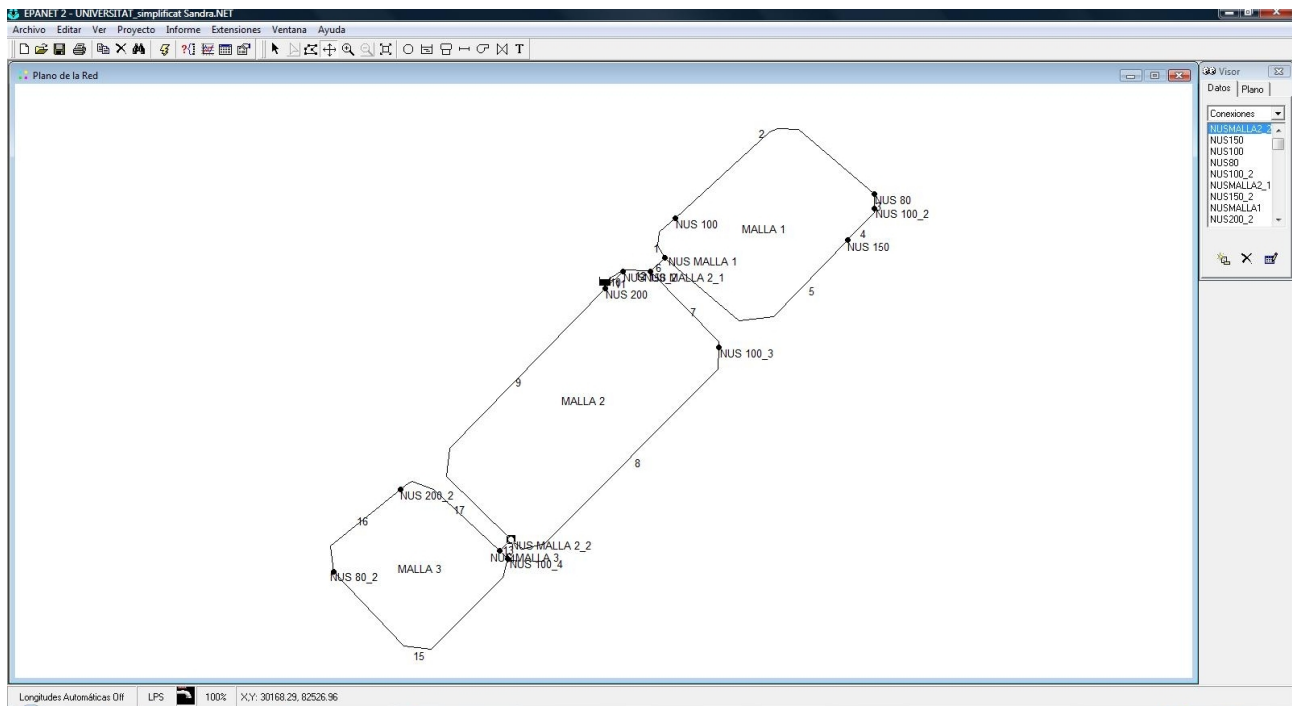


Figura 23

Per veure millor la simplificació, s'ha realitzat un zoom per cadascuna de les malles que conformen la secció d'Universitat:

Malla 1

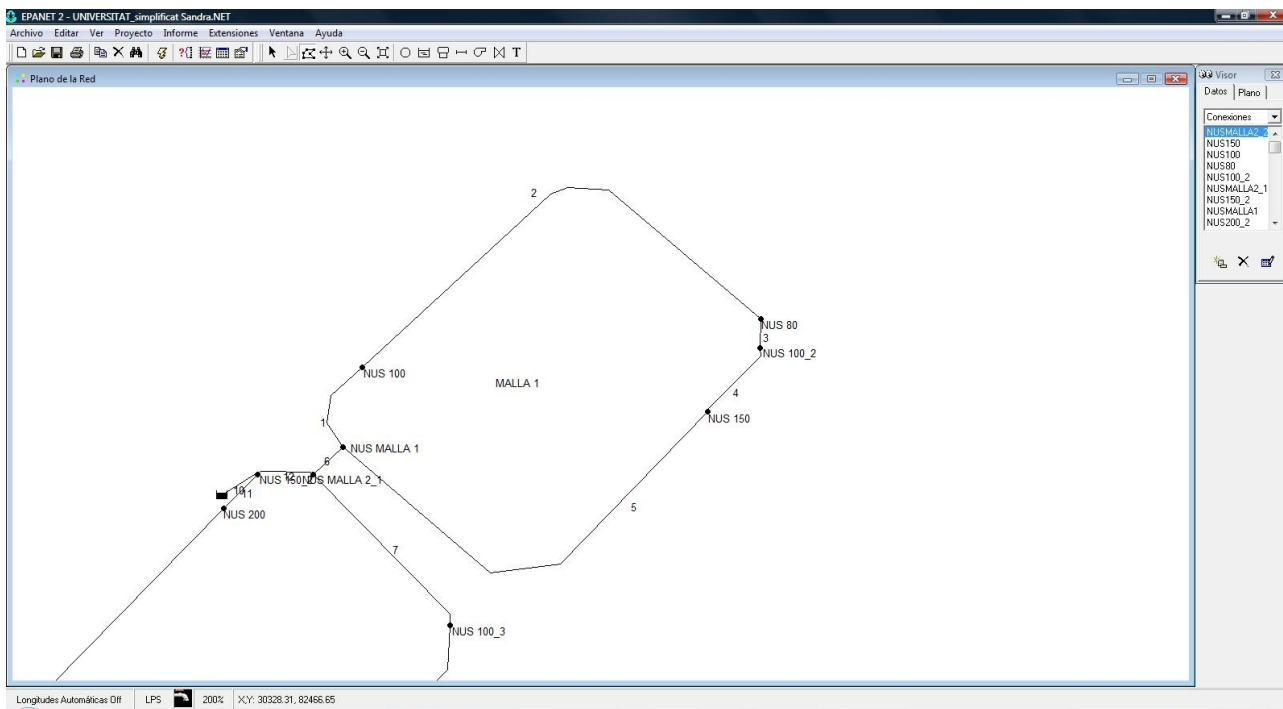


Figura 24

Malla 2

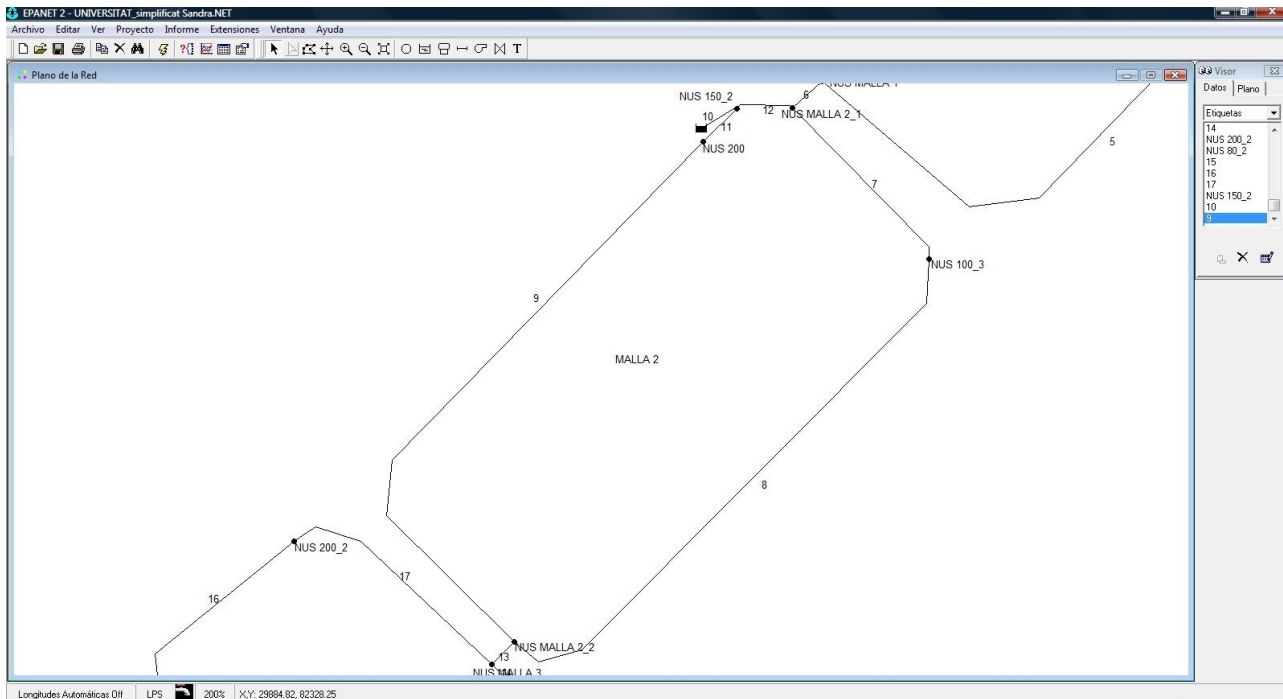


Figura 25

Malla 3

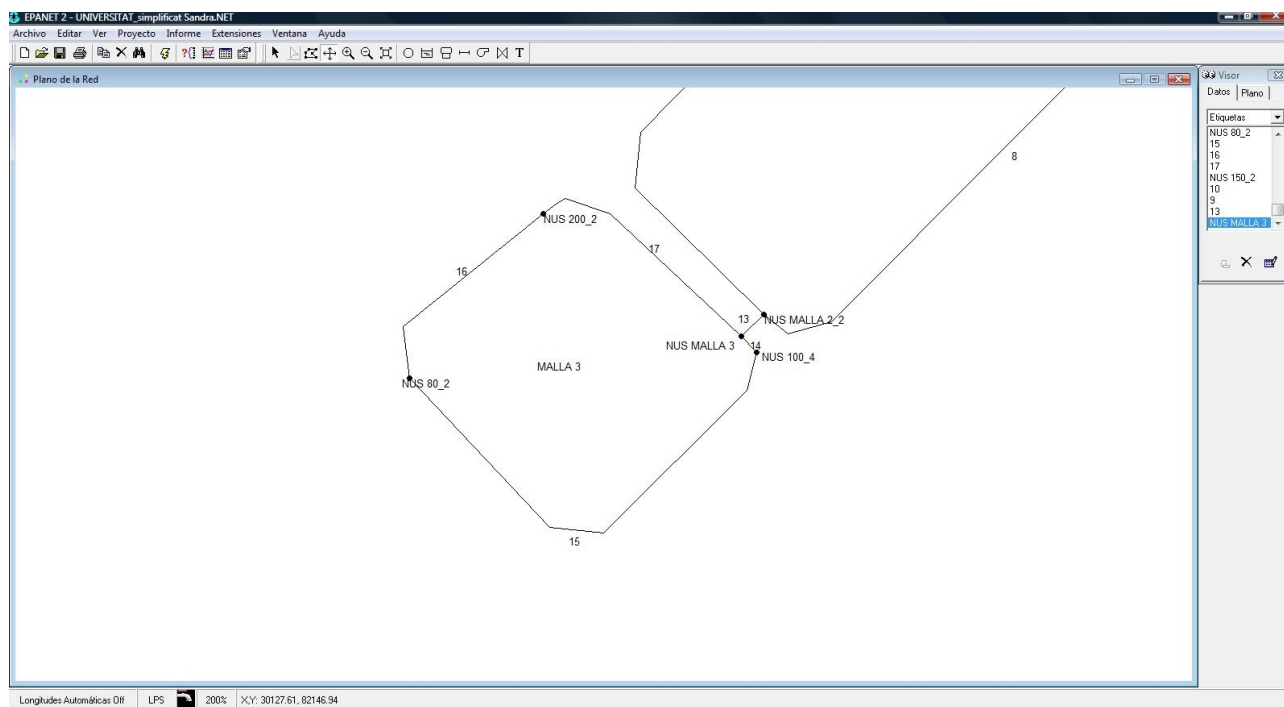


Figura 26

A continuació s'inclouen les dades de la simplificació d'Universitat:

MALLA 1							
canonada	nus d'inici	nus final	longitud (m)	diàmetre (mm)	rugositat	demanda base en el nus al final de la canonada (L/s)	demanda base en el nus al final de la canonada (L/h)
1	NUS MALLA 1	NUS 100	40,81	150	100	0,07	248
2	NUS 100	NUS 80	252,40	100	100	1,47	5.279
3	NUS 80	NUS 100_2	12,60	80	100	0,04	146
4	NUS 100_2	NUS 150	37,50	100	100	0,09	339
5	NUS 150	NUS MALLA 1	217,61	150	100	0,88	3.162
6	NUS MALLA 2_1	NUS MALLA 1	17,50	200	100	0,88	3.162

MALLA 2							
canonada	nus d'inici	nus final	longitud (m)	diàmetre (mm)	rugositat	demanda base en el nus al final de la canonada (L/s)	demanda base en el nus al final de la canonada (L/h)
7	NUS MALLA 2_1	NUS 100_3	90,15	150	100	0,31	1.122
8	NUS 100_3	NUS MALLA 2_2	261,00	100	100	0,92	3.296
9	NUS MALLA 2_2	NUS 200	302,30	150	100	0,95	3.409
10	Dipòsit	NUS 150_2	24,00	200	100	0,00	0
11	NUS 200	NUS 150_2	21,88	200	100	0,00	0
12	NUS 150_2	NUS MALLA 2_1	25,85	150	100	0,02	79
13	NUS MALLA 2_2	NUS MALLA 3	13,99	150	100	0,57	2.044

MALLA 3							
canonada	nus d'inici	nus final	longitud (m)	diàmetre (mm)	rugositat	demanda base en el nus al final de la canonada (L/s)	demanda base en el nus al final de la canonada (L/h)
14	NUS MALLA 3	NUS 100_4	15,91	200	100	0,00	0
15	NUS 100_4	NUS 80_2	227,01	100	100	1,16	4.183
16	NUS 80_2	NUS 200_2	96,10	80	100	0,45	1.611
17	NUS 200_2	NUS MALLA 3	105,76	100	100	0,57	2.044

Taula 13

Al final del projecte, adjuntats com a annexes, es troben els informes de simulació de les dos xarxes simplificades generats amb l'EPANET.

8.4. Desenvolupament de la pràctica

Després de la simplificació de la xarxa escollida pels diferents grups de treball, començarà el propi desenvolupament de la pràctica. La proposta que es farà vol ser oberta, per tal de facilitar la presa de decisions i la creativitat de l'alumnat a l'hora de treballar-la.

