

Sumari

SUMARI	1
A. CÀLCUL I COMPROVACIÓ DELS CONSUMS D'AIGUA.	3
A.1. Consideracions prèvies.....	3
A.2. Consums d'aigua al global de la xarxa.	5
A.3. Desglossament dels consums a la zona de pous d'obtenció d'aigua.	11
A.4. Desglossament dels consums a la zona d'osmosi inversa.	14
A.5. Desglossament dels consums a la zona de piscines de les torres de refrigeració.	16
A.6. Desglossament dels consums a la zona de desionització per resines d'intercanvi iònic.	18
A.7. Desglossament dels consums a la zona de calderes de generació de vapor de calefacció.	21
A.8. Comprovació de la qualitat de les dades.....	24
B. COMPROVACIÓ DEL FUNCIONAMENT DE (Q-1000-1) I DE (Q-1001-1).	34
B.1. Seguiment del comptador d'aigua del pou 1 (Q-1000-1).	34
B.2. Seguiment del comptador d'aigua de sortida de T-1001 (Q-1001-1).....	38
C. QUALITAT DE L'AIGUA UTILITZADA EN EL SISTEMA DE VAPOR DE CALEFACCIÓ.	42
C.1. Contaminants presents a l'aigua.....	43
C.2. Problemes associats a la presència de contaminants a l'aigua.	46
C.3. Mètodes de tractament de l'aigua d'un circuit de vapor.	53
D. RESULTATS DEL SEGUIMENT A LES CALDERES DE VAPOR.	60
D.1. Purgues d'aigua a les calderes.....	60
D.2. Recuperació de condensats a les calderes.....	69
D.3. Purgues de condensats per contaminació.	74
D.4. Plantes mancades de grup de retorn de condensats.....	81



**E. AVALUACIÓ ECONÒMICA DEL DESAPROFITAMENT D'UN KG DE
CONDENSAT. _____ 84**

E.1. Cost del combustible.	85
E.2. Cost de l'aigua fresca.	86
E.3. Cost dels additius químics pel tractament d'aigua de calderes.	86
E.4. Cost dels efluents d'aigües residuals.	88



A. Càlcul i comprovació dels consums d'aigua.

En els apartats que se succeiran a partir d'ara, s'hi descriuen les dades mitjanes dels consums d'aigua dels diferents períodes d'aprofitament.

S'inclouen els consums del global de la xarxa d'aigua corresponent a cada període en format d'esquema, i posteriorment es desglossa en els grups presentats a l'apartat 3.5 on es descriu el cicle de l'aigua a l'interior de la fàbrica, per tal que sigui més fàcil d'entendre i detectar alguna anomalia.

A.1. Consideracions prèvies.

Els consums d'un dia qualsevol s'obtenen restant la lectura del comptador al final d'aquell dia menys la del dia anterior. Així la falta de lectura d'un comptador un sol dia implica desconèixer el consum d'aigua en aquella zona durant dos dies. S'inclou un esquema amb la totalitat de comptadors a la següent pàgina (Fig. A.1).

Com que per elaborar l'esquema de consums es treballa amb la mitjana aritmètica d'aquests, per tal de no introduir error en els càlculs que podrien fer que no quadrés el balanç, cal disposar de totes les dades de consums cada dia.

Per tan, a l'hora de calcular les mitjanes aritmètiques dels consums només s'han tingut en compte els dies en què no ha faltat cap dada. És a dir, si un dia ha faltat una de les lectures dels comptadors, tampoc s'han promitjat la resta de consums

Malauradament el número de dies que s'han pogut calcular tots els consums en el període que comprèn tot l'any 2006 són tan sols 127 dies. És a dir que gairebé 2/3 parts dels 345 dies d'operació de les plantes no s'han pogut obtenir totes les dades de consums. La Taula A.1 recull el total de dies de cada mode d'operació de la xarxa d'aigua en què s'han obtingut totes les dades.



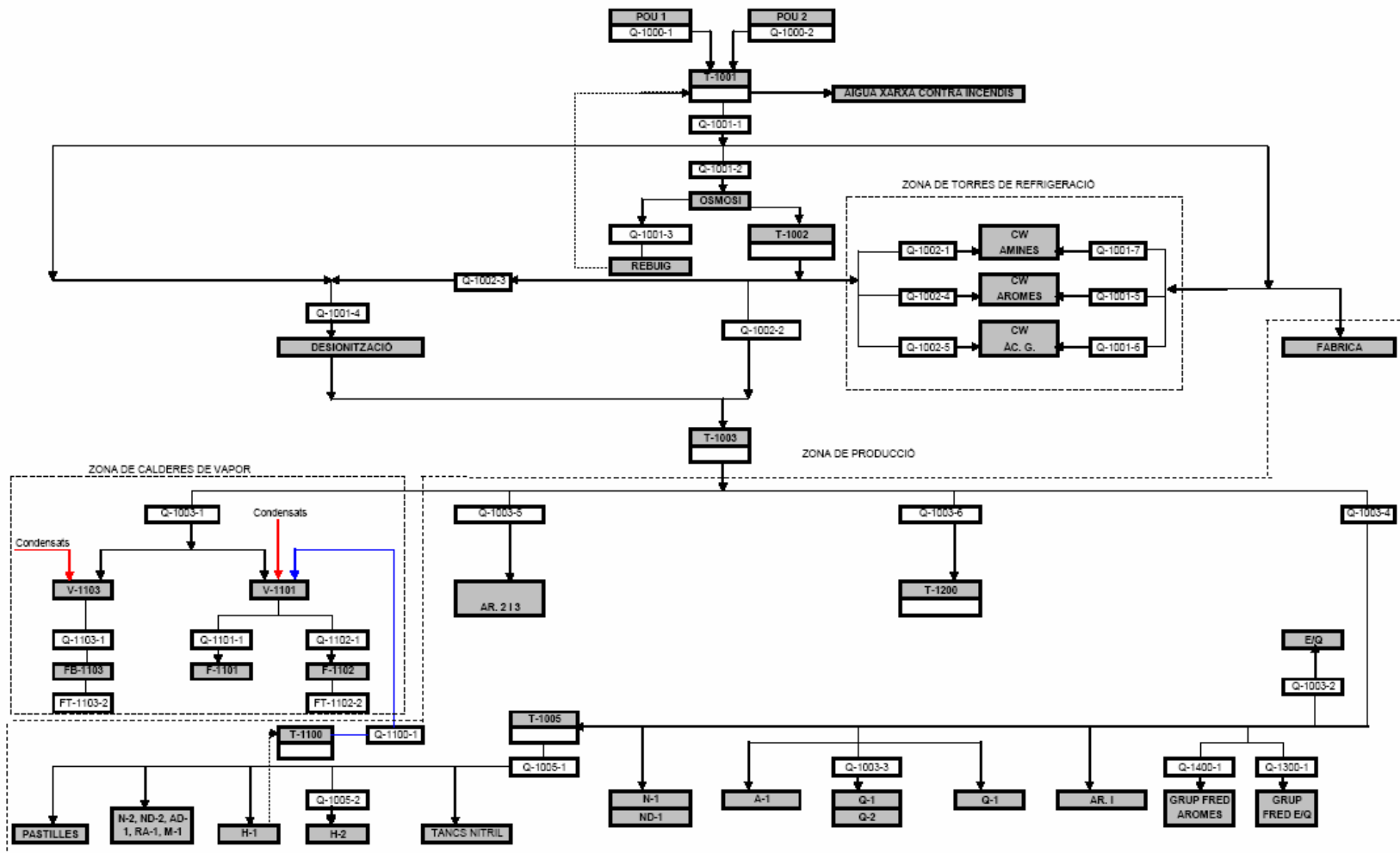


Fig. A.1 Esquema de comptadors de la planta.

Taula A.1 Dies en què s'han obtingut totes les dades segons el mode d'operació de la xarxa d'aigua.

Període	Pous en funcionament	Reaprofitament del rebuig de l'osmosi	Dies amb totes les dades
Del 1/1/2006 al 30/1/2006	1 i 2	NO	16 de 30
Del 31/1/2006 al 28/2/2006	1	NO	11 de 29
Del 1/3/2006 al 23/7/2006	1	SI	71 de 145
Del 24/7/2006 al 30/9/2006	1 i 2	SI	27 de 59
Del 1/10/2006 al 31/12/2006	1 i 2	NO	2 de 82
TOTAL DE DIES QUE S'HAN OBTINGUT TOTES LES DADES			127 de 345

Avançant alguna de les conclusions que es donaran de l'observació dels consums, cal advertir que alguns dels comptadors no funcionen correctament i que per tant no ha de sorprendre al lector si observant els esquemes que el representen veu que no es compleix el principi de conservació de la massa, o que apareixen alguns valors negatius o algun altre tipus d'incoherència. Els esquemes dels consums són el reflex de la informació de la que s'ha pogut disposar. Més endavant, ja es fa una crítica d'aquest fet i es proposen accions per corregir-ho.

A.2. Consums d'aigua al global de la xarxa.

Els següents esquemes recullen les mitjanes dels consums d'aigua classificats pels períodes d'aprofitament que s'han donat al llarg de l'any 2006.



