



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR ENGINYERS
INDUSTRIALS VALÈNCIA

Curs Acadèmic:

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

AGRAÏMENTS

“A Jose Miguel, Amparo, Àngela i Cynthia.

A Jose Pons per la seua ajuda, dedicació i entrega exemplars”

RESUMEN

El Trabajo de fin de grado aquí expuesto se enmarca dentro del campo de la ingeniería hidráulica. El objetivo del mismo es la optimización de la red de Spirin en Cahul (Moldavia), así como la caracterización, estudio y modelaje del agua no registrada en el sistema.

Con el ánimo de cumplir este objetivo se profundiza en la descripción y conocimiento de la red de la ciudad. Se exponen las condiciones actuales de los elementos que conforman la red, así como las de servicio y los datos de facturación, introduciéndose también el concepto de áreas de presión registrada. Después, con los datos recogidos, se elabora el balance de agua según la IWA. Posteriormente se diseñan las estaciones de bombeo adecuadas, incluyendo un estudio energético del coste asociado al funcionamiento de los grupos de bombeo propuestos. Finalmente se estudia y modela el agua no registrada haciendo uso de coeficientes emisores mediante la herramienta EPANET para el estudio de redes de distribución de agua hasta nodos de consumo y se presentan las conclusiones deprendidas del uso de este método.

Palabras clave: estaciones de bombeo, bombeo, agua no registrada, coeficientes emisores, modelaje, balance de agua, hidráulica, agua no facturada, pérdidas

RESUM

El treball de fi de grau ací exposat s’emmarca dins del camp de l’enginyeria hidràulica. L’objectiu del mateix és l’optimització de la xarxa de Spirin a Cahul (Moldàvia), així com la caracterització, estudi i modelatge de l’aigua no registrada al sistema.

Amb l’ànim d’acomplir aquest objectiu s’aprofundeix en la descripció i coneixement de la xarxa de la ciutat. S’exposen les condicions actuals dels elements que conformen la xarxa, així com de servei i les dades de facturació, introduint-se també el concepte d’àrees de pressió registrada. Després, amb les dades recollides, s’elabora el balanç d’aigua segons l’IWA. Posteriorment es dissenyen les estacions de bombeig adequades, incloent un estudi energètic del cost associat al funcionament dels grups de bombeig proposats. Finalment s’estudia i modela l’aigua no registrada fent servir l’ús de coeficients emissors mitjançant la ferramenta informàtica EPANET per a l’estudi de xarxes de distribució d’aigua fins als nodes de consum i es presenten les conclusions despreses de l’ús d’aquest mètode.

Paraules clau: estacions de bombeig, bombament, aigua no registrada, coeficients emissors, modelatge, balanç d’aigua, hidràulica, aigua no facturada, pèrdues

ABSTRACT

The end-of-grade work presented here is framed within the field of hydraulic engineering. The objective of the project is the optimization of the Spirin network in Cahul (Moldova), as well as the characterization, study and modelling of non-revenue-water in the system.

With the aim of accomplishing this objective, the description and knowledge of the city network is deepened. The current conditions of the elements that make up the network, as well as the conditions of service and the billing data are presented, also introducing the concept of pressure metered areas. Then, with the data collected, the water balance is elaborated according to the IWA. Subsequently, suitable pumping stations are designed, including an energy study of the cost associated with the operation of the proposed pumping groups. Finally, the unregistered water is studied and modelled by using emitter coefficients through the EPANET tool for the study of water distribution networks to consumption nodes and the conclusions drawn from the use of this method are presented.

Keywords: pumping stations, pumping, non-revenue water, emitter coefficient, modelling, water balance, hydraulics, water loses

ÍNDEX

DOCUMENTS CONTINGUTS EN EL TFG

- Memòria
- Pressupost
- Plànols

ÍNDIX DE LA MEMÒRIA

1	Context	13
2	Introducció.....	14
2.1	Antecedents	14
2.2	Objectius	14
3	Mètode	14
3.1	Xarxa a Spirin (Cahul).....	14
3.2	Condicions actuals	18
3.2.1	Sectorització: Districtes i Àrees de Pressió Registrada (DMA/PMA)	18
3.2.2	Elements de la xarxa	20
3.2.2.1	Vàlvules.....	20
3.2.2.2	Canonades	20
3.2.3	Servei.....	20
3.2.4	Facturació	20
3.3	Balanç d’aigua segons l’IWA.....	21
3.3.1.1	Consum autoritzat.....	25
3.3.1.1.1	Consum facturat autoritzat	27
3.3.1.1.2	Consum no facturat autoritzat.....	29
3.3.1.2	Pèrdues d’aigua	29
3.3.1.2.1	Pèrdues aparents	29
3.3.1.2.2	Pèrdues reals.....	30
3.3.2	Balanç hídric IWA.....	32
3.3.3	Aigua No Registrada.....	36
3.3.4	Càlcul de l’ILI.....	36
3.4	Estacions de bombeig	41
3.4.1	Disseny de bombes	41
3.4.2	Càrrega de model per a simulació del bombeig	50
3.4.3	Patró de demanda.....	52
3.4.4	Resultats del bombeig.....	54
3.4.5	Costos energètics	60
3.5	Model matemàtic de l’ANR.....	63
3.5.1	Introducció.....	63

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

3.5.2	Càrrega del model per a modelatge de l’ANR	63
3.5.3	Inclusió de l’ANR en el model matemàtic	63
3.5.4	Distribució de l’ANR	66
3.5.5	Cas de modelatge: flux de pèrdues emprant emissors	68
3.5.6	Resultats i conclusions	70
4	Bibliografia.....	76

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

LLISTAT DE TAULES

Taula 1: volum d’entrada al sistema des d’EB2 (2013-2015)	22
Taula 2: total d’aigua bombejada i % de consum a les EB (2013-2015).....	24
Taula 3: consum autoritzat (2013-2015)	26
Taula 4: consum facturat autoritzat (2013-2015).....	28
Taula 5: pèrdues d’aigua (2013-2015)	31
Taula 6: balanç d’aigua IWA a la xarxa de Cahul, 2013	33
Taula 7: balanç d’aigua IWA a la xarxa de Cahul, 2014	34
Taula 8: balanç d’aigua IWA a la xarxa de Cahul, 2015	35
Taula 9: distribució d’ANR	36
Taula 10: ILI 2013	38
Taula 11: ILI 2014	39
Taula 12: ILI 2015	40
Taula 13: modelatge de consum constant	52
Taula 14: modelatge del consum dependent de la variació de temps	52
Taula 15: paràmetres dels patrons de demanda	53
Taula 16: cost energètic bomba 1	60
Taula 17: cost energètic bomba 3	61
Taula 18: cost energètic bomba 4	62
Taula 19: cost energètic conjunt bombes 3 i 4	62
Taula 20: tipus de consum modelats per EPANET	64
Taula 21: propietats del node emissor.....	65
Taula 22: elements modelats pels emissors.....	65
Taula 23: balanç d’aigua IWA a la xarxa de Cahul, Juliol 2015	67
Taula 24: distribució del flux de pèrdues per a càlcul de coeficients emissors	69
Taula 25: fluxos dependents i no dependents de la pressió	69
Taula 26: distribució de flux de pèrdues no dependent de la pressió	70
Taula 27: càlcul de coeficients emissors	70

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

LLISTAT D’IMATGES I GRÀFIQUES

Imatge 1: localització de Moldàvia	13
Imatge 2: diagrama de subministrament d’ aigua per a Spirin, Cahul.....	15
Imatge 3: esquema de distribució de la xarxa de Spirin (Cahul) (Font: projecte Taha-Acva).....	17
Imatge 4: àrees de mesura de pressió	19
Imatge 5: corbes bomba 1.....	43
Imatge 6: corbes bomba 2.....	45
Imatge 7: corbes bombes 3	48
Imatge 8: corbes bomba 4.....	49
Imatge 9: patró de demanda	53
Imatge 10: nivell dels dipòsits a l’entrada de l’EB3.....	55
Imatge 11: distribució de pressions i fluxos a la xarxa (12 a.m.)	56
Imatge 12: pressió nus més desfavorable per gravetat.....	58
Imatge 13: pressió nus més desfavorable per bombeig directe.....	59
Imatge 14: modelatge de pèrdues/consums dependents de la pressió	65
Imatge 15: distribució de l’ANR	68
Imatge 16: nivell dels dipòsits (sense coeficients emissors)	71
Imatge 17: nivell dels dipòsits (amb coeficients emissors)	72
Imatge 18: eixida d’aigua dels dipòsits (sense coeficients emissors)	74
Imatge 19: eixida d’aigua dels dipòsits (amb coeficients emissors)	75

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

ÍNDIX DEL PRESSUPOST

1	Quadre de preus descompostos	79
2	Quadre de preus 1 i 2	82
3	Pressupost i medicions	84
4	Resum del pressupost.....	86

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

ÍNDIX DELS PLÀNOLS

1	Localització de Cahul (Moldàvia).....	89
2	Localització de les estacions de bombeig (Cahul)	90
3	Xarxa i estacions de bombeig (Cahul).....	91

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

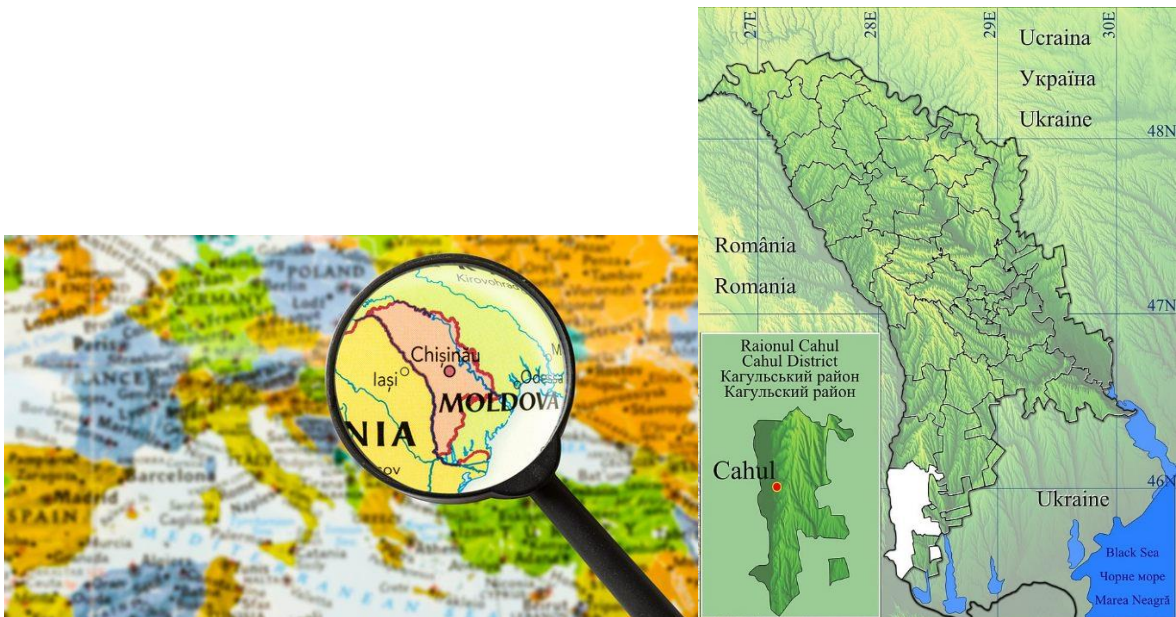
MEMÒRIA DESCRIPTIVA

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

1 Context

La República de Moldàvia (*Republica Moldova* en romanès) és un país sense eixida al mar de l'Europa de l'Est, que limita amb Romania per l'oest i amb Ucraïna pel nord, l'est i el sud. És un petit Estat de 33.843 km². Amb capital a Chisinau, la majoria del territori està entre els seus dos rius principals, el Dnister i el Prut. Es troba a 100 km del mar Negre. Té 4,4 milions d'habitants (2007), la majoria d'ells rumanòfons (80%).

Fins a l'any 1991 era la República Socialista Soviètica de Moldàvia, una de les repúbliques de la Unió Soviètica. Va declarar la seua independència amb les mateixes fronteres que l'anterior República Socialista Soviètica de Moldàvia el 1991, però, una franja del territori reconegut internacionalment com a moldau, situat a la riba oriental del riu Dnister, ha estat sota el control *de facto* del govern separatista de Transnístria des del 1990. El país és una democràcia parlamentària que en l'actualitat aspira a adherir-se a la Unió Europea.



(Font: eacnur-Viquipèdia)

Imatge 1: localització de Moldàvia

Cahul és una ciutat important en el sud-oest de Moldàvia, situada a la frontera amb Romania i 175 km al sud de Chisinau. El poble s'esmenta per primera vegada al segle XVI com “el bell”. Amb més de 40 000 habitants (2016), Cahul és la capital del districte administratiu amb el mateix nom. És la sisena ciutat més gran del país (després de Chisinau, Balti, Tiraspol, Bender i Ribnita), però la tercera en termes de desenvolupament econòmic (amb exclusió de Transnístria) i en importància social. Cahul és sovint anomenada "capital del sud" de Moldàvia. (Viquipèdia)

2 Introducció

2.1 Antecedents

En 2004 es va dur a terme un projecte per a la substitució de gran part de la xarxa, formada majoritàriament per canonades d’acer i de cement d’amiant per altres més noves de polietilè. El present treball s’emmarca en l’estudi de viabilitat de la consultoria MACS Energy and Water per al Banc Alemany de Desenvolupament (KfW) amb l’objectiu d’aconseguir la reducció de pèrdues d’aigua a la xarxa de Cahul. L’estudi es va dur a terme al 2015, per tant treballem amb dades fins aquesta data.

2.2 Objectius

L’ànim del present projecte és estudiar la situació de la xarxa de distribució del districte Spirin, Microdistricte XV i zona principal de Cahul i proposar solucions per tal d’optimitzar-la, així com modelar les pèrdues mitjançant ferramentes de modelatge i anàlisi de xarxes.

Aquest treball es va centrar en concret en les següents àrees:

- Càlcul del balanç d’aigua als districtes objecte d’estudi.
- Disseny de les estacions de bombeig per al correcte subministrament de la xarxa.
- Model matemàtic de la xarxa per al càlcul de l’aigua no registrada: modelatge i simulació.

3 Mètode

3.1 Xarxa a Spirin (Cahul)

La xarxa de Cahul té aproximadament 160 km de longitud (sense tenir en compte connexions a consums). L’empresa pública que ofereix el servei de subministrament d’aigua, Apa Canal està actualment en procés d’actualitzar el model GIS. L’aigua de la principal font, el riu Prut, alimenta directament a la xarxa de distribució per bombeig.

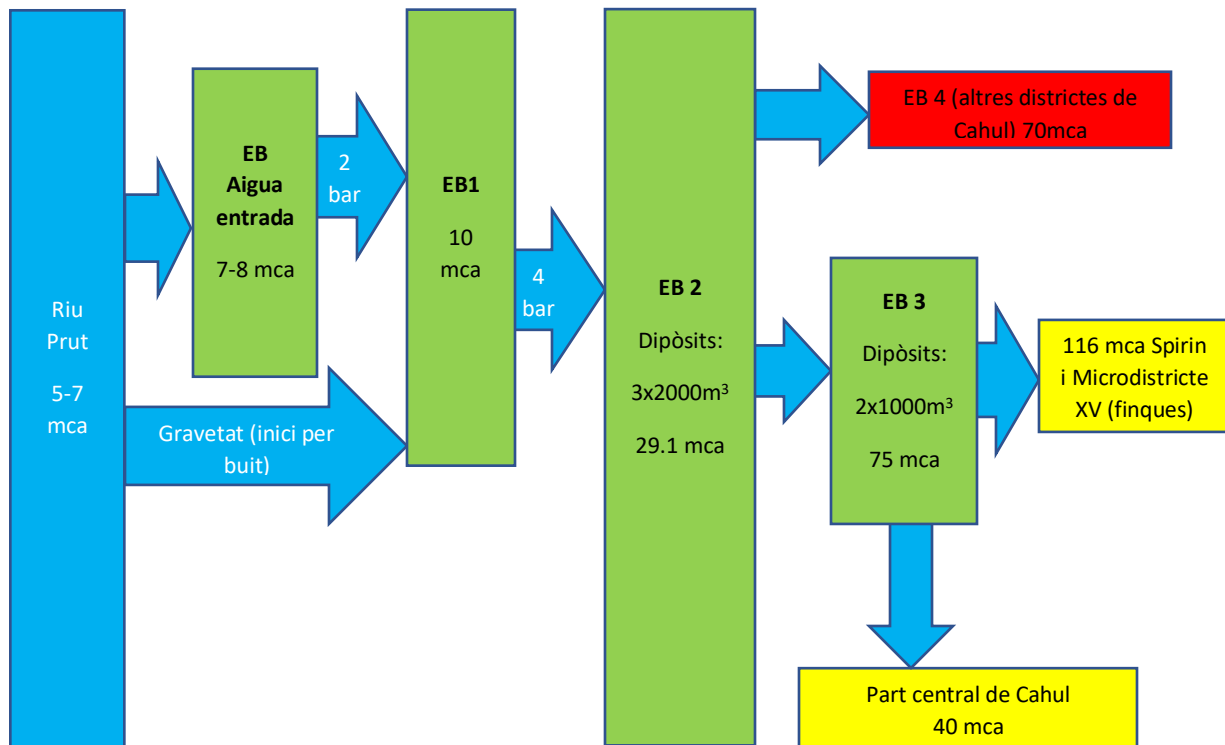
Hi ha un volum de reserva disponible per alimentar pics de demanda, els quals depenen més dels equips individuals de bombeig auxiliar instal·lats en alguns edificis d’apartaments que d’una variació de demanda o determinats hàbits de consum.

El subministrament en finques amb apartaments es basa en dissenys d’estàndards soviètics. Cada apartament pot tindre entre una i tres canonades verticals (canonades d’elevació) subministrant la cuina i lavabos separadament. Per tant, Apa Canal té instal·lats entre 1 i 3 comptadors en cada apartament.

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

L’avaluació de la distribució de la xarxa de subministrament d’aigua de la Ciutat de Cahul dóna com a resultat un percentatge de pèrdues d’aigua al voltant del 60%.

L’aigua del riu Prut es pren d’una entrada i és bombada en 2 etapes fins l’estació de bombeig 2 (EB2), on es situa la planta de tractament d’aigua. El diagrama general del Sistema de subministrament d’aigua de Cahul es presenta a continuació.



Imatge 2: diagrama de subministrament d’aigua per a Spirin (Cahul)

Des de l’EB2, l’aigua és bombada als dipòsits de l’EB3 i a la EB4 que s’encarrega d’abastir altres districtes de Cahul.

Els dipòsits de l’EB3 subministren per acció de la gravetat la major part de l’àrea de la ciutat de Cahul. També des dels dipòsits de l’EB3, es bombeja l’aigua i el districte Spirin i el Microdistricte 15 són alimentats, conformant altres esgraons de pressió. Més endavant en aquest document, explicarem amb més detall el disseny de les estacions de bombament.

Per tant, com es mostra a la Figura 2, la xarxa de Cahul presenta 2 esgraons de pressió que subministren les 3 diferents àrees de la ciutat.

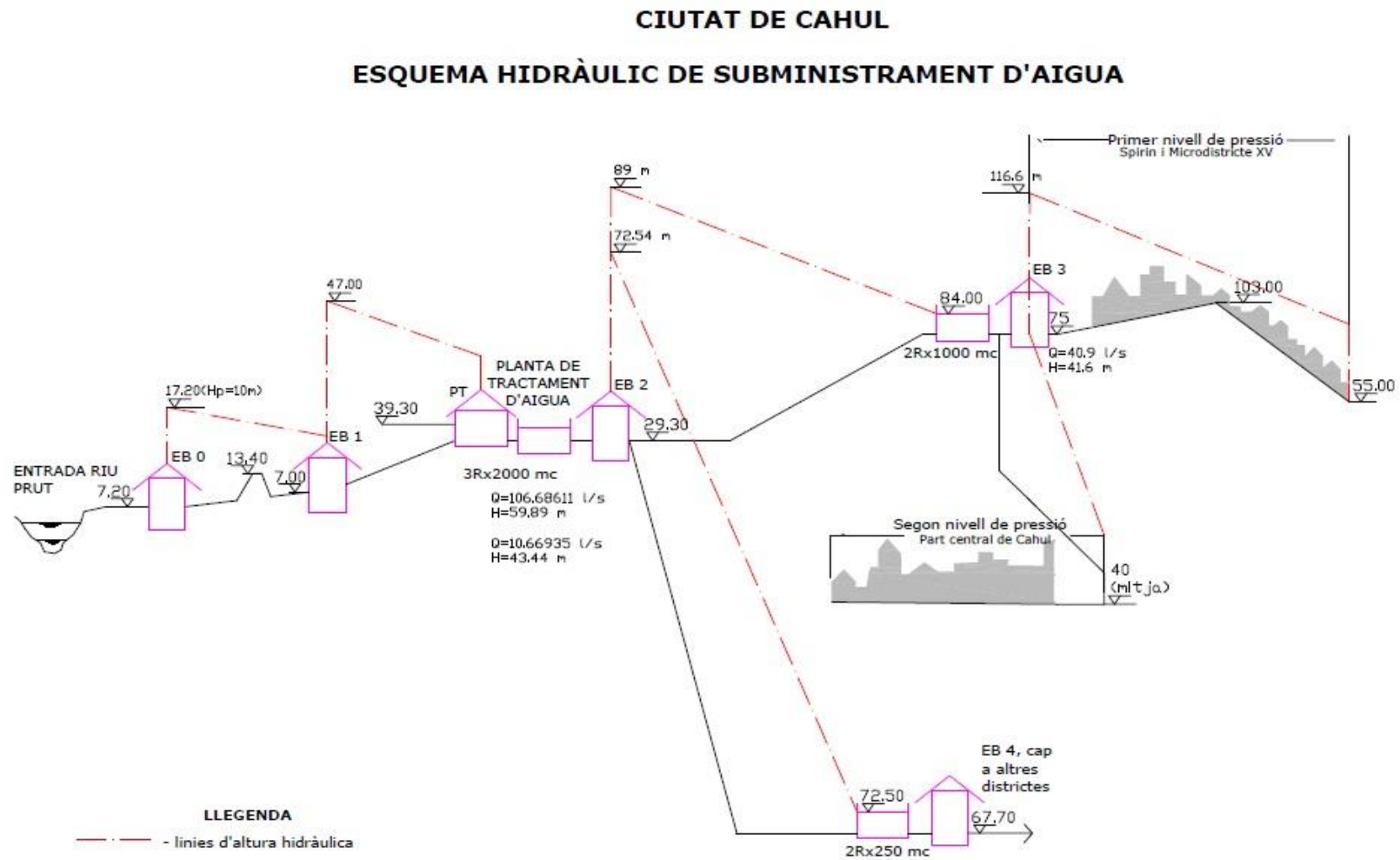
La definició de cadascuna de les àrees de pressió és aquesta:

a) Primer Nivell de Pressió, des de l’EB3 el flux bombat rep 116 mca per subministrar el districte Spirin i el Microdistricte XV garantint una pressió mínima de 22 mca.