En el cas de la xarxa ramificada de Can Guey, podria treballar-se a partir del diagrama que hi ha a continuació:

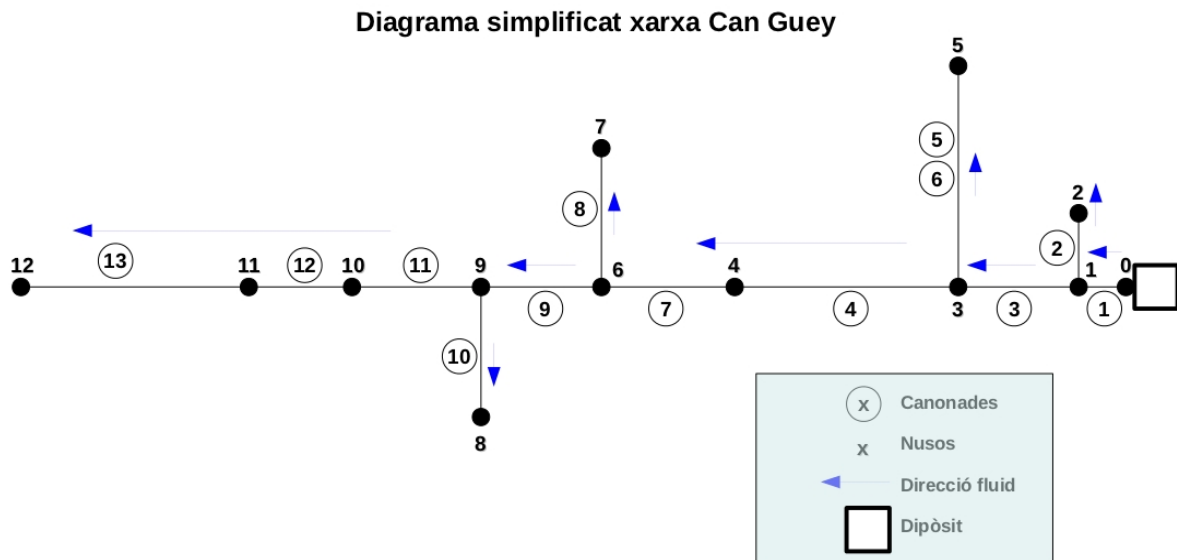


Figura 27

Aquest diagrama afavoreix la visualització de la xarxa i pretén facilitar el desenvolupament de la feina.

A partir del conjunt de dades del que disposem es poden determinar alguns paràmetres, com per exemple, cabals o pressions. El cabal ve determinat per la demanda, amb la qual cosa, es pot trobar directament. La pressió serà més complicat. Sabent la pressió es pot dimensionar el dipòsit o saber si una pot funcionar o no.

Amb la demanda base (m³/h), la longitud de les canonades (m) i el seu diàmetre (mm), es pot obtenir la velocitat utilitzant la següent fórmula:

$$Q = v \cdot S = v \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \Rightarrow v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$$

Després s'haurà de calcular f a partir de:

$$f = \frac{13.69 \cdot g}{c^{1.85} \cdot v^{0.15} \cdot D^{0.17}}$$

El valor de f s'haurà substituir a l'equació de Darcy-Weisbach per tal d'obtenir la pèrdua de càrrega (h_c) a cada canonada del sistema:

$$h_c = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad \text{Eq. general de Darcy-Weisbach}$$

Un cop fet això, s'hauran de realitzar els balanços d'energia a cada nus per tal de poder deduir els seus valors. S'haurà de complir que:

$$Q_{entrada} = \sum Q_{sortida} + demanda(q) \quad , \text{ on } Q = \text{cabal}$$

i també que

$$h_{finalbranca} = h_{inici\ branca} - \sum h_c$$

Començarem a partir del nus més allunyat del dipòsit d'alimentació de la xarxa:

$$h_{11} = h_{12} + h_{c\ canonada13}$$

$$h_{10} = h_{11} + h_{c\ canonada12}$$

$$h_9 = h_{10} + h_{c\ canonada11}$$

$$h_8 = h_9 - h_{c\ canonada10}$$

$$h_7 = h_6 - h_{c\ canonada8}$$

$$h_6 = h_9 + h_{c\ canonada9}$$

$$h_5 = h_3 - h_{c\ canonada5} - h_{c\ canonada6}$$

$$h_4 = h_6 + h_{c\ canonada7}$$

$$h_3 = h_4 + h_{c\ canonada4}$$

$$h_2 = h_1 - h_{c\ canonada2}$$

$$h_1 = h_3 + h_{f\ canonada3}$$

A partir d'aquí suposarem la pressió a l'últim nus, el 12, i anirem buscant les diferents pressions dels altres nusos, aïllant-les en l'equació:

$$h = z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{1}{2} \cdot \frac{v^2}{g}$$

Aigües de Barcelona ha de garantir una pressió de servei d'entre 2 i 13 bar, així que la primera suposició que s'ha fet és dir que al nus 12 la pressió serà de 2 bar, que és la mínima pressió per donar servei als usuaris. Al realitzar els càlculs de les pressions en els altres nusos, se n'han obtingut de negatives, per tant el sistema no podria funcionar si no s'instal·la una bomba. Com que, per no complicar, s'ha preferit mantenir el sistema sense cap element a banda de nusos, canonades i dipòsits, s'ha buscat una pressió mínima per tal que el sistema funcioni, és a dir, que garanteixi pressions positives a tots els nusos sense la instal·lació d'una bomba.

Per fer tots aquests càlculs s'ha creat la següent taula de d'excel:

canonada	longitud (m)	diàmetre (mm)	rugositat	demanda base en el nus al final de la canonada (L/s)	demanda base en el nus al final de la canonada (L/h)	demanda base en el nus al final de la canonada (m³/s)	Velocitat (m/s)	f	h _c (m)
1	54,7	130,8	130	0,01	41	1,2E-05	0,0009	0,067	0,00000
2	64,9	51,4	130	0,07	264	7,3E-05	0,0354	0,045	0,00363
3	199,5	130,8	130	0,04	133	3,7E-05	0,0028	0,056	0,00003
4	351,2	51,4	130	0,15	667	1,6E-04	0,0160	0,040	0,03824
5	456,1	130,8	130	0,27	976	2,7E-04	0,0202	0,042	0,00303
6	591,5	130,8	130	0,39	1.400	3,9E-04	0,0289	0,040	0,00765
7	452,9	90	130	0,22	785	2,2E-04	0,0343	0,041	0,01242
8	355,4	51,4	130	0,13	450	1,3E-04	0,0602	0,042	0,05325
9	214,5	90	130	0,06	227	6,3E-05	0,0099	0,050	0,00059
10	121,7	51,4	130	0,06	214	5,9E-05	0,0286	0,047	0,00460
11	355,2	90	130	0,19	695	1,9E-04	0,0303	0,042	0,00777
12	275,6	61,4	130	0,13	471	1,3E-04	0,0441	0,042	0,01887
13	399,7	51,4	130	0,15	542	1,5E-04	0,0725	0,040	0,08435

NUS	COTA (m)	h _{nus} (m)	P (Pa)	P (Mpa)
1	362,72	364,79	20.350	0,02
2	346,01	364,79	184.201	0,18
3	334,82	364,79	294.076	0,29
4	331,20	364,76	329.147	0,33
5	264,00	364,78	988.659	0,99
6	282,92	364,74	802.740	0,80
7	281,97	364,69	811.457	0,81
8	267,83	364,74	950.703	0,95
9	262,66	364,74	1.001.446	1,00
10	232,38	364,74	1.298.396	1,30
11	233,23	364,72	1.289.912	1,29
12	244,53	364,63	1.178.200	1,18

Taula 14

En el cas de Can Guey, l'exemple mostrat és aquest però, els i les estudiants, podran plantejar la feina de la manera que considerin oportú, sempre que facin una feina similar, com a mínim.

En el cas de la xarxa mallada d'Universitat, podria treballar-se a partir del diagrama que hi ha a continuació:

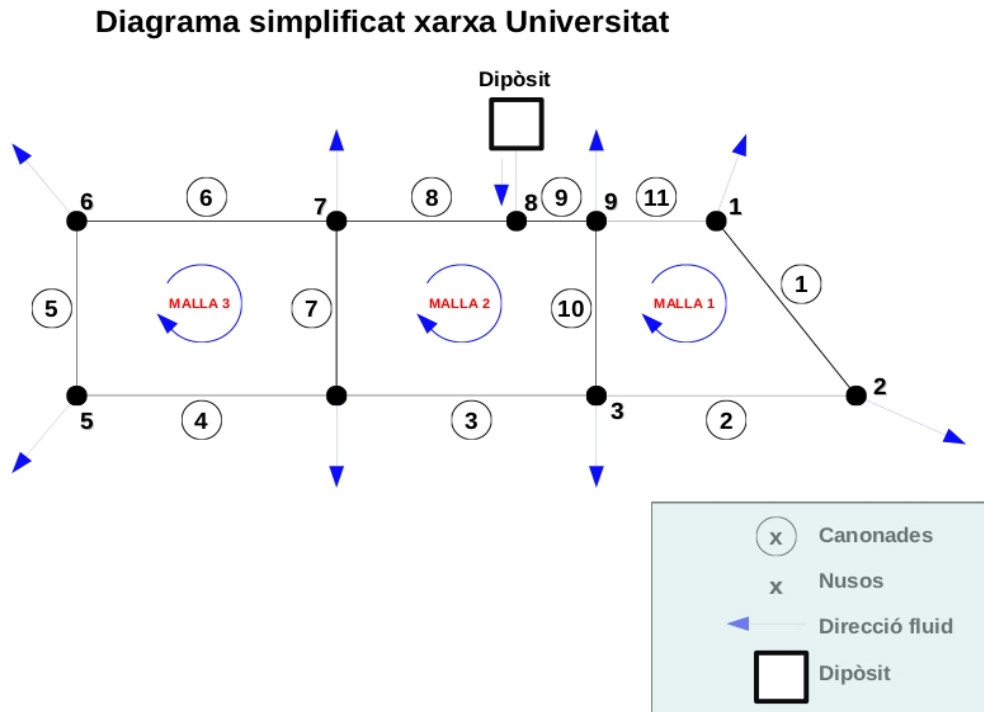


Figura 28

Aquest diagrama és una reducció de la simplificació que ja s'ha fet. En algun cas s'han obviat diàmetres diferents de canonada i per tant, el nombre de nusos també s'ha vist reduït.

A banda d'aquesta simplificació, cada grup podria fer-ne d'altres, i treballar amb sistemes lleugerament diferents, cosa que resultaria molt molt interessant.

Per resoldre el sistema, primer de tot s'ha de complir que la suma dels cabals d'entrada i sortida d'un nus i la demanda del nus ha de valer zero, és a dir, que tot el que entra en un nus, ha de ser igual a tot el que surt. Així doncs, aplicarem l'equació de continuïtat (balanç de matèria) per a cada nus de la xarxa. Per facilitar la realització del balanç de matèria, s'ha fet un diagrama per a cada nus i per cada malla per separat.

MALLA 1

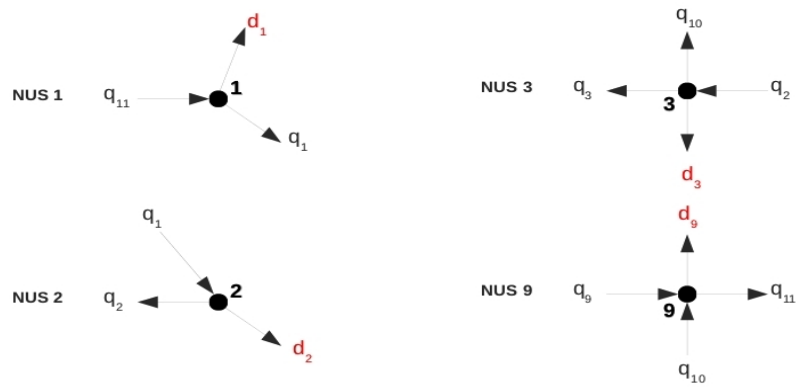


Figura 29

on q =cabal de la canonada, i d =demanda en el nus

Per tant, a la malla 1:

$$\text{NUS 1: } q_{11} = q_1 + d_1$$

$$\text{NUS 2: } q_1 = q_2 + d_2$$

$$\text{NUS 3: } q_2 = q_3 + q_{10} + d_3$$

$$\text{NUS 9: } q_9 + q_{10} = q_{11} + d_9$$

MALLA 2

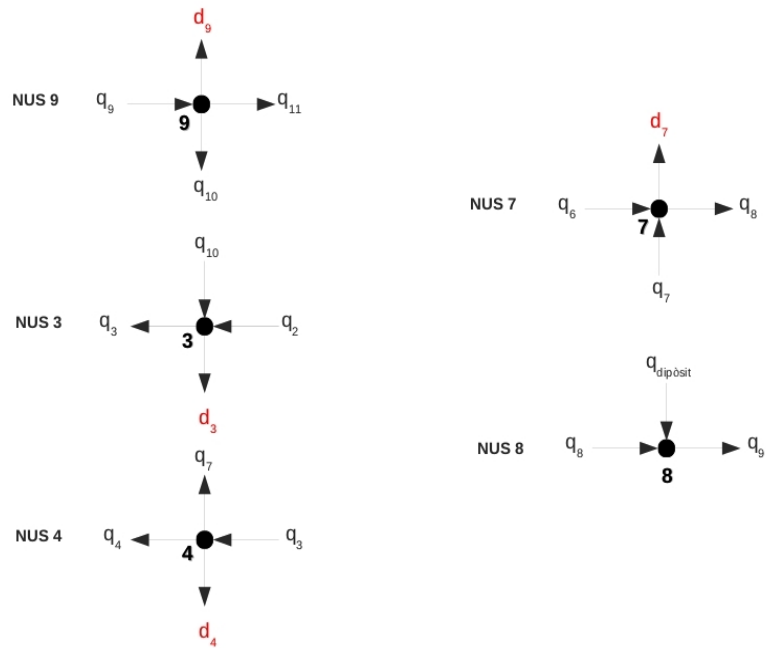


Figura 30

Per tant, a la malla 2:

$$\text{NUS 9: } q_9 = q_{10} + q_{11} + d_9$$

$$\text{NUS 3: } q_2 + q_{10} = q_3 + d_3$$

$$\text{NUS 4: } q_3 = q_4 + q_7 + d_4$$

$$\text{NUS 7: } q_6 + q_7 = q_8 + d_7$$

$$\text{NUS 8: } q_{\text{dipòsit}} + q_8 = q_9$$

MALLA 3

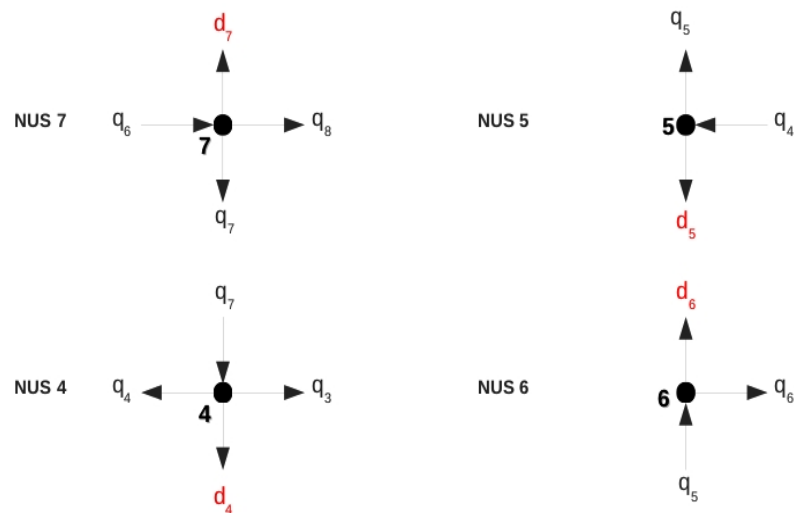


Figura 31

Per tant, a la malla 3:

$$\text{NUS 7: } q_6 = q_7 + q_8 + d_7$$

$$\text{NUS 4: } q_3 + q_7 = q_4 + d_4$$

$$\text{NUS 5: } q_4 = q_5 + d_5$$

$$\text{NUS 6: } q_5 = q_6 + d_6$$

$$q_{\text{dipòsit}} = \sum d_i \quad , \text{ on } d_i \text{ és la demanda dels nusos } 1, 2, 3, \dots, i$$