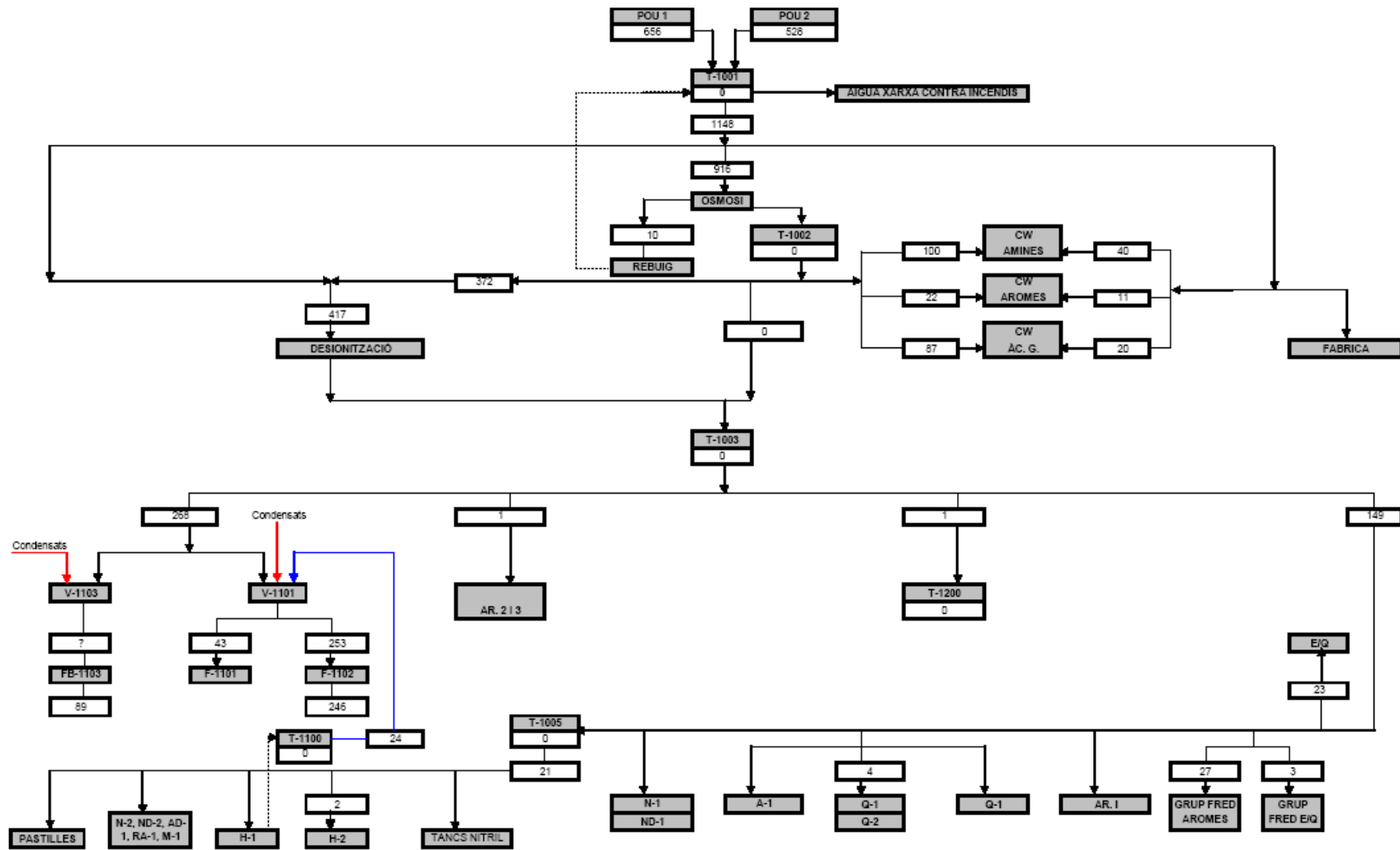


Fig. A.2 Consums d'aigua del 1/1/2006 al 30/1/2006. Valors mitjans en m³/dia.

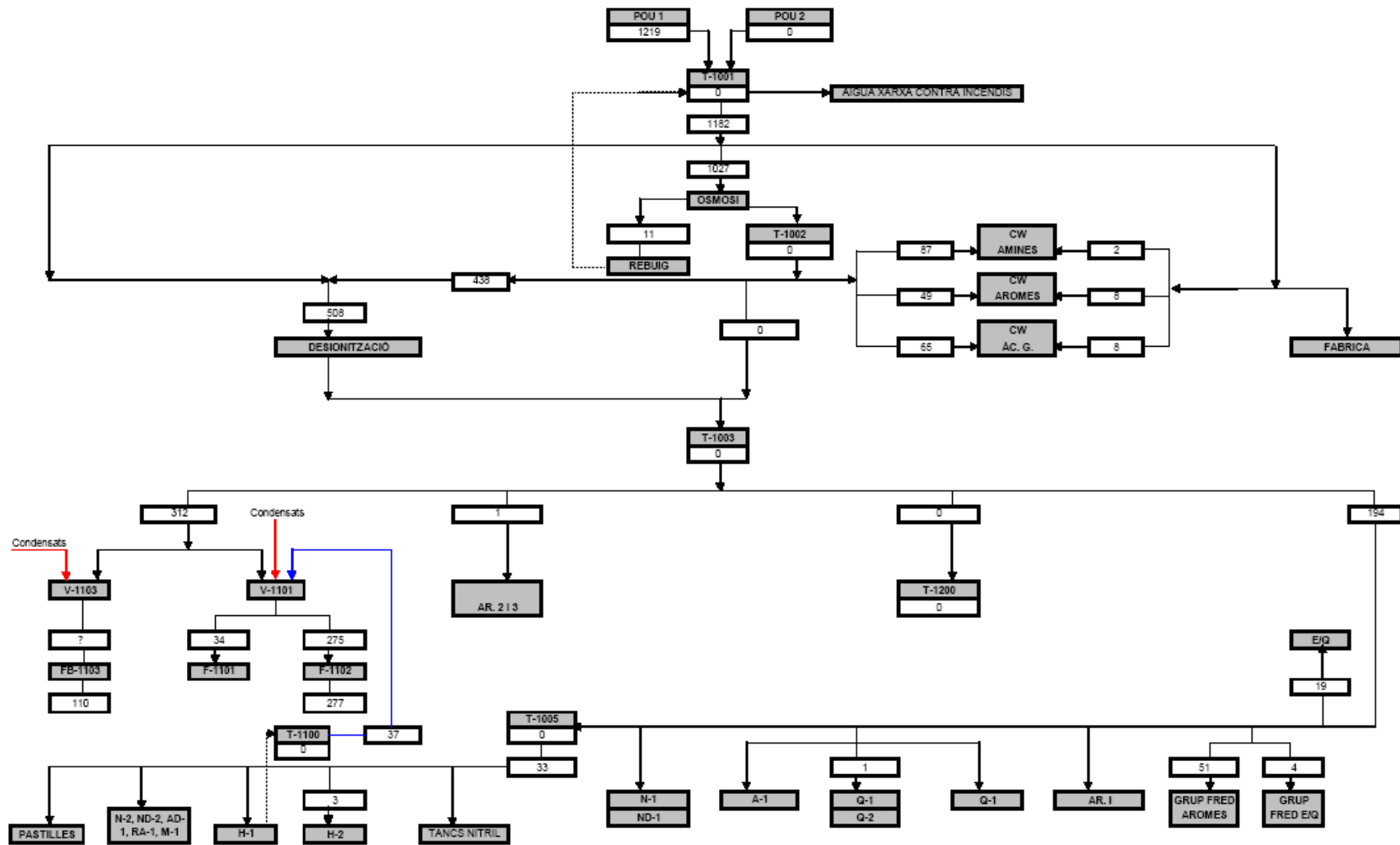


Fig. A.3 Consums d'aigua del 31/1/2006 al 28/2/2006. Valors mitjans en m³/dia.

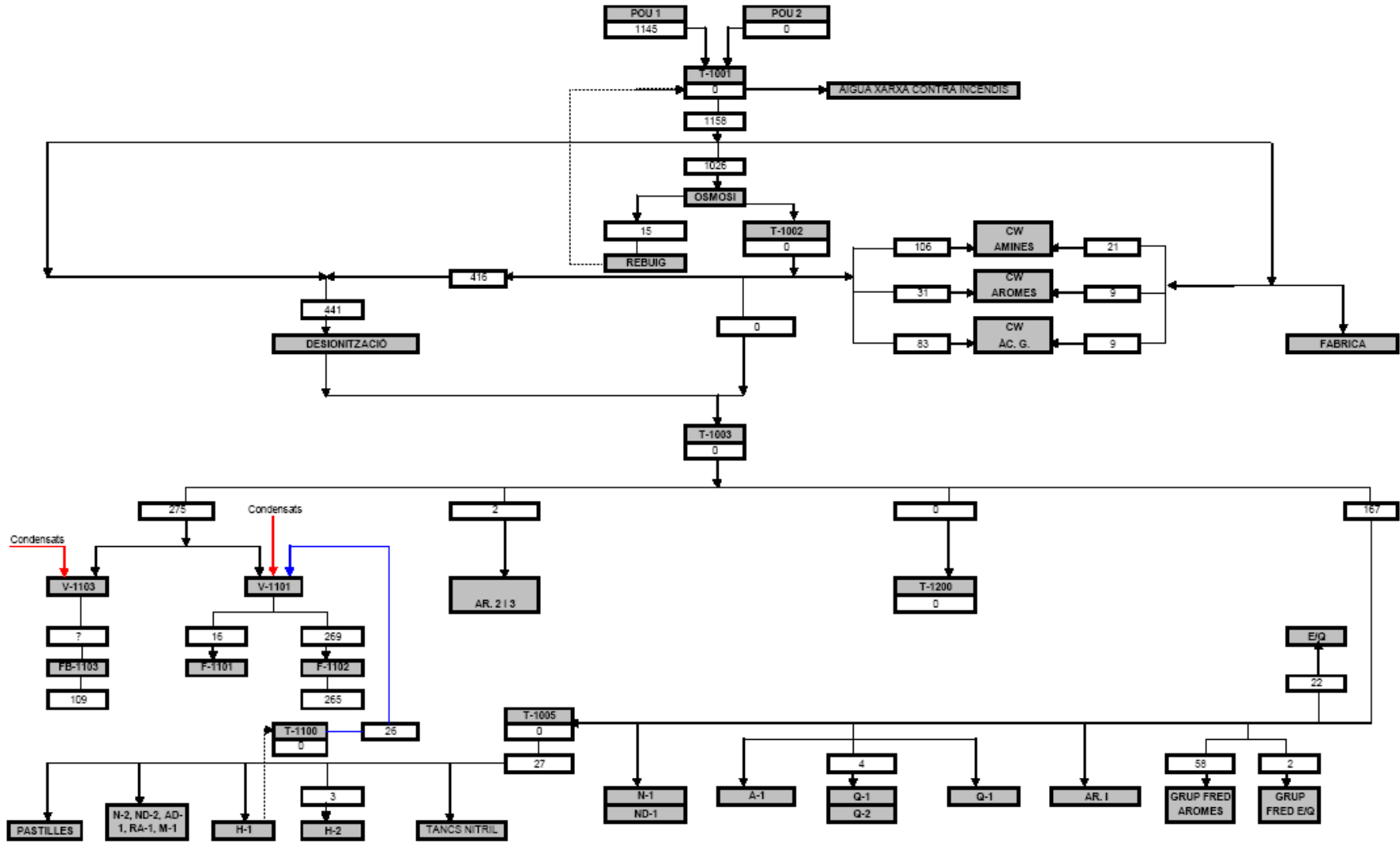


Fig. A.4 Consums d'aigua del 1/3/2006 al 23/7/2006. Valors mitjans en m³/dia.