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

b) Segon Nivell de Pressió: es correspon al flux que subministren els dipòsits de l’EB3 per gravetat a la zona central de la ciutat de Cahul.

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”



(Font: projecte Taha-Acva)

Imatge 3: esquema de distribució de la xarxa de Spirin (Cahul)

3.2 Condicions actuals

3.2.1 Sectorització: Districtes i Àrees de Pressió Registrada (DMA/PMA)

La divisió de la xarxa en àrees més menudes és anomenada sectorització. Cada subàrea, o sector, és una unitat de distribució, suficientment limitada i homogènia per analitzar les dades tan ràpida i eficientment com siga possible. En aquest context, la sectorització tècnica i comercial estan sincronitzades.

La delimitació de cada sector requereix una feina prèvia de preparació. Els elements que assegurin la divisió física haurien d’estar revisats i possiblement reparats. Açò ateny en particular al seccionament i tancament de vàlvules. Quan el sector de control està perfectament delimitat, amb un o màxim dos punts d’entrada registrada (desitjable), l’anàlisi del rendiment d’aquesta àrea respecte de les pèrdues pot ser dut a terme en les següents fases:

- Mesura en continu en intervals de temps constants dels fluxos injectats i consumits, especialment durant la nit, quan el consum és menor.
- Localització de la pèrdua dintre del sector.

Per tant, la sectorització és una opció estratègica que redueix l’àrea d’inspecció per a la detecció, localització i control de rebentades, pèrdues i fallades de pressió.

A més a més, implementant un sistema de control, la divisió de la xarxa millora substancialment la gestió de la totalitat de la xarxa, optimitzant els subministres i pressions en cada àrea, reduint així costos deguts a consums energètics.

La viabilitat de la divisió de la xarxa està lligada a dos principals restriccions:

- Diferents nivells de pressió al sistema.
- Normalment la xarxa està mallada.

En el cas de la xarxa de Cahul, la principal característica és que està dividida en àrees de pressió subministrades per estacions de bombament. El grau d’interconnexió sembla no ser rellevant, no obstant això, hi ha la sospita de que les diferents àrees de pressió estan connectades. Açò hauria de ser investigat en més detall. L’objectiu ha de ser separar i aïllar les àrees perfectament.

La ciutat està dividida en 4 diferents àrees de pressió, seguint les característiques naturals, establint Àrees de Pressió Registrada (PMA: Pressure Metered Areas), beneficiant-se de l’estructura d’estacions de bombament: cada sector és subministrat per una EB. No obstant això, aquest treball només ateny a 2 d’aquestes àrees de Cahul.

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

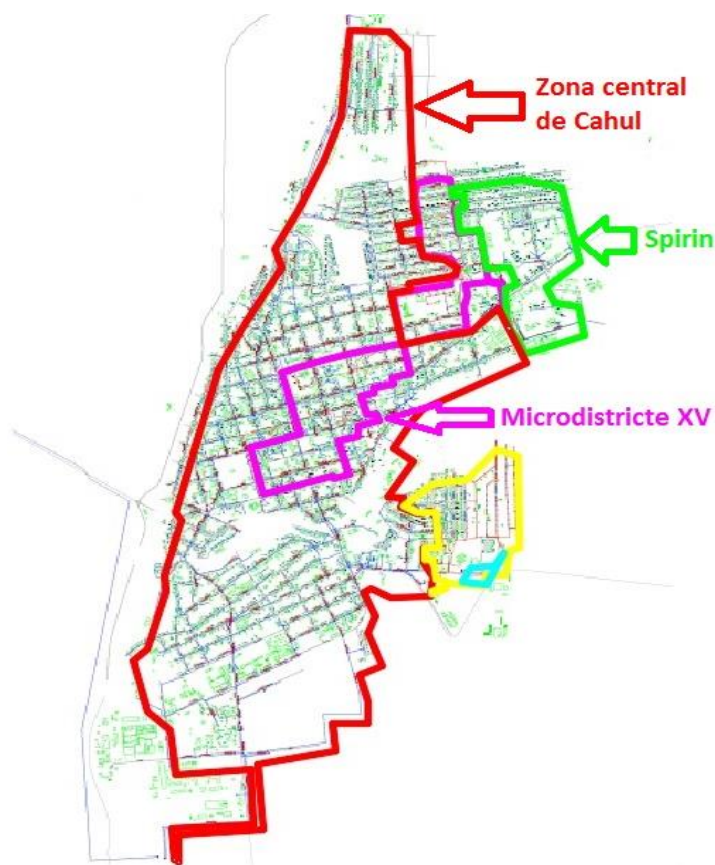
D’altra banda, com que algunes d’aquestes àrees de pressió són excessivament grans, hauria de considerar-se possible dividir les àrees de pressió en 2 o més DMAs, les quals tindrien un control més senzill.

Seria important tenir una entrada per DMA, mesurada pels comptadors estratègics existents o per nous comptadors.

L’establiment de DMAs pot causar problemes a la xarxa degut a vàlvules de seccionament que requereixen tancament. Per tant és important acompanyar les DMAs de l’establiment d’un model hidràulic. Prèviament a les mesures físiques, el model hidràulic ha de realitzar les respectives simulacions.

En el cas de la xarxa d’estudi, degut a que treballa a una ciutat amb barris i estacions de bombament a diferents altures i està mallada, es fan coincidir les DMAs amb les PMAs.

La imatge següent mostra el mapa del sistema dividit en les àrees de pressió de tota la xarxa de la ciutat. No obstant això, l’objecte d’aquest treball s’emmarca en l’abastiment de les zones de Spirin (verd), Microdistricte XV (morat) i zona principal de Cahul (roig).



(Font: Feasibility Study for NRW study. “Water Supply and Sanitation in Southern Moldova”)

Imatge 4: àrees de mesura de pressió

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

3.2.2 Elements de la xarxa

Passem ara a la definició dels principals elements de la xarxa, i per tant, principals focus d’estudi en l’àmbit de les pèrdues d’aigua.

3.2.2.1 Vàlvules

El nombre total de vàlvules al Sistema és desconegut. Algunes de les vàlvules visibles en les rodalies de les estacions de bombament presenten fuites. Actualment, Apa Canal està en procés d’actualització del model GIS del Sistema. El procés és implementat basat en la informació proporcionada per l’actual personal en l’empresa, mapes disponibles i verificació in situ.

3.2.2.2 Canonades

Consisteixen principalment de canonades d’acer i de cement d’amiant. També hi han canonades més noves de polietilè que han estat emprades per a reparar rebentades o per a connexions. El rang de diàmetres va des de D20 fins DN500.

No hi ha informació adequada disponible sobre l’edat i la longitud total de cada secció de canonades o del sistema sencer. Pel que fa a la longitud, emprant les dades del model GIS, la consultoria va fer un recompte de al voltant de 160km de canonades.

3.2.3 Servei

Oficialment en tot Cahul, hi ha aproximadament 15000 connexions de servei registrades, subministrades per les estacions de bombament i, en alguns apartaments, amb bombeigs d’impulsió addicionals. Basant-se en informació disponible durant els anys 2013-2015, sembla que el número de connexions il·legals és prou baix. No obstant això, també és possible que molts clients il·legals no hagen estat descoberts.

3.2.4 Facturació

A Cahul més del 90% de les finques d’apartaments tenen comptadors individuals instal·lats, i totes les cases individuals, comerços i entitats oficials estan equipades amb un.

Aproximadament menys del 10% dels apartaments sense comptadors individuals estan sent mesurats amb una tarifa plana de 120L/cap/dia; cada finca d’apartaments està equipada addicionalment amb un comptador a l’engròs o comptador “mestre”.

El procediment de lectura dels comptadors és el següent:

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

L’empresa Apa Canal té 11 operaris responsables de la mesura dels comptadors. Mensualment, cada operador té assignada una àrea de responsabilitat, la qual inclou xalets, finques d’apartaments, comerços i entitats oficials.

Una vegada els operaris prenen les lectures, el departament de facturació de Apa Canal introdueix les dades i prepara la factura mensual de l’aigua.

Aquesta informació ens servirà per a definir pròximament el nivell aproximat de pèrdues degudes a imprecisions de mesura i d’entrega de dades.

3.3 Balanç d’aigua segons l’IWA

El balanç d’aigua és la base de qualsevol sistema de subministrament d’aigua. El balanç és establert pel volum produït i injectat a la xarxa i el conseqüent ús fet d’aquesta aigua. Per a establir el balanç, cal mesurar de manera precisa les entrades d’aigua en la xarxa i el seu destí final, açò és, la classificació del consum d’acord a la seua fi i ús específics. Aquesta metodologia és aplicable per a l’anàlisi o disseny de qualsevol sistema hidràulic.

El flux introduït en la xarxa ha de ser mesurat i controlat en continu amb tanta precisió com siga possible. El seu coneixement és essencial per al disseny i diagnòstic de la xarxa. Aquest valor permet planificar i operar adequadament amb el subministrament d’aigua. A més a més, conèixer el mínim flux durant la nit permet una bona estimació de les pèrdues.

No obstant això, un balanç que compara només l’aigua consumida i les pèrdues, sense tenir en compte tota la resta de termes que conformen l’aigua no registrada és massa ximple i pot dur a resultats equivocats.

La metodologia que es proposa per a estimar correctament el balanç d’aigua és establida per l’IWA. Aquest balanç estima la quantitat total de pèrdues mitjançant el càlcul de tots els termes rellevants.

Com es presentava més amunt al explicar el sistema, l’entrada a la xarxa es localitza al riu Prut. Es considerarà EB2 com el punt d’entrada a la xarxa del volum de control per al balanç hídric.

Les taules següents mostren un resum de l’aigua bombejada des de l’EB2 i el total d’aigua bombada des de cadascuna de les estacions de bombament durant el període de 2013 a 2015.

Cal esmentar que només es disposa de dades des del 2013, ja que dades més antigues no estan disponibles

EB2					
Any 2013	Eixides A+B	Any 2014	Eixida A+B	Any 2015	Eixida A+B
Juny	186.761	Gener	139.020	Gener	162.296
Juliol	202.708	Febrer	130.598	Febrer	134.093
Agost	210.808	Març	140.999	Març	150.482
Setembre	176.466	Abril	139.563	Abril	149.458
Octubre	161.898	Maig	151.223	Maig	212.574
Novembre	139.218	Juny	182.087	Juny	225.084
Decembre	143.266	Juliol	188.513	Juliol	228.916
Total 7-12.2013	1.221.125	Agost	204.810	Agost	212.333
Total (m3/dia)	5.706	Setembre	194.248	Setembre	187.193
Total 2013 (m3/any)	2.082.760	Octubre	180.178	Octubre	169.332
Total (m3/dia)	5.706	Novembre	158.083	Novembre	139.711
		Desembre	162.361	Desembre	144.140
		Total 2014(m3/any)	1.971.683	Total 2015(m3/any)	2.115.612
		Total (m3/dia)	5.402	Total (m3/dia)	5.796

(Font: Feasibility Study for NRW study. “Water Supply and Sanitation in Southern Moldova”)

Taula 1: volum d’entrada al Sistema des de EB2 (2013-2015)

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

ESTACIÓ DE BOMBAMENT	EB1	EB2	EB3					EB4			EB5		
	(m3)	Eixides A+B	Eixida A	Eixida A (micro 15)	Eixida B	Eixida B (micro 15)	A+micro15+b+micro15	Eixida A	Eixida B	Eixides A+B	Eixida A	Eixida B	Eixides A+B
Juny de 2013	212.193	186.761	20.542	73.445	0	7.061	101.048	14.480	0	14.480	2.322	0	2.322
Juliol	223.952	202.708	25.319	32.237	0	10.082	67.638	19.897	0	19.897	2.715	0	2.715
Agost	236.952	210.808	28.037	27.774	0	20.150	75.961	16.314	0	16.314	3.082	0	3.082
Setembre	202.057	176.466	23.453	29.016	1.421	17.714	71.604	14.030	0	14.030	1.602	0	1.602
Octubre	192.095	161.898	23.042	23.456	289	19.680	66.467	13.413	0	13.413	1.931	0	1.931
Novembre	169.320	139.218	26.403	31.197	0	11.819	69.419	13.097	0	13.097	1.880	0	1.880
Decembre	187.081	143.266	27.298	33.137	0	11.112	71.547	12.257	0	12.257	2.037	0	2.037
Total 7-12.2013	1.423.650	1.221.125	174.094	250.262	1.710	97.618	523.684	103.488	0	103.488	15.569	0	15.569
Total (m3/dia)	6.653	5.706					2.447			484			73
% Consumit/perdut		14,2%						48,6%					85,0%
Gener de 2014	189.489	139.020	27.314	33.779	0	9.825	70.918	12.527	0	12.527	2.043	0	2.043
Febrer	178.840	130.598	25.143	29.719	0	10.810	65.672	10.998	0	10.998	1.682	0	1.682
Març	193.841	140.999	27.313	30.949	13	10.716	68.991	11.683	0	11.683	1.907	0	1.907
Abril	171.252	139.563	16.884	23.693	272	12.998	53.847	11.729	0	11.729	2.099	0	2.099
Maig	179.362	151.223	18.530	23.567	0	17.703	59.800	12.881	0	12.881	2.274	0	2.274
Juny	208.557	182.087	21.669	27.101	11	16.388	65.169	13.354	0	13.354	2.290	0	2.290
Juliol	223.183	188.513	22.255	32.136	0	17.338	71.729	15.158	0	15.158	2.469	0	2.469
Agost	239.550	204.810	23.029	28.439	0	25.283	76.751	16.326	0	16.326	2.405	0	2.405
Setembre	226.151	194.248	22.658	30.689	0	18.185	71.532	15.852	0	15.852	2.205	0	2.205
Octubre	205.761	180.178	20.295	30.407	94	15.048	65.844	14.895	0	14.895	2.154	0	2.154
Novembre	194.420	158.083	22.874	25.739	0	14.479	63.092	13.692	0	13.692	1.890	0	1.890
Desembre	198.436	162.361	23.907	20.028	54	21.565	65.554	15.304	0	15.304	1.914	0	1.914
Total 2014(m3/any)	2.408.842	1.971.683	271.871	336.246	444	190.338	798.899	164.399	0	164.399	25.332	0	25.332
Total (m3/dia)	6.600	5.402					2.189			450			69
% Consumit/perdut		18,1%						51,1%					84,6%

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

ESTACIÓ DE BOMBAMENT	EB1	EB2	EB3					EB4			EB5		
	(m3)	Eixides A+B	Eixida A	Eixida A (micro 15)	Eixida B	Eixida B (micro 15)	A+micro15+b+micro15	Eixida A	Eixida B	Eixides A+B	Eixida A	Eixida B	Eixides A+B
Gener de 2015	200.645	162.296	21.519	27.077	0	13.412	62.008	14.923	0	14.923	2.120	0	2.120
Febrer	167.924	134.093	18.855	27.727	1	9.761	56.344	13.064	0	13.064	1.737	0	1.737
Març	182.868	150.482	17.553	23.470	0	18.173	59.196	14.491	0	14.491	1.892	0	1.892
Abril	184.392	149.458	15.832	19.503	312	18.164	53.811	14.670	0	14.670	1.975	0	1.975
Maig	257.856	212.574	22.148	23.538	0	22.396	68.082	18.540	0	18.540	2.632	0	2.632
Juny	266.524	225.084	25.038	21.731	0	21.477	68.246	20.259	0	20.259	2.519	0	2.519
Juliol	270.068	228.916	33.808	22.803	0	24.569	81.180	20.270	0	20.270	2.675	0	2.675
Agost	258.158	212.333	27.861	21.588	0	24.856	74.305	21.168	0	21.168	2.500	0	2.500
Setembre	222.257	187.193	23.848	25.193	491	17.678	67.210	19.104	0	19.104	2.171	0	2.171
Octubre	208.268	169.332	23.839	23.040	189	18.852	65.920	15.084	0	15.084	1.907	0	1.907
Novembre	172.426	139.711	23.838	28.541	0	12.515	64.894	13.822	0	13.822	1.810	0	1.810
Desembre	179.017	144.140	24.584	29.319	0	13.912	67.815	14.871	0	14.871	1.945	0	1.945
Total 2015(m3/any)	2.570.403	2.115.612	278.723	293.530	993	215.765	789.011	200.266	0	200.266	25.883	0	25.883
Total (m3/dia)	7.042	5.796					2.162			549			71
% Consumit/perdut		17,7%						53,2%					87,1%

(Font: Feasibility Study for NRW study. “Water Supply and Sanitation in Southern Moldova”)

Taula 2: total d’aigua bombada i % de consum entre EB (2013-2015)

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

Com es pot veure a les taules, l’EB2 i l’EB3 tenen diferents eixides les quals poden ser explicades de la següent manera:

L’estació de bombament 2 té dues eixides (A&B) les quals subministren 2 canonades corresponents a les impulsions als dipòsits que abasteixen l’EB3 i l’EB4. No obstant això no es disposa de dades diferenciades per a cadascuna d’aquestes eixides.

En el cas de l’EB3, hi ha 4 eixides que depenen del grup de bombes que estan sent utilitzades, però les 4 eixides estan subministrant la mateixa única canonada que va a Spirin i el Microdistricte XV.

D’altra banda, en la Taula 6, es pot veure la quantitat total d’aigua bombada des de cadascuna de les EB durant els anys 2013, 2014 i 2015. Les quantitats estan creixent cada any d’acord amb l’increment del nombre de connexions. En aquesta taula també s’ha calculat el percentatge d’aigua consumida i/o perduda entre les estacions de bombament. Els resultats són (com a mitja del total del període):

- Entre EB1 i EB2: 17%, més probablement pèrdues i no consum.
- De EB2 a EB3 + altres EB: 51% aigua consumida a la ciutat de Cahul i pèrdues.

3.3.1.1 Consum autoritzat

L’estimació dels termes que el conformen del balanç de l’IWA per al període 2013-2015 són presentats en la següent taula. Les dades foren proporcionades per Apa Canal. Les taules inclouen tot el consum autoritzat, incloent les dades presentades en detall en la taula 7.

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

Consum autoritzat							
	Consum no facturat autoritzat			Consum facturat autoritzat			Total
	Entitats Públiques	Altres usos	Total no facturat	Edificis	Cases	Total facturat	
	(m3)	(m3)	(m3)	(m3)	(m3)	(m3)	(m3)
Juny de 2013	18.621	380	19.001	33.651	35.462	69.113	88.114
Juliol	16.981	347	17.328	31.637	36.067	67.704	85.032
Agost	17.325	354	17.679	30.748	35.769	66.517	84.196
Setembre	17.118	349	17.467	31.624	33.237	64.861	82.328
Octubre	19.002	388	19.390	31.531	31.059	62.590	81.980
Novembre	17.876	365	18.241	29.936	26.762	56.698	74.939
Decembre	18.039	368	18.407	27.708	21.658	49.366	67.773
2013 Acumulat	124.962	2.551	127.513	216.835	220.014	436.849	564.362
Gener de 2014	15.282	312	15.594	33.188	24.860	58.048	73.642
Febrer	18.096	369	18.465	28.611	23.506	52.117	70.582
Març	17.374	355	17.729	30.416	25.281	55.697	73.426
Abril	17.719	362	18.081	28.420	29.345	57.765	75.846
Maig	17.014	347	17.361	29.162	29.552	58.714	76.075
Juny	19.967	407	20.374	30.728	35.338	66.066	86.440
Juliol	16.989	347	17.336	29.442	35.573	65.015	82.351
Agost	17.215	351	17.566	31.522	38.696	70.218	87.784
Setembre	26.275	536	26.811	31.514	34.121	65.635	92.446
Octubre	18.311	374	18.685	31.421	33.188	64.609	83.294
Novembre	16.127	329	16.456	30.295	28.008	58.303	74.759
Decembre	17.208	351	17.559	27.440	25.704	53.144	70.703
Total 2014	217.577	4.440	222.017	362.159	363.172	725.331	947.348
Gener de 2015	15.066	307	15.373	32.751	25.638	58.389	73.762
Febrer	18.096	369	18.465	28.611	23.506	52.117	70.582
Març	16.392	335	16.727	36.310	30.447	66.757	83.484
Abril	16.922	345	17.267	29.185	31.464	60.649	77.916
Maig	17.537	358	17.895	28.293	39.141	67.434	85.329
Juny	19.264	393	19.657	27.296	46.347	73.643	93.300
Juliol	19.659	401	20.060	33.924	63.309	97.233	117.293
Agost	18.381	375	18.756	30.332	47.051	77.383	96.139
Setembre	20.720	423	21.143	31.181	40.600	71.781	92.924
Octubre	48.731	995	49.726	31.903	34.829	66.732	116.458
Novembre	19.372	395	19.767	32.180	31.892	64.072	83.839
Decembre	18.545	378	18.923	30.657	30.172	60.829	79.752
Total 2015	248.685	5.074	253.759	372.623	444.396	817.019	1.070.778

(Font: Feasibility Study for NRW study. “Water Supply and Sanitation in Southern Moldova”)

Taula 3: consum autoritzat (2013-2015)

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

La primera part de la taula presenta el consum autoritzat no facturat, separat del consum d’entitats públiques i el volum d’aigua utilitzada per a rentar carrers (considerat com un 2% del total del consum autoritzat no facturat nomenat anteriorment).

La segona part mostra el consum autoritzat facturat, el qual inclou el consum total facturat dels clients a llars (amb comptador o facturats amb els 120L/cap/dia)

Diferències en la lectura en aquests casos distorsionen les dades de consum d’aigua i, per extensió, es distorsiona el balanç mensual d’aigua. Aquesta distorsió es veu fortament incrementada pel nombre de consumidors sense comptadors que són facturats amb la tarifa plana, però cal dir que aquest nombre és prou baix. No obstant això, en molts apartaments viu més gent de la registrada amb l’estàndard de 120L/cap/dia.

Tota la informació ha sigut proporcionada pel departament de facturació de Apa Canal.