Un cop fet això, també s'ha de complir que la suma de totes pèrdues de càrrega a una malla ha de ser igual a zero, és a dir:

$$\sum_{\text{malla } k} = K_i Q_i |Q_i| \quad \text{per totes les malles } k = 1, 2, 3, \dots, k_L,$$

on

Q_i = cabal de sortida de la canonada

$$K_i = \frac{8f_i L_i}{\pi^2 g D_i^5}, \quad \text{on } i = \text{nombre de canonades que s'han de sumar a la malla } k.$$

Així doncs, si fem el balanç d'energia a les malles:

Malla 1

$$h_{c_{\text{Canonada1}}} + h_{c_{\text{Canonada2}}} + h_{c_{\text{Canonada10}}} + h_{c_{\text{Canonada11}}} = 0$$

$$\frac{8f_1 L_1}{\pi^2 g D_1^5} Q_1 |Q_1| + \frac{8f_2 L_2}{\pi^2 g D_2^5} Q_2 |Q_2| + \frac{8f_{10} L_{10}}{\pi^2 g D_{10}^5} Q_{10} |Q_{10}| + \frac{8f_{11} L_{11}}{\pi^2 g D_{11}^5} Q_{11} |Q_{11}| = 0$$

Malla 2

$$h_{c_{\text{Canonada10}}} + h_{c_{\text{Canonada3}}} + h_{c_{\text{Canonada7}}} + h_{c_{\text{Canonada8}}} + h_{c_{\text{Canonada9}}} = 0$$

$$\frac{8f_{10} L_{10}}{\pi^2 g D_{10}^5} Q_{10} |Q_{10}| + \frac{8f_3 L_3}{\pi^2 g D_3^5} Q_3 |Q_3| + \frac{8f_7 L_7}{\pi^2 g D_7^5} Q_7 |Q_7| + \frac{8f_8 L_8}{\pi^2 g D_8^5} Q_8 |Q_8| + \frac{8f_9 L_9}{\pi^2 g D_9^5} Q_9 |Q_9| = 0$$

Malla 3

$$h_{c_{\text{Canonada7}}} + h_{c_{\text{Canonada4}}} + h_{c_{\text{Canonada5}}} + h_{c_{\text{Canonada6}}} = 0$$

$$\frac{8f_7 L_7}{\pi^2 g D_7^5} Q_7 |Q_7| + \frac{8f_4 L_4}{\pi^2 g D_4^5} Q_4 |Q_4| + \frac{8f_5 L_5}{\pi^2 g D_5^5} Q_5 |Q_5| + \frac{8f_6 L_6}{\pi^2 g D_6^5} Q_6 |Q_6| = 0$$

A partir d'aquí, el sistema s'ha de resoldre mitjançant el mètode Hardy Cross per xarxes mallades o tancades, el qual indica que s'han de suposar alguns dels cabals, tants com siguin necessaris per tal que el sistema d'equacions tingui una única solució. Normalment no és possible satisfer a la primera que la suma de totes les pèrdues de càrrega a una malla sigui igual a zero. Així doncs els cabals s'hauran d'anar modificant fins que la suma de les pèrdues de càrrega en una malla sigui pràcticament zero. La modificació es farà aplicant la correcció ΔQ_k als cabals suposats inicialment de la següent manera:

$$\sum_{\text{malla } k} K_i (Q_i + \Delta Q_k) |Q_i + \Delta Q_k| = 0, \quad \text{on} \quad \Delta Q_k = \frac{-\sum_{\text{malla } k} K_i Q_i |Q_i|}{2 \sum_{\text{malla } k} K_i |Q_i|}$$

En aquest cas, al tractar-se d'un sistema de 3 malles és força complicat de calcular. Es podria fer amb

una taula d'excel però igualment segueix sent força complicat. Els i les estudiants, al tractar-se d'una pràctica oberta, cada grup la plantejarà i resoldrà fins allà on vulguin i puguin arribar, evidentment, amb uns mínims, com són els plantejats en aquest exemple.

En el projecte, per començar, s'ha adoptat el mètode de Hardy Cross per a la resolució de xarxes mallades, però n'hi han d'altres. Si als i les membres d'alguns grups els hi agrada la matemàtica poden utilitzar qualsevol altre mètode de resolució.

Per altra banda, també es valorarà que els grups comprovin el funcionament de les xarxes amb l'EPANET. Podrien fer una simulació, tant de les xarxes que se'ls facilitarà com a base de treball, Can Guey i Universitat, com de les xarxes simplificades que realitzaran a partir d'aquestes. La qüestió serà que es familiaritzin amb el programa i puguin tenir una noció de com funciona.

8.5. Informe de la pràctica

A banda de la feina de simplificació, càlcul i simulació de les xarxes plantejades en la pràctica, els diferents grups de treball, hauran de presentar un informe. Aquest informe haurà d'incloure, com a mínim, un petit capítol sobre l'aigua, com a recurs, un altre sobre xarxes de distribució d'aigua potable, l'explicació de tot el procés de treball i les conclusions a les quals han arribat.

El format de l'informe haurà de seguir, en la mesura que sigui possible, les recomanacions d'elaboració de treballs acadèmics. Aquestes recomanacions es poden consultar a: <http://publica.upc.edu/ca/que-vols-publicar/tfg/recomanacions#2>

8.6. Exposició de la pràctica

A la final de la pràctica, els grups de treball hauran de realitzar una exposició oral de tot el procés i de les seves impressions, davant els/les seus/ves companys/es de classe. No ha de tenir una durada molt llarga (uns 10-15 minuts) i es valorarà que intervinguin tots els membres del grup i la seva capacitat de transmissió d'informació, idees, problemes, conclusions, etc. de manera clara i concisa.

9. CONCLUSIONS

Amb la realització d'aquest projecte, s'ha pogut definir material didàctic per poder fer una proposta de pràctica per a estudiants del Grau d'Enginyeria Química, que ha de permetre contribuir a aclarir els conceptes de Mecànica de Fluids que generalment són costosos d'entendre, sobretot quan es surt del que es fa típicament a classe.

En l'elaboració del projecte també s'ha considerat la metodologia. S'ha aprofitat el fet de ser una pràctica en grup, per fomentar el desenvolupament de capacitats/habilitats (a banda de les científicotècniques) reconegudes en les directrius del pla Bolonya que seran indispensables en la incorporació en el món laboral com a futurs Enginyers. El model didàctic proposat es podria també adoptar per altres assignatures.

S'ha pogut trobar un programa, l'EPANET, per poder realitzar aquesta proposta sense que això suposi un cost per a la universitat, ja que no és necessari comprar llicències privades com pot passar amb altres programes de pagament que hi ha al mercat. I tot això sense escatimar en qualitat, ja que és un programa que s'utilitza habitualment en l'estudi i simulació de xarxes de d'aigua.

La utilització del programa EPANET, ha permès que els i les estudiants es familiaritzin amb programari lliure i gratuït d'ús professional i que puguin fer-se una idea d'allò que es poden trobar en el seu futur com a Enginyers, un cop hagin acabat la carrera.

S'ha obert una via de contacte molt interessant amb l'empresa Aigües de Barcelona, que sempre s'ha mostrat molt receptiva i pacient a les trobades que hem tingut. Això es molt important ja que per la seva part han vist l'interès que té la universitat per apropar els estudiants a l'empresa i en un futur aquest fet podria permetre ampliar aquest contacte a altres nivells.

10. BIBLIOGRAFIA

- Col·laboradors de la Viquipèdia. *Aigua potable* [en línia]. Viquipèdia, l'Enciclopèdia Lliure, 2014 [data de consulta: 25 de març del 2015]. Disponible a <ca.wikipedia.org/w/index.php?title=Aigua_potable&oldid=14368146>.
- Col·laboradors de la Viquipèdia. *Directiva marc de l'aigua* [en línia]. Viquipèdia, l'Enciclopèdia Lliure, 2015 [data de consulta: 25 de març del 2015]. Disponible a <ca.wikipedia.org/w/index.php?title=Directiva_marc_de_l%27aigua&oldid=14670801>.
- Canal Isabel II. NAACYII-2004 Normas para el Abastecimiento de Agua del Canal de Isabel II. (Revisión 2004).
- Canal Isabel II. Normas para Redes de Abastecimiento de Canal de Isabel II Gestión. Versión 2012.
- Aigües de consum humà: Control sanitari [en línia]. Diputació de Barcelona. [data de consulta: 20 de març del 2015]. Disponible a <http://www.diba.cat/web/salutpublica/aigues_consum_huma>
- Distribució [en línia]. AVSA. Aigües Vic, 2015 [data de consulta: 25 de març del 2015]. Disponible a <<https://www.aiguesvic.com/distribucio1>>
- Abastament [en línia]. AVSA. Aigües Vic, 2015 [data de consulta: 25 de març del 2015]. Disponible a <<https://www.aiguesvic.com/abastament>>
- Norma tecnològica NTE-IFA/1975, «Instalaciones de fontanería: Abastecimiento». BOE» núm. 3, de 3 de enero de 1976, páginas 71 a 83 (13 págs.) Sección: I. Disposiciones generales. Ministerio de la Vivienda. BOE-A-1976-72 [data de consulta: 25 de març del 2015]. Disponible a <http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1976-72# analisis>
- Red de distribución de agua potable:¿Abierta o cerrada?[en línia]. Tutoriales Ingeniería Civil, 2013. [data de consulta: 3 de maig del 2015]. Disponible a <<http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/red-de-distribucion-de-agua-potable-abierta-o-cerrada/>>
- Temes diversos de mecànica de fluids [en línia]. [data de consulta:març-agost 2015]. Disponible a <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/InstalacionesIndustriales/Art_Interes/Tema3.pdf; <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/InstalacionesIndustriales/Art_Interes/Tema5.pdf; <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/InstalacionesIndustriales/Art_Interes/Tema6.pdf; <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/InstalacionesIndustriales/Art_Interes/Tema7.pdf>
- Prabhata K. Swamee – Ashok K. Sharma. Design of water supply pipe networks. Wiley Interscience. John Wiley & sons, Inc., 2008. ISBN 978-0-470-17852-2
- Col·laboradors de la Viquipèdia. *Flujo en tubería* [en línia]. Viquipèdia, l'Enciclopèdia Lliure, 2015 [data de consulta: 16 de juny del 2015]. Disponible a <https://es.wikipedia.org/wiki/Flujo_en_tuber%C3%ADa>
- Col·laboradors de la Viquipèdia. *Ecuación de Darcy-Weisbach* [en línia]. Viquipèdia, l'Enciclopèdia Lliure, 2015 [data de consulta: 26 de juny del 2015]. Disponible a <https://es.wikipedia.org/wiki/Ecuaci%C3%B3n_de_Darcy-Weisbach>.
- Mejía G., Francisco Jaime. Redes cerradas. [en línia] Disponible a <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/confinado/Redes_cerradas.doc>
- EPANET 2.0.12 Español [en línia]. Epanet.info. Disponible a <<http://epanet.info/descargas/epanet2-es/>>

- Iglesias Rey, Pedro L. Página de Epanet en castellano [en línia]. Disponible a <http://www.instagua.upv.es/Epanet/>
- Aspectes socioambientals del cicle de l'aigua. [en línia]. EDUALTER [data de consulta: 31 de juliol del 2015] Disponible a <http://www.edualter.org/material/aigua/socioambiental.htm>
- L'Aigua un bé escàs. [en línia]. Portal Salvem la terra. [data de consulta: 2 de d'agost del 2015]. Disponible a <http://www.xtec.cat/~mferna99/projecte/aigua.htm>
- García-Serra García; Jorge i Iglesias Rey, Pedro L. Capítulo 1. Introducción a las redes de abastecimiento. Ecuaciones fundamentales. [en línia]. ITA-IPV. [data de consulta: 3 de d'agost del 2015]. Disponible a http://www.ita.upv.es/ventas/doc_prods/previews/10.pdf
- Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales [en línia]. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado (2007) BOE-A-2007-18770. [data de consulta: 31 de d'agost del 2015]. Disponible a <http://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-18770>

11. ANNEXES

11.1. Annex 1. Informe de la simulació de la xarxa ramificada de Can Guey

Página 1 05/08/2015 16:18:59

 * E P A N E T *
 * Análisis Hidráulico y de Calidad *
 * de Redes Hidráulicas a Presión *
 * Versión 2.0 Ve *
 * Traducido por: *
 * Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos *
 * Universidad Politécnica de Valencia *

Archivo de Entrada: CANGUEY IV_SIMPLIFICAT.INP

Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\Cesalpina-Torrelles\Torrelles_20-1-14.dat

Tabla Línea - Nudo:

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
CC00030119	CC00030119B	CC00030119A0	0.0739752	50.
TR00078326A	XX00078644E	RM00375003	24.333	51.4
TR00078326C	RM00375003	RM00400267	21.421	51.4
TR00078326E	RM00400267	RM00143231	19.135	51.4
TR00078327A	ES00000091	CC00030119B	3.014	80.
TR00078328A	XX00078329AS	RM00143228	11.053	51.4
TR00078328B	RM00143228	RM00143240	20.698	51.4
TR00078328C	RM00143240	RM00143239	26.18	51.4
TR00078328E	RM00143239	RM00143580	41.048	51.4
TR00078328F	RM00143580	RM00143243	31.092	51.4
TR00078328H	RM00143243	RM00143408	34.923	51.4
TR00078329A	XX00354963C	RM00143576	12.117	130.8
TR00078329B	RM00143576	RM00143385	63.29	130.8
TR00078329C	RM00143385	RM00143406	63.512	130.8
TR00078329F	RM00143406	RM00377414	20.213	130.8
TR00078329H	RM00377414	RM00143237	38.921	130.8
TR00078329K	RM00143237	RM00143229	22.481	130.8
TR00078329L	RM00143229	RM00143226	26.048	130.8
TR00078329N	RM00143226	RM00143225	28.404	130.8
TR00078329O	RM00143225	RM00143221	26.322	130.8
TR00078329Q	RM00143221	RM00143217	24.602	130.8
TR00078329T	RM00143217	RM00143215	21.71	130.8
TR00078329X	RM00143215	RM00143218	23.25	130.8
TR00078329Y	RM00143218	RM00468822	17.652	130.8
TR00078331A	XX00078331A	RM00143721	38.455	90.
TR00078331B	RM00143721	RM00143723	42.594	90.
TR00078331C	RM00143723	RM00143722	18.783	90.
TR00078331D	RM00143722	XX00078331F	52.579	90.
TR00078331F	XX00078331F	RM00382430	25.727	90.
TR00078331G	RM00382430	RM00143411	14.824	90.
TR00078331I	RM00143411	RM00476591	25.075	90.
TR00078351B	RM00143601	RM00143372	46.654	51.4
TR00078351C	RM00143372	RM00143602	21.96	51.4