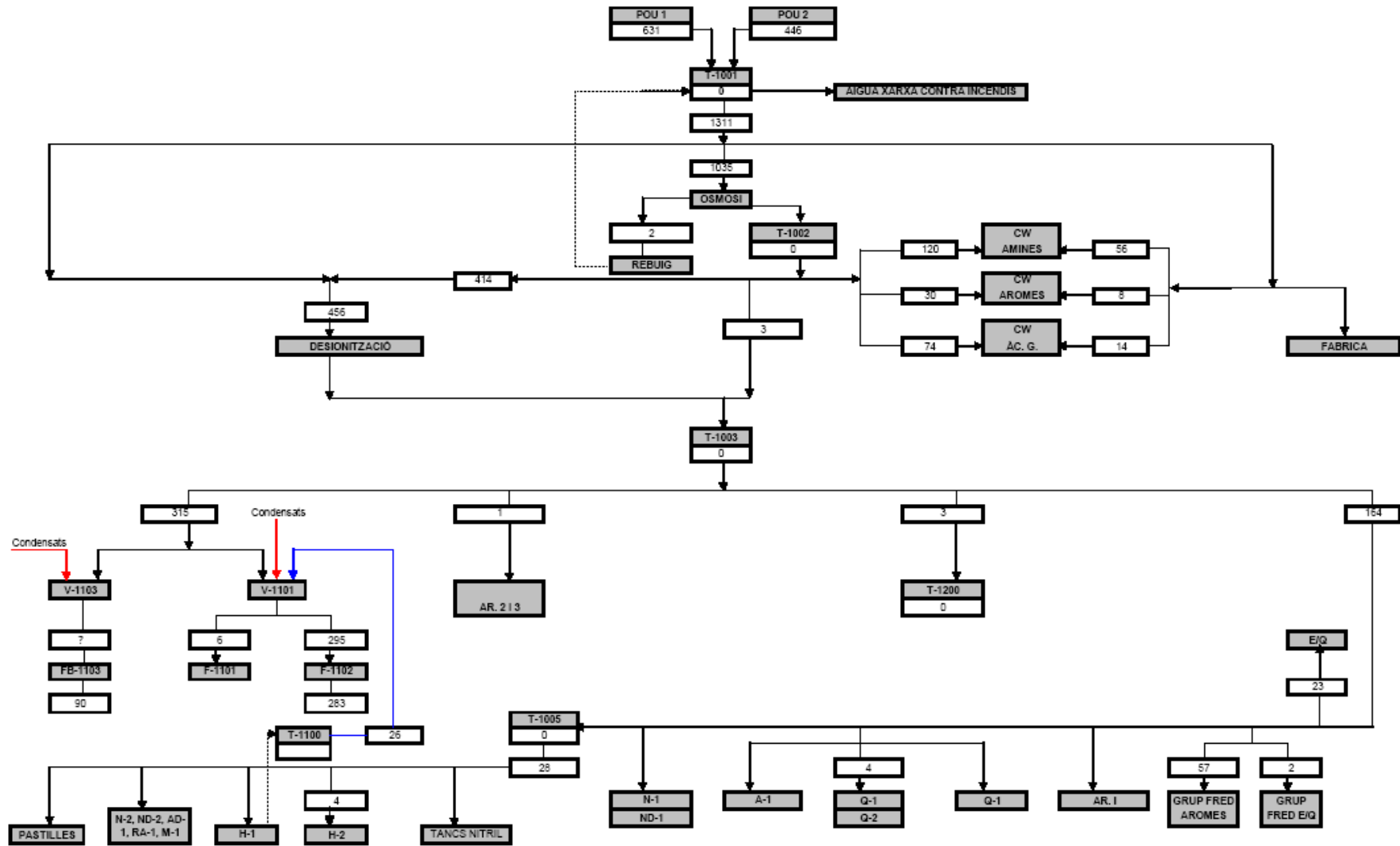


Fig. A.5 Consums d'aigua del 24/7/2006 al 30/9/2006. Valors mitjans en m³/dia.

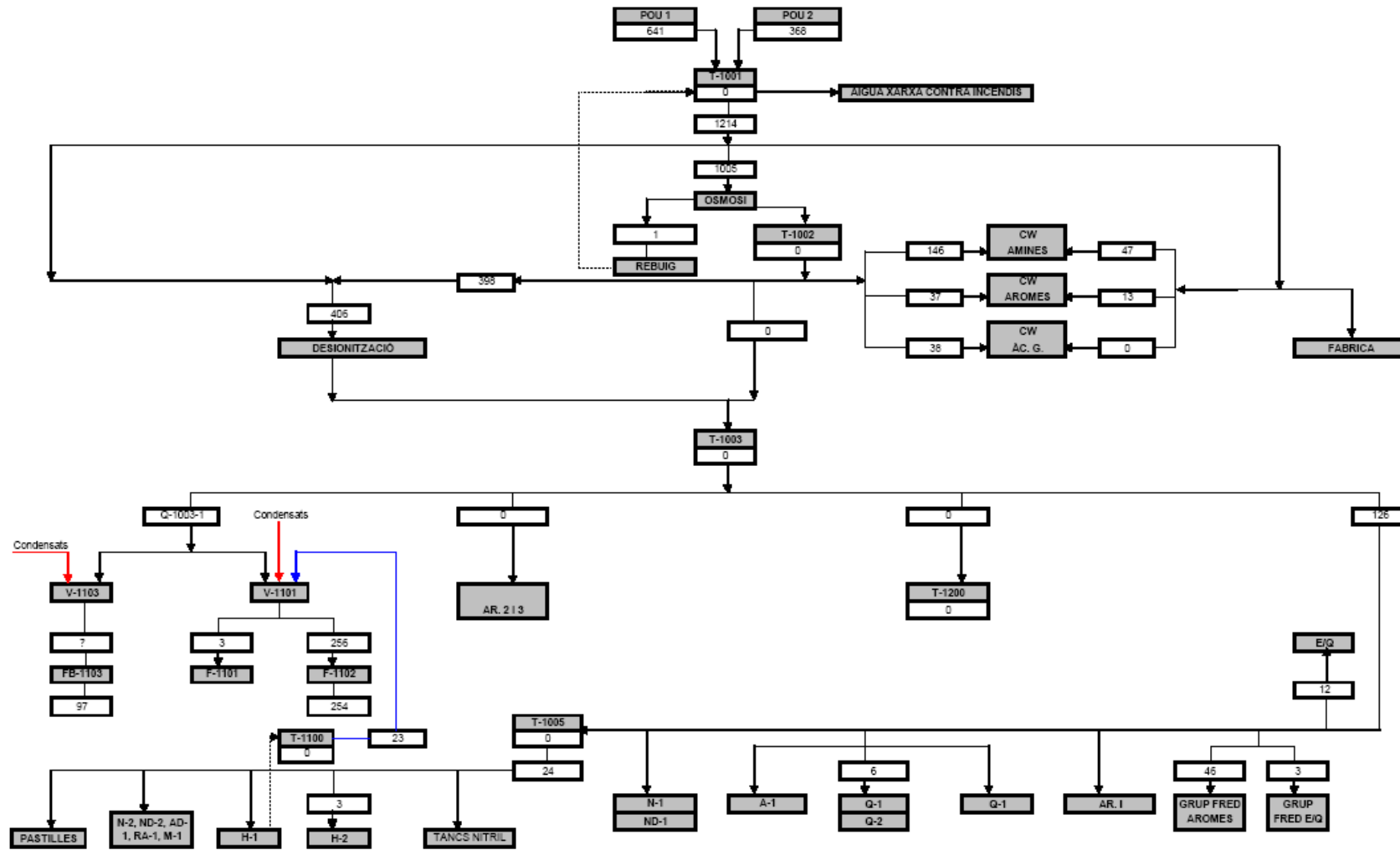


Fig. A.6 Consums d'aigua del 1/10/2006 al 31/12/2006. Valors mitjans en m³/dia.

A.3. Desglossament dels consums a la zona de pous d'obtenció d'aigua.

S'han inclòs dins aquesta zona els grups que fan un ús directe de l'aigua extreta dels pous, que a continuació se'n descriuen els seus consums diaris en m³/dia en forma d'esquema.

En les figures següents s'hi trobaran uns valors ombrejats (els d'aigua per la xarxa contra incendis, d'aigua de pou a plantes i d'aigua de pou a desionització), que significa que estan calculats per resta de comptadors:

- **Aigua per la xarxa contra incendis:** sabent l'aigua extreta dels dos pous i restant-li l'aigua acumulada al tanc T-1001 (que és 0) i l'aigua que en surt, s'obté el valor d'aigua destinada a la xarxa contra incendis.
- **Aigua de pou a desionització:** se sap l'aigua total que entra a les resines d'intercanvi iònic de desionització i l'aigua que des del grup d'osmosi inversa s'envia a aquestes resines; així que restant aquests dos valors s'obté l'aigua que entra a desionització procedent directament de pou.
- **Aigua de pou a plantes:** del valor d'aigua de sortida de T-1001 es resta l'aigua enviada a les piscines de les torres de refrigeració, l'aigua enviada a les membranes d'osmosi i l'aigua de pou enviada directament a desionització.

Cal aclarir que el valor mitjà d'aigua acumulada al tanc T-1001 és 0.

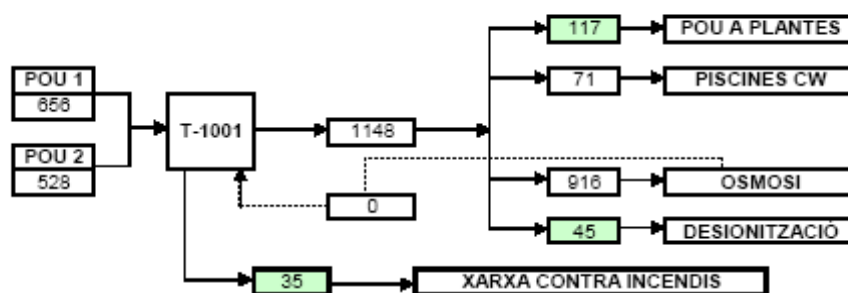


Fig. A.7 Consums a la zona de pous d'obtenció d'aigua en el període de 1/1/2006 al 30/1/2006. Valors mitjans en m³/dia.



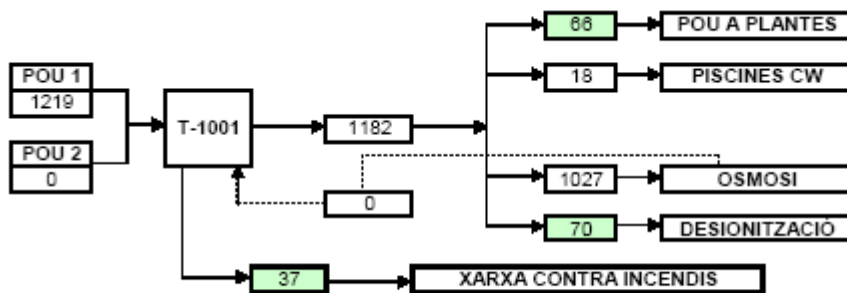


Fig. A.8 Consums a la zona de pous d'obtenció d'aigua en el període de 31/1/2006 al 28/2/2006. Valors mitjans en m³/dia.

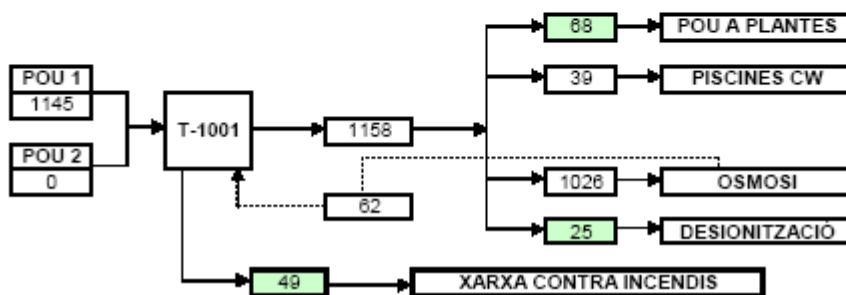


Fig. A.9 Consums a la zona de pous d'obtenció d'aigua en el període de 1/3/2006 al 23/7/2006. Valors mitjans en m³/dia.