3.3.1.1.1 Consum facturat autoritzat

La taula següent presenta la quantitat total de consum mesurat i no mesurat al període 2013-2015:

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

2013	m3 tarifa plana	Clients (1)	Capita (2)	L/c/d (1)	L/c/d (2)	m3 lectures	Clients	Capita
Juny	6.532	1.390	2.010	157	108	62.580	12.120	26.609
Juliol	6.697	1.380	2.001	157	108	61.008	12.141	26.641
Agost	6.706	1.369	1.980	158	109	59.811	12.170	26.677
Setembre	6.384	1.354	1.941	157	110	58.477	12.200	26.737
Octubre	4.948	1.345	1.928	119	83	57.642	12.225	26.771
Novembre	4.744	1.336	1.913	118	83	51.954	12.246	26.799
Desembre	4.868	1.332	1.898	118	83	44.498	12.494	27.060
Total	40.877					395.970		
2014	m3 tarifa plana	Clients (1)	Capita (2)	L/c/d (1)	L/c/d (2)	m3 lectures	Clients	Capita
Gener	4.487	1.260	1.778	115	81	53.561	13.072	28.424
Febrer	4.347	1.260	1.778	123	87	47.770	13.066	28.423
Març	4.519	1.266	1.786	115	82	51.178	13.028	28.328
Abril	5.739	1.275	1.809	150	106	52.026	12.994	28.256
Maig	6.004	1.283	1.821	151	106	52.710	12.911	28.111
Juny	6.023	1.292	1.832	155	110	60.043	12.862	27.981
Juliol	5.875	1.299	1.846	146	103	59.140	12.830	27.910
Agost	6.125	1.301	1.855	152	107	64.093	12.745	27.702
Setembre	6.006	1.311	1.868	153	107	59.629	12.699	27.537
Octubre	4.802	1.322	1.882	117	82	59.807	12.582	27.208
Novembre	4.482	1.320	1.880	113	79	53.821	12.585	27.262
Desembre	4.756	1.314	1.872	117	82	48.388	12.592	27.288
Total	63.166					662.166		
2015	m3 tarifa plana	Clients (1)	Capita (2)	L/c/d (1)	L/c/d (2)	m3 lectures	Clients	Capita
Gener	3.668	1.077	1.511	110	78	54.721	13.574	29.408
Febrer	3.580	1.085	1.525	118	84	48.537	13.558	29.375
Març	3.737	1.092	1.535	110	79	63.020	13.519	29.302
Abril	4.825	1.097	1.539	147	105	55.824	13.454	29.157
Maig	6.780	1.511	1.868	145	117	60.654	13.011	27.539
Juny	7.010	1.496	1.868	156	125	66.633	12.987	27.539
Juliol	4.969	1.132	1.597	142	100	92.264	13.296	28.817
Agost	4.649	1.039	1.457	144	103	72.734	13.357	28.885
Setembre	4.485	1.038	1.456	144	103	67.296	13.352	28.873
Octubre	4.265	1.212	1.710	114	80	62.467	13.166	28.602
Novembre	3.142	1.038	1.456	101	72	60.930	13.334	28.828
Desembre	4.479	1.260	1.777	115	81	56.350	13.089	28.457
Total	55.590					761.430		

(Font: Feasibility Study for NRW study. “Water Supply and Sanitation in Southern Moldova”)

Taula 4: consum facturat autoritzat (2013-2015)

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

La segona columna de la taula 6 representa el consum total dels clients a finques d’apartaments sense comptador individual i facturats basant-se en la tarifa plana de 120 L/cap/dia. Aquesta part del consum conforma el **consum no mesurat facturat**.

La tercera i quarta columnes són el total de clients o connexions i el total de persones registrades per connexió.

La cinquena i sisena columnes representen els L/cap/dia calculats, basats en el total de m³ facturats i en el nombre de connexions (1) o total o estimat per persona i per connexió (2).

Com es pot veure, en el cas (1) per connexió, els clients consumeixen per damunt de la tarifa plana de 120L/cap/dia durant alguns mesos, però en el cas de (2) estimats per persona, la tarifa plana està per davall de l’assumpció de 120L/c/dia (només durant 1 mes en 3 anys, la taxa es situa en 125 L/c/d una miqueta per damunt).

En la setena columna el consum total mesurat (**consum mesurat facturat**) és representat.

Les últimes dues columnes resumeixen el consum total mesurat per connexió i consum per persona.

3.3.1.1.2 Consum no facturat autoritzat

Aquest terme representa la quantitat total d’aigua utilitzada sense el permís de l’empresa, sense haver estat facturada. El consum específic autoritzat pot ser mesurat o no. Normalment, aquesta part del consum reflecteix el consum d’entitats públiques (normalment mesurat) i aigua usada per Apa Canal o municipis per al reg, fonts, neteja o sufocant d’incendis (usualment no mesurats) i forma part de l’aigua no registrada (ANR).

Per al cas de Cahul, totes les entitats públiques són mesurades (**consum no facturat mesurat**) i respecte al consum destinat a altres usos (**consum no facturat no mesurat**) no hi ha dades o estimacions disponibles. Pel que fa al consum no mesurat, s’ha considerat un percentatge del 2% del total del consum autoritzat no facturat, basats en l’experiència de projectes comparables.

3.3.1.2 Pèrdues d’aigua

3.3.1.2.1 Pèrdues aparents

El **consum no autoritzat** és el principal component de les pèrdues aparents. Aquest consum és degut principalment a usos fraudulents (connexions il·legals). Durant les visites al sistema, no es va poder detectar cap connexió il·legal a la xarxa de canonades.

La consultoria estimà el consum no autoritzat emprant dades estadístiques de nombre de reparacions dutes a terme per Apa Canal. No obstant això, no es va efectuar cap desconexió de consums il·legals. L’empresa Apa Canal no era capaç de proveir informació detallada sobre el

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

nombre de connexions il·legals. Conseqüentment, s’ha estimat el consum total no autoritzat com el 8% del total de pèrdues d’aigua.

Caldria estudiar també possibles **imprecisions de mesura i d’entrega de dades**. L’avaluació acurada i quantificació d’aquest percentatge d’ANR requeriria una revisió, calibratge i control dels comptadors instal·lats en el sistema. La revisió hauria d’incloure tipificació de: model, diàmetre, material, corba donada o testejada en el laboratori d’error, etc.

No obstant això, no hi ha dades suficientment representatives per a calcular l’aigua no registrada degut a les imprecisions de mesura. Basats en l’experiència i en altres casos similar, es va fer una estimació del 10% de imprecisions de mesura.

3.3.1.2.2 Pèrdues reals

La següent taula resumeix el flux d’entrada en el Sistema en l’EB2 i la quantitat total d’aigua facturada per tal d’estimar les pèrdues reals. Les pèrdues reals es divideixen en:

- Pèrdues a transport i/o xarxes de distribució**
- Pèrdues a tancs d’emmagatzematge**
- Pèrdues des de connexions de servei fins al punt de mesura dels consums**

En aquest moment, s’han estimat les pèrdues a les xarxes de distribució com a diferència entre el total de pèrdues i les pèrdues aparents més pèrdues en tancs i connexions.

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

	Volum d'entrada al sistema	Consum autoritzat	Pèrdues d'aigua			
			Pèrdues aparents	Pèrdues reals		
				Pèrdues a xarxa	Pèrdues a tancs	Pèrdues en connexions
	(m3)	(m3)	(m3)	(m3)	(m3)	(m3)
2013 Juny	186.761	88.114	17.756	26.635	4.932	49.324
Juliol	202.708	85.032	21.182	31.773	5.884	58.838
Agost	210.808	84.196	22.790	34.185	6.331	63.306
Setembre	176.466	82.328	16.945	25.417	4.707	47.069
Octubre	161.898	81.980	14.385	21.578	3.996	39.959
Novembre	139.218	74.939	11.570	17.355	3.214	32.140
Desembre	143.266	67.773	13.589	20.383	3.775	37.747
Total 2013	1.221.125	564.362	118.217	177.326	32.839	328.383
2014 Gener	139.020	73.642	11.768	17.652	3.269	32.689
Febrer	130.598	70.582	10.803	16.204	3.001	30.008
Març	140.999	73.426	12.163	18.245	3.379	33.787
Abril	139.563	75.846	11.469	17.204	3.186	31.859
Maig	151.223	76.075	13.527	20.290	3.757	37.574
Juny	182.087	86.440	17.216	25.825	4.782	47.824
Juliol	188.513	82.351	19.109	28.664	5.308	53.081
Agost	204.810	87.784	21.065	31.597	5.851	58.513
Setembre	194.248	92.446	18.324	27.487	5.090	50.901
Octubre	180.178	83.294	17.439	26.159	4.844	48.442
Novembre	158.083	74.759	14.998	22.497	4.166	41.662
Desembre	162.361	70.703	16.498	24.748	4.583	45.829
Total 2014	1.971.683	947.348	184.379	276.572	51.216	512.169
2015 Gener	162.296	73.762	15.936	23.904	4.427	44.267
Febrer	134.093	70.582	11.432	17.148	3.176	31.756
Març	150.482	83.484	12.060	18.089	3.350	33.499
Abril	149.458	77.916	12.878	19.316	3.577	35.771
Maig	212.574	85.329	22.904	34.356	6.362	63.623
Juny	225.084	93.300	23.721	35.582	6.589	65.892
Juliol	228.916	117.293	20.092	30.138	5.581	55.812
Agost	212.333	96.139	20.915	31.372	5.810	58.097
Setembre	187.193	92.924	16.968	25.453	4.713	47.135
Octubre	169.332	116.458	9.517	14.276	2.644	26.467
Novembre	139.711	83.839	10.057	15.085	2.794	27.936
Desembre	144.140	79.752	11.590	17.385	3.219	32.164
Total 2015	2.115.612	1.070.778	188.070	282.104	52.242	522.419

(Font: Feasibility Study for NRW study. “Water Supply and Sanitation in Southern Moldova”)

Taula 5: pèrdues d'aigua (2013-2015)

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

El segon terme de les pèrdues reals estima el volum d’aigua perduda als dipòsits. Per tal de mesurar el volum total d’aigua perduda, es planificà junt amb l’empresa del servei Apa Canal un test de cadascun dels dipòsits del sistema.

Com que no hi ha dispositiu de mesura en l’entrada als dipòsits, el flux sols és mesurat a l’eixida de les estacions de bombament. Els tests consistiren en emplenar els dipòsits al màxim i tancar les vàlvules d’entrada i d’eixida durant almenys tres hores. Açò permetria mesurar l’altura de l’aigua perduda i després calcular el volum i el flux de pèrdues mig.

El test va ser dut a terme per Apa Canal, assegurant-se que no hi hagueren canvis visibles del nivell de l’aigua durant les tres hores en els dipòsits que abasteixen l’EB3. El test en els dipòsit situats en l’EB2 no va poder ser realitzat degut a la impossibilitat de tancar l’entrada d’aquest dipòsit des de l’entrada del riu. A més a més, no era possible tallar el subministrament a la ciutat.

Passat el període de tres hores no es van poder apreciar canvis significatius en el nivell dels dipòsits. Basant-se en els resultats del dipòsit 3 i en la manca de resultats per al dipòsit romanent, així com en assumpcions d’estudis internacionals, i s’estima aproximadament en el 5% de les pèrdues totals.

L’últim terme a calcular són les **pèrdues des de connexions de servei fins els punts de mesura dels consums**. Apa Canal no està implementant cap mesura o control de les connexions a cases, mentre que l’experiència senyala que en aquests punts normalment les pèrdues són majors degut al escàs manteniment.

3.3.2 Balanç hídric IWA

En aquest apartat es calcularà el balanç hídric segons l’IWA d’acord amb les dades proporcionades per Apa Canal dels anys 2013 a 2015.

Seguidament, es presenten els balanços del sistema per any. El balanç estima un nivell mig de pèrdues de al voltant del 60% de l’aigua no registrada, el qual és considerat molt alt.

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

Volúm d'entrada al sistema	Consum autoritzat	Consum facturat autoritzat	Consum mesurat facturat		Aigua registrada
			395.971		
			32%		
		436.849	Consum no mesurat facturat	436.849	
		36%	40.878	36%	
			3%		
	564.362	Consum no facturat autoritzat	Consum mesurat no facturat		Aigua no registrada
	46%		124.963		
			10%		
	127.513		Consum no mesurat no facturat		
	10%	2.550			
		0,2%			
	Pèrdues d'aigua	Pèrdues aparents	Consum no autoritzat		
			52.541		
			4%		
118.217		Imprecisions de mesura i d'entrega de dades			
10%		65.676	784.276		
		5%	64%		
656.763		Pèrdues reals	Pèrdues a transport i/o a xarxes de distribució		
54%			177.326		
			14,5%		
	Pèrdues a tancs d'emmagatzematge				
	32.838				
	3%				
	Pèrdues des de connexions de servei fins al punt de mesura dels consums				
	328.382				
	27%				

Taula 6: balanç d’aigua IWA a la xarxa de Cahul, 2013

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

Volúm d'entrada al sistema	Consum autoritzat	Consum facturat autoritzat	Consum mesurat facturat		Aigua registrada
			662.165		
			34%		
		725.331	Consum no mesurat facturat	725.331	
		37%	63.166	37%	
			3%		
	947.348	Consum no facturat autoritzat	Consum mesurat no facturat		Aigua no registrada
	48%		217.577		
			11%		
	222.017		Consum no mesurat no facturat		
	11%	4.440			
		0,2%			
		Pèrdues aparents	Consum no autoritzat		
			81.947		
			4%		
1.971.683		Imprecisions de mesura i d'entrega de dades		Aigua no registrada	
100%		102.434		1.246.352	
		5%		63%	
	Pèrdues d'aigua	Pèrdues a transport i/o a xarxes de distribució			
1.024.335			276.569		
52%			14,0%		
		Pèrdues a tancs d'emmagatzematge			
		839.954	51.217		
		43%	3%		
		Pèrdues des de connexions de servei fins al punt de mesura dels consums			
		512.168			
		26%			

Taula 7: balanç d’aigua IWA a la xarxa de Cahul, 2014

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

Volúm d'entrada al sistema	Consum autoritzat	Consum facturat autoritzat	Consum mesurat facturat		Aigua registrada
			761.429		
			36%		
		817.019	Consum no mesurat facturat		
		39%	55.590		
			3%		
	1.070.778	Consum no facturat autoritzat	Consum mesurat no facturat		Aigua no registrada
	51%		248.684		
			12%		
	253.759		Consum no mesurat no facturat		
		12%	5.075		
			0,2%		
	Pèrdues d'aigua	Pèrdues aparents	Consum no autoritzat		
			83.587		
			4%		
188.070		Imprecisions de mesura i d'entrega de dades			
9%		104.483			
		5%			
Pèrdues reals		Pèrdues a transport i/o a xarxes de distribució			
		282.105			
		13,3%			
	Pèrdues a tancs d'emmagatzematge				
	52.242				
	2%				
856.764	Pèrdues des de connexions de servei fins al punt de mesura dels consums				
40%	522.417				
	25%				
2.115.612				Aigua no registrada	
100%				1.298.593	
				61%	

Taula 8: balanç d'aigua IWA a la xarxa de Cahul, 2015

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

3.3.3 Aigua No Registrada

L’objectiu del present treball és analitzar el nivell de l’Aigua No Registrada, més endavant ANR de la xarxa, identificant el nivell d’eficiència de l’empresa Apa Canal arreplegant tota la informació disponible que siga rellevant per tal de estimar i calcular el balanç d’aigua.

L’ANR representa la diferència entre el flux total injectat al sistema i el flux registrat pels comptadors de tots els clients. Es pot definir com a la suma del consum no facturat autoritzat i les pèrdues d’aigua. Part de l’ANR segueix el mateix patró que la corba de demanda (la part dependent del consum) i la resta és dependent de la pressió a la xarxa (pèrdues).

En el cas de la xarxa de Cahul, l’aigua no registrada pot ser definida també de la següent manera:

$ANR = \text{Macromesura (cabalímetres mestre en l’origen)} - \text{Micromesura (cabalímetres clients)}$

La distribució de l’ANR que segueix és resumida en la següent taula:

DISTRIBUCIÓ ANR	
AIGUA CONSUMIDA	AIGUA NO CONSUMIDA
Consum no mesurat	Pèrdues de la xarxa
Cabalímetres o errors de mesura	Evaporació de la xarxa
Neteja de carrers	Sobrefluxos
Buidats de clavegueram	Neteja i manteniment de la xarxa
Connexions il·legals	

Taula 9: distribució de ANR

3.3.4 Càlcul de l’ILI

Actualment, l’estàndard consisteix en emprar indicadors de rendiment per tal d’expressar les pèrdues d’aigua d’una xarxa. L’IWA, a través del seu grup de treball “pèrdues d’aigua” ha iniciat i donat suport a l’establiment d’un indicador que, de la millor manera, poguera servir com a comú denominador. Com a resultat es va introduir l’Índex de Pèrdues d’Infraestructures, ILI (Lambert i Hirner, 2000).

El major problema de les pèrdues d’aigua, respecte del control del sistema, es localitza a les connexions. Aquesta és la raó per la qual l’IWA recomana referir les pèrdues d’aigua al paràmetre

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

més sensible, el nombre de connexions, amb dues unitats alternatives, els m³/dia per connexió o els L /connexió per hora.

L’idea bàsica d’establir un Índex de Pèrdues de la Infraestructura (ILI) és relacionar l’actual nivell de pèrdues d’aigua per damunt del valor d’altre indicador referint-se a l’estat òptim del sistema.

I de fet, el terme proposat són les Pèrdues Reals Inevitables (UARL: Unavoidable Average Real Losses).

En síntesi, l’ILI representa la capacitat de millora d’un sistema en particular. Conceptualment, l’ILI mostra en quina situació es troba un sistema de subministrament d’aigua des del punt de vista de les pèrdues d’aigua, comparat amb el potencial de la millor situació tècnica possible en que podria trobar-se.

No obstant això, l’ILI no compara un sistema de subministrament amb altres, però sí amb la “millor versió” de si mateix que podria ser aconseguida si s’optimitzaren els recursos de la millor manera possible per a reduir les pèrdues d’aigua.

Numèricament, el càlcul de l’ILI és molt simple, com es mostra en la següent equació:

$$ILI = \frac{LUF}{UARL}$$

On:

LUV, Volum de pèrdues no controlades (Leakage Uncontrolled Volume); representa les pèrdues d’aigua que existeixen en el sistema actualment, expressades en litres/dia/connexió.

UARL, Pèrdues Reals Anuals Inevitables (Unavoidable Annual Real Losses); representa el mínim nivell de pèrdues fins les quals el sistema podria arribar (òptim tècnicament possible), degut a les seues característiques i condicions, expressades en litres/dia/connexió.

Seguidament, es presenten els resultats de l’ILI durant el període 2013-205 per al sistema de Cahul.

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

Dades:		
Fluxe injectat a la xarxa	1.221.125	m3
Fluxe facturat autoritzat consumit	395.971	m3
Fluxe no facturat autoritzat consumit	124.963	m3
Pèrdues reals (fuites)	538.546	m3
Fluxe de pèrdues aparents	118.217	m3
Nombre de connexions presents al sistema	15.000	u
Longitud mitja de les connexions	10	m3
Longitud total de la xarxa de distribució	164	km
Longitud total de les connexions	150	km
Pressió mitja de la xarxa	40	mca

Balanç tècnic:		
Q (fluxe injectat)	1.221.125	m3
Qr (fluxe registrat)	520.934	m3
Qi (fluxe no controlat)	656.763	m3
Qif (fluxe no controlat i perdut per fluxe de fuites)	538.546	m3
Qic (fluxe no controlat consumit, pèrdues aparents)	118.217	m3
Qs (fluxe subministrat)=Qr+Qic	639.151	m3

Rendiments:		
η_g : rendiment general del sistema	Qr/Q	0,43
η_r : rendiment de la xarxa	Qs/Q	0,52
η_m : rendiment mesurat	Qr/Qs	0,82
$\eta_g = \eta_r * \eta_m$		0,43

Indicadors de mesures relatives:		
Pèrdues per unitat de temps:	122,62	m3/h
Pèrdues per unitat de longitud de la xarxa i temps	0,75	m3/km*h
Pèrdues de fluxe no controlat (LUF)	196,19	l/dia*connexió
Pèrdues per unitat de temps i connexió	8,17	l/h*connexió
UARL: Pèrdues Reals Anuals Inevitables	49,87	l/dia*connexió
ILI: Índex de Pèrdues d'Infraestructures	3,93	

(Font: Feasibility Study for NRW study. “Water Supply and Sanitation in Southern Moldova”)

Taula 10: ILI 2013

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

Dades:		
Fluxe injectat al la xarxa	1.971.983	m3
Fluxe facturat autoritzat consumit	662.165	m3
Fluxe no facturat autoritzat consumit	217.577	m3
Pèrdues reals (fuites)	839.954	m3
Fluxe de pèrdues aparents	184.381	m3
Nombre de connexions presents al sistema	15.000	u
Longitud mitja de les connexions	10	m3
Longitud total de la xarxa de distribució	164	km
Longitud total de les connexions	150	km
Pressió mitja de la xarxa	40	mca

Balanç tècnic:		
Q (fluxe injectat)	1.971.683	m3
Qr (fluxe registrat)	879.742	m3
Qi (fluxe no controlat)	1.024.335	m3
Qif (fluxe no controlat i perdut per fluxe de fuites)	839.954	m3
Qic (fluxe no controlat consumit, pèrdues aparents)	184.381	m3
Qs (fluxe subministrat)=Qr+Qic	1.064.123	m3

Rendiments:		
η_g : rendiment general del sistema	Q_r/Q	0,45
η_r : rendiment de la xarxa	Q_s/Q	0,54
η_m : rendiment mesurat	Q_r/Q_s	0,83
$\eta_g = \eta_r * \eta_m$		0,45

Indicadors de mesures relatives:		
Pèrdues per unitat de temps:	95,89	m3/h
Pèrdues per unitat de longitud de la xarxa i temps	0,58	m3/km*h
Pèrdues de fluxe no controlat (LUF)	153,42	l/dia*connexió
Pèrdues per unitat de temps i connexió	6,39	l/h*connexió
UARL: Pèrdues Reals Anuals Inevitables	49,87	l/dia*connexió
ILI: Índex de Pèrdues d'Infraestructures	3,08	

(Font: Feasibility Study for NRW study. “Water Supply and Sanitation in Southern Moldova”)

Taula 11: ILI 2014

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

Dades:		
Fluxe injectat al la xarxa	2.115.612	m3
Fluxe facturat autoritzat consumit	761.429	m3
Fluxe no facturat autoritzat consumit	248.684	m3
Pèrdues reals (fuites)	856.764	m3
Fluxe de pèrdues aparents	188.070	m3
Nombre de connexions presents al sistema	15.000	u
Longitud mitja de les connexions	10	m3
Longitud total de la xarxa de distribució	164	km
Longitud total de les connexions	150	km
Pressió mitja de la xarxa	40	mca

Balanç tècnic:		
Q (fluxe injectat)	2.115.612	m3
Qr (fluxe registrat)	1.010.113	m3
Qi (fluxe no controlat)	1.044.834	m3
Qif (fluxe no controlat i perdut per fluxe de fuites)	856.764	m3
Qic (fluxe no controlat consumit, pèrdues aparents)	188.070	m3
Qs (fluxe subministrat)=Qr+Qic	1.198.183	m3

Rendiments:		
η_g : rendiment general del sistema	Qr/Q	0,48
η_r : rendiment de la xarxa	Qs/Q	0,57
η_m : rendiment mesurat	Qr/Qs	0,84
$\eta_g = \eta_r * \eta_m$		0,48

Indicadors de mesures relatives:		
Pèrdues per unitat de temps:	97,80	m3/h
Pèrdues per unitat de longitud de la xarxa i temps	0,60	m3/km*h
Pèrdues de fluxe no controlat (LUF)	156,49	l/dia*connexió
Pèrdues per unitat de temps i connexió	6,52	l/h*connexió
UARL: Pèrdues Reals Anuals Inevitables	49,87	l/dia*connexió
ILI: Índex de Pèrdues d'Infraestructures	3,14	

(Font: Feasibility Study for NRW study. “Water Supply and Sanitation in Southern Moldova”)

Taula 12: ILI 2015

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

Com es mostra en les taules prèvies, el rendiment mig del sistema és aproximadament del 50% degut a la escassa precisió de les mesures i a l’alt volum de pèrdues per unitat de temps i connexió. Els valors de l’ILI mostren que el sistema té un important marge de millora, des de l’actual nivell fins al valor de 1 o proper a 1, el qual significaria el millor rendiment.