Página 2 Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\Cesalpina-Torrelles\Torrelles_20-1-14.dat
 Tabla Línea - Nudo: (continuación)

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
TR00078351D	RM00143602	XX00078351F	29.96	51.4
TR00078351F	XX00078351F	XX00078351G	87.343	51.4
TR00078351G	XX00078351G	RM00143604	46.677	51.4
TR00078351H	RM00143604	XX00266529B	29.195	51.4
TR00078354A	XX00078351G	RM00143374	1.3	40.8
TR00078357A	RM00143376	XX00266529B	6.661	32.6
TR00078389A	XX00078471A	RM00143645	17.315	90.
TR00078389B	RM00143645	RM00376138	25.424	90.
TR00078389C	RM00376138	VT00150631B	48.661	90.
TR00078390A	XX00309245H	RM00143427	44.807	61.4

TR00078471A	XX00078471A	XX00078471B	34.265	90.
TR00078471B	XX00078471B	RM00143699	31.432	90.
TR00078471C	RM00143699	RM00143440	36.885	90.
TR00078471E	RM00143440	XX00359290I	37.551	90.
TR00078475A	RM00143439	XX00078471B	0.547	32.6
TR00078477A	XX00078477A	RM00143702	60.72	51.4
TR00078477B	RM00143702	RM00143701	21.416	51.4
TR00078477C	RM00143701	XX00078477E	32.571	51.4
TR00078477D	XX00078477E	RM00143435	22.218	51.4
TR00078477E	RM00143435	XX00078477G	25.59	51.4
TR00078477F	XX00078477G	XX00078477J	21.259	51.4
TR00078477J	XX00078477J	XX00078477L	15.189	51.4
TR00078477K	XX00078477L	XX00078477M	18.643	51.4
TR00078477L	XX00078477M	RM00143404	21.488	51.4
TR00078477N	RM00143404	XX00078477R	10.177	51.4
TR00078477Q	XX00078477R	RM00143711	13.823	51.4
TR00078477R	RM00143711	RM00143394	10.103	51.4
TR00078477S	RM00143394	RM00143712	10.151	51.4
TR00078477T	RM00143712	XX00078477X	23.958	51.4
TR00078477W	XX00078477X	XX00078477Y	16.769	51.4
TR00078477X	XX00078477Y	RM00143716	19.371	51.4
TR00078480A	XX00078480A	XX00078477G	13.1	32.6
TR00078644A	XX00078644A	RM00379820	43.711	130.8
TR00078644B	RM00379820	XX00078644E	10.951	130.8
TR00078644C	XX00078644E	RM00143244	34.593	130.8
TR00078644G	RM00143244	RM00143245	30.278	130.8
TR00078644H	RM00143245	RM00143241	70.599	130.8
TR00078644I	RM00143241	RM00377817	29.453	130.8
TR00078644K	RM00377817	XX00078329AR	14.614	130.8
TR00078645B	CC00030119A	VT00037388B	0.616	80.
TR00078645C	VT00037388A	XX00078644A	0.269	80.
TR00214755B	RM00143427	XX00214755C	11.859	61.4
TR00214755C	XX00214755C	RM00143430	14.192	61.4
TR00214755D	RM00143430	RM00143429	47.029	61.4
TR00214755E	RM00143429	RM00143338	54.774	61.4
TR00214755G	RM00143338	RM00143606	38.239	61.4
TR00214755H	RM00143606	XX00214755I	31.1	61.4

Página 3 Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\Cesalpina-Torrelles\Torrelles_20-1-14.dat
 Tabla Línea - Nudo: (continuación)

ID	Nudo	Nudo	Longitud	Diámetro
Línea	Inicial	Final	m	mm
TR00214757A	XX00374268AA	RM00382306	16.887	51.4
TR00266328A	XX00395947A	XX00214755C	15.881	51.4
TR00266529B	XX00266529B	RM00143378	30.414	51.4
TR00266529C	RM00143378	XX00266529F	35.944	51.4
TR00266529D	XX00266529F	XX00266529G	25.437	51.4
TR00266529E	XX00266529G	XX00214755I	39.458	51.4
TR00309245A	VT00150631A	XX00309245H	20.3	90.
TR00354963A	RM00143544	XX00354963C	28.715	90.
TR00354964C	RM00143544	XX00354964D	17.783	90.
TR00354964D	XX00354964D	RM00376464	31.951	90.
TR00354964H	RM00376464	RM00143395	57.701	90.
TR00354964K	RM00143395	RM00143764	19.563	90.
TR00354964M	RM00143764	RM00143399	23.308	90.
TR00354964Q	RM00143399	RM00468782	19.312	90.
TR00354964U	RM00468782	RM00143409	23.811	90.
TR00354964V	RM00143409	RM00476591	12.719	90.
TR00359287B	RM00143695	RM00143453	44.949	51.4
TR00359287D	RM00143453	XX00359287F	67.885	51.4
TR00359288A	XX00359290A	RM00143449	13.979	90.
TR00359289A	XX00359287F	XX00359290E	8.817	90.
TR00359290A	XX00359290A	XX00359290E	12.542	90.
TR00359290C	XX00359290E	RM00377641	8.26	90.
TR00359290D	RM00377641	RM00143446	47.937	90.
TR00359290E	RM00143446	XX00359290I	46.906	90.
TR00364899A	XX00364900I	XX00078331A	23.946	90.
TR00364899B	XX00078331A	XX00078477A	1.005	90.
TR00364900B	RM00143449	XX00364900C	13.465	90.
TR00364900C	XX00364900C	XX00364900D	54.716	90.
TR00364900D	XX00364900D	XX00364900E	70.498	90.
TR00364900E	XX00364900E	RM00143447	10.451	90.
TR00364900G	RM00143447	XX00364900I	14.95	90.
TR00374268C	RM00143386	RM00143599	20.538	130.8
TR00374268D	RM00143599	RM00143598	48.399	130.8
TR00374268E	RM00143598	RM00143397	42.539	130.8
TR00374268F	RM00143397	RM00143761	25.146	130.8
TR00374268G	RM00143761	RM00143595	41.568	130.8

TR00374268H	RM00143595	RM00143369	57.386	130.8
TR00374268I	RM00143369	RM00143597	45.164	130.8
TR00374268J	RM00143597	HI00004138	13.609	130.8
TR00374268K	HI00004138	RM00210930	44.583	130.8
TR00374268L	RM00210930	RM00143594	10.438	130.8
TR00374268M	RM00143594	RM00381086	17.351	130.8
TR00374268N	RM00381086	RM00143592	0.411	130.8
TR00374268O	RM00143592	RM00375574	15.423	130.8
TR00374268P	RM00375574	RM00413053	10.991	130.8
TR00374268Q	RM00413053	RM00143590	16.535	130.8
TR00374268R	RM00143590	RM00374406	19.162	130.8

Página 4 Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\Cesalpina-Torrelles\Torrelles_20-1-14.dat
 Tabla Línea - Nudo: (continuación)

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
TR00374268T	RM00374406	RM00143589	29.823	130.8
TR00374268U	RM00143589	RM00143214	16.02	130.8
TR00374268V	RM00143214	RM00476375	34.139	130.8
TR00374268W	RM00476375	XX00374268AA	39.099	130.8
TR00374269A	XX00354963C	RM00143386	26.264	130.8
TR00395947A	XX00395947A	RM00498905	17.685	48.8
TR00078329AA	RM00468822	RM00143633	39.444	130.8
TR00078329AE	RM00143633	XX00078329AR	28.109	130.8
TR00078329AF	XX00078329AR	XX00078329AS	1.204	130.8
TR00078477AA	RM00143716	RM00379343	10.94	51.4
VT00037388	VT00037388B	VT00037388A	0.3048	80.
VT00150631	VT00150631B	VT00150631A	0.3048	100.

Resultados de Nudo:

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
HI00004138	0.00	362.61	77.10	0.00
RM00143214	0.00	362.61	86.57	0.00
RM00143215	0.04	362.66	33.95	0.00
RM00143217	0.05	362.66	35.48	0.00
RM00143218	0.02	362.66	32.36	0.00
RM00143221	0.04	362.65	37.35	0.00
RM00143225	0.02	362.65	39.39	0.00
RM00143226	0.01	362.65	42.32	0.00
RM00143228	0.03	362.68	29.11	0.00
RM00143229	0.02	362.64	44.82	0.00
RM00143231	0.03	362.71	16.70	0.00
RM00143237	0.02	362.64	47.37	0.00
RM00143239	0.03	362.67	26.80	0.00
RM00143240	0.01	362.67	23.05	0.00
RM00143241	0.01	362.69	21.05	0.00
RM00143243	0.04	362.67	37.21	0.00
RM00143244	0.01	362.71	9.95	0.00
RM00143245	0.00	362.70	14.10	0.00
RM00143338	0.03	362.39	126.00	0.00
RM00143369	0.03	362.61	77.61	0.00
RM00143372	0.00	362.35	116.61	0.00
RM00143374	0.05	362.35	130.84	0.00
RM00143376	0.04	362.36	131.19	0.00
RM00143378	0.01	362.36	129.96	0.00
RM00143385	0.01	362.62	62.80	0.00
RM00143386	0.00	362.61	72.93	0.00
RM00143394	0.00	362.45	72.89	0.00
RM00143395	0.01	362.56	63.98	0.00
RM00143397	0.03	362.61	78.81	0.00

Página 5 Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\Cesalpina-Torrelles\Torrelles_20-1-14.dat
 Resultados de Nudo: (continuación)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
RM00143399	0.01	362.55	60.89	0.00
RM00143404	0.01	362.45	76.78	0.00
RM00143406	0.00	362.63	55.13	0.00
RM00143408	0.02	362.67	31.46	0.00
RM00143409	0.01	362.54	58.04	0.00
RM00143411	0.01	362.53	56.62	0.00
RM00143427	0.02	362.41	127.54	0.00

RM00143429	0.00	362.40	124.75	0.00
RM00143430	0.01	362.40	125.51	0.00
RM00143435	0.01	362.46	73.81	0.00
RM00143439	0.06	362.43	116.36	0.00
RM00143440	0.02	362.43	112.05	0.00
RM00143446	0.01	362.44	105.25	0.00
RM00143447	0.01	362.47	79.07	0.00
RM00143449	0.02	362.45	95.09	0.00
RM00143453	0.06	362.44	93.97	0.00
RM00143544	0.01	362.60	69.00	0.00
RM00143576	0.00	362.62	67.31	0.00
RM00143580	0.03	362.67	32.57	0.00
RM00143589	0.00	362.61	84.21	0.00
RM00143590	0.00	362.61	80.01	0.00
RM00143592	0.11	362.61	76.21	0.00
RM00143594	0.00	362.61	76.46	0.00
RM00143595	0.00	362.61	77.62	0.00
RM00143597	0.00	362.61	81.55	0.00
RM00143598	0.00	362.61	78.52	0.00
RM00143599	0.00	362.61	75.54	0.00
RM00143601	0.00	362.35	117.82	0.00
RM00143602	0.00	362.35	118.48	0.00
RM00143604	0.00	362.35	132.52	0.00
RM00143606	0.00	362.39	128.29	0.00
RM00143633	0.01	362.67	29.04	0.00
RM00143645	0.00	362.43	121.33	0.00
RM00143695	0.00	362.44	94.62	0.00
RM00143699	0.00	362.43	115.73	0.00
RM00143701	0.00	362.47	79.28	0.00
RM00143702	0.00	362.47	79.81	0.00
RM00143711	0.00	362.45	74.53	0.00
RM00143712	0.01	362.45	71.78	0.00
RM00143716	0.00	362.45	80.55	0.00
RM00143721	0.00	362.49	70.08	0.00
RM00143722	0.00	362.50	63.30	0.00
RM00143723	0.00	362.50	67.07	0.00
RM00143761	0.00	362.61	78.27	0.00
RM00143764	0.00	362.56	62.60	0.00
RM00210930	0.02	362.61	76.58	0.00
RM00374406	0.03	362.61	81.82	0.00

Página 6 Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\Cesalpina-Torrelles\Torrelles_20-1-14.dat
Resultados de Nudo: (continuación)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
RM00375003	0.03	362.72	10.66	0.00
RM00375574	0.01	362.61	77.41	0.00
RM00376138	0.01	362.43	123.88	0.00
RM00376464	0.07	362.58	66.81	0.00
RM00377414	0.01	362.63	53.76	0.00
RM00377641	0.07	362.44	100.17	0.00
RM00377817	0.02	362.68	24.86	0.00
RM00379343	0.03	362.45	80.47	0.00
RM00379820	0.00	362.72	6.96	0.00
RM00381086	0.09	362.61	76.21	0.00
RM00382306	0.02	362.61	98.61	0.00
RM00382430	0.02	362.52	56.00	0.00
RM00400267	0.02	362.72	16.68	0.00
RM00413053	0.01	362.61	78.45	0.00
RM00468782	0.02	362.54	58.04	0.00
RM00468822	0.01	362.67	30.83	0.00
RM00476375	0.02	362.61	90.65	0.00
RM00476591	0.03	362.53	58.03	0.00
RM00498905	0.01	362.41	124.71	0.00
CC00030119A	0.00	362.73	1.23	0.00
CC00030119B	0.00	362.74	1.24	0.00
VT00037388A	0.00	362.73	1.23	0.00
VT00037388B	0.00	362.73	326.22	0.00
VT00150631A	0.00	362.42	128.24	0.00
VT00150631B	0.00	362.42	128.13	0.00
XX00078331A	0.00	362.48	79.56	0.00
XX00078331F	0.01	362.52	54.72	0.00
XX00078351F	0.04	362.35	121.02	0.00
XX00078351G	0.00	362.35	130.90	0.00
XX00078471A	0.00	362.43	119.53	0.00
XX00078471B	0.00	362.43	116.39	0.00
XX00078477A	0.00	362.48	79.57	0.00
XX00078477E	0.00	362.46	76.84	0.00

XX00078477G	0.01	362.46	78.30	0.00
XX00078477J	0.02	362.45	78.23	0.00
XX00078477L	0.00	362.45	78.18	0.00
XX00078477M	0.00	362.45	78.05	0.00
XX00078477R	0.00	362.45	75.73	0.00
XX00078477X	0.00	362.45	79.68	0.00
XX00078477Y	0.02	362.45	78.37	0.00
XX00078480A	0.00	362.46	78.31	0.00
XX00078644A	0.00	362.73	1.23	0.00
XX00078644E	0.01	362.72	9.10	0.00
XX00214755C	0.01	362.41	126.39	0.00
XX00214755I	0.02	362.38	129.16	0.00
XX00266529B	0.00	362.36	131.22	0.00
XX00266529F	0.00	362.37	129.87	0.00