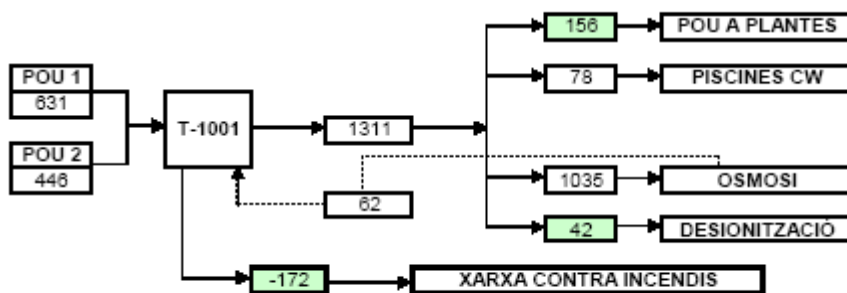


Fig. A.10 Consums a la zona de pous d'obtenció d'aigua en el període de 24/7/2006 al 30/9/2006. Valors mitjans en m³/dia.



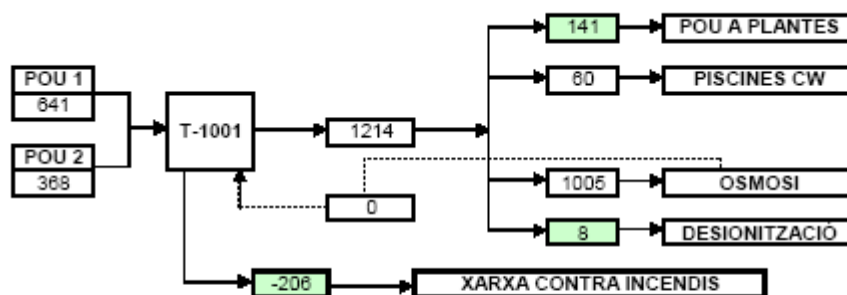


Fig. A.11 Consums a la zona de pous d'obtenció d'aigua en el període de 1/10/2006 al 31/12/2006. Valors mitjans en m³/dia.

A.3.1. Comprovació dels consums a la zona de pous d'obtenció d'aigua.

L'anomalia detectada mitjançant la comprovació dels consums a la zona dels pous, és la no concordança entre el valor d'aigua que entra al tanque T-1001 (la suma dels valors de l'aigua dels dos pous i la que es reaprofita del rebuig de l'osmosi) i el de la que en surt. Aquests dos valors no coincideixen en cap dels cinc modes d'operació de la xarxa descrits, i fa que el valor d'aigua de la xarxa contra incendis no sigui nul, quan ho hauria de ser.

Comparant els valors de les figures Fig. A.7 i Fig. A.11 que corresponen a períodes amb el mateix mode d'operació de la xarxa d'aigua, veiem com el valor d'aigua contra incendis no és gens semblant i a més pren valor negatiu en el segon cas, cosa que no és possible. Cal recordar que com s'ha dit al principi de l'apartat A en la Taula A.1, del període del 1/10/2006 al 31/12/2006 només 2 dies d'un total de 82 s'han obtingut totes les lectures. Per tant, les dades d'aquest període no les podem considerar representatives.

En canvi comparant el valor d'aigua de xarxa contra incendis en els quatre casos restants, veiem com en els tres primers períodes aquest valor és positiu (35, 37 i 49 m³/dia respectivament). Partint de la base que aquest valor hauria de ser teòricament de 0 m³/dia, sembla ser que o bé el comptador de pou 1 (Q-1000-1) compta de més o bé que el de sortida de T-1001 (Q-1001-1) compta de menys. L'explicació a aquesta hipòtesi es fonamenta en què en els períodes en què el pou 1 és l'únic en marxa la diferència és positiva. Però quan en el quart període (Fig. A.10) la diferència és negativa el que sembla és que sigui (Q-1001-1) el que compta de més.

La conclusió és que ni les lectures de (Q-1000-1) ni les de (Q-1001-1) són fiables, i que cal una revisió del seu funcionament.



A.4. Desglossament dels consums a la zona d'osmosi inversa.

En aquest apartat s'hi recullen els consums que es fa de l'aigua osmotitzada, i el grau d'aprofitament que s'aconsegueix amb aquest grup. Els consums es descriuen a continuació en forma d'esquemes.

Els valors ombrejats (el rebuig enviat a la depuradora i el permeat aprofitable) estan calculats operant amb la resta de comptadors:

- **Rebuig enviat a la depuradora:** sabent el rebuig total del grup d'osmosi inversa a partir de les lectures del comptador (Q-1001-3) i restant-li el valor d'aigua del rebuig reaprofitada i reenviada al tanc T-1001 es pot calcular aquest valor.
- **Permeat aprofitable de l'osmosi inversa:** es pot calcular sumant tots els usos que es fan de l'aigua osmotitzada més l'aigua acumulada al tanc T-1002 (que de mitjana és 0).

Com en el cas de T-1001, l'aigua acumulada a T-1002 és de mitjana 0m^3 .

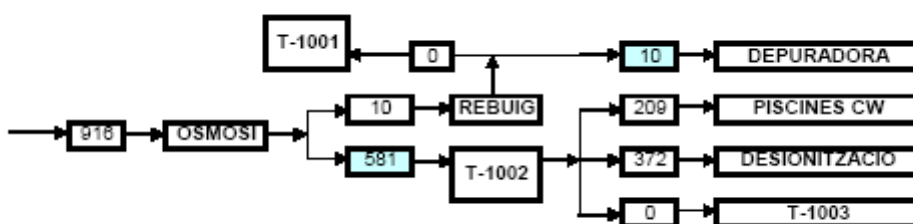


Fig. A.12 Consums a la zona d'osmosi inversa de 1/1/2006 al 30/1/2006. Valors mitjans en m^3/dia .

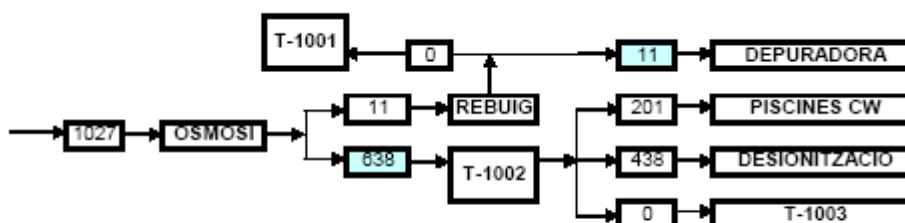
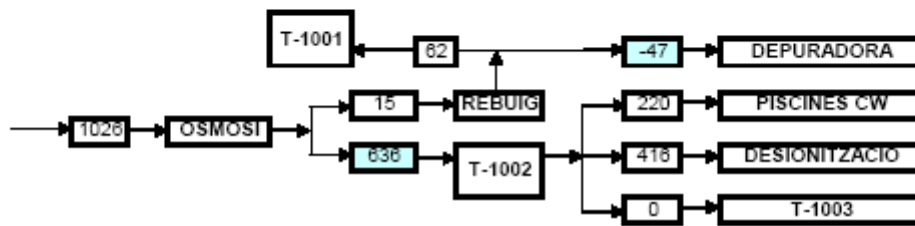
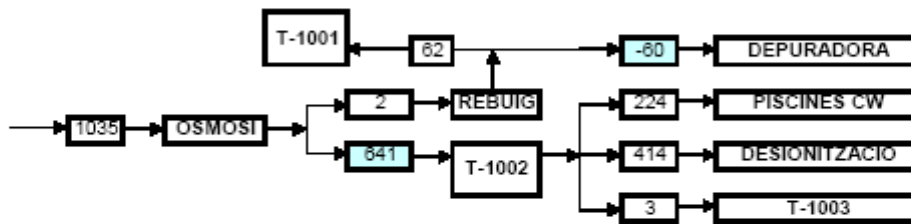
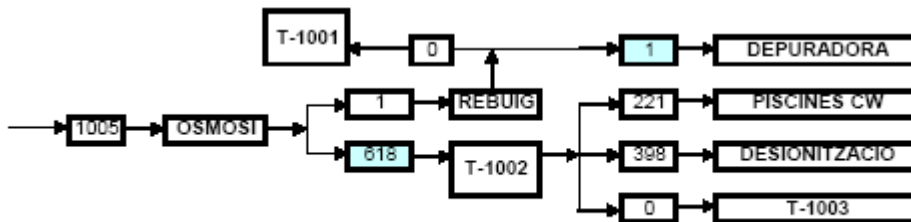


Fig. A.13 Consums a la zona d'osmosi inversa de 30/1/2006 al 28/2/2006. Valors mitjans en m^3/dia .



Fig. A.14 Consums a la zona d'osmosi inversa de 1/3/2006 al 23/7/2006. Valors mitjans en m³/dia.Fig. A.15 Consums a la zona d'osmosi inversa de 24/7/2006 al 30/9/2006. Valors mitjans en m³/dia.Fig. A.16 Consums a la zona d'osmosi inversa de 1/10/2006 al 31/12/2006. Valors mitjans en m³/dia.

A.4.1. Comprovació dels consums a la zona d'osmosi inversa.

Observant els esquemes de les Fig. A.12 a la Fig. A.16 s'observa com el consum d'aigua osmotitzada no és constant, com tampoc ho era el d'aigua de pou.

En aquest cas també es detecta un mal funcionament dels comptadors de la instal·lació d'osmosi inversa. El comptador del rebuig del grup d'osmosi inversa està avariats. Es pot comprovar donant una ullada als valors d'aigua que entren a la instal·lació i restant-li el valor de permeat que entra a T-1002; el valor resultant d'aquesta operació no coincidirà, ni de lluny, amb el que de mitjana ha comptat el comptador d'aigua de rebuig (Q-1001-3). Per tant és clar que cal una reparació o substitució d'aquest comptador per tal de poder gaudir de dades fiables.



D'altra banda, l'aigua que compta Q-1001-2, que és el volum d'aigua alimentada a la instal·lació d'osmosi inversa, també cal posar-la en dubte. En els cinc períodes, el valor comptabilitzat ha superat els 900 m³/dia, i en quatre d'ells inclús els 1000 m³/dia o el que és el mateix més de 41 m³/h. Però la instal·lació està dissenyada per tractar 36 m³/h, xifra que s'acosta més al que indica un segon cabalímetre parcial instal·lat a l'entrada de la instal·lació.

Hi ha tres cabalímetres parcials més instal·lats, un que compta el cabal permeat, l'altre el rebuig enviat a la depuradora i el tercer que compta el rebuig reaprofitat al tanc T-1001. Quan s'ha observat la suma d'aquests tres comptadors, mai s'ha sobrepassat la xifra dels 37 m³/h.