3.4 Estacions de bombeig

3.4.1 Disseny de bombes

D’acord amb l’esquema hidràulic de la figura 3, es diferencien dos tipus de bombament: bombeig directe contra dipòsits a pressió atmosfèrica, del qual s’encarrega l’EB2 i bombeig directe a consums, feina que realitza l’EB3.

Per al càlcul dels cabdals i altures resistents per al disseny de les bombes es prenen els valors de corresponents als mes de l’any més desfavorable, és a dir, aquell amb major cabdal consumit (majorat amb el patró de consigna en l’instant amb major demanda: 1,35) i per tant majors pèrdues resistents. Per a la selecció de les bombes òptimes a les condicions de treball que es presenten a continuació, es pressuposarà que les bombes poden treballar les 24 hores del dia. Totes les bombes seleccionades han sigut escollides de freqüència elèctrica del motor 50Hz ja que la xarxa elèctrica de Moldàvia treballa en aquesta freqüència. La selecció d’aquestes ha estat feta d’acord amb el criteri de major rendiment per al cabdal i altura nominals. Es presenten les corbes altura-cabdal i rendiment-cabdal del tipus:

$$\eta(Q) = D \cdot Q + E \cdot Q$$
$$Hb(Q) = A + B \cdot Q + C \cdot Q^2$$

La presa de dades ha estat feta mitjançant la selecció de 4 punts, entre els quals s’inclou el punt de treball nominal, i posteriorment s’ha fet l’aproximació a les corbes polinòmiques presentades anteriorment. Es mostrarà també a les gràfiques el nivell d’ajust R^2 , valor que és més fiable com més proper a 1 siga.

En primer lloc es va a tractar el **bombeig contra dipòsit**. L’EB2 està situada a una cota de 29,1 metres, no obstant això, es considera que les bombes estan a 29,3 metres ja que van subjectades per una base. Aquesta altura coincideix amb l’altura a la que es garanteix el buidat del dipòsit, i per tant el cebat. Aquesta estació de bombeig dóna pressió mitjançant dues bombes diferents a dos parelles de dipòsits amb plenat superior de característiques:

-dos dipòsits de 1000 m³ cadascun interconnectats, situats a l’entrada de l’EB3, a cota 75 metres que s’encarreguen d’abastir les connexions de la zona principal de Cahul i l’EB3. L’altura d’aquests, d’acord amb la informació disponible de tamany de la base i volum, s’ha estimat en 9,62 metres.

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

-dos dipòsits de 250 m³ també interconnectats, situats a l’entrada a l’EB4, a cota 71,5 metres, d’on pren aigua l’EB4 que subministra altres districtes i l’EB5. L’altura d’aquests s’ha estimat en 72,71 metres.

Com posteriorment es comentarà a l’apartat del model matemàtic, la rugositat a les canonades d’impulsió es pren de 0,1. Amb un diàmetre de 500 mm, la rugositat relativa és de:

$$K/d = 0,1/500 = 0,02$$

Aquest valor, d’acord amb el diagrama de Moody per a cabdals turbulents (amb nombre de Reynolds molt elevat, com és el cas) correspon a un factor de fricció de 0,024, el qual s’empra per calcular les pèrdues al llarg de les canonades d’impulsió.

El cabdal de disseny impulsat fins a l’EB3 d’acord amb les dades de impulsió per mesos de l’any a les estacions de bombeig és de:

$$QBomba\ 1 = QEB2 - QEB4 = 384\ m^3/h = 106,7\ l/s$$

El cabdal de disseny impulsat fins a l’EB4 d’acord amb les dades de impulsió per mesos de l’any a les estacions de bombeig és de:

$$QBomba\ 2 = QEB4 = 38,41\ m^3/h = 10,67\ l/s$$

Anem a centrar-nos ara en el càlcul de l’altura que ha de ser igual a l’altura resistent de la instal·lació:

$$H^r = H_g + h + \frac{8fL}{\pi^2 g D^5} Q^2$$

Procedim ara al càlcul de les pèrdues de cada canonada, que ha estat fet multiplicant-lo per un factor de 1,1 per a tindre en compte així les pèrdues degudes a elements individuals de la xarxa:

$$ht1 = 1.1 \left(\frac{8 \cdot 0,024 \cdot 6324}{\pi^2 \cdot 9,8 \cdot 0,5^5} \right) \cdot 0,1066796875^2 = 4,5670712307\ mca$$

$$ht2 = 1.1 \left(\frac{8 \cdot 0,024 \cdot 4697}{\pi^2 \cdot 9,8 \cdot 0,5^5} \right) \cdot 0,01066935484^2 = 0,033929646310\ mca$$

Altura d’impulsió fins als dipòsits a l’entrada de EB3:

$$HB1 = 84,62 - 29,3 + ht1 = 59,89\ mca$$

Altura d’impulsió fins als dipòsits a l’entrada de EB4:

$$HB2 = 72,71 - 29,3 + ht2 = 43,44\ mca$$

La selecció de les dues bombes, és la següent:

Bomba 1: tipus CPT 125-230, amb potència 80,46kW, seleccionada per al punt:

$$QB1 = 384,3\ m^3/h$$

$$HB1 = 59,89\ mca$$

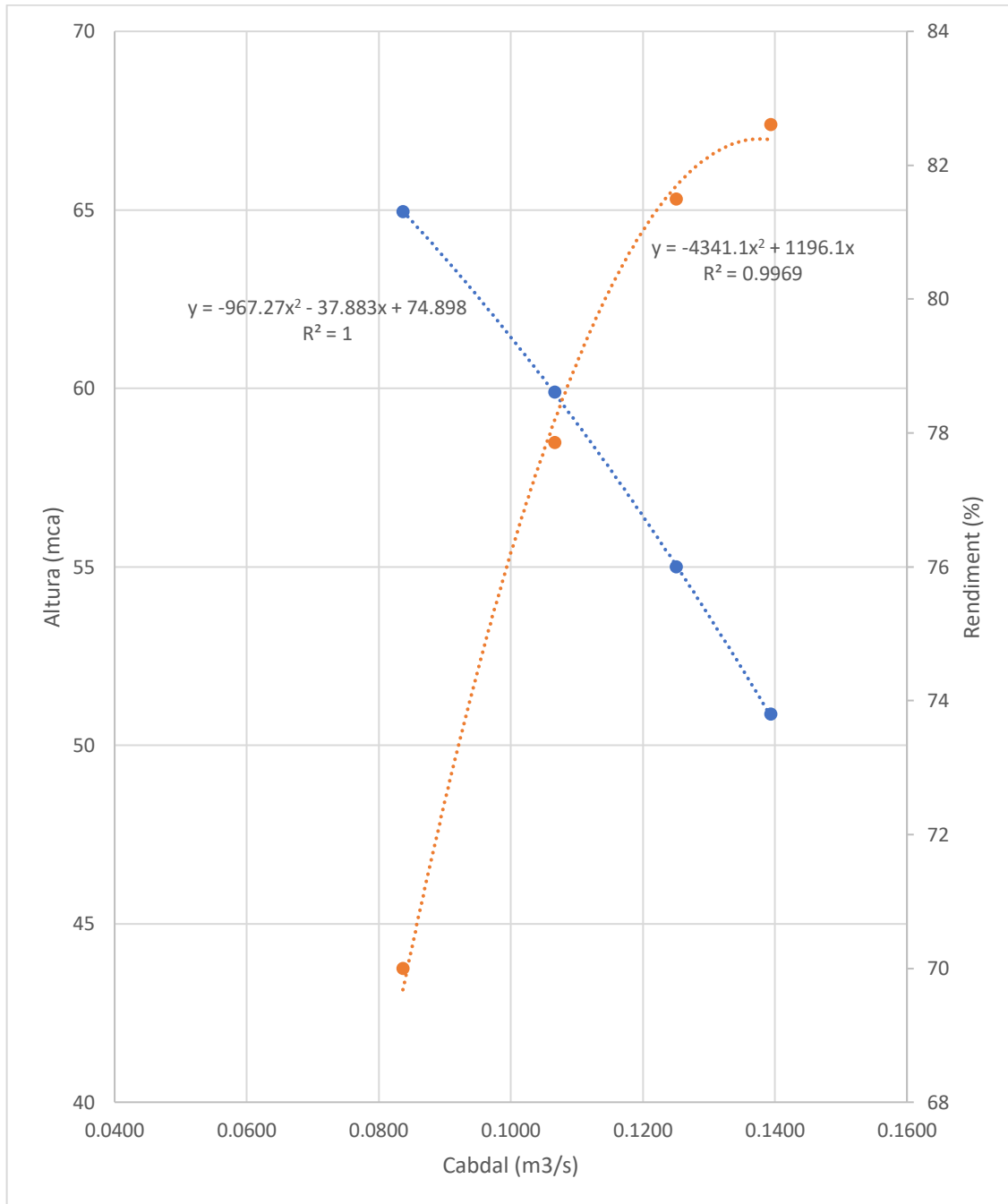
“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

Amb corbes de rendiment-cabdal i altura-cabdal:

$$\eta_{B1} = 1196,1 \cdot Q - 4341,1 \cdot Q^2 \rightarrow \text{taronja}$$

$$HB1 = 74,898 - 37,883 \cdot Q - 967,27 \cdot Q^2 \rightarrow \text{blau}$$

Representades a la gràfica:



Imatge 5: corbes bomba 1

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

Bomba 2 tipus GNI 50-20/15, amb potència 7,331kW, per al punt:

$$QB1 = 38,41 \text{ m}^3/h$$

$$HB2 = 43,44 \text{ mca}$$

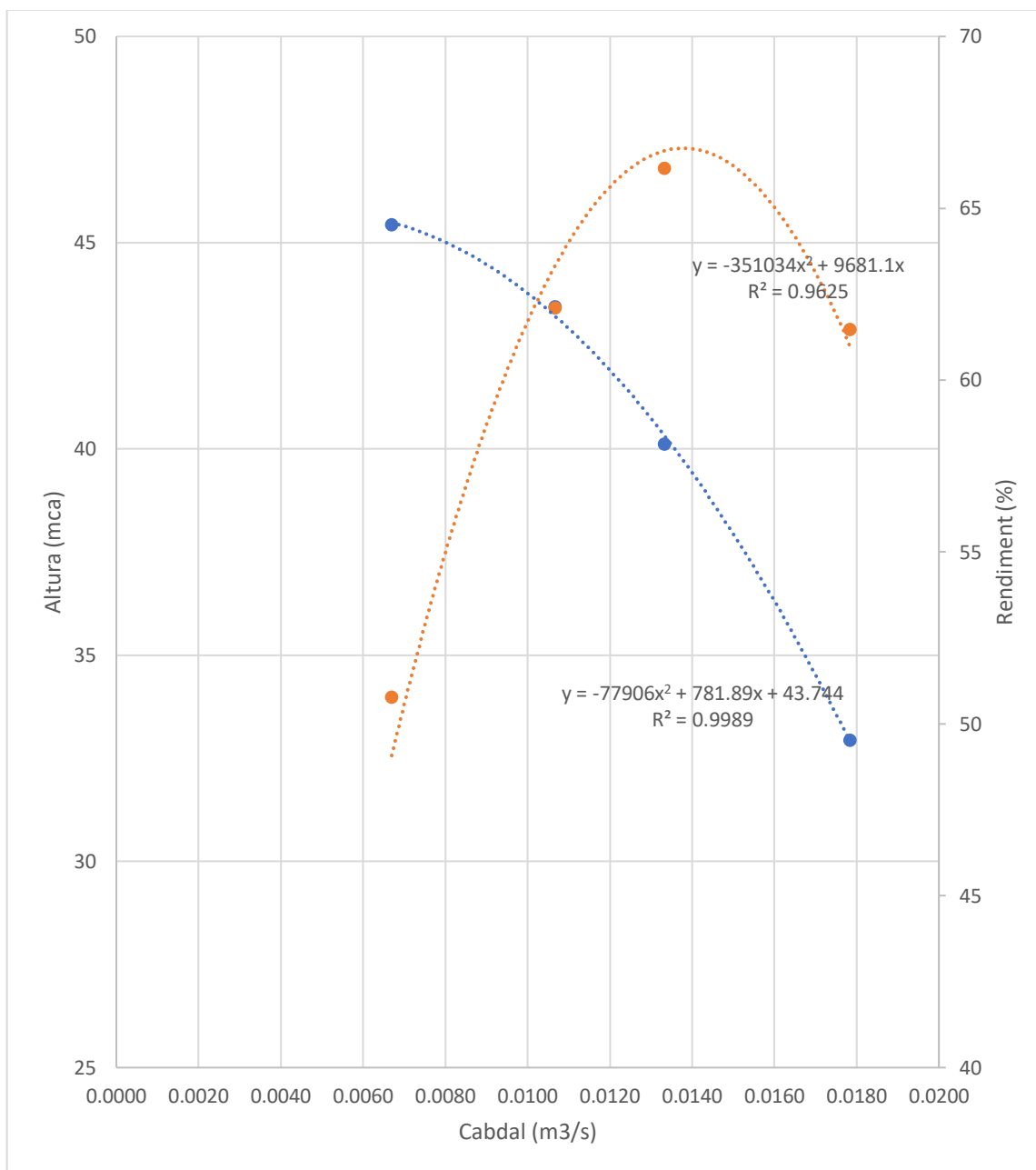
Amb corbes de rendiment-cabdal i altura-cabdal:

$$\eta_{B2} = 9681,1 \cdot Q - 351034 \cdot Q^2 \rightarrow \text{taronja}$$

$$HB2 = 43,744 + 781,89 \cdot Q - 77906 \cdot Q^2 \rightarrow \text{blau}$$

Representades a la gràfica:

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”



Imatge 6: corbes bomba 2

Les gràfiques prèvies han estat fetes mitjançant l'aproximació d'uns quants punts de treball d'aquestes bombes a corbes polinòmiques de segon grau, en el cas de les corbes de rendiment, forçant-les a que passen per l'origen (a cabdal nul, el rendiment és zero).

Pel que fa a l'NPSHd és la mateixa en ambdós casos ja que l'aspiració es fa des del mateix lloc. D'acord amb les dades que es disposa, l'altura de l'aigua als dipòsits que abasteixen aquestes dues bombes de l'EB2 és en cas mínim de 29,3 metres, i les bombes estan a 29,3 metres.

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

L’NPSHd es calcula:

$$NPSHd = \frac{p_a''}{\gamma} - H_{asp} - r_a Q^2 - \frac{v_a^2}{2g} - \frac{p_v''}{\gamma}$$

El terme corresponent a aspiració des de pressió atmosfèrica és de 10,33mca. L’altura d’aspiració és zero ja que la bomba està a la mateixa altura que el nivell més baix d’eixida d’aigua del dipòsit. El terme de pèrdues també és nul degut a la longitud de canonada menyspreable, així com el terme cinètic que considerarem menyspreable. El valor de l’altura de la pressió de vapor és de 0,33 mca, per tant:

$$NPSHd = 10,33 - 0,33 = 10 \text{ mca}$$

Per tal de garantir l’aspiració sense riscos de cavitació ha de complir-se que:

$$NPSHd \geq NPSHr$$

Els requisits d’aspiració en les dos bombes dissenyades són de:

Bomba 1:

$$10 \text{ mca} \geq 6,3 \text{ mca} \rightarrow \text{ compleix}$$

Bomba 2:

$$10 \text{ mca} \geq 2,14 \text{ mca} \rightarrow \text{ compleix}$$

Es procedirà ara a tractar el **bobeig directe a consums**. L’EB3 està formada per dues bombes en paral·lel que donen pressió directament als consums, garantint així el subministrament a la part més elevada de Cahul, Spirin, així com la del Microdistricte XV. No obstant això, aquestes dues bombes tenen diferent potència. Una actuarà com a bomba principal i l’altra s’encendrà només a les hores en què el nus més desfavorable ho requereixca. Com a criteri d’encesa/apagada d’aquesta bomba auxiliar més menuda, s’ha fixat un límit d’una pressió de 22 mca.

El disseny de la bomba 3 es farà també en l’instant de més desfavorable ja esmentat anteriorment. Així, per al seu disseny i càlcul, es considera el cabdal circulant en el moment de major requeriments de tot l’any. Aquest cabdal serà de:

$$QB3 = 147,31 \text{ m}^3/\text{h} = 40,91 \text{ l/s}$$

El càlcul de l’altura de disseny que han d’oferir les bombes és calculat considerant que ha d’abastir correctament els nusos amb condicions més desfavorables. El càlcul de les pèrdues hidràuliques es fa, per tant, per trams, ja que en cada tram de canonada fins abastir aquest nus s’està transportant un cabdal.

$$ht_{3.1} = 1.1 \left(\frac{8 \cdot 0,024 \cdot 27,36}{\pi^2 \cdot 9,8 \cdot 0,3^5} \right) \cdot 0,02045866936^2 = 0,216141 \text{ mca}$$

$$ht_{3.2} = 1.1 \left(\frac{8 \cdot 0,024 \cdot 544,7}{\pi^2 \cdot 9,8 \cdot 0,3^5} \right) \cdot 0,01659^2 = 2,829544 \text{ mca}$$

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

$$ht_{3.3} = 1.1 \left(\frac{8 \cdot 0,024 \cdot 379,7}{\pi^2 \cdot 9,8 \cdot 0,3^5} \right) \cdot 0,00956^2 = 0,654972 \text{ mca}$$

$$ht_{3.4} = 1.1 \left(\frac{8 \cdot 0,024 \cdot 23,61}{\pi^2 \cdot 9,8 \cdot 0,3^5} \right) \cdot 0,00624^2 = 0,017351 \text{ mca}$$

$$ht_{3.5} = 1.1 \left(\frac{8 \cdot 0,024 \cdot 227,8}{\pi^2 \cdot 9,8 \cdot 0,3^5} \right) \cdot 0,00332^2 = 0,047391 \text{ mca}$$

$$ht_{3.6} = 1.1 \left(\frac{8 \cdot 0,024 \cdot 18,77}{\pi^2 \cdot 9,8 \cdot 0,3^5} \right) \cdot 0,00111^2 = 0,000436 \text{ mca}$$

$$ht_3 = \sum_i ht_{3.i} = 3,765835 = 3,765835 \text{ mca}$$

No obstant això, malgrat els càlculs anteriors, es contempla un extra de pressió d’uns 10mca per tal que la bomba abastisca sense problemes les plantes més altes dels edificis d’aquesta zona residencial.

L’altura d’impulsió de disseny de la bomba principal, d’acord amb la cota del nus més desfavorable, les pèrdues associades per a l’instant d’abastiment més crític i el extra de pressió és de:

$$HB_3 = (103 - 75,2) + ht_3 + 10 = 41,56584 \text{ mca}$$

Bomba 3: tipus CPS 80-240, amb potència 21,366kW, seleccionada per al punt:

$$QB_3 = 147,31 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$HB_3 = 41,56584 \text{ mca}$$

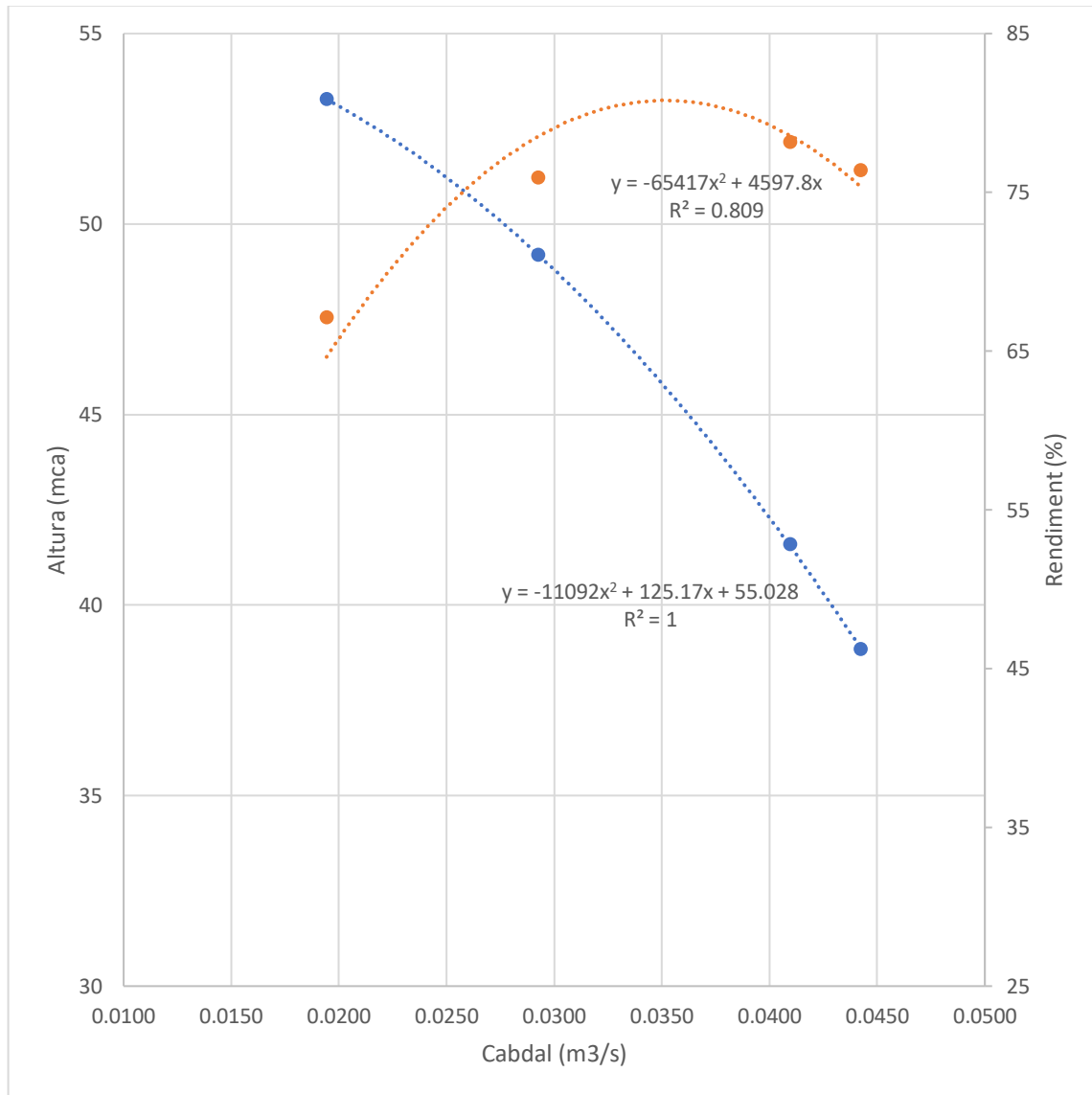
Amb corbes de rendiment-cabdal i altura-cabdal:

$$\eta_{B3} = 7812,2 \cdot Q - 203621 \cdot Q^2 \rightarrow \text{taronja}$$

$$HB_3 = 49,624 + 377,62 \cdot Q - 37760 \cdot Q^2 \rightarrow \text{blau}$$

Representades a la gràfica:

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”



Imatge 7: corbes bomba 3

Altra alternativa de disseny a aquesta bomba principal seria la instal·lació de dues bombes iguals, més menudes, que treballaren en paral·lel abastint el districte Spirin. És amb aquest criteri amb el que s’ha dissenyat la bomba auxiliar 4, considerant-la com si fora una d’aquestes bombes més menudes en paral·lel. D’acord amb el allò explicat, el cabdal que circularia per aquesta bomba és la meitat del cabdal que circula per la ja dissenyada bomba 3.

$$QB3 = 73,655 \text{ m}^3/\text{h} = 20,455 \text{ l/s}$$

I tenint en compte l’extra de pressió, l’altura d’impulsió és la mateixa que la de la bomba 3, és a dir:

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

$$HB3 = HB4 = (103 - 75,2) + ht3 + 10 = 31,56584 \text{ mca}$$

Bomba 4: tipus, amb potència 11,231kW, seleccionada per al punt:

$$QB4 = 73.655 \text{ m}^3/h$$

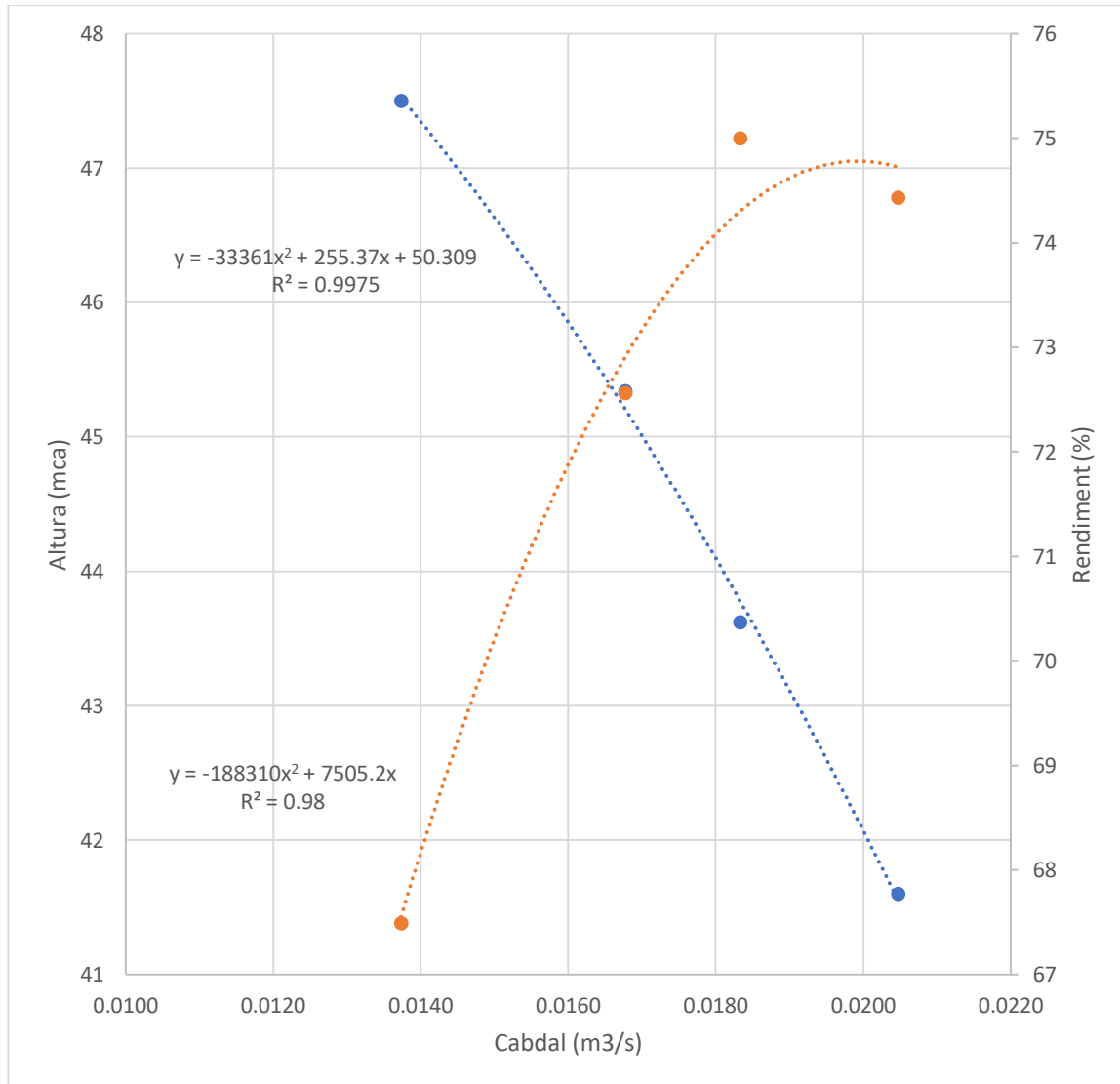
$$HB4 = 41,56584 \text{ mca}$$

Amb corbes de rendiment-cabdal i altura-cabdal:

$$\eta_{B4} = 7505,2 \cdot Q - 188310 \cdot Q^2 \rightarrow \text{taronja}$$

$$HB4 = 50,309 + \cdot 255,37Q - 33361 \cdot Q^2 \rightarrow \text{blau}$$

Representades a la gràfica:



Imatge 8: corbes bomba 4

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

Es procedeix ara al càlcul de la NPSH disponible i a la comprovació dels requeriments d’aspiració. Aquest valor serà el mateix per a les dues bombes ja que aspiren des del mateix dipòsit.

Cal recordar el càlcul de l’NPSH disponible:

$$NPSHd = \frac{p_a''}{\gamma} - H_{asp} - r_a Q^2 - \frac{v_a^2}{2g} - \frac{p_v''}{\gamma}$$

I, de la mateixa manera que abans, el terme corresponent a aspiració des de pressió atmosfèrica és de 10,33 mca. L’altura d’aspiració és zero ja que la bomba està a la mateixa altura que el nivell més baix d’eixida d’aigua del dipòsit. El terme de pèrdues també és nul degut a la longitud de canonada menyspreable, així com el terme cinètic que considerarem menyspreable. El valor de l’altura de la pressió de vapor és de 0,33 mca, per tant:

$$NPSHd = 10,33 - 0,33 = 10 \text{ mca}$$

Per tal de garantir l’aspiració sense riscos de cavitació ha de complir-se que:

$$NPSHd \geq NPSHr$$

Els requisits d’aspiració en les dos bombes dissenyades són de:

Bomba 3:

$$10 \text{ mca} \geq 5,04 \text{ mca} \rightarrow \text{compleix}$$

Bomba 4:

$$10 \text{ mca} \geq 1,81 \text{ mca} \rightarrow \text{compleix}$$

3.4.2 Càrrega de model per a simulació del bombeig

S’ha emprat un model amb EPANET per modelar l’encesa i apagada de les bombes en funció del nivell dels dipòsits.

Per realitzar el model, es comptava amb els arxius CAD de la xarxa de Cahul. Sobre aquests, emprant altra capa CAD, s’ha dibuixat per damunt la xarxa a tractar, excloent els districtes que no eren objecte de treball. Aquest arxiu ha estat posteriorment guardat en format .dxf. Mitjançant l’exportació amb EPACAD d’aquesta capa creada, s’ha treballat a EPANET per tal de realitzar el model hidràulic i les respectives simulacions.

Una vegada treballant amb l’arxiu .net de la xarxa, s’han realitzat les pertinents connexions entre estacions de bombament i xarxa, així com la representació d’hipotètics elements de la xarxa.

Respecte del període de temps en que s’ha fet la simulació, s’ha contemplat un període de 48 hores, amb l’objectiu que a partir del segon dia de simulació el sistema s’estabilitze cíclicament, ja que al primer dia els tancs inicien les simulacions amb un nivell de plenat arbitrari establert.

El model pren l’aigua d’un embassament que substitueix al riu Prut. Aquesta és una font inesgotable d’aigua situada a 29,1 metres, la mateixa cota que bombes d’injecció d’aigua a la xarxa.

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

Pel que fa a vàlvules, cal remarcar les vàlvules de retenció, situades a l’eixida de les bombes per tal d’impedir fluxos en sentit contrari; el nus de consum amb el qual s’ha modelitzat el flux que ix dels dipòsits de l’EB4 cap a altres barris de la ciutat; i les vàlvules sostenidores de pressió, per tal de modelar el plenat superior dels dipòsits.

Pel que fa a la rugositat de les canonades, degut a la dificultat de saber de quin material està feta cadascuna, s’ha assignat un coeficient de rugositat de 0.1 per a totes elles.

Els dipòsits, com que són de igual volum per parelles, dos de 1000 m³ i dos de 250 m³ s’han modelat com un sol per cada parella de dipòsits a l’entrada de les estacions de bombeig.

Com que es disposava de dades de cabdals d’entrada per districtes, per tal de fer un model estable i coherent, s’ha assignat a cada nus la seua demanda base corresponent.

Per a la zona que s’abasteix per gravetat des dels dipòsits, degut al flux aportat per l’EB2:

$$\frac{228916 \text{ m}^3 - 81180 \text{ m}^3 - 20270 \text{ m}^3}{31 \text{ dies}} = 4111,8064 \text{ m}^3/\text{d} = 47,59035245 \text{ l/s}$$

I repartim aquest valor entre el nombre de nusos que reben l’aigua d’aquesta EB, per tal de determinar la demanda base dels nusos situats a aquesta zona:

$$47,59035245 \text{ l/s} / 128 \text{ nusos} = 0.371799628 \text{ l/s}$$

S’ha fet el mateix càlcul per tal de calcular la demanda base dels nusos abastits per l’EB3:

$$\frac{81180 \text{ m}^3}{31 \text{ dies}} = 2618,709678 \text{ m}^3/\text{d} = 30,30913979 \text{ l/s}$$
$$30,30913979 / 37 \text{ nusos} = 0,81916594 \text{ l/s}$$

La resta de la ciutat que queda fora de l’abast d’aquest treball. No obstant això, per simular el funcionament de la bomba de l’EB2 que impulsa l’aigua fins l’EB4, la part de la ciutat que és subministrada per aquesta estació de bombeig s’ha modelat com si d’un nus d’eixida dels dipòsits de l’EB4 es tractés. Aquest nus rep:

$$\frac{20270 \text{ m}^3}{31 \text{ dies}} = 653,8709678 \text{ m}^3/\text{d} = 7,567951016 \text{ l/s}$$

Respecte de la introducció dels resultats obtesos al nostre model a EPANET, cal tenir en compte:

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

DEMANDES BASE	CRITERI DE SIGNES	ADVERTÈNCIES
Aquesta és la característica adequada per a modelar un consum constant al llarg del temps	Positiu: el flux extret de la xarxa	Els índex de flux dels nodes es mantenen tot el temps, incloent condicions físiques d’operació impossible
Unitats: l/s (LPS)	Negatiu: flux que s’injecta a la xarxa	Possibles errors de càlcul
		Possibles incompatibilitats amb altres elements que regulen el flux a una línia.

Taula 13: modelatge de consum constant

La variació de consum al llarg del temps als nodes és simulada utilitzant el concepte de Coefficient de modulació (Cm)	$Q(t) = C_m(t) \times Q_{mig}$ Q_{mig}: cabdal mig
EPANET treballa a flux constant durant l’interval de càlcul	

Taula 14: modelatge del consum dependent de la variació de temps

3.4.3 Patró de demanda

Emprant la propietat de EPANET *Patró de demanda* és possible combinar en un únic node de consum diferents corbes de modulació, açò és, diferents patrons de consum. Els paràmetres d’aquesta propietat es presenten en la següent taula.

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

PARÀMETRES	
DEMANDES BASE	Açò és referir l’índex de flux a cada tipus de consum.
PATRÓ TEMPORAL	És la referència del patró de consum a cada tipus de consum.
CATEGORIA	Etiqueta per identificar un tipus de consum

Taula 15: paràmetres dels patrons de demanda

És considerat útil establir el patró de demanda de la ciutat. Es pot diferenciar entre patrons de demanda depenent del tipus de consum, que pot ser: consum domèstic (apartaments individuals i edificis de vivendes), comerços i indústria. Per a major senzillesa, al realitzar la simulació matemàtica de la xarxa, es pressuposarà que el patró per a tots els nusos del model és del mateix tipus degut a la dificultat per associar a cada nus un patró específic. Açò pot afectar lleugerament el resultat de les simulacions, no obstant això no ho fa de manera significativa.

A falta de dades de la ciutat de Cahul, s’ha emprat el patró de demanda mig de la ciutat de Batumi (Geòrgia). Encara que no igual, guarda certa ressemblança degut a que el país fou també una exrepública soviètica i alguns costums i hàbits són semblants. El patró de demanda és presentat a continuació:



Imatge 9: patró de demanda

Aquesta sèrie de valors, amb mitja ponderada 1, per tant equilibrat, presenta el seu valor mínim a les 12am, amb un valor de 0,6 i el màxim valor a les 12pm amb un coeficient de 1,35.

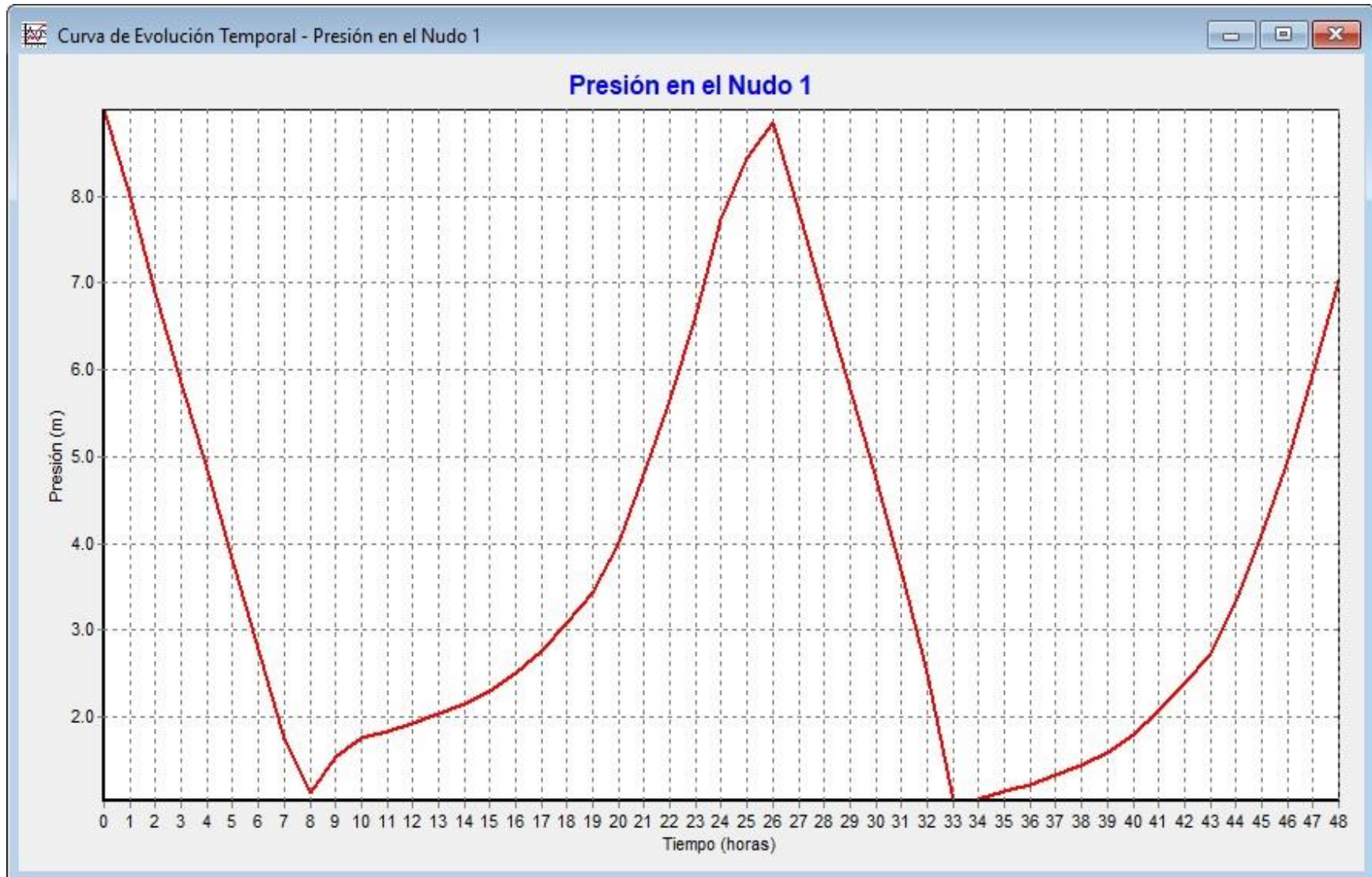
“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

3.4.4 Resultats del bombeig

A continuació es presenten els resultats despresos de la simulació del bombeig de la xarxa.

En primer lloc es presenten les gràfiques corresponents al nivell dels dipòsits d’entrada a l’estació de bombeig 3, la que abasteix les zones més altes de la ciutat.

S’han assignat com a nivells d’encesa i apagada de la bomba que abasteix el dipòsit 1 metre i 9 metres respectivament, per tal de garantir uns nivells acceptables d’aigua als tancs.

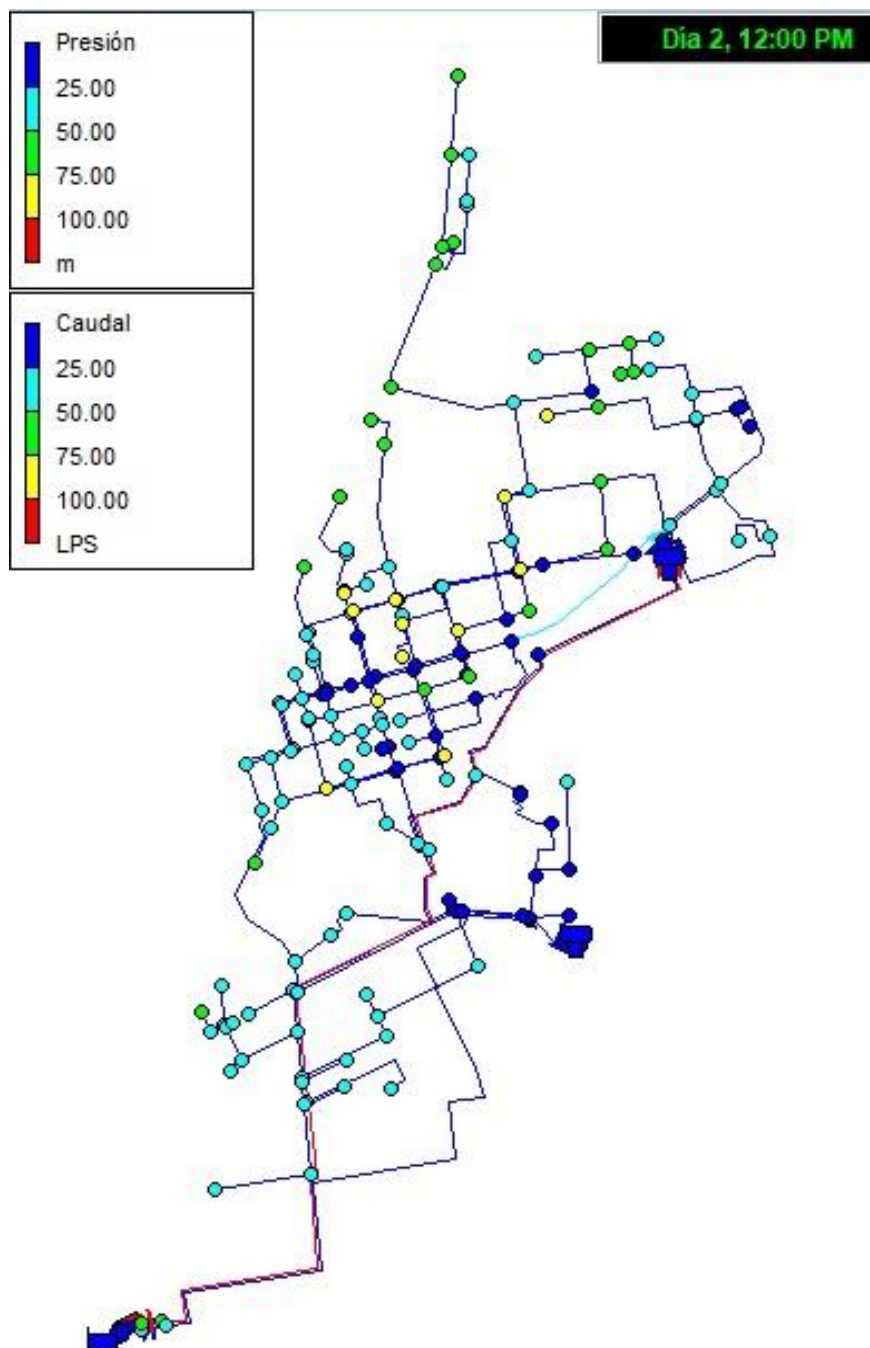


Imatge 10: nivell dels dipòsits a l’entrada de l’EB3

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

Pel que fa a les pressions a la xarxa, es mostren a continuació tant el conjunt de la xarxa a la representació proporcionada per EPANET com un parell de nusos representatius del sistema.

Es presenta primerament la xarxa en la seua totalitat a les 12 a.m., l’instat amb major coeficient de la corba de modulació de consum, així com la distribució de pressions i fluxos associats a cada nus i canonada respectivament.