Página 7 Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\Cesalpina-Torrelles\Torrelles_20-1-14.dat
Resultados de Nudo: (continuación)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
XX00266529G	0.00	362.37	129.81	0.00
XX00309245H	0.00	362.42	130.04	0.00
XX00354963C	0.00	362.61	69.97	0.00
XX00354964D	0.00	362.60	67.87	0.00
XX00359287F	0.00	362.44	100.84	0.00
XX00359290A	0.00	362.45	97.66	0.00
XX00359290E	0.00	362.44	99.79	0.00
XX00359290I	0.02	362.44	109.76	0.00
XX00364900C	0.02	362.45	93.78	0.00
XX00364900D	0.00	362.46	88.82	0.00
XX00364900E	0.01	362.47	78.87	0.00
XX00364900I	0.00	362.48	79.23	0.00
XX00395947A	0.03	362.41	125.24	0.00
XX00078329AR	0.00	362.68	27.86	0.00
XX00078329AS	0.00	362.68	27.70	0.00
XX00374268AA	0.00	362.61	95.73	0.00
ES00000091	-1.88	362.75	1.25	0.00 Depósito

Resultados de Línea:

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Estado
CC00030119	1.88	0.96	41.24	Abierto
TR00078326A	0.07	0.04	0.06	Abierto
TR00078326C	0.04	0.02	0.02	Abierto
TR00078326E	0.03	0.01	0.01	Abierto
TR00078327A	1.88	0.37	4.15	Abierto
TR00078328A	0.16	0.08	0.22	Abierto
TR00078328B	0.13	0.06	0.15	Abierto
TR00078328C	0.12	0.06	0.13	Abierto
TR00078328E	0.09	0.04	0.08	Abierto
TR00078328F	0.06	0.03	0.04	Abierto
TR00078328H	0.02	0.01	0.01	Abierto
TR00078329A	-1.33	0.10	0.12	Abierto
TR00078329B	-1.33	0.10	0.12	Abierto
TR00078329C	-1.34	0.10	0.12	Abierto
TR00078329F	-1.34	0.10	0.13	Abierto
TR00078329H	-1.36	0.10	0.13	Abierto
TR00078329K	-1.38	0.10	0.13	Abierto
TR00078329L	-1.39	0.10	0.13	Abierto
TR00078329N	-1.41	0.10	0.14	Abierto
TR00078329O	-1.43	0.11	0.14	Abierto
TR00078329Q	-1.47	0.11	0.15	Abierto
TR00078329T	-1.52	0.11	0.16	Abierto
TR00078329X	-1.56	0.12	0.16	Abierto
TR00078329Y	-1.58	0.12	0.17	Abierto

Página 8 Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\Cesalpina-Torrelles\Torrelles_20-1-14.dat
Resultados de Línea: (continuación)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Estado
TR00078331A	-0.72	0.11	0.24	Abierto
TR00078331B	-0.72	0.11	0.25	Abierto
TR00078331C	-0.72	0.11	0.25	Abierto
TR00078331D	-0.72	0.11	0.24	Abierto

TR00078331F	-0.73	0.11	0.25	Abierto
TR00078331G	-0.75	0.12	0.26	Abierto
TR00078331I	-0.76	0.12	0.27	Abierto
TR00078351B	0.00	0.00	0.00	Abierto
TR00078351C	0.00	0.00	0.00	Abierto
TR00078351D	0.00	0.00	0.00	Abierto
TR00078351F	-0.04	0.02	0.02	Abierto
TR00078351G	-0.09	0.05	0.09	Abierto
TR00078351H	-0.09	0.05	0.09	Abierto
TR00078354A	0.05	0.04	0.09	Abierto
TR00078357A	-0.04	0.05	0.20	Abierto
TR00078389A	0.30	0.05	0.05	Abierto
TR00078389B	0.30	0.05	0.05	Abierto
TR00078389C	0.29	0.05	0.04	Abierto
TR00078390A	0.28	0.09	0.27	Abierto
TR00078471A	-0.30	0.05	0.05	Abierto
TR00078471B	-0.36	0.06	0.07	Abierto
TR00078471C	-0.36	0.06	0.07	Abierto
TR00078471E	-0.38	0.06	0.07	Abierto
TR00078475A	-0.06	0.07	0.41	Abierto
TR00078477A	0.13	0.06	0.15	Abierto
TR00078477B	0.13	0.06	0.15	Abierto
TR00078477C	0.13	0.06	0.15	Abierto
TR00078477D	0.12	0.06	0.14	Abierto
TR00078477E	0.11	0.05	0.12	Abierto
TR00078477F	0.10	0.05	0.09	Abierto
TR00078477J	0.08	0.04	0.06	Abierto
TR00078477K	0.08	0.04	0.06	Abierto
TR00078477L	0.08	0.04	0.06	Abierto
TR00078477N	0.06	0.03	0.04	Abierto
TR00078477Q	0.06	0.03	0.04	Abierto
TR00078477R	0.06	0.03	0.04	Abierto
TR00078477S	0.06	0.03	0.04	Abierto
TR00078477T	0.05	0.03	0.03	Abierto
TR00078477W	0.05	0.03	0.03	Abierto
TR00078477X	0.03	0.01	0.01	Abierto
TR00078480A	0.00	0.00	0.00	Abierto
TR00078644A	1.88	0.14	0.23	Abierto
TR00078644B	1.88	0.14	0.23	Abierto
TR00078644C	1.80	0.13	0.21	Abierto
TR00078644G	1.78	0.13	0.21	Abierto
TR00078644H	1.78	0.13	0.21	Abierto
TR00078644I	1.78	0.13	0.21	Abierto

Página 9 Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\Cesalpina-Torrelles\Torrelles_20-1-14.dat
Resultados de Línea: (continuación)

ID	Caudal	Velocidad	Pérd.	Unit.	Estado
Línea	LPS	m/s	m/km		
TR00078644K	1.76	0.13	0.21	Abierto	
TR00078645B	1.88	0.37	4.17	Abierto	
TR00078645C	1.88	0.37	4.15	Abierto	
TR00214755B	0.26	0.09	0.24	Abierto	
TR00214755C	0.21	0.07	0.16	Abierto	
TR00214755D	0.20	0.07	0.15	Abierto	
TR00214755E	0.20	0.07	0.14	Abierto	
TR00214755G	0.17	0.06	0.11	Abierto	
TR00214755H	0.17	0.06	0.11	Abierto	
TR00214757A	0.02	0.01	0.01	Abierto	
TR00266328A	-0.04	0.02	0.01	Abierto	
TR00266529B	-0.14	0.07	0.18	Abierto	
TR00266529C	-0.15	0.07	0.20	Abierto	
TR00266529D	-0.15	0.07	0.20	Abierto	
TR00266529E	-0.15	0.07	0.21	Abierto	
TR00309245A	0.28	0.04	0.04	Abierto	
TR00354963A	-0.94	0.15	0.40	Abierto	
TR00354964C	0.93	0.15	0.39	Abierto	
TR00354964D	0.92	0.15	0.39	Abierto	
TR00354964H	0.85	0.13	0.33	Abierto	
TR00354964K	0.84	0.13	0.33	Abierto	
TR00354964M	0.84	0.13	0.33	Abierto	
TR00354964Q	0.83	0.13	0.32	Abierto	
TR00354964U	0.81	0.13	0.30	Abierto	
TR00354964V	0.79	0.12	0.29	Abierto	
TR00359287B	0.00	0.00	0.00	Abierto	
TR00359287D	-0.06	0.03	0.04	Abierto	
TR00359288A	-0.53	0.08	0.14	Abierto	
TR00359289A	-0.06	0.01	0.00	Abierto	
TR00359290A	0.53	0.08	0.14	Abierto	

TR00359290C	0.47	0.07	0.11	Abierto
TR00359290D	0.41	0.06	0.08	Abierto
TR00359290E	0.40	0.06	0.08	Abierto
TR00364899A	-0.60	0.09	0.17	Abierto
TR00364899B	0.13	0.02	0.00	Abierto
TR00364900B	-0.56	0.09	0.15	Abierto
TR00364900C	-0.57	0.09	0.16	Abierto
TR00364900D	-0.57	0.09	0.16	Abierto
TR00364900E	-0.58	0.09	0.16	Abierto
TR00364900G	-0.60	0.09	0.17	Abierto
TR00374268C	0.39	0.03	0.01	Abierto
TR00374268D	0.39	0.03	0.01	Abierto
TR00374268E	0.39	0.03	0.01	Abierto
TR00374268F	0.36	0.03	0.01	Abierto
TR00374268G	0.36	0.03	0.01	Abierto
TR00374268H	0.36	0.03	0.01	Abierto
TR00374268I	0.33	0.02	0.01	Abierto

Página 10 Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\Cesalpina-Torrelles\Torrelles_20-1-14.dat
Resultados de Línea: (continuación)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Estado
TR00374268J	0.33	0.02	0.01	Abierto
TR00374268K	0.33	0.02	0.01	Abierto
TR00374268L	0.31	0.02	0.01	Abierto
TR00374268M	0.31	0.02	0.01	Abierto
TR00374268N	0.22	0.02	0.00	Abierto
TR00374268O	0.10	0.01	0.00	Abierto
TR00374268P	0.09	0.01	0.00	Abierto
TR00374268Q	0.09	0.01	0.00	Abierto
TR00374268R	0.08	0.01	0.00	Abierto
TR00374268T	0.05	0.00	0.00	Abierto
TR00374268U	0.05	0.00	0.00	Abierto
TR00374268V	0.05	0.00	0.00	Abierto
TR00374268W	0.02	0.00	0.00	Abierto
TR00374269A	0.39	0.03	0.01	Abierto
TR00395947A	0.01	0.00	0.00	Abierto
TR00078329AA	-1.59	0.12	0.17	Abierto
TR00078329AE	-1.60	0.12	0.17	Abierto
TR00078329AF	0.16	0.01	0.00	Abierto
TR00078477AA	0.03	0.01	0.01	Abierto
VT00037388	1.88	0.37	4.15	Abierto
VT00150631	0.29	0.04	0.12	Abierto

11.2. Annex 2. Informe de la simulació de la xarxa mallada d'Universitat

Página 1 05/08/2015 16:46:12

 * E P A N E T *
 * Análisis Hidráulico y de Calidad *
 * de Redes Hidráulicas a Presión *
 * Versión 2.0 Ve *
 * *
 * Traducido por: *
 * Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos *
 * Universidad Politécnica de Valencia *

Archivo de Entrada: UNIVERSITAT.INP

Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\70bbe\70bbe_17-2-14.dat

Tabla Línea - Nudo:

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
C000034398	C000034398A	C000034398B	0.366684	200.
TR00022416A	XX00022416A	XX00022416C	80.1	100.
TR00022417A	XX00022417A	RM00045904	5.755	150.
TR00022417B	RM00045904	RM00045908	21.598	150.
TR00022417C	RM00045908	HI00001083	5.698	150.
TR00022417D	HI00001083	RM00045909	5.479	150.
TR00022417E	RM00045909	RM00045910	4.312	150.
TR00022417F	RM00045910	RM00231903	0.651	150.
TR00022417G	RM00231903	RM00045912	7.727	150.
TR00022417H	RM00045912	RM00045928	11.276	150.

TR00022417I	RM00045928	RM00092574	42.411	150.
TR00022417J	RM00092574	XX00022544Y	2.793	150.
TR00022428A	XX00022428A	RM00045767	21.866	100.
TR00022428B	RM00045767	RM00045766	2.503	100.
TR00022428C	RM00045766	RM00045765	8.705	100.
TR00022428D	RM00045765	RM00045764	0.495	100.
TR00022428E	RM00045764	RM00045762	16.202	100.
TR00022428F	RM00045762	RM00045761	5.304	100.
TR00022428G	RM00045761	RM00045756	15.799	100.
TR00022428H	RM00045756	RM00390863	20.537	100.
TR00022428I	RM00390863	RM00390861	2.001	100.
TR00022428J	RM00390861	RM00390862	0.997	100.
TR00022428K	RM00390862	XX000224280	20.586	100.
TR00022428L	XX000224280	RM00045751	7.343	100.
TR00022428M	RM00045751	RM00045753	0.99	100.
TR00022428N	RM00045753	RM00045752	6.68	100.
TR00022428O	RM00045752	XX00022428T	11.891	100.
TR00022431A	XX000224280	VT00000746B	15.3	100.
TR00022433A	XX00022428A	XX00022434A	4.6	100.
TR00022434A	XX00022434A	XX00022436A	5.6	150.
TR00022435A	XX00022435A	XX00022436B	1.4	150.
TR00022436A	XX00022436A	XX00022436B	0.989	200.
TR00022436B	XX00022436B	XX00022436C	0.699	200.

Página 2 Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\70bbe\70bbe_17-2-14.dat
 Tabla Línea - Nudo: (continuación)

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
TR00022436C	XX00022436C	XX00022436D	4.712	200.
TR00022437A	XX00022435A	VT00000747B	0.2	150.
TR00022447A	VT00000748A	XX00022416A	30.7	100.
TR00022482A	XX00022490J	RM00468899	7.768	100.
TR00022482B	RM00468899	RM00199037	4.008	100.
TR00022482C	RM00199037	XX00022428T	12.924	100.
TR00022489A	XX00022489A	RM00045899	10.521	100.
TR00022489B	RM00045899	RM00045900	4.736	100.
TR00022489C	RM00045900	XX00022490A	8.343	100.
TR00022490A	XX00022490A	RM00045897	14.376	100.
TR00022490B	RM00045897	RM00045896	2.296	100.
TR00022490C	RM00045896	RM00045898	4.034	100.
TR00022490D	RM00045898	RM00379099	10.333	100.
TR00022490E	RM00379099	RM00045894	4.685	100.
TR00022490F	RM00045894	RM00498846	4.597	100.
TR00022490G	RM00498846	XX00022490J	1.979	100.
TR00022491A	XX00022496F	RM00045901	6.161	80.
TR00022491B	RM00045901	XX00022491C	2.439	80.
TR00022492A	XX00022491C	XX00022489A	4.	70.
TR00022496A	XX00022417A	RM00045903	2.438	100.
TR00022496B	RM00045903	RM00045902	6.162	100.
TR00022496C	RM00045902	XX00022496F	28.9	100.
TR00022530A	XX00037610P	RM00046085	13.443	150.
TR00022530B	RM00046085	RM00046084	5.721	150.
TR00022530C	RM00046084	RM00046073	37.989	150.
TR00022530D	RM00046073	RM00046072	3.451	150.
TR00022530E	RM00046072	RM00046074	1.061	150.
TR00022530F	RM00046074	RM00046075	3.642	150.
TR00022530G	RM00046075	RM00046071	7.97	150.
TR00022530H	RM00046071	RM00046070	0.82	150.
TR00022530I	RM00046070	RM00046057	10.303	150.
TR00022530J	RM00046057	RM00046058	2.701	150.
TR00022530K	RM00046058	XX00022530P	3.048	150.
TR00022530L	XX00022530P	RM00046056	11.434	150.
TR00022530M	RM00046056	XX00022530V	14.417	150.
TR00022531A	XX00022532B	XX00022531C	3.954	100.
TR00022531B	XX00022531C	XX00022531D	13.546	100.
TR00022532A	XX00022416C	XX00022532B	22.3	100.
TR00022534A	XX00022530V	XX00022538A	0.699	200.
TR00022534B	XX00022538A	XX00022531D	1.501	200.
TR00022535A	XX00022531C	XX00022536A	0.6	100.
TR00022536A	XX00022536A	CE00003748	1.7	100.
TR00022537A	XX00037605G	HI00001086	2.34	200.
TR00022537B	HI00001086	XX00022537E	1.16	200.
TR00022538A	XX00022538A	XX00022538B	13.5	200.
TR00022544A	XX00022544A	HI00001087	2.64	150.
TR00022544B	HI00001087	RM00046067	16.269	150.