Per tan, aquest ball de xifres amb l'aigua alimentada a l'osmosi tampoc permet tenir una dada fiable sobre quan està consumint aquesta instal·lació.

A.5. Desglossament dels consums a la zona de piscines de les torres de refrigeració.

En aquest apartat s'hi recullen els consums d'aigua enviats a les torres de refrigeració per tal de substituir les pèrdues per arrossegament, evaporació, purgues i possibles fuites. No es tenen dades dels cabals d'aigua enviats a les diverses plantes per ser utilitzada en els diferents equips d'intercanvi de calor ni de la que en retorna per falta de comptadors.

Les piscines de les torres de refrigeració reben aigua de pou i aigua osmotitzada tal i com es pot veure en els següents esquemes.

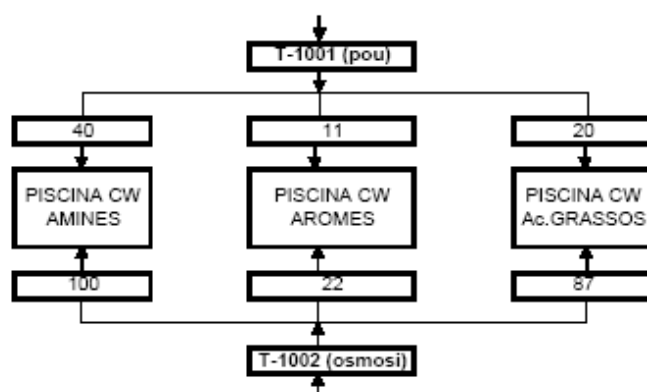


Fig. A.17 Consums a les piscines de CW de 1/1/2006 al 30/1/2006. Valors mitjans en m³/dia.



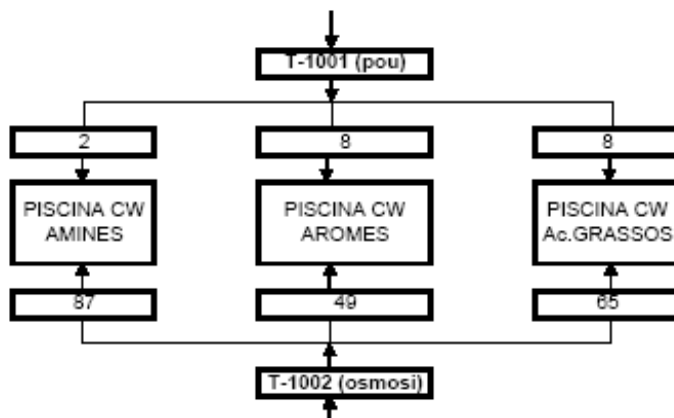


Fig. A.18 Consums a les piscines de CW de 31/1/2006 al 28/2/2006. Valors mitjans en m³/dia.

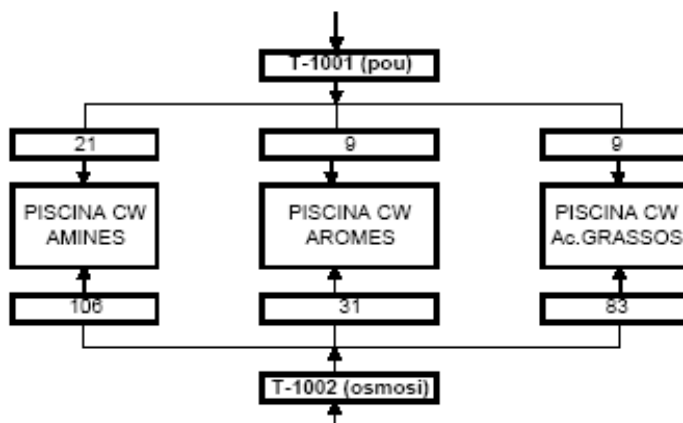


Fig. A.19 Consums a les piscines de CW de 1/3/2006 al 23/7/2006. Valors mitjans en m³/dia.

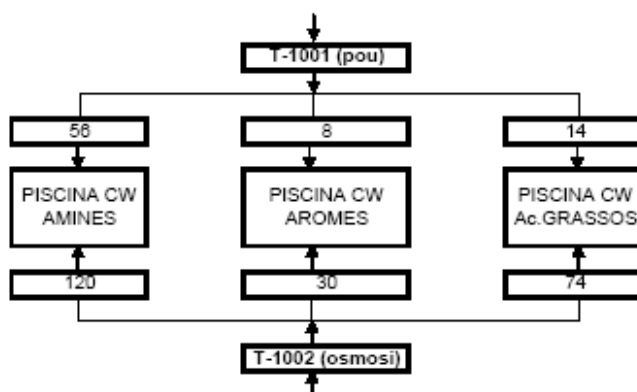


Fig. A.20 Consums a les piscines de CW de 24/7/2006 al 30/9/2006. Valors mitjans en m³/dia.



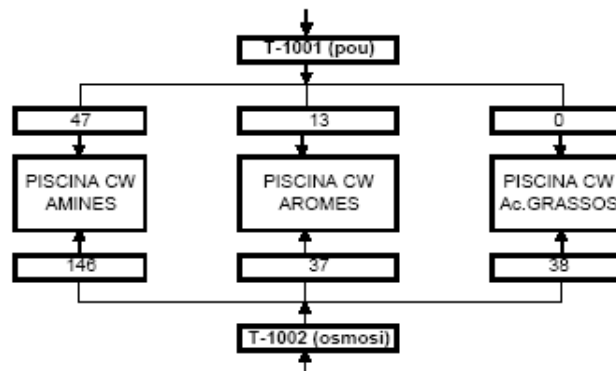


Fig. A.21 Consums a les piscines de CW de 1/10/2006 al 31/12/2006. Valors mitjans en m³/dia.

A.5.1. Comprovació dels consums a la zona de piscines de les torres de refrigeració.

No es poden detectar anomalies amb la simple observació de les dades dels consums d'aigua a la zona de piscines de les torres de refrigeració.

A.6. Desglossament dels consums a la zona de desionització per resines d'intercanvi iònic.

En aquest apartat s'hi recullen els consums que es fa de l'aigua desionitzada, i d'on prové l'aigua que es tracta en aquest grup. Els consums es descriuen a continuació en forma d'esquemes.

Un dels valors dels següents esquemes es troba ombrejat (aigua de pou al grup de desionització), que significa que està calculat a partir de la resta de comptadors de la xarxa:

- **Aigua de pou destinada al grup de desionització:** es pot calcular restant de l'aigua total que entra a les resines d'intercanvi iònic (comptador Q-1001-4) la que hi entra provinent del grup de osmosi inversa (comptador Q-1002-3).



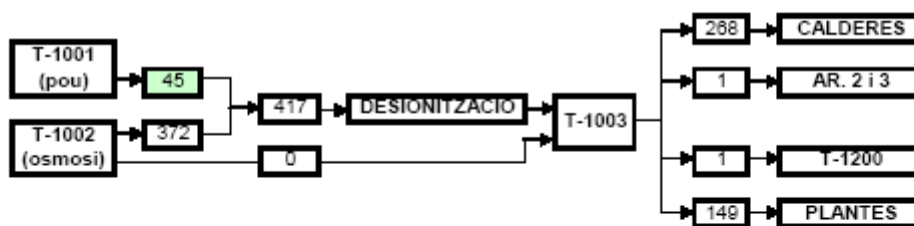


Fig. A.22 Consums a la desionització de 1/1/2006 al 30/1/2006. Valors mitjans en m³/dia.

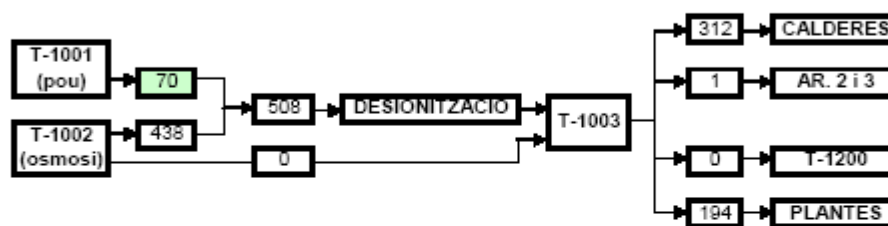


Fig. A.23 Consums a la desionització de 31/1/2006 al 28/2/2006. Valors mitjans en m³/dia.

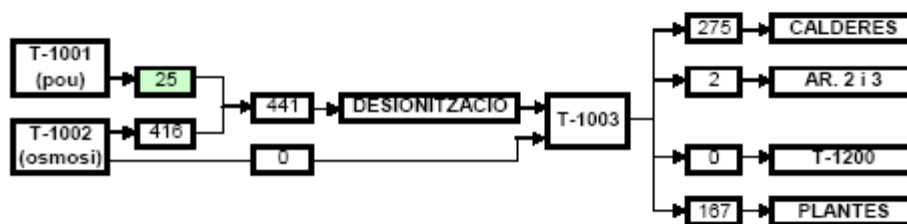


Fig. A.24 Consums a la desionització de 1/3/2006 al 23/7/2006. Valors mitjans en m³/dia.

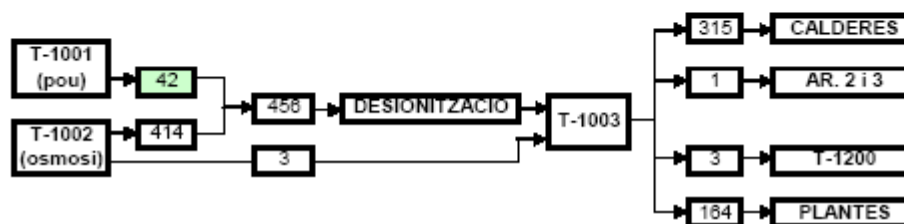


Fig. A.25 Consums a la desionització de 24/7/2006 al 30/9/2006. Valors mitjans en m³/dia.



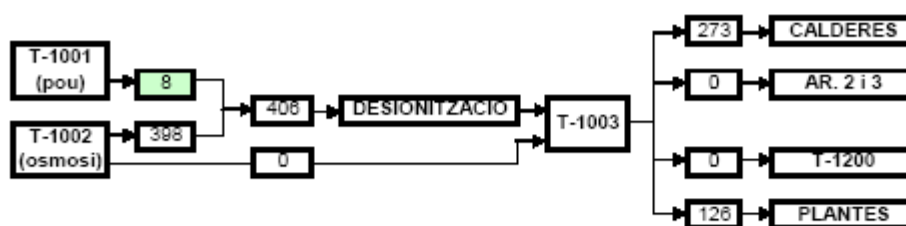


Fig. A.26 Consums a la desionització de 1/10/2006 al 31/12/2006. Valors mitjans en m³/dia.

A.6.1. Comprovació dels consums a la zona de desionització per resines d'intercanvi iònic.