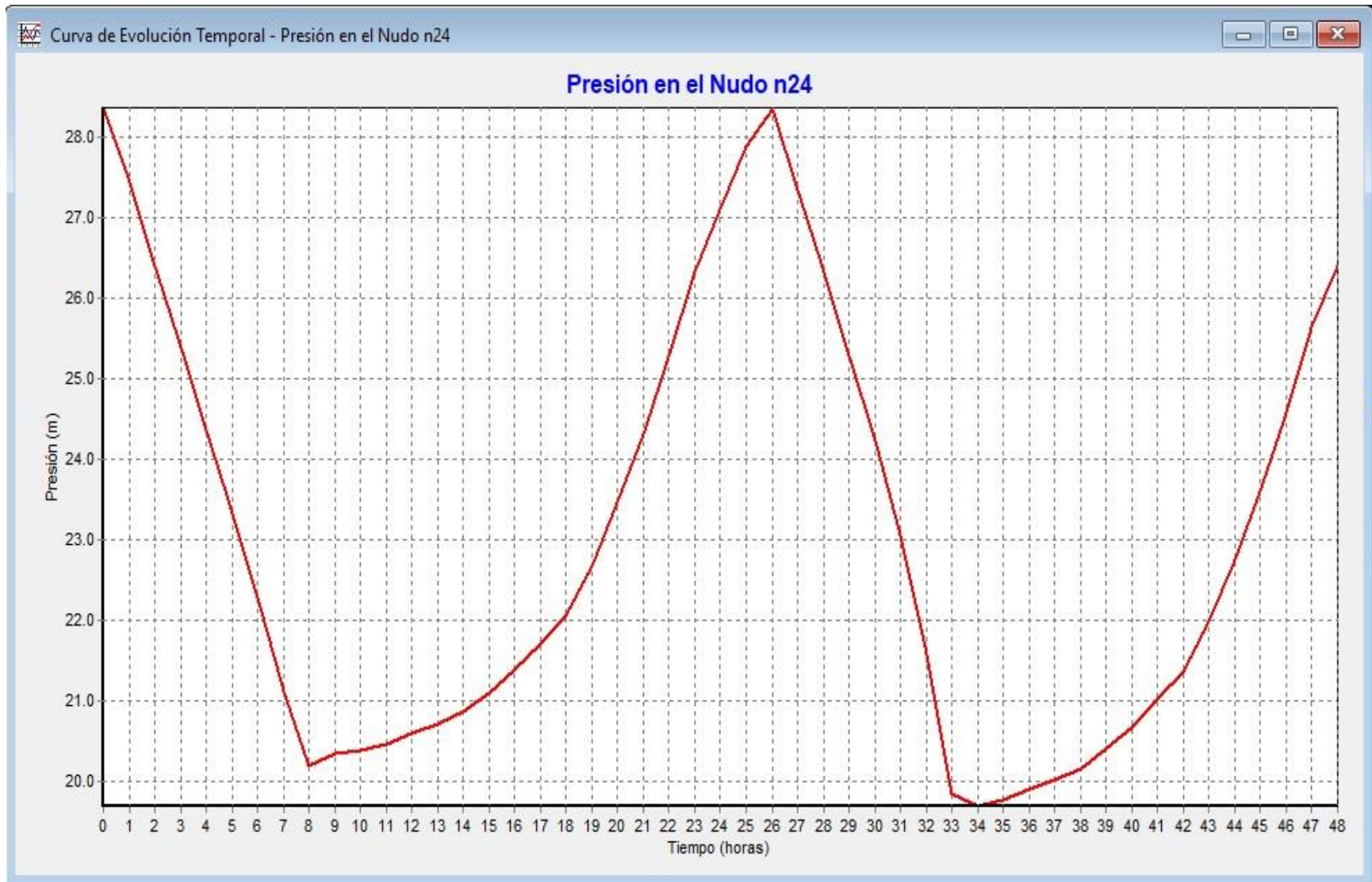


Imatge 11: distribució de pressions i fluxos a la xarxa (12 a.m.)

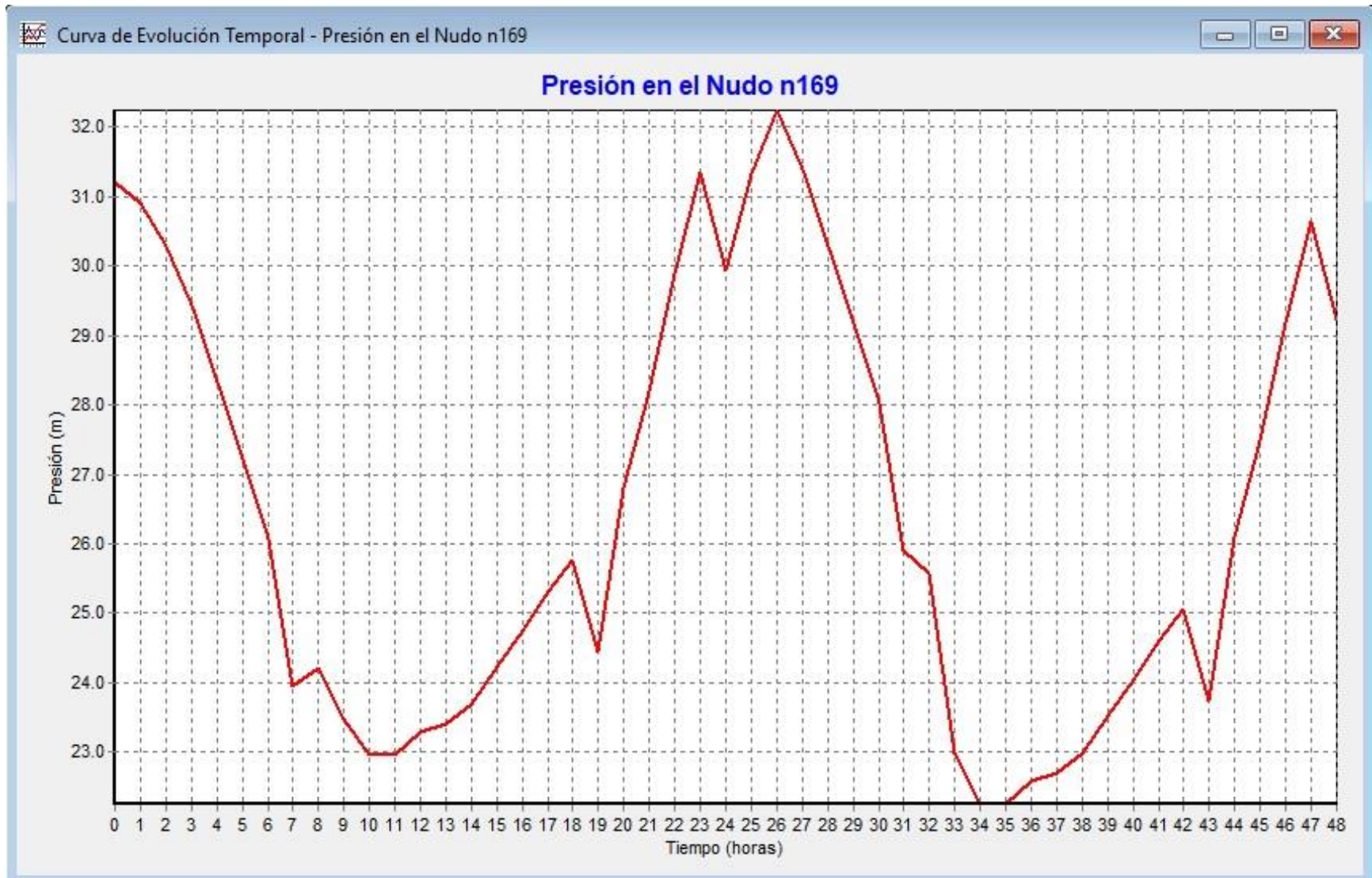
“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

El primer nus mostrat és el nus més elevat d’aquells situats en la part central de Cahul, que són subministrats per l’aigua que descarrega per gravetat el dipòsit presentat abans. Pot observar-se que el seu mínim de pressió està al voltant dels 20 mca, nivell de pressió suficient per a subministrar edificis d’unes poques altures.

Es mostra seguidament el nivell de pressió del nus més desfavorable dels situats a Spirin i al Microdistricte XV, que rep el bombeig directe des de l’EB3. S’observa un mínim de pressió suficient, lleugerament per davall de 23 mca degut a l’encesa del bombeig en paral·lel.



Imatge 12: pressió nus més desfavorable per gravetat



Imatge 13: pressió nus més desfavorable per bombeig directe

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

3.4.5 Costos energètics

Es procedeix ara a realitzar una estimació del cost associat al manteniment de les bombes en funcionament al llarg del dia durant tot l’any.

Per a aquest apartat, s’assumeix un preu mig de l’electricitat per a ús industrial a Moldàvia de 0,078 €/KW*h, independentment de si es tracta d’hores punta, hores vall o hores de consum normal. És per això que s’ha assumit que les bombes poden treballar les 24 hores al dia. Aquest preu ha estat obtès a partir de dades de l’Eurostat i és el corresponent al segon semestre de 2016. A falta de dades dels preus migs de la potència contractada a Moldàvia, per al terme fixe de la tarifa elèctrica es pren un valor de 0,078 €/KW al dia.

L’objectiu d’aquest apartat és calcular el cost energètic mig d’impulsió de cada metre cúbic subministrat.

Açò s’ha fet mitjançant una fulla de càlcul Excel. Emprant la ferramenta Solver s’han igualat les corbes d’altures resistents i d’impulsió i s’ha obtès el cabdal de funcionament per a cadascun dels mesos de l’any i, amb aquest, s’han calculat els rendiments i l’energia consumida, obtenint en última instància l’energia anual total consumida.

En primer lloc, es presenten els resultats dels costos energètics de la bomba 1, situada a l’estació de bombeig 2, considerada volum d’entrada a la xarxa que ens ocupa.

Selecció de la bomba 1	
Hipòtesi de funcionament màxim de la bomba (hores/día)	24,00
Cabdal necessari per a la selecció (m ³ /h)	384,00
Altura necessària per a la selecció (mca)	59,88
Model de la bomba	CPT 125-230
Rendiment de la bomba (%)	77,86
Potència del motor, P _{motor} (kW)	80,46

Costos energètics anuals	
Energia total consumida en un any(kWh)	399.782,43
Cost energètic anual fixe: terme de potència (€)	75,30
Cost energètic anual variable: terme d'energia (€)	31.183,00
Cost energètic total anual (€)	31.258,30

Cost energètic total anual bomba 1	
Cost energètic total anual (€)	31.258,30
Volúmen total impulsat (m ³)	1.915.346,00
Cost unitari anual (€/m ³)	0,0163

Taula 16: cost energètic bomba 1

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

Aquesta bomba abasteix els dipòsits que d’una banda subministren la part central de Cahul i d’altra banda Spirin i el Microdistricte XV.

La part central de Cahul s’abasteix per gravetat, per tant el cost energètic de cada metre cúbic d’aquesta zona de la ciutat és el mostrat a la taula:

0,0163 €/m³

No s’han elaborat taules de cost energètic de la bomba 2 perquè, encara que allotjada a l’estació de bombeig 2, no és d’interès per a calcular el cost energètic per metre cúbic subministrat a les àrees estudiades al present treball.

Es presenten ara les taules corresponents als costos energètics associats a les bombes 3 i 4, totes dues allotjades a l’estació de bombeig 3.

Selecció de la bomba 3	
Hipòtesi de funcionament màxim de la bomba (hores/día)	24,00
Cabdal necessari per a la selecció (m ³ /h)	384,00
Altura necessària per a la selecció (mca)	41,60
Model de la bomba	CPS 80-240
Rendiment de la bomba (%)	78,17
Potència del motor, P _{motor} (kW)	21,37

Costos energètics anuals	
Energia total consumida en un any(kWh)	247.120,28
Cost energètic anual fixe: terme de potència (€)	20,00
Cost energètic anual variable: terme d'energia (€)	19.275,40
Cost energètic total anual (€)	19.295,40

Taula 17: cost energètic bomba 3

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

Selecció de la bomba 4	
Hipòtesi de funcionament màxim de la bomba (hores/día)	24,00
Cabdal necessari per a la selecció (m ³ /h)	73,70
Altura necessària per a la selecció (mca)	41,60
Model de la bomba	CPS 65-240
Rendiment de la bomba (%)	74,43
Potència del motor, P _{motor} (kW)	11,23

Costos energètics anuals	
Energia total consumida en un any(kWh)	59.596,31
Cost energètic anual fixe: terme de potència (€)	
Cost energètic anual variable: terme d'energia (€)	4.648,50
Cost energètic total anual (€)	4.648,50

Taula 18: cost energètic bomba 4

A la taula de la bomba 4 no s’ha inclòs terme de potència per a no pagar-lo dues vegades, ja que les bombes 3 i 4 es troben allotjades a la mateixa estació de bombeig i, per tant, la factura elèctrica és conjunta. Per tant:

Cost energètic total anual bombes 3 i 4 (€)	
Cost energètic total anual bombes 3 i 4 (€)	23.943,90
Volúmen total impulsat bombes 3 i 4 (m ³)	789.011,00
Cost unitari anual (€/m ³)	0,0303

Taula 19: cost energètic conjunt bombes 3 i 4

Per tant, el cost energètic de subministrar aigua a Spirin i Microdistricte XV, les zones més elevades de la ciutat, serà de:

$$0,0163 \text{ €/m}^3 + 0,0303 \text{ €/m}^3 = 0,0466 \text{ €/m}^3$$

3.5 Model matemàtic de l’ANR

3.5.1 Introducció

Respecte del modelatge de l’ANR, hi ha tres possibles mètodes els quals es presenten seguidament explicats en el següent punt.

- Cas 1. Correcció de les demandes registrades amb un factor de demanda per tal de compensar les pèrdues volumètriques.
- Cas 2. Interpretació de totes les pèrdues volumètriques com a constants i independents de l’instant temporal.
- Cas 3. Ús d’emissors per a representar les pèrdues. L’ANR consumida pot ser representada o bé com una segona categoria de demanda o com una correcció d’un factor de demanda.

Per tal de realitzar el model de Spirin, Microdistricte XV i la part central de Cahul, es farà servir l’ús de coeficients emissors per tal de representar les pèrdues, corresponent al cas 3.

3.5.2 Càrrega del model per a modelatge de l’ANR

Per a la realització d’aquest model, s’ha pres com a base el que ens ha servit per realitzar la simulació del bombeig a la xarxa. No obstant això, com que no es disposa de dades diferenciades de ANR per districtes per poder calcular després coeficients emissors diferenciats, s’ha calculat una demanda base única per a tots els nusos i, posteriorment, es realitzarà el modelatge de l’ANR sense fer distinció entre districtes, assignant un coeficient emissor únic.

Per a la zona que s’abasteix per gravetat des dels dipòsits, degut al flux aportat per l’EB2:

$$\frac{228916 \text{ m}^3}{31 \text{ dies}} = 7384,387097 \text{ m}^3/d = 85,46744325 \text{ l/s}$$

I repartim aquest valor entre el nombre de nusos que reben l’aigua, per tal de determinar la demanda base dels nusos:

$$85,46744325 \text{ l/s} / 166 \text{ nusos} = 0,514864116 \text{ l/s}$$

3.5.3 Inclusió de l’ANR en el model matemàtic

Els tipus de consum que poden ser modelats en el model matemàtic (EPANET) estan explicats en les següents taules:

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

CONSUM DEFINIT PELS USUARIS		CÀLCULS HIDRÀULICS QUE DEPENEN DEL CONSUM	
Consum constant	Consum depenent del temps	Consum depenent de la pressió	Consum calculat
Definit per la demanda base com a propietat de cada connexió.	Ve definit per la corba de modulació referenciada a les demandes base de les connexions.	Definit per l’ús d’emissors.	Contribucions o despeses de flux que ocorren als tancs o dipòsits.
	La corba de modulació és especificada en el patró de demanda per a cada connexió.	Per a definir aquests emissors s’usa el coeficient d’emissor , propietat per a cadascuna de les connexions.	
	El patró de demanda és publicat en la secció de patrons.		

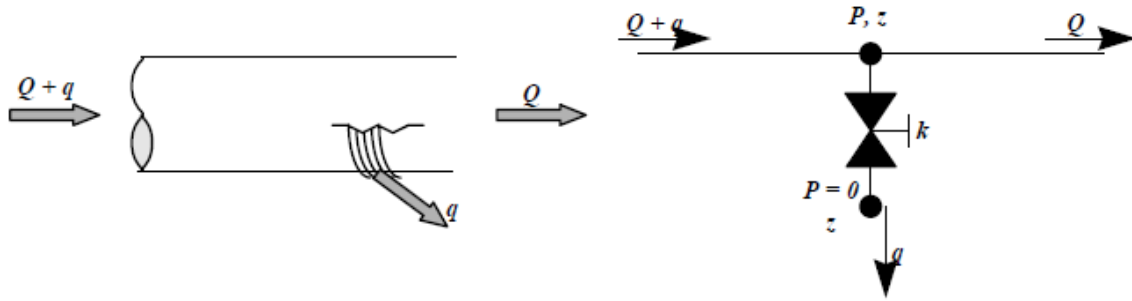
Taula 20: tipus de consum modelats per EPANET

Per a consums que depenen de la pressió, cada node de EPANET pot dur associat un flux de descàrrega amb la possibilitat de fer-lo dependre de la pressió.

$$Q = Ec \times P^{1/2}$$

Cada emissor és equivalent a una descàrrega a un dipòsit el nivell del qual és igual a l’elevació del node i suporta ambdues descàrregues com a fluxos de contribució. Esquemàticament es podria representar així:

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”



(font: assignatura d’Anàlisi i modelatge de xarxes de distribució d’aigua del Màster Universitari en Enginyeria Hidràulica i Medi Ambient)

Imatge 14: modelatge de pèrdues/consums dependents de la pressió

On k equival a E_c .

Les propietats i elements modelats pels emissors són definides en les següents taules.

PROPIETATS DEL NODE ASSOCIADES AMB L’EMISSOR	
ALTURA DEL NODE	Representa la pressió posterior de descàrrega
COEFICIENT DE L’EMISSOR	Coeficient característic de descarrega

Taula 21: propietats del node emissor

ELEMENTS MODELATS PER EMISSORS	
Qualsevol element resistent a l’atmosfera	Qualsevol consum depenent de la pressió
Irrigació de boques d’incendis	Corbes de consum domèstic
Pèrdues per defectes del sistema	
Aspersors	

Taula 22: elements modelats pels emissors

Hi ha tres possibles mètodes per incloure l’ANR al model, com s’ha dit abans:

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

-La inclusió de l’ANR com a *Factor de correcció de la demanda* (assumint un comportament similar al consum registrat).

-Inclusió de l’ANR com a *Valor constant* al llarg del temps.

-Inclusió de les pèrdues com a emissors (flux dependent de la pressió). *Determinació del coeficient de l'emissor.*

$$Ec = Q/P^{1/2}$$

3.5.4 Distribució de l’ANR

D’acord amb les dades presentades als apartats anteriors s’ha elaborat el balanç IWA per a l’aigua no registrada corresponent al mes de Juliol, aquell amb major injecció de cabdal i per tant consum, que és amb el que s’han fet els càlculs anteriors de demanda base i és el que ens ha servit per a fer la selecció de les bombes.

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

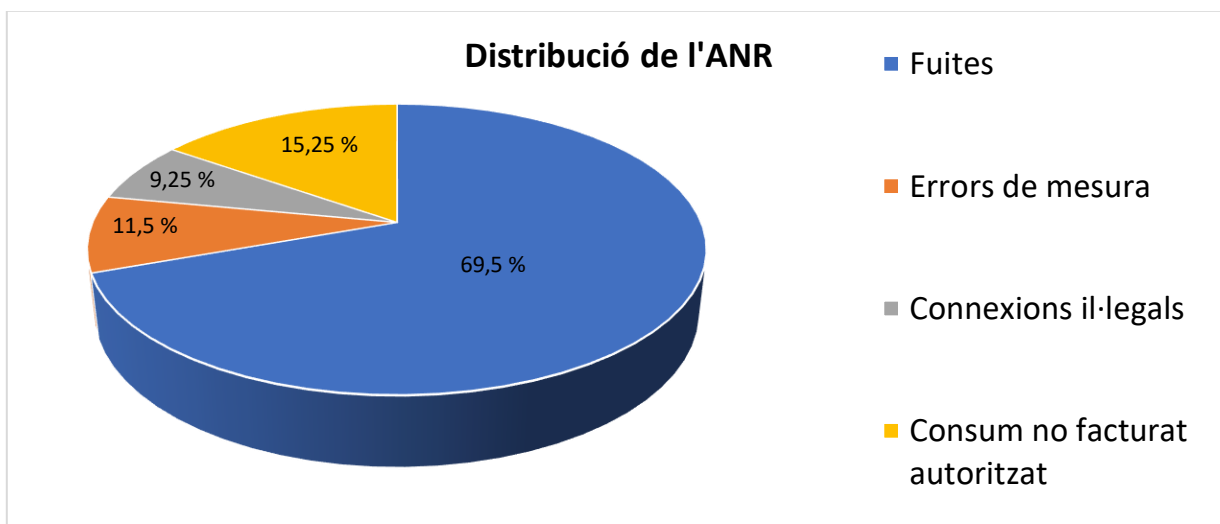
Volúm d'entrada al sistema	Consum autoritzat	Consum facturat autoritzat	Consum mesurat facturat	Aigua registrada
			92.264	
			40%	
		97.233		
		Consum no mesurat facturat		
		4.969		
	42%			
	2%			
	117.293	Consum no facturat autoritzat	Consum mesurat no facturat	Aigua no registrada
	51%		19.659	
	20.060		9%	
	9%		Consum no mesurat no facturat	
			401	
			0,2%	
	Pèrdues aparents			
8.930				
4%				
20.092		Imprecisions de mesura i d'entrega de dades	Aigua no registrada	
9%		11.162		
		5%		
Pèrdues d'aigua		Pèrdues a transport i/o a xarxes de distribució		
		30.138		
		13%		
49%	Pèrdues reals	Pèrdues a tancs d'emmagatzematge		
		91.531		
		5.581		
		2%		
	Pèrdues des de connexions de servei fins al punt de mesura dels consums			
	55.812			
	24%			

Taula 23: balanç d’aigua IWA a la xarxa de Cahul, Juliol 2015

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

Les pèrdues volumètriques seran distribuïdes com segueix, d’acord amb la taula anterior:

- Pèrdues i fuites: 69,5 %
- Errors de mesura: 8,5 %
- Connexions il·legals: 6,75 %
- Consum no facturat autoritzat: 15,25 %



Imatge 15: distribució de l'ANR

Una vegada s’ha exposat la distribució de l’ANR, el següent pas és aplicar-la al model emprant algun dels tres mètodes anomenats anteriorment.

3.5.5 Cas de modelatge: flux de pèrdues emprant emissors

El model d’ANR que es presenta es basa en considerar part del flux de pèrdues com a dependent de la pressió, i modelitzar l’altra part com a flux no registrat però consumit.

El flux dependent de la pressió representa les pèrdues, amb diferent valor dependent de l’hora del dia.

L’ANR no considerada com a dependent de la pressió representa l’aigua que és consumida però no mesurada. Aquesta part segueix el mateix patró de consum que el flux registrat.

El flux de pèrdues és modelitzat emprant emissors als nodes i calculant en el moment de menor consum i pressió més elevada (flux nocturn mínim). L’altra part del flux és assignada constant o proporcional a la demanda en cada instant.