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
TR00022544C	RM00046067	XX00022544H	4.678	150.
TR00022544D	XX00022544H	RM00046068	17.662	150.
TR00022544E	RM00046068	RM00046069	3.599	150.
TR00022544F	RM00046069	RM00046080	14.501	150.
TR00022544G	RM00046080	RM00046076	5.395	150.
TR00022544H	RM00046076	RM00378103	5.303	150.
TR00022544I	RM00378103	RM00046078	1.103	150.
TR00022544J	RM00046078	RM00216188	5.557	150.
TR00022544K	RM00216188	RM00046082	11.302	150.
TR00022544L	RM00046082	RM00046081	11.489	150.
TR00022544M	RM00046081	XX00022544Y	34.001	150.
TR00022545B	VT00011191A	XX00022436C	0.996	200.
TR00022546A	XX00022436D	RM00215882	2.123	150.
TR00022546B	RM00215882	RM00219358	0.506	150.
TR00022546C	RM00219358	XX00022544A	2.571	150.
TR00022551A	XX00022552C	XX00022551B	4.5	100.
TR00022552A	XX000376100	XX00022552C	7.5	60.
TR00022976A	VT00000755B	XX00022976B	14.2	80.
TR00022979A	XX00022979A	HI00001118	6.372	200.
TR00022979B	HI00001118	XX00037613P	2.328	200.
TR00022993A	XX00022993A	RM00216247	8.992	200.
TR00022993B	RM00216247	RM00047589	5.442	200.
TR00022993C	RM00047589	XX00022993G	2.666	200.
TR00022995A	XX00022993G	XX00022979A	2.8	200.
TR00022996A	XX00022993A	XX00052391B	0.724	200.
TR00022996B	XX00052391B	XX00022997C	0.976	200.
TR00022997A	XX00037604AA	XX00022997C	5.7	100.
TR00037604A	XX00037608V	RM00076819	4.461	80.
TR00037604B	RM00076819	RM00076818	6.001	80.
TR00037604C	RM00076818	RM00076817	2.	80.
TR00037604D	RM00076817	RM00076820	1.	80.
TR00037604E	RM00076820	RM00076813	9.711	80.
TR00037604F	RM00076813	RM00076815	4.228	80.
TR00037604G	RM00076815	RM00076809	9.898	80.
TR00037604H	RM00076809	RM00076808	2.001	80.
TR00037604I	RM00076808	RM00047606	5.861	80.
TR00037604J	RM00047606	RM00047604	7.664	80.
TR00037604K	RM00047604	RM00047605	1.506	80.
TR00037604L	RM00047605	RM00047600	2.255	80.
TR00037604M	RM00047600	RM00382720	4.348	80.
TR00037604N	RM00382720	RM00047598	4.942	80.
TR00037604O	RM00047598	RM00047597	10.23	80.
TR00037604P	RM00047597	RM00047592	7.049	80.
TR00037604Q	RM00047592	RM00047594	0.248	80.
TR00037604R	RM00047594	RM00047593	0.7	80.
TR00037604S	RM00047593	RM00047591	2.241	80.
TR00037604T	RM00047591	XX00037604AA	4.058	80.

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
TR00037608A	XX00037608A	RM00076904	2.384	100.
TR00037608B	RM00076904	RM00076905	0.495	100.
TR00037608C	RM00076905	RM00076903	8.305	100.
TR00037608D	RM00076903	RM00076902	5.801	100.
TR00037608E	RM00076902	RM00076911	12.104	100.
TR00037608F	RM00076911	RM00076899	19.808	100.
TR00037608G	RM00076899	RM00076900	0.502	100.
TR00037608H	RM00076900	RM00076901	9.798	100.
TR00037608I	RM00076901	RM00076898	3.403	100.
TR00037608J	RM00076898	RM00076892	4.499	100.
TR00037608K	RM00076892	RM00412645	0.502	100.
TR00037608L	RM00412645	RM00076894	2.207	100.
TR00037608M	RM00076894	RM00366240	4.096	100.
TR00037608N	RM00366240	RM00472133	1.514	100.
TR00037608O	RM00472133	XX00037608S	4.75	100.
TR00037608P	XX00037608S	RM00076822	12.504	100.
TR00037608Q	RM00076822	RM00076821	1.501	100.
TR00037608R	RM00076821	XX00037608V	2.727	100.
TR00037610A	XX00037610A	XX00037610B	19.973	100.
TR00037610B	XX00037610B	XX00037610D	1.2	100.

TR00037610C	XX00037610D	RM00046119	81.143	100.
TR00037610D	RM00046119	RM00046120	0.799	100.
TR00037610E	RM00046120	RM00096282	32.422	100.
TR00037610F	RM00096282	RM00096002	45.08	100.
TR00037610G	RM00096002	RM00046086	21.808	100.
TR00037610H	RM00046086	XX000376100	34.692	100.
TR00037610I	XX000376100	XX00037610P	23.083	100.
TR00037611A	XX00037610B	XX00037610D	5.1	60.
TR00037612A	RM00076825	XX00037610A	0.8	150.
TR00037613A	CE00005593	XX00037613B	5.918	200.
TR00037613B	XX00037613B	XX00037613C	9.673	200.
TR00037613C	XX00037613C	RM00076827	18.108	200.
TR00037613D	RM00076827	RM00047541	10.599	200.
TR00037613E	RM00047541	RM00047542	0.502	200.
TR00037613F	RM00047542	RM00047548	13.993	200.
TR00037613G	RM00047548	RM00368837	12.663	200.
TR00037613H	RM00368837	RM00047546	1.845	200.
TR00037613I	RM00047546	RM00047544	9.008	200.
TR00037613J	RM00047544	RM00047545	0.502	200.
TR00037613K	RM00047545	RM00047543	6.335	200.
TR00037613L	RM00047543	RM00047590	7.947	200.
TR00037613M	RM00047590	XX00037613P	1.905	200.
TR00037614A	XX00037613C	RM00076825	13.989	150.
TR00037614B	RM00076825	RM00076826	1.1	150.
TR00037614C	RM00076826	HI00064436	1.213	150.
TR00037614D	HI00064436	XX00370673A	0.199	150.
TR00037616A	XX00037616A	RM00076833	8.577	100.

Página 5 Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\70bbe\70bbe_17-2-14.dat
 Tabla Línea - Nudo: (continuación)

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
TR00037616B	RM00076833	RM00093816	13.892	100.
TR00037616C	RM00093816	RM00093808	0.708	100.
TR00037616D	RM00093808	RM00076838	7.431	100.
TR00037616E	RM00076838	RM00076837	0.403	100.
TR00037616F	RM00076837	RM00477755	4.819	100.
TR00037616G	RM00477755	RM00076835	2.583	100.
TR00037616H	RM00076835	RM00076834	1.288	100.
TR00037616I	RM00076834	RM00368756	29.296	100.
TR00037616J	RM00368756	RM00216372	2.516	100.
TR00037616K	RM00216372	XX00037613B	7.287	100.
TR00037640A	XX00037608A	XX00037640B	16.9	100.
TR00050577A	XX00050578A	XX00215461B	0.6	200.
TR00050578A	XX00050578A	RM00046059	19.459	150.
TR00050578B	RM00046059	XX00370496A	60.818	150.
TR00052391A	VT00000757A	XX00052391B	14.7	200.
TR00052782A	VT00018249B	XX00037608S	0.9	100.
TR00052783A	VT00018257A	RM00076849	0.927	100.
TR00052783B	RM00076849	XX00052783D	1.168	100.
TR00052783C	XX00052783D	RM00076847	4.02	100.
TR00052783D	RM00076847	RM00076848	0.602	100.
TR00052783E	RM00076848	RM00076850	15.647	100.
TR00052783F	RM00076850	XX00037616A	1.236	100.
TR00215460A	XX00215460A	XX00215460C	4.6	150.
TR00215461A	XX00215461A	XX00215461B	1.3	200.
TR00215462A	XX00022538B	XX00215460A	0.501	200.
TR00215462B	XX00215460A	VT00112305B	0.402	200.
TR00215462C	VT00112305A	C000034398B	0.994	200.
TR00215462D	C000034398A	XX00215462F	1.347	200.
TR00215462E	XX00215462F	VT00112304B	0.557	200.
TR00215464A	XX00215462F	XX00022537E	1.2	200.
TR00215465A	VT00112304A	XX00215460C	0.45	200.
TR00215465B	XX00215460C	XX00215461A	0.55	200.
TR00219505A	XX00022544H	XX00022530P	17.5	200.
TR00228060A	XX00052783D	XX00037640B	12.9	100.
TR00370496A	XX00370496A	XX00370496D	5.468	150.
TR00370496B	XX00370496D	RM00046064	9.361	150.
TR00370496C	RM00046064	RM00047526	71.598	150.
TR00370496D	RM00047526	XX00370496K	2.188	150.
TR00370498A	VT00011235A	XX00370496D	4.901	100.
TR00370673A	XX00370673A	RM00095651	29.818	150.
TR00370673B	RM00095651	RM00095650	11.131	150.
TR00370673C	RM00095650	XX003706740	5.446	150.
TR00370674A	XX00370496K	XX00370674D	27.846	150.
TR00370674B	XX00370674D	RM00047533	0.404	150.
TR00370674C	RM00047533	RM00047534	3.902	150.
TR00370674D	RM00047534	RM00047538	16.402	150.

TR00370674E RM00047538 RM00047535 10.003 150.

Página 6 Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\70bbe\70bbe_17-2-14.dat
 Tabla Línea - Nudo: (continuación)

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
TR00370674F	RM00047535	RM00047536	4.912	150.
TR00370674G	RM00047536	RM00381335	9.965	150.
TR00370674H	RM00381335	RM00047547	2.452	150.
TR00370674I	RM00047547	RM00047540	5.316	150.
TR00370674J	RM00047540	XX003706740	3.297	150.
TR00370675A	XX00370674D	XX00370676A	0.764	150.
TR00370676A	XX00370676A	XX00022976B	2.273	80.
VT00112304	VT00112304B	VT00112304A	0.3048	200.
VT00112305	VT00112305B	VT00112305A	0.3048	150.

Resultados de Nudo:

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
CE00003748	0.00	71.99	46.96	0.00
CE00005593	0.00	71.90	50.62	0.00
HI00001083	0.00	71.96	49.17	0.00
HI00001086	0.00	72.00	46.97	0.00
HI00001087	0.00	71.97	47.13	0.00
HI00001118	0.00	71.90	48.51	0.00
HI00064436	0.00	71.90	49.89	0.00
RM00045751	0.04	71.94	46.88	0.00
RM00045752	0.02	71.94	46.93	0.00
RM00045753	0.00	71.94	46.88	0.00
RM00045756	0.00	71.95	46.83	0.00
RM00045761	0.00	71.95	46.84	0.00
RM00045762	0.01	71.95	46.84	0.00
RM00045764	0.03	71.96	46.86	0.00
RM00045765	0.00	71.96	46.86	0.00
RM00045766	0.00	71.96	47.01	0.00
RM00045767	0.24	71.96	47.01	0.00
RM00045894	0.11	71.94	47.21	0.00
RM00045896	0.07	71.94	47.55	0.00
RM00045897	0.00	71.94	47.58	0.00
RM00045898	0.04	71.94	47.50	0.00
RM00045899	0.00	71.94	47.89	0.00
RM00045900	0.09	71.94	47.84	0.00
RM00045901	0.04	71.95	48.05	0.00
RM00045902	0.01	71.96	48.89	0.00
RM00045903	0.04	71.96	48.93	0.00
RM00045904	0.00	71.96	48.99	0.00
RM00045908	0.00	71.96	49.13	0.00
RM00045909	0.11	71.96	49.21	0.00
RM00045910	0.00	71.96	49.24	0.00
RM00045912	0.14	71.96	49.29	0.00
RM00045928	0.00	71.96	48.99	0.00

Página 7 Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\70bbe\70bbe_17-2-14.dat
 Resultados de Nudo: (continuación)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
RM00046056	0.02	71.98	46.93	0.00
RM00046057	0.10	71.97	47.53	0.00
RM00046058	0.00	71.97	47.48	0.00
RM00046059	0.00	71.99	46.98	0.00
RM00046064	0.30	71.96	47.00	0.00
RM00046067	0.04	71.97	47.35	0.00
RM00046068	0.00	71.97	47.77	0.00
RM00046069	0.14	71.97	47.84	0.00
RM00046070	0.12	71.97	47.73	0.00
RM00046071	0.00	71.97	47.75	0.00
RM00046072	0.00	71.97	47.99	0.00
RM00046073	0.04	71.97	48.06	0.00
RM00046074	0.00	71.97	47.97	0.00
RM00046075	0.00	71.97	47.90	0.00
RM00046076	0.00	71.97	48.23	0.00
RM00046078	0.00	71.97	48.35	0.00
RM00046080	0.08	71.97	48.12	0.00

RM00046081	0.00	71.96	48.89	0.00
RM00046082	0.15	71.96	48.67	0.00
RM00046084	0.00	71.96	48.79	0.00
RM00046085	0.04	71.96	48.90	0.00
RM00046086	0.89	71.92	50.18	0.00
RM00046119	0.00	71.91	50.47	0.00
RM00046120	0.00	71.91	50.47	0.00
RM00047526	0.03	71.94	47.69	0.00
RM00047533	0.08	71.93	47.95	0.00
RM00047534	0.02	71.93	47.98	0.00
RM00047535	0.07	71.92	48.70	0.00
RM00047536	0.10	71.92	48.78	0.00
RM00047538	0.06	71.92	48.52	0.00
RM00047540	0.05	71.91	49.07	0.00
RM00047541	0.04	71.90	49.44	0.00
RM00047542	0.00	71.90	49.43	0.00
RM00047543	0.06	71.90	48.70	0.00
RM00047544	0.00	71.90	48.81	0.00
RM00047545	0.00	71.90	48.80	0.00
RM00047546	0.13	71.90	48.96	0.00
RM00047547	0.00	71.92	48.98	0.00
RM00047548	0.05	71.90	49.20	0.00
RM00047589	0.06	71.90	48.21	0.00
RM00047590	0.01	71.90	48.57	0.00
RM00047591	0.00	71.89	48.29	0.00
RM00047592	0.00	71.89	48.30	0.00
RM00047593	0.04	71.89	48.30	0.00
RM00047594	0.00	71.89	48.30	0.00
RM00047597	0.04	71.89	48.33	0.00
RM00047598	0.05	71.88	48.36	0.00