En aquest cas es pot comprovar si coincideixen els valors d'entrada a les resines d'intercanvi iònic més l'aigua osmotitzada enviada a T-1003 amb l'enviada a les diferents zones que utilitzen aquesta aigua (calderes, plantes AR 2 i 3, dipòsit T-1200 de la planta d'àcids grassos i la línia que alimenta la resta de plantes). La següent taula mostra les diferències que s'han observat:

Taula A.2 Comparació de l'aigua d'entrada i sortida del dipòsit T-1003.

Període	Entrada a T-1003 (m ³ /dia)	Sortida T-1003 (m ³ /dia)	Diferència
Del 1/1/2006 al 30/1/2006	417	418	-1
Del 31/1/2006 al 28/2/2006	508	508	0
Del 1/3/2006 al 23/7/2006	441	444	-3
Del 24/7/2006 al 30/9/2006	459	484	-25
Del 1/10/2006 al 31/12/2006	406	399	7

Les diferències no són massa significatives, i poden ser admissibles, tret en el cas del període del 24/7/2006 al 30/9/2006. No s'explica com la resta de períodes hi ha una diferència més o menys acceptable (entre el 0 i el 1,7% que entra dins el marge d'error de comptatge dels comptadors) i en aquest la diferència es dispara. Aparentment no es pot parlar d'un mal funcionament dels comptadors, i s'apunta la hipòtesi que s'hagi alimentat aigua procedent d'una altra línia en algun dels consums d'aigua desionitzada.



A.7. Desglossament dels consums a la zona de calderes de generació de vapor de calefacció.

En aquest apartat s'hi recullen els consums d'aigua enviats a les calderes de vapor per tal de generar vapor de calefacció. Aquesta aigua reemplaça l'aigua purgada a les calderes, les pèrdues del circuit o els condensats no retornats. No es tenen dades dels cabals de vapor enviats al total de les plantes per falta de comptador de vapor a la caldera F-1101. Tampoc es tenen dades directes dels condensats retornats a les calderes ni de les purgues que es realitzen per mantenir una bona qualitat de l'aigua per falta de comptadors en aquestes línies.

L'aigua que alimenta les diferents calderes de vapor prové de tres fonts:

- Condensats de vapor retornats de les diferents plantes.
- Aigua calenta (85°C aproximadament) procedent del dipòsit T-1100, que prové dels circuits de refrigeració de les plantes H1 i demés (només per les calderes F-1101 i F-1102).
- Aigua desionitzada procedent del tanc T-1003.

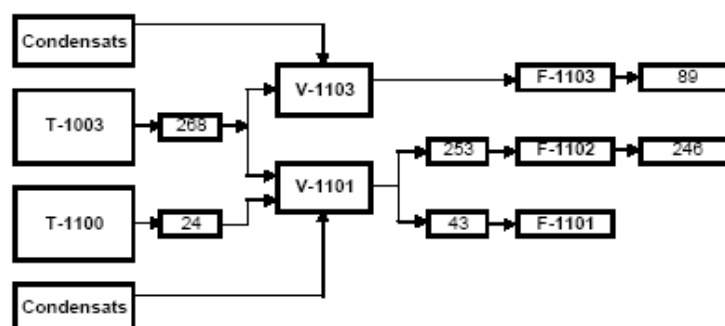


Fig. A.27 Consums a les calderes de 1/1/2006 al 30/1/2006. Valors mitjans en m³/dia (excepte el vapor que és en t/dia).



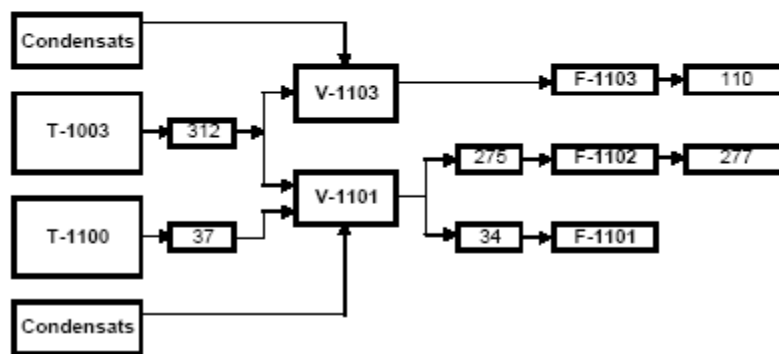


Fig. A.28 Consums a les calderes de 31/1/2006 al 28/2/2006. Valors mitjans en m³/dia (excepte el vapor que és en t/dia).

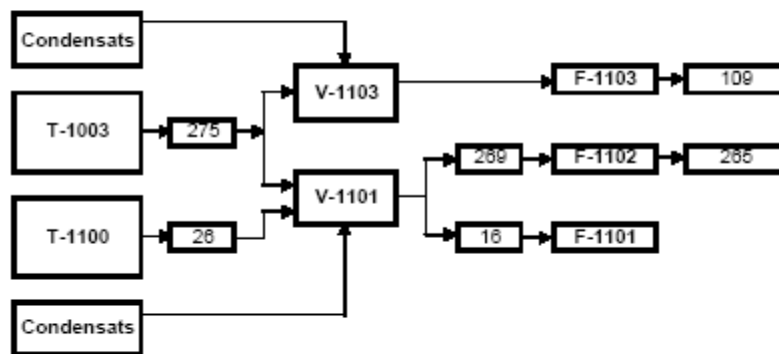


Fig. A.29 Consums a les calderes de 1/3/2006 al 23/7/2006. Valors mitjans en m³/dia (excepte el vapor que és en t/dia).

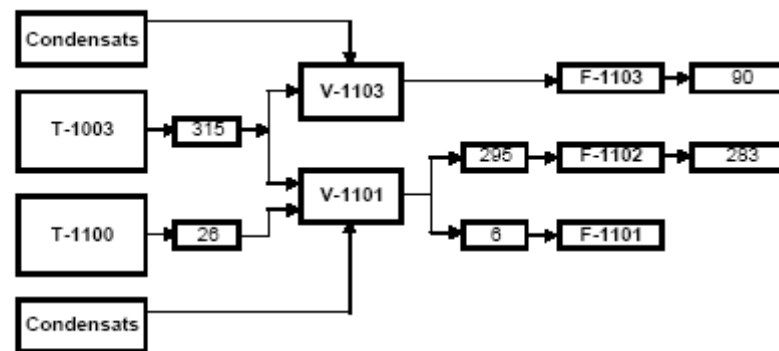


Fig. A.30 Consums a les calderes de 24/7/2006 al 30/1/2006. Valors mitjans en m³/dia (excepte el vapor que és en t/dia).



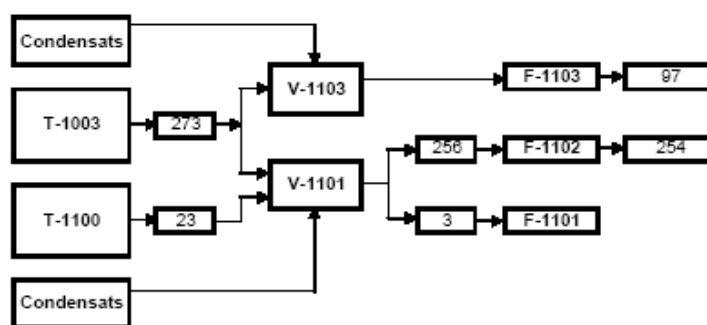


Fig. A.31 Consums a les calderes de 1/10/2006 al 31/12/2006. Valors mitjans en m³/dia (excepte el vapor que és en t/dia).

A.7.1. Comprovació dels consums a la zona de calderes de generació de vapor de calefacció.

En faltar dades de l'aigua d'entrada a F-1103 i del vapor generat a F-1101, no es disposa de totes les dades per completar l'anàlisi de consums.

Si que es pot fer la comprovació de quanta aigua es purga a la caldera F-1102, ja que se sap el volum d'aigua alimentat a la caldera i el vapor extret. La resta ha de ser el valor de les purgues que es pot calcular. La següent taula recull aquesta informació.

Taula A.3 Càlcul de les purgues de F-1102 en m³/dia, a partir de les lectures de l'aigua alimentada i el vapor fabricat

Període	Aigua a F-1102 (m ³ /dia)	Vapor de F-1102 (t/dia)	Purgues F-1102 (m ³ /dia)
Del 1/1/2006 al 30/1/2006	253	246	7
Del 31/1/2006 al 28/2/2006	275	277	-2
Del 1/3/2006 al 23/7/2006	269	265	4
Del 24/7/2006 al 30/9/2006	295	283	12
Del 1/10/2006 al 31/12/2006	256	254	2

Sobta veure com en el segon període les purgues prenen un valor negatiu, i en el tercer i cinquè període són valors molt baixos. Cal esperar a contrastar els valors de les purgues amb els valors teòrics per avançar qualsevol conclusió.



A.8. Comprovació de la qualitat de les dades.

Amb aquestes comprovacions es pretén saber si les dades que han servit per realitzar el càlcul dels consums d'aigua són fiables, és a dir, es pretén comprovar el correcte funcionament dels comptadors.

Per tal de comprovar si les dades obtingudes són o no representatives i fiables, i si el mètode d'obtenció és correcte o no, s'ha parat atenció a diversos aspectes com: la falta repetida de dades d'un determinat comptador, l'existència de valors incoherents i la repetibilitat dels consums d'aigua.

A.8.1. Existència de valors incoherents.

No es disposa de lectures directes del consum d'aigua de totes les zones on se'n consumeix, degut a l'absència de comptador en la línia que condueix l'aigua a aquestes zones. En alguns casos es pot estimar el volum d'aigua que s'utilitza en aquestes zones operant amb els valors d'altres comptadors. Tots aquests casos es recullen en una taula a continuació (Taula A.4), on a més s'hi indica de quins comptadors depenen: (veure també Fig. A.1).

Taula A.4 Consums d'aigua calculats a partir dels valors de comptadors instal·lats a altres línies.

Zona	Operacions amb comptadors dels què depèn.
Xarxa contra incendis	$(Q-1000-1)+(Q-1000-2)-(Q-1001-1)-(\Delta \text{ NIVELL T-1001})$
Aigua de pou a plantes	$(Q-1001-1)-[(Q-1001-4)-(Q-1002-3)]-(Q-1001-2)-$ $[(Q-1001-5)+(Q-1001-6)+(Q-1001-7)]$
Aigua de pou a desionització	$(Q-1001-4)-(Q-1002-3)$
Permeat de l'osmosi	$(Q-1002-1)+(Q-1002-2)+(Q-1002-3) +(Q-1002-4) +(Q-1002-5)+(\Delta \text{ NIVELL T-1002})$
Aigua sortida desionització	$(Q-1003-1)+ (Q-1003-4)+ (Q-1003-5)+ (Q-1003-6)-(Q-1002-2)-(\Delta \text{ NIVELL T-1003})$
Aigua desionitzada a zona A ⁽¹⁾	$(Q-1003-4)-(Q-1003-4)-(Q1300-1)-(Q-1400-1)-(Q-1003-3)-(Q-1005-1)-(\Delta \text{ NIVELL T-1005})$
Aigua desionitzada a zona B ⁽²⁾	$(Q-1005-1)-(Q-1005-2)$



En aquest apartat es comprovarà que cap d'aquests valors calculats prengui signe negatiu o per contra massa elevat, fet que denotaria un mal funcionament dels comptadors dels quals depenen els seus càlculs.