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

En la següent taula es pot observar la distribució de l’ANR la qual podria ser usada per a calcular el coeficient emissor:

ANR (m ³ /d)	Distribució ANR segons origen (m ³ /d)		
4.247,84	Pèrdues	69,5 %	2952,2488
	Errors de mesura	8,5 %	361,0664
	Connexions il·legals	6,75 %	286,7292
	Consum no facturat autoritzat	15,25 %	647,7956

Taula 24: distribució del flux de pèrdues per a càlcul de coeficients emissors

Al model amb què s’està treballant, s’ha aplicat a cadascun dels nusos una demanda base. Aquesta demanda base pot dividir-se en:

$$Q \text{ demanda base} = Q \text{ Aigua Registrada i consumida} + Q \text{ ANR}$$

Que a la seua vegada es descompon en:

$$Q \text{ AR consumida} + Q \text{ ANR} = Q \text{ AR consumida} + Q \text{ ANR consumida} + Q \text{ ANR pèrdues}$$

O bé:

$$Q \text{ demanda base} = Q \text{ depenent de la } P + Q \text{ no depenent de la } P$$

Com s’ha dit abans, l’ANR té una component que depèn de la pressió i altra que no ho fa. El flux que depèn de la pressió es correspon amb el flux de fuites de la xarxa.

	m ³ /d	L/s
Aigua no registrada	4.247,84	49,16481481
Flux depenent de la pressió	2.952,2488	34,1695462
Flux no depenent de la pressió	1.295,5912	14,99526852

Taula 25: fluxos dependents i no dependents de la pressió

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

D’altra banda, el flux dependent de la pressió serà el emprat per calcular els coeficients emissors, com es mostra en la següent equació.

$$Q_c = E_c \times \sqrt{P}$$

El terme de la pressió és el que cada node presenta en l’instant de flux més baix (de nit), el qual presenta el major valor de pressió.

El següent pas és repartir el flux dependent de la pressió proporcionalment entre els nodes de consum del model.

La següent taula mostra els càlculs explicats prèviament aplicat als nodes de consum de la xarxa:

Q demanda base (L/s)	Q dependent de P (L/s)	Q no dependent de P (L/s)
0,514864	0,2058406398	0,3090233602

Taula 26: distribució de flux de pèrdues no dependent de la pressió

Q dependent de P (L/s)	P mitja nodes (mca)	\sqrt{P}	E_c
0,2058406398	53,32	7,302	0,0282

Taula 27: càlcul de coeficients emissors

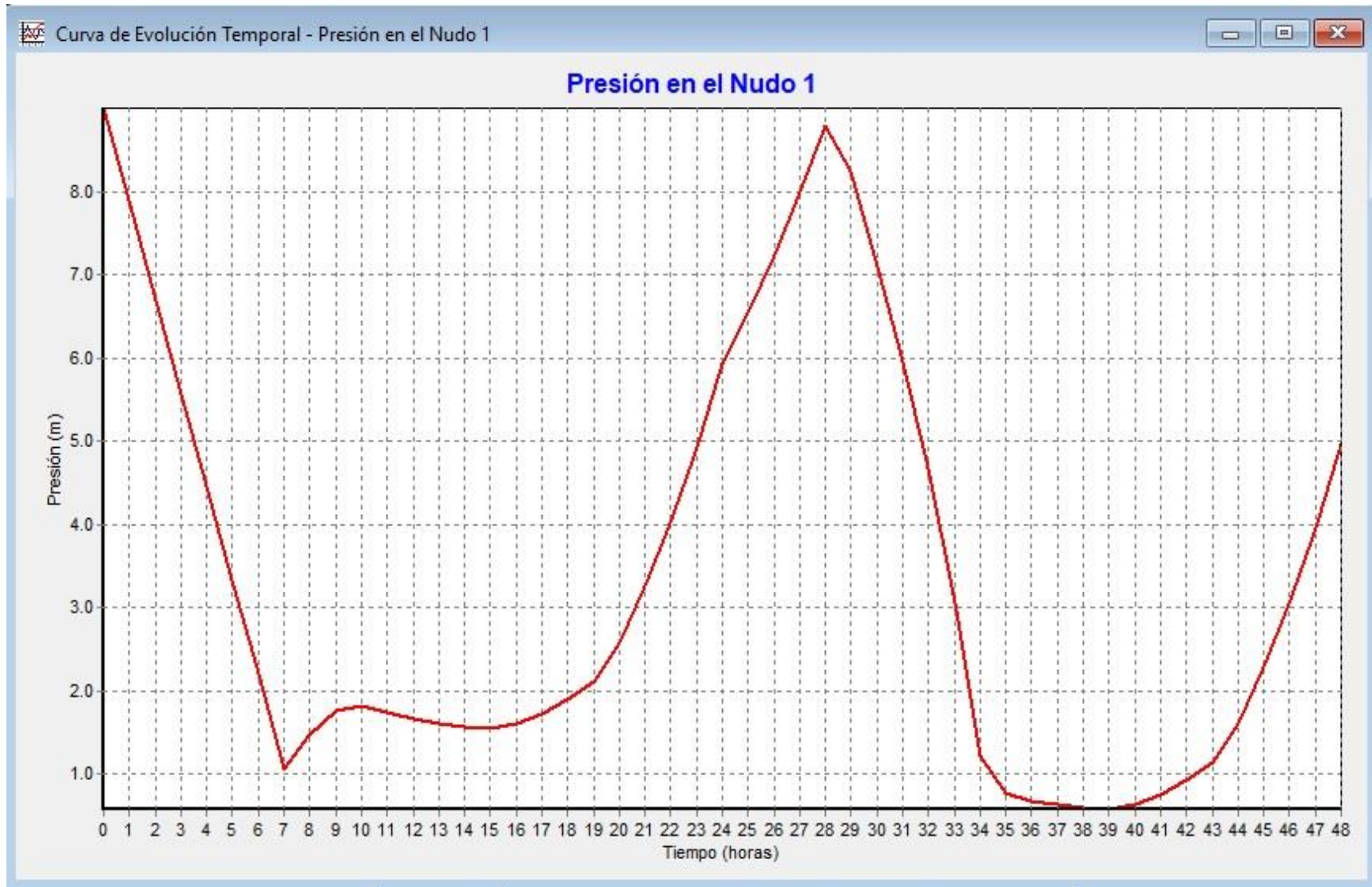
Una vegada s’obté el valor del coeficient emissor, és actualitzat en cada node de consum i ja es pot fer la simulació.

3.5.6 Resultats i conclusions

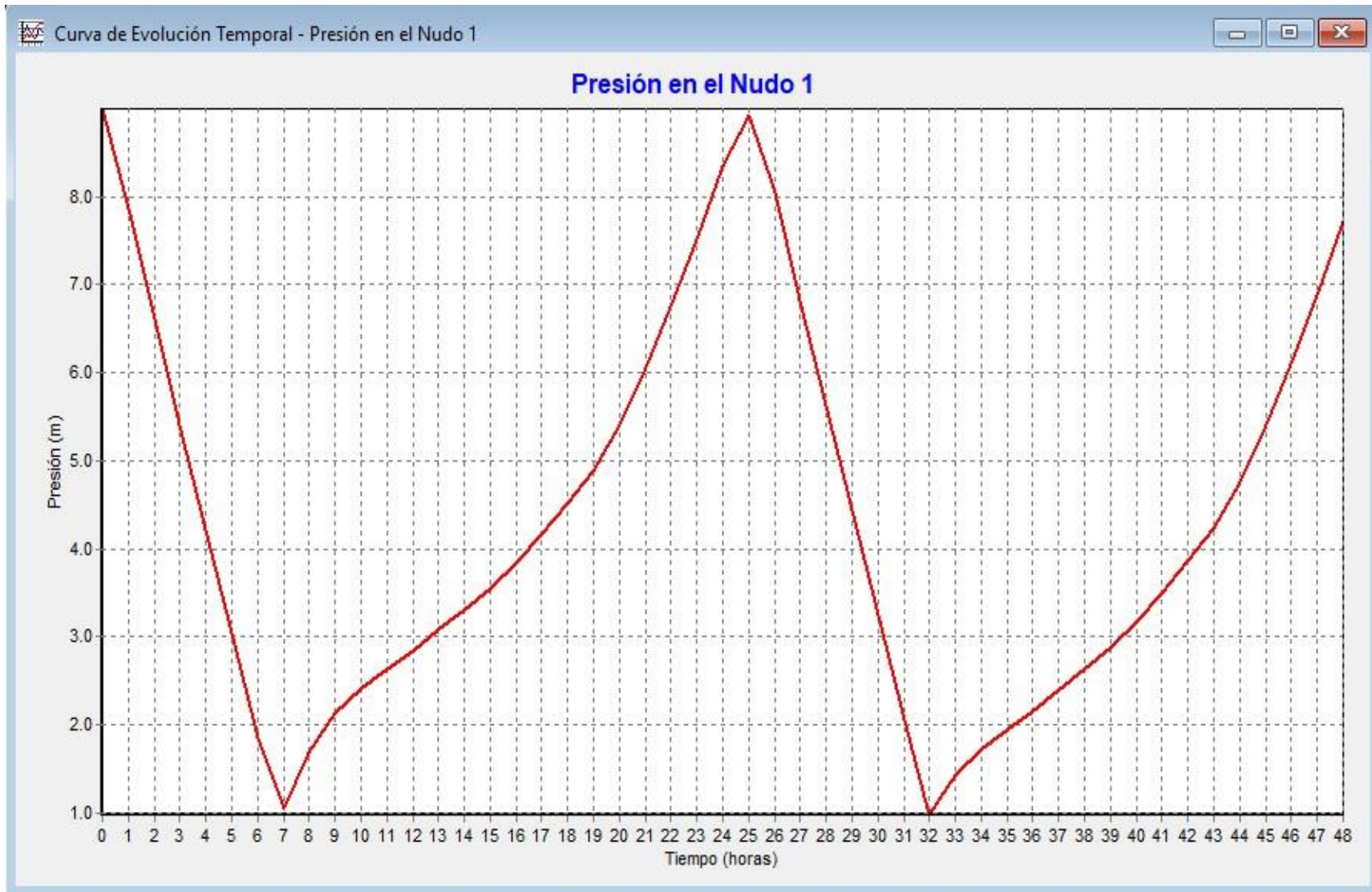
Es presenten a continuació les dades de pressió del dipòsit més elevat, del qual prenen aigua la totalitat dels nusos que són part del present estudi.

En primer lloc es presenta l’evolució de la pressió/nivell dels dipòsits sense aplicar cap coeficient emissor, simplement assignant als nusos la demanda base prèviament calculada.

En la segona imatge es mostra l’evolució del nivell dels dipòsits havent assignat als nusos el coeficient emissor calculat, així com el valor de cabdal no dependent de la pressió com a demanda base. El coeficient emissor modelarà el cabdal dependent de la pressió mentre que la demanda base no depèn d’aquest paràmetre.



Imatge 16: nivell dels dipòsits (sense coeficients emissors)



Imatge 17: nivell dels dipòsits (amb coeficients emissors)

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

A la simulació feta amb coeficients emissors s’observa que a les hores amb majors requeriments de cabdal ix menys aigua dels tancs que en el cas de no aplicar els coeficients emissors.

De la mateixa manera, a les hores a priori amb menor consum s’observa que ix més aigua dels dipòsits que no havent aplicat els coeficients emissors.

Recordant l’equació:

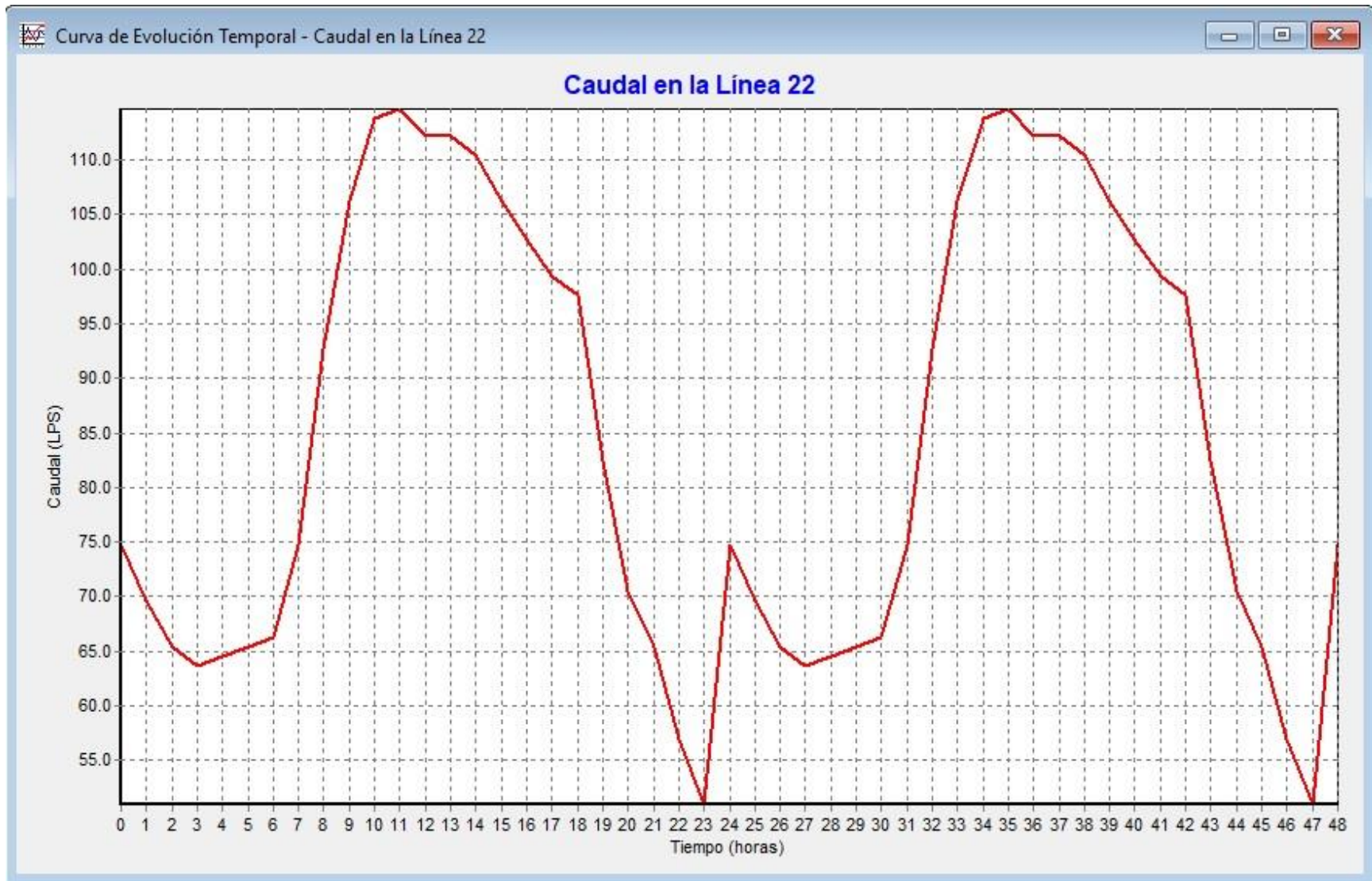
$$Q_c = E_c \times \sqrt{P}$$

Açò és degut a que, quan les pressions dels nusos de consum són baixes (quan la demanda és major) el terme Q_c disminueix. D’aquesta manera, serà menor el cabdal que ix dels dipòsits durant les hores de major demanda.

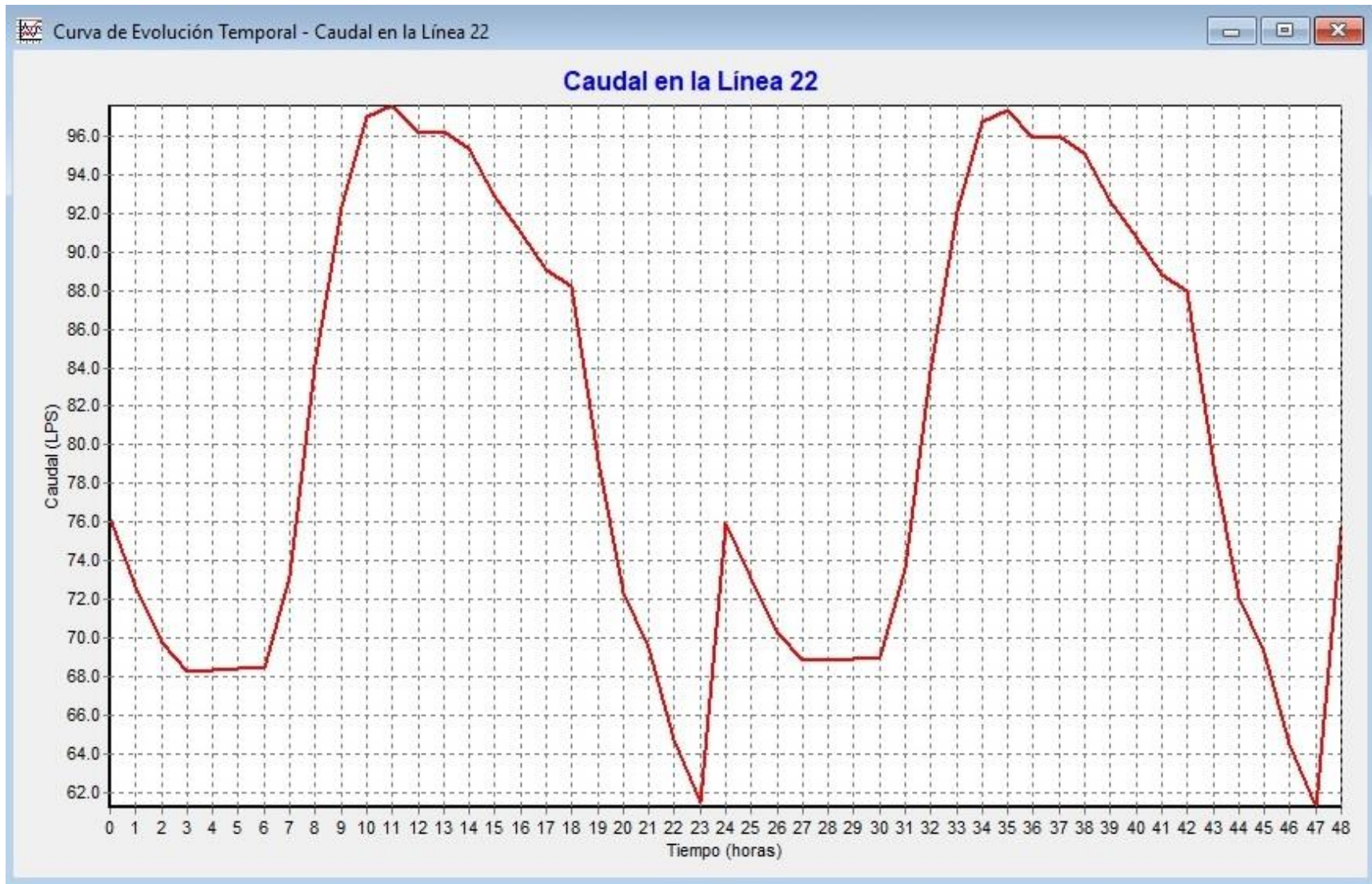
De la mateixa forma, quan les pressions són majors (quan la demanda és menor) el terme Q_c augmenta. Així, eixirà més cabdal dels dipòsits durant els períodes de menor demanda.

Es comprova allò descrit observant la gràfica del cabdal que ix dels tancs de les simulacions despreses de treballar amb i sense coeficients emissors:

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”



Imatge 18: eixida d’aigua dels dipòsits (sense coeficients emissors)



Imatge 19: Eixida d’aigua dels dipòsits amb coeficients emissors

4 Bibliografia

- Col·laboradors de Viquipèdia. Referència bibliogràfica [en línia]. Viquipèdia, L’enciclopèdia lliure, 2017 [data de consulta: 3 de Març del 2017]. Disponible en <https://en.wikipedia.org/wiki/Cahul>, <https://es.wikipedia.org/wiki/Cahul> i <https://ca.wikipedia.org/wiki/Cahul>
- Referència bibliogràfica [en línia]. ACNUR, La agència de la ONU per als refugiats <https://eacnur.org/blog/moldavia-pobreza-extremo-este-europa/>
- KfW Bank aus Verantwortung (2015) Feasibility Study for NRW study. “Water Supply and Sanitation in Southern Moldova”
- Almandoz, J., Cabrera, E., Arregui, F., Cabrera, E., Jr., and Cobacho, R. (2005). “Leakage assessment through water distribution network simulation.” *J. Water Resour. Plann. Manage.*, 131, 458–466.
- American Water Works Association (AWWA). (2005). *Computer modelling of water distribution systems—Manual of water supply practices, M32, 2nd Ed.*, American Water Works Association, Denver.
- Arregui, F., Cabrera, E., Jr., and Cobacho, R. (2006). *Integrated water meter management*, IWA Publishing, London.
- Germanopoulos, G. (1985). “A technical note on the inclusion of pressure dependent demand and leakage terms in water supply network models.” *Civ. Eng. Environ. Syst.*, 2(3), 171–179.
- Giustolisi, O., Savic, D., and Kapelan, Z. (2008). “Pressure-driven demand and leakage simulation for water distribution networks.” *J. Hydraul. Eng.*, 134(5), 626–635.
- Wallace, L. P. (1987). *Water and revenue losses: Unaccounted for water*, American Water Works Association, Denver.