Página 8 Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\70bbe\70bbe_17-2-14.dat
Resultados de Nudo: (continuación)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
RM00047600	0.00	71.88	48.39	0.00
RM00047604	0.05	71.88	48.41	0.00
RM00047605	0.05	71.88	48.40	0.00
RM00047606	0.04	71.88	48.44	0.00
RM00076808	0.00	71.88	48.46	0.00
RM00076809	0.04	71.88	48.46	0.00
RM00076813	0.02	71.87	48.52	0.00
RM00076815	0.06	71.87	48.50	0.00
RM00076817	0.02	71.87	48.64	0.00
RM00076818	0.01	71.87	48.64	0.00
RM00076819	0.00	71.87	48.64	0.00
RM00076820	0.00	71.87	48.64	0.00
RM00076821	0.05	71.87	48.64	0.00
RM00076822	0.00	71.87	48.64	0.00
RM00076825	0.00	71.90	49.92	0.00
RM00076826	0.15	71.90	49.91	0.00
RM00076827	0.11	71.90	49.62	0.00
RM00076833	0.04	71.88	50.79	0.00
RM00076834	0.00	71.89	50.72	0.00
RM00076835	0.00	71.89	50.72	0.00
RM00076837	0.00	71.88	50.74	0.00
RM00076838	0.00	71.88	50.74	0.00
RM00076847	0.11	71.87	50.86	0.00
RM00076848	0.10	71.87	50.85	0.00
RM00076849	0.00	71.87	50.87	0.00
RM00076850	0.14	71.88	50.82	0.00
RM00076892	0.00	71.87	49.31	0.00
RM00076894	0.00	71.87	49.27	0.00
RM00076898	0.00	71.87	49.38	0.00
RM00076899	0.00	71.87	49.59	0.00
RM00076900	0.23	71.87	49.58	0.00
RM00076901	0.04	71.87	49.43	0.00
RM00076902	0.03	71.87	50.08	0.00
RM00076903	0.02	71.87	50.17	0.00
RM00076904	0.00	71.87	50.31	0.00
RM00076905	0.07	71.87	50.30	0.00
RM00076911	0.07	71.87	49.90	0.00
RM00092574	0.00	71.96	49.83	0.00
RM00093808	0.00	71.88	50.76	0.00
RM00093816	0.08	71.88	50.76	0.00
RM00095650	0.03	71.91	49.21	0.00
RM00095651	0.00	71.91	49.40	0.00
RM00096002	0.00	71.92	50.27	0.00

RM00096282	0.02	71.91	50.46	0.00
RM00199037	0.45	71.94	47.15	0.00
RM00215882	0.03	71.97	46.95	0.00
RM00216188	0.07	71.97	48.46	0.00

Página 9 Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\70bbe\70bbe_17-2-14.dat
Resultados de Nudo: (continuación)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
RM00216247	0.06	71.90	48.23	0.00
RM00216372	0.00	71.90	50.62	0.00
RM00219358	0.00	71.97	46.95	0.00
RM00231903	0.08	71.96	49.24	0.00
RM00366240	0.01	71.87	49.21	0.00
RM00368756	0.07	71.90	50.62	0.00
RM00368837	0.04	71.90	48.99	0.00
RM00378103	0.10	71.97	48.33	0.00
RM00379099	0.00	71.94	47.21	0.00
RM00381335	0.03	71.92	48.94	0.00
RM00382720	0.03	71.88	48.38	0.00
RM00390861	0.01	71.94	46.85	0.00
RM00390862	0.00	71.94	46.85	0.00
RM00390863	0.35	71.94	46.85	0.00
RM00412645	0.01	71.87	49.30	0.00
RM00468899	0.00	71.94	47.19	0.00
RM00472133	0.02	71.87	49.18	0.00
RM00477755	0.10	71.88	50.73	0.00
RM00498846	0.00	71.94	47.21	0.00
C000034398A	0.00	72.00	46.97	0.00
C000034398B	0.00	72.00	46.97	0.00
VT00000746B	0.00	71.94	46.78	0.00
VT00000747B	0.00	71.97	46.96	0.00
VT00000748A	0.00	71.99	45.33	0.00
VT00000755B	0.00	71.93	47.93	0.00
VT00000757A	0.00	71.90	48.26	0.00
VT00011191A	0.00	71.97	46.96	0.00
VT00011235A	0.00	71.96	47.00	0.00
VT00018249B	0.00	71.87	48.64	0.00
VT00018257A	0.00	71.87	50.87	0.00
VT00112304A	0.00	72.00	46.97	0.00
VT00112304B	0.00	72.00	46.97	0.00
VT00112305A	0.00	72.00	46.97	0.00
VT00112305B	0.00	72.00	46.97	0.00
XX00022416A	0.00	71.99	45.75	0.00
XX00022416C	0.00	71.99	46.68	0.00
XX00022417A	0.00	71.96	48.95	0.00
XX00022428A	0.00	71.97	46.98	0.00
XX000224280	0.00	71.94	46.86	0.00
XX00022428T	0.00	71.94	47.02	0.00
XX00022434A	0.00	71.97	46.97	0.00
XX00022435A	0.00	71.97	46.96	0.00
XX00022436A	0.00	71.97	46.96	0.00
XX00022436B	0.00	71.97	46.96	0.00
XX00022436C	0.00	71.97	46.96	0.00
XX00022436D	0.00	71.97	46.96	0.00
XX00022489A	0.00	71.95	48.00	0.00

Página 10 Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\70bbe\70bbe_17-2-14.dat
Resultados de Nudo: (continuación)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
XX00022490A	0.00	71.94	47.74	0.00
XX00022490J	0.00	71.94	47.21	0.00
XX00022491C	0.00	71.95	48.03	0.00
XX00022496F	0.00	71.95	48.09	0.00
XX00022530P	0.00	71.97	47.42	0.00
XX00022530V	0.00	71.99	46.95	0.00
XX00022531C	0.00	71.99	46.95	0.00
XX00022531D	0.00	71.99	46.95	0.00
XX00022532B	0.00	71.99	46.95	0.00
XX00022536A	0.00	71.99	46.96	0.00
XX00022537E	0.00	72.00	46.97	0.00
XX00022538A	0.00	71.99	46.95	0.00
XX00022538B	0.00	72.00	46.97	0.00
XX00022544A	0.00	71.97	47.09	0.00

XX00022544H	0.00	71.97	47.44	0.00
XX00022544Y	0.00	71.96	49.83	0.00
XX00022551B	0.00	71.95	50.01	0.00
XX00022552C	0.00	71.95	50.01	0.00
XX00022976B	0.00	71.93	47.95	0.00
XX00022979A	0.00	71.90	48.19	0.00
XX00022993A	0.00	71.90	48.25	0.00
XX00022993G	0.00	71.90	48.20	0.00
XX00022997C	0.00	71.90	48.26	0.00
XX00037608A	0.00	71.87	50.34	0.00
XX00037608S	0.00	71.87	48.64	0.00
XX00037608V	0.00	71.87	48.64	0.00
XX00037610A	0.00	71.90	49.94	0.00
XX00037610B	0.00	71.91	50.53	0.00
XX00037610D	0.00	71.91	50.52	0.00
XX00037610O	0.00	71.95	50.01	0.00
XX00037610P	0.00	71.96	49.93	0.00
XX00037613B	0.00	71.90	50.62	0.00
XX00037613C	0.00	71.90	49.92	0.00
XX00037613P	0.00	71.90	48.54	0.00
XX00037616A	0.00	71.88	50.81	0.00
XX00037640B	0.00	71.87	50.94	0.00
XX00050578A	0.00	72.00	46.97	0.00
XX00052391B	0.00	71.90	48.26	0.00
XX00052783D	0.00	71.87	50.87	0.00
XX00215460A	0.00	72.00	46.97	0.00
XX00215460C	0.00	72.00	46.97	0.00
XX00215461A	0.00	72.00	46.97	0.00
XX00215461B	0.00	72.00	46.97	0.00
XX00215462F	0.00	72.00	46.97	0.00
XX00370496A	0.00	71.97	47.01	0.00
XX00370496D	0.00	71.96	47.00	0.00
XX00370496K	0.00	71.94	47.71	0.00

Página 11 Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\70bbe\70bbe_17-2-14.dat
Resultados de Nudo: (continuación)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
XX00370673A	0.00	71.90	49.88	0.00
XX00370674D	0.00	71.93	47.95	0.00
XX00370674O	0.00	71.91	49.12	0.00
XX00370676A	0.00	71.93	47.95	0.00
XX00037604AA	0.00	71.90	48.28	0.00
XX00037605G	-6.89	72.00	0.00	0.00 Embalse

Resultados de Línea:

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Estado
C000034398	3.11	0.10	0.11	Abierto
TR00022416A	0.00	0.00	0.00	Abierto
TR00022417A	-0.60	0.03	0.02	Abierto
TR00022417B	-0.60	0.03	0.02	Abierto
TR00022417C	-0.60	0.03	0.02	Abierto
TR00022417D	-0.60	0.03	0.02	Abierto
TR00022417E	-0.70	0.04	0.03	Abierto
TR00022417F	-0.70	0.04	0.03	Abierto
TR00022417G	-0.79	0.04	0.04	Abierto
TR00022417H	-0.93	0.05	0.05	Abierto
TR00022417I	-0.93	0.05	0.05	Abierto
TR00022417J	-0.93	0.05	0.05	Abierto
TR00022428A	0.96	0.12	0.40	Abierto
TR00022428B	0.72	0.09	0.23	Abierto
TR00022428C	0.72	0.09	0.24	Abierto
TR00022428D	0.72	0.09	0.23	Abierto
TR00022428E	0.68	0.09	0.22	Abierto
TR00022428F	0.67	0.09	0.21	Abierto
TR00022428G	0.67	0.09	0.21	Abierto
TR00022428H	0.67	0.09	0.21	Abierto
TR00022428I	0.32	0.04	0.05	Abierto
TR00022428J	0.31	0.04	0.05	Abierto
TR00022428K	0.31	0.04	0.05	Abierto
TR00022428L	0.31	0.04	0.05	Abierto
TR00022428M	0.26	0.03	0.04	Abierto
TR00022428N	0.26	0.03	0.04	Abierto
TR00022428O	0.25	0.03	0.03	Abierto
TR00022431A	0.00	0.00	0.00	Abierto

TR00022433A	-0.96	0.12	0.40	Abierto
TR00022434A	-0.96	0.05	0.06	Abierto
TR00022435A	0.00	0.00	0.00	Abierto
TR00022436A	-0.96	0.03	0.01	Abierto
TR00022436B	-0.96	0.03	0.01	Abierto
TR00022436C	-0.96	0.03	0.01	Abierto
TR00022437A	0.00	0.00	0.00	Abierto

Página 12 Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\70bbe\70bbe_17-2-14.dat
Resultados de Línea: (continuación)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. m/km	Unit. m/km	Estado
TR00022447A	0.00	0.00	0.00		Abierto
TR00022482A	0.20	0.03	0.02		Abierto
TR00022482B	0.20	0.03	0.02		Abierto
TR00022482C	-0.25	0.03	0.03		Abierto
TR00022489A	0.51	0.06	0.12		Abierto
TR00022489B	0.51	0.06	0.12		Abierto
TR00022489C	0.42	0.05	0.09		Abierto
TR00022490A	0.42	0.05	0.09		Abierto
TR00022490B	0.42	0.05	0.09		Abierto
TR00022490C	0.35	0.04	0.06		Abierto
TR00022490D	0.31	0.04	0.05		Abierto
TR00022490E	0.31	0.04	0.05		Abierto
TR00022490F	0.20	0.03	0.02		Abierto
TR00022490G	0.20	0.03	0.02		Abierto
TR00022491A	0.55	0.11	0.42		Abierto
TR00022491B	0.51	0.10	0.37		Abierto
TR00022492A	0.51	0.13	0.70		Abierto
TR00022496A	0.60	0.08	0.17		Abierto
TR00022496B	0.55	0.07	0.14		Abierto
TR00022496C	0.55	0.07	0.14		Abierto
TR00022530A	-1.32	0.07	0.10		Abierto
TR00022530B	-1.36	0.08	0.11		Abierto
TR00022530C	-1.36	0.08	0.11		Abierto
TR00022530D	-1.40	0.08	0.11		Abierto
TR00022530E	-1.40	0.08	0.11		Abierto
TR00022530F	-1.40	0.08	0.11		Abierto
TR00022530G	-1.40	0.08	0.11		Abierto
TR00022530H	-1.40	0.08	0.11		Abierto
TR00022530I	-1.52	0.09	0.13		Abierto
TR00022530J	-1.63	0.09	0.15		Abierto
TR00022530K	-1.63	0.09	0.15		Abierto
TR00022530L	-4.13	0.23	0.84		Abierto
TR00022530M	-4.15	0.23	0.84		Abierto
TR00022531A	0.00	0.00	0.00		Abierto
TR00022531B	0.00	0.00	0.00		Abierto
TR00022532A	0.00	0.00	0.00		Abierto
TR00022534A	-4.15	0.13	0.21		Abierto
TR00022534B	0.00	0.00	0.00		Abierto
TR00022535A	0.00	0.00	0.00		Abierto
TR00022536A	0.00	0.00	0.00		Abierto
TR00022537A	6.89	0.22	0.53		Abierto
TR00022537B	6.89	0.22	0.53		Abierto
TR00022538A	-4.15	0.13	0.21		Abierto
TR00022544A	-0.99	0.06	0.06		Abierto
TR00022544B	-0.99	0.06	0.06		Abierto
TR00022544C	-1.03	0.06	0.06		Abierto
TR00022544D	1.47	0.08	0.12		Abierto

Página 13 Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\70bbe\70bbe_17-2-14.dat
Resultados de Línea: (continuación)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. m/km	Unit. m/km	Estado
TR00022544E	1.47	0.08	0.12		Abierto
TR00022544F	1.33	0.08	0.10		Abierto
TR00022544G	1.25	0.07	0.09		Abierto
TR00022544H	1.25	0.07	0.09		Abierto
TR00022544I	1.15	0.07	0.08		Abierto
TR00022544J	1.15	0.07	0.08		Abierto
TR00022544K	1.08	0.06	0.07		Abierto
TR00022544L	0.93	0.05	0.05		Abierto
TR00022544M	0.93	0.05	0.05		Abierto
TR00022545B	0.00	0.00	0.00		Abierto
TR00022546A	-0.96	0.05	0.06		Abierto