Així diàriament s'ha comprovat que aquests valors fossin majors a zero, excepte el de la xarxa contra incendis que el normal és que sigui zero (només hauria de ser diferent de zero els dies de simulacre o revisió d'equips contra incendi). A la Taula A.5 es mostren els resultats d'observar aquests valors, alguns d'ells ja comentats en els apartats de comprovació dels consums.

Taula A.5 Dies que s'han obtingut valors incoherents de consums en zones sense comptador.

Zona	Criteri	Número d'incompliments del criteri
Xarxa contra incendis	= 0	343 dies
Aigua de pou a plantes	>0	14 dies
Aigua de pou a desionització	>0	13 dies
Permeat de l'osmosi	>0	Cap dia
Aigua sortida desionització	>0	Cap dia
Aigua desionitzada a zona A	>0	6 dies
Aigua desionitzada a zona B	>0	1 dia

La comprovació del compliment d'aquests criteris no és esperançadora: el fet que gairebé cap dia s'hagi acomplert el criteri per la zona de xarxa contra incendis apunta al mal funcionament del conjunt de comptadors dels dos pous (Q-1000-1) i (Q-1000-2), de sortida del tanc T-1001(Q-1001-1) i del nivell de T-1001.

La resta de les zones on també s'han detectat incompliments del criteri de comparació, ho fan amb menor freqüència. En una primera instància podríem partir de la base que els errors en aquestes altres zones són fruit d'un error humà a l'hora de prendre la lectura dels comptadors. Però en el cas de l'aigua de pou a plantes, en què el seu valor també depèn del comptador de sortida de T-1001 (Q-1001-1) no es pot concloure que sigui un error sense importància.

A.8.2. Falta repetida de dades.

Ja s'ha comentat a l'apartat A.1 la importància de tenir totes les dades d'un dia per poder promitjar els consums d'aigua. També en aquest apartat s'ha dit que només 127 dels 345 dies d'operació de la planta s'han pogut obtenir totes les dades.



Per tal d'esbrinar l'origen d'aquest problema s'ha fet una observació de tota la informació per veure quins comptadors han donat més problemes a l'hora d'obtenir aquestes dades. Per fer-ho s'han comptat tots els dies que s'ha obtingut lectura de cada comptador i s'ha comparat amb els dies d'operació de la fàbrica per veure si existeix algun problema amb el funcionament d'aquests o el mètode d'obtenció de dades.

S'ha considerat que més de 10 del total de dies sense dada constituïa un funcionament anormal del comptador i que calia justificar l'absència d'aquestes lectures. A la següent taula es recullen els comptadors que han sobrepassat aquest límit.

Taula A.6 Comptadors amb falta repetida de dades.

Comptador	Dies sense lectura	Justificació.
(Q-1001-3) rebuig de l'osmosi inversa.	170 ⁽¹⁾	Comptador avariament en el qual ha entrat aigua.
(FT-1102-2) vapor fabricat a F-1102	29	Tres períodes de desconexió per revisió del comptador.
Dies d'operació de la fàbrica a l'any.	345	Dos períodes de 10 dies de parada per manteniment.

⁽¹⁾ La resta de dies s'ha donat lectura tot i saber que el comptador estava averiat.

De la resta de comptadors no n'hi cap que hagi sobrepassat els 10 dies d'absència de dada, però si que és cert que cap d'ells s'ha aconseguit que arribi a les 345 lectures correctes.

Això afecta els consums que es calculen a partir dels valors dels comptadors instal·lats en altres línies. En la Taula A.7 es poden veure el número de dies que no se n'ha pogut calcular el valor per culpa de la falta de dades d'altres comptadors.



Taula A.7 Dies en els quals no s'ha pogut calcular el consum de les zones sense comptador.

Zona	Dies sense possibilitat de calcular-ne el valor
Xarxa contra incendis	20
Aigua de pou a plantes	40
Aigua de pou a desionització	30
Permeat de l'osmosi	18
Aigua sortida desionització	16
Aigua desionitzada a zona A	31
Aigua desionitzada a zona B	15

Les causes que provoquen l'absència de lectures s'ha comprovat que són les següents:

- Comptador en mal estat: cas de (Q-1001-3).
- Descuit puntual de l'operari a l'hora de prendre lectura d'un comptador en particular.
- Error en prendre nota de la lectura: els errors d'aquest tipus s'han detectat observant diàriament el full d'enregistrament de les dades. Els errors més freqüents són descuidar-se una xifra de la lectura i confondre una xifra per una altra.

A.8.3. Repetibilitat de consums.

Mitjançant el càlcul de la mitjana aritmètica (m'), la desviació estàndard (σ'), el coeficient de variació de Karl Pearson (σ'/m') i la moda de les dades obtingudes a través de la lectura de comptadors es pretén veure quina repetibilitat o variabilitat existeix en els consums d'aigua de la planta. També es calcularan les vegades que la moda es repeteix. Amb tot això es vol comprovar si els consums són constants o pel contrari són molt irregulars.

A continuació s'inclouen cinc taules, una per cada període de diferent mode d'operació de la xarxa d'aigua, per recollir aquests valors.



Taula A.8 Dades estadístiques dels consums d'aigua, en el període 1/1/2006 al 30/1/2006.

Consum	m'	σ'	σ'/m'	Moda	Freqüència de la moda
Pou 1 (Q-1000-1)	656	83	0,13	-	-
Pou 2 (Q-1000-2)	528	84	0,16	-	-
Sortida T-1001 (Q-1001-1)	1148	133	0,12	1034	2
Aigua xarxa contra incendis	35	35	1,00	-	-
Aigua pou a piscina aromes (Q-1001-5)	11	11	0,95	0	4
Aigua pou a piscina àc gras (Q-1001-6)	20	19	0,96	0	4
Aigua pou a piscina amines (Q-1001-7)	40	30	0,76	0	3
Aigua de pou a plantes	117	53	0,45	-	-
Aigua entrada desionització (Q-1001-4)	417	38	0,09	453	2
Aigua osmotitzada a desion. (Q-1002-3)	372	47	0,13	348	2
Aigua de pou a desionització	45	45	0,99	97	2
Alimentació osmosi inversa (Q-1001-2)	916	90	0,10	-	-
Rebuig osmosi inversa (Q-1001-3)	10	5	0,56	12	4
Permeat osmosi inversa	581	56	0,10	-	-
Aigua osmotitzada a T-1003 (Q-1002-2)	0	0		0	16
Osmotitzada a piscina aromes (Q-1002-4)	22	21	0,97	0	2
Osmotitzada a piscina àc. gras (Q-1002-5)	87	42	0,48	105	2
Osmotitzada a piscina amines (Q-1002-1)	100	41	0,41	113	2
Aigua desion. a calderes (Q-1003-1)	268	36	0,14	222	2
Aigua desion. a producció (Q-1003-4)	149	22	0,14	131	2
Aigua desion a AR 2 i 3 (Q 1003-5)	1	1	1,12	0	7
Aigua desion a T-1200 (Q-1003-6)	1	3	4,00	0	15
Aigua de T-1100 a calderes (Q-1100-1)	24	18	0,75	0	2
Aigua a caldera F-1102 (Q-1102-1)	253	29	0,11	277	2
Aigua a caldera F-1101 (Q-1101-1)	43	26	0,60	48	3
Vapor de caldera F-1102 (FT-1102-2)	246	21	0,08	-	-
Vapor de caldera F-1103 (FT-1103-2)	89	23	0,26	91	2
Aigua desionitzada a E/Q (Q-1003-2)	23	17	0,73	12	2
Aigua desionitzada a Q1 i Q2 (Q-1003-3)	4	4	0,89	0	2
Aigua desionitzada a T-1300 (Q-1300-1)	3	3	0,75	4	6
Aigua desionitzada a T-1400 (Q-1400-1)	27	11	0,40	24	2
Aigua desionitzada a zona A ⁽²⁾	70	12	0,17	-	-
Sortida de T-1005 (Q-1005-1)	21	11	0,52	27	2
Aigua desionitzada a H-2 (Q-1005-2)	2	3	1,36	0	10
Aigua desionitzada a zona B ⁽³⁾	19	14	0,75	21	2

⁽¹⁾ Els valors ombrejats són valors calculats, ja que són zones en les quals no hi ha comptador.

⁽²⁾ Zona A: plantes alimentades per la línia del comptador (Q-1003-4) compreses entre aquest comptador i el dipòsit T-1005 i que no tenen comptador, per tan estem parlant de: AR-1, Q-1 (zona sense comptador), A-1, N-1, ND-1.

⁽³⁾ S'entén com a zona B les plantes alimentades per la línia sortint del dipòsit T-1005 excepte la planta H-2 que si que gaudeix de comptador. Per tan ens referim a Tancs Nitril, H-1, N-2, ND-2, AD-1, RA-1, M-1 i Pastilles



Taula A.9 Dades estadístiques dels consums d'aigua, en el període 31/1/2006 al 28/2/2006.

Consum	m'	σ'	σ'/m'	Moda	Freqüència de la moda
Pou 1 (Q-1000-1)	1219	159	0,13	-	-
Pou 2 (Q-1000-2)	0	0		0	11
Sortida T-1001 (Q-1001-1)	1182	134	0,11	-	-
Aigua xarxa contra incendis	37	30	0,80	-	-
Aigua pou a piscina aromes (Q-1001-5)	8	14	1,75	0	7
Aigua pou a piscina àc gras (Q-1001-6)	8	15	1,86	0	6
Aigua pou a piscina amines (Q-1001-7)	2	4	2,12	0	8
Aigua de pou a plantes	66	26	0,39	-	-
Aigua entrada desionització (Q-1001-4)	508	52	0,10	495	2
Aigua osmotitzada a desion. (Q-1002-3)	438	54	0,12	-	-
Aigua de pou a desionització	70	60	0,85	-	-
Alimentació osmosi inversa (Q-1001-2)	1027	80	0,08	-	-
Rebuig osmosi inversa (Q-1001-3)	11	15	1,38	6	3
Permeat osmosi inversa	638	39	0,06	-	-
Aigua osmotitzada a T-1003 (Q-1002-2)	0	0		0	11
Osmotitzada a piscina aromes (Q-1002-4)	49	27	0,56	-	-
Osmotitzada a piscina àc. gras (Q-1002-5)	65	36	0,55	68	2
Osmotitzada a piscina amines (Q-1002-1)	87	29	0,34	-	-
Aigua desion. a calderes (Q-1003-1)	312	37	0,12	303	2
Aigua desion. a producció (Q-1003-4)	194	36	0,18	-	-
Aigua desion a AR 2 i 3 (Q 1003-5)	1	2	1,89	0	8
Aigua desion a T-1200 (Q-1003-6)	0	0		0	11
Aigua de T-1100 a calderes (Q-1100-1)	37	14	0,39	-	-
Aigua a caldera F-1102 (Q-1102-1)	275	18	0,07	273	2
Aigua a caldera F-1101 (Q-1101-1)	34	11	0,33	35	3
Vapor de caldera F-1102 (FT-1102-2)	277	19	0,07	-	-
Vapor de caldera F-1103 (FT-1103-2)	110	30	0,27	-	-
Aigua desionitzada a E/Q (Q-1003-2)	19	12	0,66	6	2
Aigua desionitzada a Q1 i Q2 (Q-1003-3)	1	2	1,91	0	4
Aigua desionitzada a T-1300 (Q-1300-1)	4	1	0,26	4	6
Aigua desionitzada a T-1400 (Q-1400-1)	51	33	0,65	0	2
Aigua desionitzada a zona A ⁽²⁾	87	40	0,46	-	-
Sortida de T-1005 (Q-1005-1)	33	14	0,42	41	2
Aigua desionitzada a H-2 (Q-1005-2)	3	3	1,10	0	5
Aigua desionitzada a zona B ⁽³⁾	30	13	0,43	-	-

(1) Els valors ombrejats són valors calculats, ja que són zones en les quals no hi ha comptador.