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

PRESSUPOST

QUADRE DE DESCOMPOSATS

CODI	QUANTITAT UD	DESCRIPCIÓ	PREU	SUBTOTAL	IMPORT
CAPITOL 1 Pressupost TFG					
SUBCAPITOL 1.1 Estació de bombeig 2					
A100093	ud	Caudalímetro electrónico DN50 Caudalímetro electrónico DN50 totalmente instalado y probado			
O01004	1,150 h	Oficial 1ª	16,12	18,54	
P15009	1,000 ud	Caudalímetro electromagnético DN50	1.800,00	1.800,00	
%2.5CI	2,500 %	Costes indirectos 2,5%	1.818,50	45,46	
TOTAL PARTIDA.....					1.864,00
Puja el preu total de la partida a l'esmentada quantitat de MIL VUIT-CENTS SEIXANTA-QUATRE EUROS					
A100094	ud	Caudalímetro electrónico DN100 Caudalímetro electromagnético, presión de trabajo hasta 1,6 MPa, con cuerpo de fundición dúctil GGG-40, con p.p. de juntas y tornillería, totslmente instalado y probado.			
O01004	1,150 h	Oficial 1ª	16,12	18,54	
Q1	1,000 ud	Caudalímetro electromagnético DN100	3.200,00	3.200,00	
%2.5CI	2,500 %	Costes indirectos 2,5%	3.218,50	80,46	
TOTAL PARTIDA.....					3.299,00
Puja el preu total de la partida a l'esmentada quantitat de TRES MIL DOS-CENTS NORANTA-NOU EUROS					
U13EB0402	ud	BOMBA CENTR.MULT.HOR.7336W 50Hz Electrobomba centrífuga multicélula de eje horizontal, CPT 125-230, cuerpo de fundición e impulsor de acero inoxidable, de 7336 kW de potencia, 50Hz, 2900 rpm, Ø Aspiración:65 mm, Ø Impulsión:50 mm, aislamiento F, IP55, i/válvula de retención y p.p de tuberías de conexión, así como cuadro de maniobra en armario metálico intemperie conteniendo interruptores, diferencial, magnetotérmico y de maniobra, contactor, relé guardamotor y demás elementos necesarios s/R.E.B.T., i/ recibido, instalada.			
O010B170	2,500 h.	Oficial 1ª fontanero calefactor	15,61	39,03	
O010B195	3,500 h.	Ayudante fontanero	14,03	49,11	
O010B200	0,500 h.	Oficial 1ª electricista	15,00	7,50	
BOMB2	1,000 ud	Bomb.cent.mult.hor. 7,336kW 50Hz	20.000,00	20.000,00	
P26VT0021	1,000 ud	Válv.de pie/retención	28,27	28,27	
P26EM025	1,000 ud	Cuadro mando electrobomba 1,5 CV	368,23	368,23	
TOTAL PARTIDA.....					20.492,14
Puja el preu total de la partida a l'esmentada quantitat de VINT MIL QUATRE-CENTS NORANTA-DOS EUROS amb CATORZE CÈNTIMS					
A100012	ud	Válvula compuerta, ø 50 mm, 1,6 MPa, instalada Válvula de compuerta de diámetro 50 mm, presión de trabajo hasta 1,6 MPa, con lenteja de asiento elástico, cuerpo, tapa y compuerta de fundición dúctil GGG-50, eje de acero inoxidable AISI 420 comprimido en frío, revestimiento de pintura epoxi con espesor mínimo de 150 micras, compuerta guiada vulcanizada con caucho EPDM y con tuerca fija, con juntas tóricas lubricadas, tornillería tratada contra corrosión (zincada), embridada, con volante y tornillería incluidos, instalada.			
O01004	1,100 h	Oficial 1ª	16,12	17,73	
VC1	1,000 ud	Válvula compuerta ø 50 mm 1,6 MPa (p.o.)	280,00	280,00	
%2.5CI	2,500 %	Costes indirectos 2,5%	297,70	7,44	
TOTAL PARTIDA.....					305,17
Puja el preu total de la partida a l'esmentada quantitat de TRES-CENTS CINCO EUROS amb DISSET CÈNTIMS					
A100011	ud	Válvula compuerta, ø 125 mm, 1,6 MPa, instalada Válvula de compuerta de diámetro 125 mm, presión de trabajo hasta 1,6 MPa, con lenteja de asiento elástico, cuerpo, tapa y compuerta de fundición dúctil GGG-50, eje de acero inoxidable AISI 420 comprimido en frío, revestimiento de pintura epoxi con espesor mínimo de 150 micras, compuerta guiada vulcanizada con caucho EPDM y con tuerca fija, con juntas tóricas lubricadas, tornillería tratada contra corrosión (zincada), embridada, con volante y tornillería incluidos, instalada.			
O01004	1,100 h	Oficial 1ª	16,12	17,73	
P15001	1,000 ud	Válvula compuerta ø 125 mm 1,6 MPa (p.o.)	450,00	450,00	
%2.5CI	2,500 %	Costes indirectos 2,5%	467,70	11,69	
TOTAL PARTIDA.....					479,42
Puja el preu total de la partida a l'esmentada quantitat de QUATRE-CENTS SETANTA-NOU EUROS amb QUARANTA-DOS CÈNTIMS					

QUADRE DE DESCOMPOSATS

CODI	QUANTITAT UD	DESCRIPCIÓ	PREU	SUBTOTAL	IMPORT
U13EB0401	ud	BOMBA CENTR.MULT.HOR.80,46kW 50Hz Electrobomba centrífuga multicélula de eje horizontal, CPT 125-230, cuerpo de fundición e impulsor de acero inoxidable, de 80,46 kW de potencia, 50Hz, 2900rpm, Ø Aspiración:200 mm, Ø Impulsión:125 mm, aislamiento F, IP55, i/válvula de retención y p.p de tuberías de conexión, así como cuadro de maniobra en armario metálico intemperie conteniendo interruptores, diferencial, magnetotérmico y de maniobra, contactor, relé guardamotor y demás elementos necesarios s/R.E.B.T., i/recibido, instalada.			
O010B170	2,500 h.	Oficial 1ª fontanero calefactor	15,61	39,03	
O010B195	3,500 h.	Ayudante fontanero	14,03	49,11	
O010B200	0,500 h.	Oficial 1ª electricista	15,00	7,50	
P26EBS040	1,000 ud	Bomb.cent.r.mult.hor. 80,46 kW 50Hz	35.000,00	35.000,00	
P26VT0021	1,000 ud	Válv.de pie/retención	28,27	28,27	
P26EM025	1,000 ud	Cuadro mando electrobomba 1,5 CV	368,23	368,23	
TOTAL PARTIDA.....					35.492,14

Puja el preu total de la partida a l'esmentada quantitat de TRENTA-CINC MIL QUATRE-CENTS NORANTA-DOS EUROS amb CATORZE CÈNTIMS

SUBCAPITOL 1.2 Estació de bombeig 3

U13EB0403	ud	BOMBA CENTR.MULT.HOR.11,23kW 50Hz Electrobomba centrífuga multicélula de eje horizontal, CPT 125-230, cuerpo de fundición e impulsor de acero inoxidable, de 11231 kW de potencia, 50Hz, 2900 rpm, Ø Aspiración:100 mm, Ø Impulsión:80 mm, aislamiento F, IP55, i/válvula de retención y p.p de tuberías de conexión, así como cuadro de maniobra en armario metálico intemperie conteniendo interruptores, diferencial, magnetotérmico y de maniobra, contactor, relé guardamotor y demás elementos necesarios s/R.E.B.T., i/recibido, instalada.			
O010B170	2,500 h.	Oficial 1ª fontanero calefactor	15,61	39,03	
O010B195	3,500 h.	Ayudante fontanero	14,03	49,11	
BOMB4	1,000 ud	Bomb.cent.r.mult.hor. 11,23 kW 50Hz	23.500,00	23.500,00	
O010B200	0,500 h.	Oficial 1ª electricista	15,00	7,50	
P26VT0021	1,000 ud	Válv.de pie/retención	28,27	28,27	
P26EM025	1,000 ud	Cuadro mando electrobomba 1,5 CV	368,23	368,23	
TOTAL PARTIDA.....					23.992,14

Puja el preu total de la partida a l'esmentada quantitat de VINT-I-TRES MIL NOU-CENTS NORANTA-DOS EUROS amb CATORZE CÈNTIMS

A100094	ud	Caudalímetro electrónico DN100 Caudalímetro electromagnético, presión de trabajo hasta 1,6 MPa, con cuerpo de fundición dúctil GGG-40, con p.p. de juntas y tornillería, totslmente instalado y probado.			
O01004	1,150 h	Oficial 1ª	16,12	18,54	
Q1	1,000 ud	Caudalímetro electromagnético DN100	3.200,00	3.200,00	
%2.5CI	2,500 %	Costes indirectos 2,5%	3.218,50	80,46	
TOTAL PARTIDA.....					3.299,00

Puja el preu total de la partida a l'esmentada quantitat de TRES MIL DOS-CENTS NORANTA-NOU EUROS

A10001	ud	Válvula compuerta, ø 100 mm, 1,6 MPa, instalada Válvula de compuerta de diámetro 100 mm, presión de trabajo hasta 1,6 MPa, con lenteja de asiento elástico, cuerpo, tapa y compuerta de fundición dúctil GGG-50, eje de acero inoxidable AISI 420 comprimido en frío, revestimiento de pintura epoxi con espesor mínimo de 150 micras, compuerta guiada vulcanizada con caucho EPDM y con tuerca fija, con juntas tóricas lubricadas, tornillería tratada contra corrosión (zincada), embridada, con volante y tornillería incluidos, instalada.			
O01004	1,100 h	Oficial 1ª	16,12	17,73	
VC2	1,000	Válvula compuerta ø 100 mm 1,6 MPa (p.o.)	380,00	380,00	
%2.5CI	2,500 %	Costes indirectos 2,5%	397,70	9,94	
TOTAL PARTIDA.....					407,67

Puja el preu total de la partida a l'esmentada quantitat de QUATRE-CENTS SET EUROS amb SEIXANTA-SET CÈNTIMS

QUADRE DE DESCOMPOSATS

CODI	QUANTITAT UD	DESCRIPCIÓ	PREU	SUBTOTAL	IMPORT
U13EB0404	ud	BOMBA CENTR.MULT.HOR.21,37kW 50Hz Electrobomba centrífuga multicélula de eje horizontal, CPT 125-230, cuerpo de fundición e impulsor de acero inoxidable, de 21,37 kW de potencia, 50Hz, 2900 rpm, Ø Aspiración:100 mm, Ø Impulsión:80 mm, aislamiento F, IP55, i/válvula de retención y p.p de tuberías de conexión, así como cuadro de maniobra en armario metálico intemperie conteniendo interruptores, diferencial, magnetotérmico y de maniobra, contactor, relé guardamotor y demás elementos necesarios s/R.E.B.T., i/ recibido, instalada.			
O01OB170	2,500 h.	Oficial 1º fontanero calefactor	15,61	39,03	
O01OB195	3,500 h.	Ayudante fontanero	14,03	49,11	
O01OB200	0,500 h.	Oficial 1º electricista	15,00	7,50	
BOMB3	1,000 ud	Bomb.cent.r.mult.hor. 21,37 kW 50Hz	25.000,00	25.000,00	
P26VT0021	1,000 ud	Válv.de pie/retención	28,27	28,27	
P26EM025	1,000 ud	Cuadro mando electrobomba 1,5 CV	368,23	368,23	
TOTAL PARTIDA.....					25.492,14

Puja el preu total de la partida a l'esmentada quantitat de VINT-I-CINC MIL QUATRE-CENTS NORANTA-DOS EUROS amb CATORZE CÈNTIMS

QUADRE DE PREUS 1

CODI	UD	DESCRIPCIÓ	PREU
CAPITOL 1 Pressupost TFG			
SUBCAPITOL 1.1 Estació de bombeig 2			
A100093	ud	Caudalímetro electrónico DN50 Caudalímetro electrónico DN50 totalmente instalado y probado	1.864,00
		MIL VUIT-CENTS SEIXANTA-QUATRE EUROS	
A100094	ud	Caudalímetro electrónico DN100 Caudalímetro electromagnético, presión de trabajo hasta 1,6 MPa, con cuerpo de fundición dúctil GGG-40, con p.p. de juntas y tornillería, totalmente instalado y probado.	3.299,00
		TRES MIL DOS-CENTS NORANTA-NOU EUROS	
U13EB0402	ud	BOMBA CENTR.MULT.HOR.7336W 50Hz Electrobomba centrífuga multicélula de eje horizontal, CPT 125-230, cuerpo de fundición e impulsor de acero inoxidable, de 7336 kW de potencia, 50Hz, 2900 rpm, Ø Aspiración:65 mm, Ø Impulsión:50 mm, aislamiento F, IP55, i/válvula de retención y p.p de tuberías de conexión, así como cuadro de maniobra en armario metálico intemperie conteniendo interruptores, diferencial, magnetotérmico y de maniobra, contactor, relé guardamotor y demás elementos necesarios s/R.E.B.T., i/recibido, instalada.	20.492,14
		VINT MIL QUATRE-CENTS NORANTA-DOS EUROS amb CATORZE CÈNTIMS	
A100012	ud	Válvula compuerta, ø 50 mm, 1,6 MPa, instalada Válvula de compuerta de diámetro 50 mm, presión de trabajo hasta 1,6 MPa, con lenteja de asiento elástico, cuerpo, tapa y compuerta de fundición dúctil GGG-50, eje de acero inoxidable AISI 420 comprimido en frío, revestimiento de pintura epoxi con espesor mínimo de 150 micras, compuerta guiada vulcanizada con caucho EPDM y con tuerca fija, con juntas tóricas lubricadas, tornillería tratada contra corrosión (zincada), embridada, con volante y tornillería incluidos, instalada.	305,17
		TRES-CENTS CINC EUROS amb DISSET CÈNTIMS	
A100011	ud	Válvula compuerta, ø 125 mm, 1,6 MPa, instalada Válvula de compuerta de diámetro 125 mm, presión de trabajo hasta 1,6 MPa, con lenteja de asiento elástico, cuerpo, tapa y compuerta de fundición dúctil GGG-50, eje de acero inoxidable AISI 420 comprimido en frío, revestimiento de pintura epoxi con espesor mínimo de 150 micras, compuerta guiada vulcanizada con caucho EPDM y con tuerca fija, con juntas tóricas lubricadas, tornillería tratada contra corrosión (zincada), embridada, con volante y tornillería incluidos, instalada.	479,42
		QUATRE-CENTS SETANTA-NOU EUROS amb QUARANTA-DOS CÈNTIMS	
U13EB0401	ud	BOMBA CENTR.MULT.HOR.80,46kW 50Hz Electrobomba centrífuga multicélula de eje horizontal, CPT 125-230, cuerpo de fundición e impulsor de acero inoxidable, de 80,46 kW de potencia, 50Hz, 2900rpm, Ø Aspiración:200 mm, Ø Impulsión:125 mm, aislamiento F, IP55, i/válvula de retención y p.p de tuberías de conexión, así como cuadro de maniobra en armario metálico intemperie conteniendo interruptores, diferencial, magnetotérmico y de maniobra, contactor, relé guardamotor y demás elementos necesarios s/R.E.B.T., i/recibido, instalada.	35.492,14
		TRENTA-CINC MIL QUATRE-CENTS NORANTA-DOS EUROS amb CATORZE CÈNTIMS	

QUADRE DE PREUS 1

CODI	UD	DESCRIPCIÓ	PREU
SUBCAPITOL 1.2 Estació de bombeig 3			
U13EB0403	ud	BOMBA CENTR.MULT.HOR.11,23kW 50Hz Electrobomba centrífuga multicélula de eje horizontal, CPT 125-230, cuerpo de fundición e impulsor de acero inoxidable, de 11,23 kW de potencia, 50Hz, 2900 rpm, Ø Aspiración:100 mm, Ø Impulsión:80 mm, aislamiento F, IP55, i/válvula de retención y p.p de tuberías de conexión, así como cuadro de maniobra en armario metálico intemperie conteniendo interruptores, diferencial, magnetotérmico y de maniobra, contactor, relé guardamotor y demás elementos necesarios s/R.E.B.T., i/recibido, instalada.	23.992,14
		VINT-I-TRES MIL NOU-CENTS NORANTA-DOS EUROS amb CATORZE CÈNTIMS	
A100094	ud	Caudalímetro electrónico DN100 Caudalímetro electromagnético, presión de trabajo hasta 1,6 MPa, con cuerpo de fundición dúctil GGG-40, con p.p. de juntas y tornillería, totslmente instalado y probado.	3.299,00
		TRES MIL DOS-CENTS NORANTA-NOU EUROS	
A10001	ud	Válvula compuerta, ø 100 mm, 1,6 MPa, instalada Válvula de compuerta de diámetro 100 mm, presión de trabajo hasta 1,6 MPa, con lenteja de asiento elástico, cuerpo, tapa y compuerta de fundición dúctil GGG-50, eje de acero inoxidable AISI 420 comprimido en frío, revestimiento de pintura epoxi con espesor mínimo de 150 micras, compuerta guiada vulcanizada con caucho EPDM y con tuerca fija, con juntas tóricas lubricadas, tornillería tratada contra corrosión (zincada), embridada, con volante y tornillería incluidos, instalada.	407,67
		QUATRE-CENTS SET EUROS amb SEIXANTA-SET CÈNTIMS	
U13EB0404	ud	BOMBA CENTR.MULT.HOR.21,37kW 50Hz Electrobomba centrífuga multicélula de eje horizontal, CPT 125-230, cuerpo de fundición e impulsor de acero inoxidable, de 21,37 kW de potencia, 50Hz, 2900 rpm, Ø Aspiración:100 mm, Ø Impulsión:80 mm, aislamiento F, IP55, i/válvula de retención y p.p de tuberías de conexión, así como cuadro de maniobra en armario metálico intemperie conteniendo interruptores, diferencial, magnetotérmico y de maniobra, contactor, relé guardamotor y demás elementos necesarios s/R.E.B.T., i/recibido, instalada.	25.492,14
		VINT-I-CINC MIL QUATRE-CENTS NORANTA-DOS EUROS amb CATORZE CÈNTIMS	

PRESSUPOST I AMIDAMENTS

CODI	DESCRIPCIÓ	UTS	LONGITUD	AMPLADA	ALÇADA	PARCIALS	QUANTITAT	PREU	IMPORT
CAPITOL 1 Pressupost TFG									
SUBCAPITOL 1.1 Estació de bombeig 2									
A100093	ud Caudalímetro electrónico DN50 Caudalímetro electrónico DN50 totalmente instalado y probado	1				1,00	1,00	1.864,00	1.864,00
A100094	ud Caudalímetro electrónico DN100 Caudalímetro electromagnético, presión de trabajo hasta 1,6 MPa, con cuerpo de fundición dúctil GGG-40, con p.p. de juntas y tornillería, totalmente instalado y probado.	1				1,00	1,00	3.299,00	3.299,00
U13EB0402	ud BOMBA CENTR.MULT.HOR.7336W 50Hz Electrobomba centrífuga multicélula de eje horizontal, CPT 125-230, cuerpo de fundición e impulsor de acero inoxidable, de 7336 kW de potencia, 50Hz, 2900 rpm, Ø Aspiración:65 mm, Ø Impulsión:50 mm, aislamiento F, IP55, i/válvula de retención y p.p de tuberías de conexión, así como cuadro de maniobra en armario metálico intemperie conteniendo interruptores, diferencial, magnetotérmico y de maniobra, contactor, relé guardamotor y demás elementos necesarios s/R.E.B.T., i/recibido, instalada.	1				1,00	1,00	20.492,14	20.492,14
A100012	ud Válvula compuerta, ø 50 mm, 1,6 MPa, instalada Válvula de compuerta de diámetro 50 mm, presión de trabajo hasta 1,6 MPa, con lenteja de asiento elástico, cuerpo, tapa y compuerta de fundición dúctil GGG-50, eje de acero inoxidable AISI 420 comprimido en frío, revestimiento de pintura epoxi con espesor mínimo de 150 micras, compuerta guiada vulcanizada con caucho EPDM y con tuerca fija, con juntas tóricas lubricadas, tornillería tratada contra corrosión (zincada), embreadada, con volante y tornillería incluidos, instalada.	1				1,00	1,00	305,17	305,17
A100011	ud Válvula compuerta, ø 125 mm, 1,6 MPa, instalada Válvula de compuerta de diámetro 125 mm, presión de trabajo hasta 1,6 MPa, con lenteja de asiento elástico, cuerpo, tapa y compuerta de fundición dúctil GGG-50, eje de acero inoxidable AISI 420 comprimido en frío, revestimiento de pintura epoxi con espesor mínimo de 150 micras, compuerta guiada vulcanizada con caucho EPDM y con tuerca fija, con juntas tóricas lubricadas, tornillería tratada contra corrosión (zincada), embreadada, con volante y tornillería incluidos, instalada.	1				1,00	1,00	479,42	479,42
U13EB0401	ud BOMBA CENTR.MULT.HOR.80,46kW 50Hz Electrobomba centrífuga multicélula de eje horizontal, CPT 125-230, cuerpo de fundición e impulsor de acero inoxidable, de 80,46 kW de potencia, 50Hz, 2900rpm, Ø Aspiración:200 mm, Ø Impulsión:125 mm, aislamiento F, IP55, i/válvula de retención y p.p de tuberías de conexión, así como cuadro de maniobra en armario metálico intemperie conteniendo interruptores, diferencial, magnetotérmico y de maniobra, contactor, relé guardamotor y demás elementos necesarios s/R.E.B.T., i/recibido, instalada.	1				1,00	1,00	35.492,14	35.492,14
TOTAL SUBCAPITOL 1.1 Estació de bombeig 2									61.931,87

PRESSUPOST I AMIDAMENTS

CODI	DESCRIPCIÓ	UTS	LONGITUD	AMPLADA	ALÇADA	PARCIALS	QUANTITAT	PREU	IMPORT
SUBCAPITOL 1.2 Estació de bombeig 3									
U13EB0403	ud BOMBA CENTR.MULT.HOR.11,23kW 50Hz Electrobomba centrífuga multicélula de eje horizontal, CPT 125-230, cuerpo de fundición e impulsor de acero inoxidable, de 11,231 kW de potencia, 50Hz, 2900 rpm, Ø Aspiración:100 mm, Ø Impulsión:80 mm, aislamiento F, IP55, i/válvula de retención y p.p de tuberías de conexión, así como cuadro de maniobra en armario metálico intemperie conteniendo interruptores, diferencial, magnetotérmico y de maniobra, contactor, relé guardamotor y demás elementos necesarios s/R.E.B.T., i/recibido, instalada.	1					1,00	23.992,14	23.992,14
A100094	ud Caudalímetro electrónico DN100 Caudalímetro electromagnético, presión de trabajo hasta 1,6 MPa, con cuerpo de fundición dúctil GGG-40, con p.p. de juntas y tornillería, totalmente instalado y probado.	2					2,00	3.299,00	6.598,00
A10001	ud Válvula compuerta, ø 100 mm, 1,6 MPa, instalada Válvula de compuerta de diámetro 100 mm, presión de trabajo hasta 1,6 MPa, con lenteja de asiento elástico, cuerpo, tapa y compuerta de fundición dúctil GGG-50, eje de acero inoxidable AISI 420 comprimido en frío, revestimiento de pintura epoxi con espesor mínimo de 150 micras, compuerta guiada vulcanizada con caucho EPDM y con tuerca fija, con juntas tóricas lubricadas, tornillería tratada contra corrosión (zincada), embridada, con volante y tornillería incluidos, instalada.	2					2,00	407,67	815,34
U13EB0404	ud BOMBA CENTR.MULT.HOR.21,37kW 50Hz Electrobomba centrífuga multicélula de eje horizontal, CPT 125-230, cuerpo de fundición e impulsor de acero inoxidable, de 21,37 kW de potencia, 50Hz, 2900 rpm, Ø Aspiración:100 mm, Ø Impulsión:80 mm, aislamiento F, IP55, i/válvula de retención y p.p de tuberías de conexión, así como cuadro de maniobra en armario metálico intemperie conteniendo interruptores, diferencial, magnetotérmico y de maniobra, contactor, relé guardamotor y demás elementos necesarios s/R.E.B.T., i/recibido, instalada.	1					1,00	25.492,14	25.492,14
TOTAL SUBCAPITOL 1.2 Estació de bombeig 3									56.897,62
TOTAL CAPITOL 1 Pressupost TFG.....									118.829,49
TOTAL.....									118.829,49

RESUM DE PRESSUPOST

CAPITOL	RESUM	EUROS	%
1	Pressupost TFG.....	118.829,49	100,00
	TOTAL EXECUCIÓ MATERIAL	118.829,49	
	13,00 % Despeses Generals	15.447,83	
	6,00 % Benefici industrial	7.129,77	
	SUMA DE G.G. y B.I.	22.577,60	
	21,00 % I.V.A.....	29.695,49	
	TOTAL PRESSUPOST CONTRACTA	171.102,58	
	TOTAL PRESSUPOST GENERAL	171.102,58	

Puja el pressupost general l'esmentada quantitat de CENT SETANTA-UN MIL CENT DOS EUROS amb CINQUANTA-VUIT CÈNTIMS

València, a 5 de juliol de 2017.

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

“Optimització de l’esquema de producció del districte Spirin per al control de l’aigua no facturada a Cahul (Moldàvia)”

PLÀNOLS