TR00022546B	-0.99	0.06	0.06	Abierto
TR00022546C	-0.99	0.06	0.06	Abierto
TR00022551A	0.00	0.00	0.00	Abierto
TR00022552A	0.00	0.00	0.00	Abierto
TR00022976A	0.00	0.00	0.00	Abierto
TR00022979A	-0.80	0.03	0.01	Abierto
TR00022979B	-0.80	0.03	0.01	Abierto
TR00022993A	-0.67	0.02	0.01	Abierto
TR00022993B	-0.73	0.02	0.01	Abierto
TR00022993C	-0.80	0.03	0.01	Abierto
TR00022995A	-0.80	0.03	0.01	Abierto
TR00022996A	0.67	0.02	0.01	Abierto
TR00022996B	0.67	0.02	0.00	Abierto
TR00022997A	-0.67	0.09	0.21	Abierto
TR00037604A	-0.22	0.04	0.08	Abierto
TR00037604B	-0.22	0.04	0.08	Abierto
TR00037604C	-0.23	0.05	0.09	Abierto
TR00037604D	-0.25	0.05	0.10	Abierto
TR00037604E	-0.25	0.05	0.10	Abierto
TR00037604F	-0.27	0.05	0.12	Abierto
TR00037604G	-0.33	0.07	0.17	Abierto
TR00037604H	-0.37	0.07	0.21	Abierto
TR00037604I	-0.37	0.07	0.21	Abierto
TR00037604J	-0.41	0.08	0.25	Abierto
TR00037604K	-0.46	0.09	0.31	Abierto
TR00037604L	-0.51	0.10	0.37	Abierto
TR00037604M	-0.51	0.10	0.37	Abierto
TR00037604N	-0.54	0.11	0.41	Abierto
TR00037604O	-0.59	0.12	0.48	Abierto
TR00037604P	-0.63	0.13	0.55	Abierto
TR00037604Q	-0.63	0.13	0.56	Abierto
TR00037604R	-0.63	0.13	0.54	Abierto
TR00037604S	-0.67	0.13	0.61	Abierto
TR00037604T	-0.67	0.13	0.61	Abierto
TR00037608A	0.32	0.04	0.05	Abierto
TR00037608B	0.32	0.04	0.06	Abierto

Página 14 Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\70bbe\70bbe_17-2-14.dat
Resultados de Línea: (continuación)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Estado
TR00037608C	0.25	0.03	0.03	Abierto
TR00037608D	0.23	0.03	0.03	Abierto
TR00037608E	0.20	0.03	0.02	Abierto
TR00037608F	0.13	0.02	0.01	Abierto
TR00037608G	0.13	0.02	0.01	Abierto
TR00037608H	-0.10	0.01	0.01	Abierto
TR00037608I	-0.14	0.02	0.01	Abierto
TR00037608J	-0.14	0.02	0.01	Abierto
TR00037608K	-0.14	0.02	0.01	Abierto
TR00037608L	-0.15	0.02	0.01	Abierto
TR00037608M	-0.15	0.02	0.01	Abierto
TR00037608N	-0.15	0.02	0.02	Abierto
TR00037608O	-0.17	0.02	0.02	Abierto
TR00037608P	-0.17	0.02	0.02	Abierto
TR00037608Q	-0.17	0.02	0.02	Abierto
TR00037608R	-0.22	0.03	0.03	Abierto
TR00037610A	-0.40	0.05	0.08	Abierto
TR00037610B	-0.35	0.05	0.07	Abierto
TR00037610C	-0.40	0.05	0.08	Abierto
TR00037610D	-0.40	0.05	0.08	Abierto
TR00037610E	-0.40	0.05	0.08	Abierto
TR00037610F	-0.42	0.05	0.09	Abierto
TR00037610G	-0.42	0.05	0.09	Abierto
TR00037610H	-1.32	0.17	0.72	Abierto
TR00037610I	-1.32	0.17	0.72	Abierto
TR00037611A	-0.05	0.02	0.02	Abierto
TR00037612A	-0.40	0.02	0.01	Abierto
TR00037613A	0.00	0.00	0.00	Abierto
TR00037613B	-0.95	0.03	0.01	Abierto
TR00037613C	1.24	0.04	0.02	Abierto
TR00037613D	1.13	0.04	0.02	Abierto
TR00037613E	1.09	0.03	0.02	Abierto
TR00037613F	1.09	0.03	0.02	Abierto
TR00037613G	1.04	0.03	0.02	Abierto
TR00037613H	1.00	0.03	0.02	Abierto
TR00037613I	0.87	0.03	0.01	Abierto
TR00037613J	0.87	0.03	0.01	Abierto
TR00037613K	0.86	0.03	0.01	Abierto

TR00037613L	0.80	0.03	0.01	Abierto
TR00037613M	0.80	0.03	0.01	Abierto
TR00037614A	-2.19	0.12	0.26	Abierto
TR00037614B	-1.79	0.10	0.18	Abierto
TR00037614C	-1.94	0.11	0.21	Abierto
TR00037614D	-1.94	0.11	0.21	Abierto
TR00037616A	-0.66	0.08	0.20	Abierto
TR00037616B	-0.70	0.09	0.22	Abierto
TR00037616C	-0.78	0.10	0.28	Abierto

Página 15 Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\70bbe\70bbe_17-2-14.dat
Resultados de Línea: (continuación)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Estado
TR00037616D	-0.78	0.10	0.28	Abierto
TR00037616E	-0.78	0.10	0.28	Abierto
TR00037616F	-0.78	0.10	0.28	Abierto
TR00037616G	-0.88	0.11	0.35	Abierto
TR00037616H	-0.88	0.11	0.35	Abierto
TR00037616I	-0.88	0.11	0.35	Abierto
TR00037616J	-0.95	0.12	0.40	Abierto
TR00037616K	-0.95	0.12	0.40	Abierto
TR00037640A	-0.32	0.04	0.05	Abierto
TR00050577A	-2.74	0.09	0.09	Abierto
TR00050578A	2.74	0.15	0.39	Abierto
TR00050578B	2.74	0.15	0.39	Abierto
TR00052391A	0.00	0.00	0.00	Abierto
TR00052782A	0.00	0.00	0.00	Abierto
TR00052783A	0.00	0.00	0.00	Abierto
TR00052783B	0.00	0.00	0.00	Abierto
TR00052783C	-0.32	0.04	0.05	Abierto
TR00052783D	-0.43	0.05	0.09	Abierto
TR00052783E	-0.52	0.07	0.13	Abierto
TR00052783F	-0.66	0.08	0.20	Abierto
TR00215460A	-1.04	0.06	0.06	Abierto
TR00215461A	2.74	0.09	0.10	Abierto
TR00215462A	-4.15	0.13	0.21	Abierto
TR00215462B	-3.11	0.10	0.12	Abierto
TR00215462C	-3.11	0.10	0.12	Abierto
TR00215462D	-3.11	0.10	0.12	Abierto
TR00215462E	3.78	0.12	0.18	Abierto
TR00215464A	-6.89	0.22	0.53	Abierto
TR00215465A	3.78	0.12	0.18	Abierto
TR00215465B	2.74	0.09	0.09	Abierto
TR00219505A	-2.50	0.08	0.08	Abierto
TR00228060A	0.32	0.04	0.05	Abierto
TR00370496A	2.74	0.15	0.39	Abierto
TR00370496B	2.74	0.15	0.39	Abierto
TR00370496C	2.44	0.14	0.31	Abierto
TR00370496D	2.40	0.14	0.31	Abierto
TR00370498A	0.00	0.00	0.00	Abierto
TR00370673A	-1.94	0.11	0.21	Abierto
TR00370673B	-1.94	0.11	0.21	Abierto
TR00370673C	-1.98	0.11	0.21	Abierto
TR00370674A	2.40	0.14	0.31	Abierto
TR00370674B	2.40	0.14	0.30	Abierto
TR00370674C	2.32	0.13	0.29	Abierto
TR00370674D	2.30	0.13	0.28	Abierto
TR00370674E	2.24	0.13	0.27	Abierto
TR00370674F	2.17	0.12	0.25	Abierto
TR00370674G	2.07	0.12	0.23	Abierto

Página 16 Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\70bbe\70bbe_17-2-14.dat
Resultados de Línea: (continuación)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Estado
TR00370674H	2.03	0.11	0.22	Abierto
TR00370674I	2.03	0.11	0.22	Abierto
TR00370674J	1.98	0.11	0.21	Abierto
TR00370675A	0.00	0.00	0.00	Abierto
TR00370676A	0.00	0.00	0.00	Abierto
VT00112304	3.78	0.12	0.18	Abierto
VT00112305	-3.11	0.18	0.50	Abierto

11.3. Annex 3. Informe de la simulació de la xarxa de Can Guey simplificada

Página 1

05/08/2015 17:05:18

```
*****
*                               E P A N E T                               *
*                               Análisis Hidráulico y de Calidad          *
*                               de Redes Hidráulicas a Presión            *
*                               Versión 2.0 Ve                            *
*                               Traducido por:                            *
*                               Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos *
*                               Universidad Politécnica de Valencia        *
*****
```

Archivo de Entrada: CANGUEY IV_SIMPLIFICAT_SANDRA.NET

Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\Cesalpina-Torrelles\Torrelles_20-1-14.dat

Tabla Línea - Nudo:

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
CC00030119	VALVULA	NUS0	0.0739752	50.
PRE1	DEPÓSIT	VALVULA	3.014	80.
1	NUS0	NUS1	54.662	130.8
2	NUS2	NUS1	64.886	51.4
3	NUS1	NUS3	199.537	130.8
4	NUS3	NUS4	166.198	51.4
5	NUS3	NUSbypass5	456.075	130.8
6	NUSbypass5	NUS5	591.475	130.8
7	NUS4	NUS6	452.9	90.
8	NUS6	NUS7	355.391	51.4
9	NUS6	NUS9	214.547	90.
10	NUS9	NUS8	121.651	51.4
11	NUS9	NUS10	355.2408	90.
12	NUS10	NUS11	275.566	61.4
13	NUS11	NUS12	399.703	51.4

Resultados de Nudo:

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
NUS2	0.07	362.72	16.70	0.00
NUS4	0.16	361.33	30.12	0.00
NUS12	0.15	360.91	116.38	0.00
NUS8	0.06	361.10	93.28	0.00
NUS7	0.13	361.09	79.12	0.00
NUS5	0.39	362.66	98.65	0.00
NUS0	0.00	362.73	1.23	0.00
VALVULA	0.00	362.74	1.24	0.00
NUS6	0.22	361.15	78.23	0.00
NUS1	0.01	362.72	9.10	0.00
NUS11	0.13	360.99	127.77	0.00
NUS10	0.19	361.07	128.69	0.00

Página 2 Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\Cesalpina-Torrelles\Torrelles_20-1-14.dat

Resultados de Nudo: (continuación)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
NUSbypass5	0.27	362.66	70.02	0.00
NUS9	0.06	361.11	98.45	0.00
NUS3	0.04	362.68	27.86	0.00
DEPÓSIT	-1.88	362.75	1.25	0.00 Depósito

Resultados de Línea:

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Estado
CC00030119	1.88	0.96	41.24	Abierto
PRE1	1.88	0.37	4.15	Abierto
1	1.88	0.14	0.23	Abierto
2	-0.07	0.04	0.05	Abierto
3	1.79	0.13	0.21	Abierto

4	1.10	0.53	8.14	Abierto
5	0.66	0.05	0.03	Abierto
6	0.39	0.03	0.01	Abierto
7	0.94	0.15	0.40	Abierto
8	0.13	0.06	0.15	Abierto
9	0.60	0.09	0.17	Abierto
10	0.06	0.03	0.04	Abierto
11	0.47	0.07	0.11	Abierto
12	0.28	0.09	0.27	Abierto
13	0.15	0.07	0.21	Abierto

11.4. Annex 4. Informe de la simulació de la xarxa d'Universitat simplificada

```

Página 1                                02/09/2015 18:35:55
*****
*                                     *
*           E P A N E T               *
*       Análisis Hidráulico y de Calidad   *
*       de Redes Hidráulicas a Presión     *
*           Versión 2.0 Ve                 *
*                                     *
*       Traducido por:                   *
*       Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos *
*       Universidad Politécnica de Valencia *
*****

```

Archivo de Entrada: UNIVERSITAT_simplificat Sandra.NET

Q:\DISTRIBUCIO\MODELS PICCOLO\70bbe\70bbe_17-2-14.dat

Tabla Línea - Nudo:

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
13	NUSMALLA3	NUSMALLA2_2	13.989	150.
6	NUSMALLA1	NUSMALLA2_1	17.5	200.
3	NUS80	NUS100_2	12.6	80
4	NUS100_2	NUS150	37.5	100
5	NUS150	NUSMALLA1	217.612	150
14	NUSMALLA3	NUS100_4	15.591	200
2	NUS100	NUS80	252.399	100
7	NUSMALLA2_1	NUS100_3	90.149	150
1	NUSMALLA1	NUS100	40.81	150
8	NUS100_3	NUSMALLA2_2	261	100
9	NUSMALLA2_2	NUS200	302.298	150
10	XX00037605G	NUS150_2	24	200
11	NUS200	NUS150_2	21.876284	200
12	NUS150_2	NUSMALLA2_1	25.851	150
15	NUS100_4	NUS80_2	227.005	100
16	NUS80_2	NUS200_2	96.102	80
17	NUS200_2	NUSMALLA3	105.76	200

Resultados de Nudo:

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
NUSMALLA2_2	0.92	71.90	49.92	0.00
NUS150	0.09	71.95	48.94	0.00
NUS100	0.07	71.97	46.97	0.00
NUS80	1.47	71.93	47.98	0.00
NUS100_2	0.04	71.94	48.08	0.00
NUSMALLA2_1	0.02	71.97	47.42	0.00
NUS150_2	0.00	71.99	46.95	0.00
NUSMALLA1	0.88	71.97	47.43	0.00
NUS200_2	0.45	71.89	48.25	0.00
NUS80_2	1.16	71.85	48.62	0.00

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
NUS100_3	0.31	71.96	49.93	0.00
NUS100_4	0.00	71.89	50.61	0.00
NUSMALLA3	0.57	71.89	49.91	0.00
NUS200	0.95	71.98	46.96	0.00
XX00037605G	-6.92	72.00	0.00	0.00 Embalse

Resultados de Línea:

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Estado
13	-2.18	0.12	0.26	Abierto
6	-2.55	0.08	0.08	Abierto
3	-0.89	0.18	1.04	Abierto
4	-0.93	0.12	0.38	Abierto
5	-1.02	0.06	0.06	Abierto
14	0.62	0.02	0.01	Abierto
2	0.58	0.07	0.16	Abierto
7	1.07	0.06	0.07	Abierto
1	0.65	0.04	0.03	Abierto
8	0.76	0.10	0.26	Abierto
9	-2.34	0.13	0.29	Abierto
10	6.92	0.22	0.54	Abierto
11	-3.28	0.10	0.13	Abierto
12	3.64	0.21	0.66	Abierto
15	0.62	0.08	0.18	Abierto
16	-0.54	0.11	0.41	Abierto
17	-0.99	0.03	0.01	Abierto