(2) Zona A: plantes alimentades per la línia del comptador (Q-1003-4) compreses entre aquest comptador i el dipòsit T-1005 i que no tenen comptador, per tan estem parlant de: AR-1, Q-1 (zona sense comptador), A-1, N-1, ND-1.

(3) S'entén com a zona B les plantes alimentades per la línia sortint del dipòsit T-1005 excepte la planta H-2 que si que gaudeix de comptador. Per tan ens referim a Tancs Nitril, H-1, N-2, ND-2, AD-1, RA-1, M-1 i Pastilles



Taula A.10 Dades estadístiques dels consums d'aigua, en el període 1/3/2006 al 23/7/2006.

Consum	m'	σ'	σ'/m'	Moda	Freqüència de la moda
Pou 1 (Q-1000-1)	1145	137	0,12	1019	2
Pou 2 (Q-1000-2)	0	0		0	71
Sortida T-1001 (Q-1001-1)	1158	120	0,10	1113	2
Aigua xarxa contra incendis	49	46	0,95	-16	3
Aigua pou a piscina aromes (Q-1001-5)	9	16	1,85	0	28
Aigua pou a piscina àc gras (Q-1001-6)	9	12	1,33	0	26
Aigua pou a piscina amines (Q-1001-7)	21	28	1,28	0	23
Aigua de pou a plantes	68	71	1,04	56	3
Aigua entrada desionització (Q-1001-4)	441	43	0,10	419	4
Aigua osmotitzada a desion. (Q-1002-3)	416	45	0,11	453	3
Aigua de pou a desionització	25	31	1,26	8	7
Alimentació osmosi inversa (Q-1001-2)	1026	89	0,09	1050	4
Rebuig osmosi inversa (Q-1001-3)	15	22	1,44	0	10
Permeat osmosi inversa	636	46	0,07	-	-
Aigua osmotitzada a T-1003 (Q-1002-2)	0	1	8,43	0	70
Osmotitzada a piscina aromes (Q-1002-4)	31	18	0,58	35	7
Osmotitzada a piscina àc. gras (Q-1002-5)	83	42	0,50	133	3
Osmotitzada a piscina amines (Q-1002-1)	106	30	0,28	102	4
Aigua desion. a calderes (Q-1003-1)	275	35	0,13	299	3
Aigua desion. a producció (Q-1003-4)	167	32	0,19	136	4
Aigua desion a AR 2 i 3 (Q 1003-5)	2	3	1,14	1	22
Aigua desion a T-1200 (Q-1003-6)	0	0		0	71
Aigua de T-1100 a calderes (Q-1100-1)	26	15	0,56	13	6
Aigua a caldera F-1102 (Q-1102-1)	269	43	0,16	286	5
Aigua a caldera F-1101 (Q-1101-1)	16	15	0,92	4	12
Vapor de caldera F-1102 (FT-1102-2)	265	42	0,16	-	-
Vapor de caldera F-1103 (FT-1103-2)	109	19	0,17	115	4
Aigua desionitzada a E/Q (Q-1003-2)	22	12	0,54	20	4
Aigua desionitzada a Q1 i Q2 (Q-1003-3)	4	4	1,06	0	5
Aigua desionitzada a T-1300 (Q-1300-1)	2	4	1,47	0	25
Aigua desionitzada a T-1400 (Q-1400-1)	58	23	0,39	69	5
Aigua desionitzada a zona A ⁽²⁾	53	12	0,22	-	-
Sortida de T-1005 (Q-1005-1)	27	12	0,44	16	5
Aigua desionitzada a H-2 (Q-1005-2)	3	4	1,24	0	33
Aigua desionitzada a zona B ⁽³⁾	24	13	0,54	28	3

⁽¹⁾ Els valors ombrejats són valors calculats, ja que són zones en les quals no hi ha comptador.

⁽²⁾ Zona A: plantes alimentades per la línia del comptador (Q-1003-4) compreses entre aquest comptador i el dipòsit T-1005 i que no tenen comptador, per tan estem parlant de: AR-1, Q-1 (zona sense comptador), A-1, N-1, ND-1.

⁽³⁾ S'entén com a zona B les plantes alimentades per la línia sortint del dipòsit T-1005 excepte la planta H-2 que si que gaudeix de comptador. Per tan ens referim a Tancs Nitril, H-1, N-2, ND-2, AD-1, RA-1, M-1 i Pastilles



Taula A.11 Dades estadístiques dels consums d'aigua, en el període 24/7/2006 al 30/9/2006.

Consum	m'	σ'	σ'/m'	Moda	Freqüència de la moda
Pou 1 (Q-1000-1)	631	111	0,18	-	-
Pou 2 (Q-1000-2)	446	85	0,19	-	-
Sortida T-1001 (Q-1001-1)	1311	141	0,11	1272	2
Aigua xarxa contra incendis	-172	108	-0,63	-	-
Aigua pou a piscina aromes (Q-1001-5)	8	10	1,18	0	10
Aigua pou a piscina àc gras (Q-1001-6)	14	17	1,23	0	8
Aigua pou a piscina amines (Q-1001-7)	56	48	0,85	70	3
Aigua de pou a plantes	156	99	0,64	125	2
Aigua entrada desionització (Q-1001-4)	456	44	0,10	482	2
Aigua osmotitzada a desion. (Q-1002-3)	414	41	0,10	400	2
Aigua de pou a desionització	42	42	0,98	6	3
Alimentació osmosi inversa (Q-1001-2)	1035	108	0,10	1044	2
Rebuig osmosi inversa (Q-1001-3)	2	1	0,69	1	10
Permeat osmosi inversa	641	66	0,10	-	-
Aigua osmotitzada a T-1003 (Q-1002-2)	3	9	2,89	0	24
Osmotitzada a piscina aromes (Q-1002-4)	30	15	0,50	37	2
Osmotitzada a piscina àc. gras (Q-1002-5)	74	34	0,46	71	2
Osmotitzada a piscina amines (Q-1002-1)	120	42	0,35	90	2
Aigua desion. a calderes (Q-1003-1)	315	68	0,22	312	2
Aigua desion. a producció (Q-1003-4)	164	47	0,29	178	2
Aigua desion a AR 2 i 3 (Q 1003-5)	1	1	1,40	0	15
Aigua desion a T-1200 (Q-1003-6)	3	14	5,12	0	25
Aigua de T-1100 a calderes (Q-1100-1)	26	11	0,43	31	3
Aigua a caldera F-1102 (Q-1102-1)	295	27	0,09	291	2
Aigua a caldera F-1101 (Q-1101-1)	6	14	2,37	1	4
Vapor de caldera F-1102 (FT-1102-2)	283	30	0,11	-	-
Vapor de caldera F-1103 (FT-1103-2)	90	25	0,28	99	3
Aigua desionitzada a E/Q (Q-1003-2)	23	16	0,69	12	3
Aigua desionitzada a Q1 i Q2 (Q-1003-3)	4	4	0,96	0	4
Aigua desionitzada a T-1300 (Q-1300-1)	2	2	1,08	0	10
Aigua desionitzada a T-1400 (Q-1400-1)	57	19	0,32	68	2
Aigua desionitzada a zona A ⁽²⁾	51	28	0,56	-	-
Sortida de T-1005 (Q-1005-1)	28	14	0,50	48	2
Aigua desionitzada a H-2 (Q-1005-2)	4	4	1,19	0	13
Aigua desionitzada a zona B ⁽³⁾	24	14	0,58	-	-

(1) Els valors ombrejats són valors calculats, ja que són zones en les quals no hi ha comptador.

(2) Zona A: plantes alimentades per la línia del comptador (Q-1003-4) compreses entre aquest comptador i el dipòsit T-1005 i que no tenen comptador, per tan estem parlant de: AR-1, Q-1 (zona sense comptador), A-1, N-1, ND-1.

(3) S'entén com a zona B les plantes alimentades per la línia sortint del dipòsit T-1005 excepte la planta H-2 que si que gaudeix de comptador. Per tan ens referim a Tancs Nitril, H-1, N-2, ND-2, AD-1, RA-1, M-1 i Pastilles



Taula A.12 Dades estadístiques dels consums d'aigua, en el període 1/10/2006 al 31/12/2006.

Consum	m'	σ'	σ'/m'	Moda	Freqüència de la moda
Pou 1 (Q-1000-1)	641	89	0,14	-	-
Pou 2 (Q-1000-2)	368	109	0,30	-	-
Sortida T-1001 (Q-1001-1)	1214	71	0,06	-	-
Aigua xarxa contra incendis	-206	50	-0,24	-	-
Aigua pou a piscina aromes (Q-1001-5)	13	18	1,41	-	-
Aigua pou a piscina àc gras (Q-1001-6)	0	0		0	2
Aigua pou a piscina amines (Q-1001-7)	47	10	0,21	-	-
Aigua de pou a plantes	141	20	0,14	-	-
Aigua entrada desionització (Q-1001-4)	406	21	0,05	-	-
Aigua osmotitzada a desion. (Q-1002-3)	398	13	0,03	-	-
Aigua de pou a desionització	8	7	0,88	-	-
Alimentació osmosi inversa (Q-1001-2)	1005	30	0,03	-	-
Rebuig osmosi inversa (Q-1001-3)	1	1	1,41	-	-
Permeat osmosi inversa	618	4	0,01	-	-
Aigua osmotitzada a T-1003 (Q-1002-2)	0	0		0	2
Osmotitzada a piscina aromes (Q-1002-4)	37	9	0,25	-	-
Osmotitzada a piscina àc. gras (Q-1002-5)	38	10	0,26	-	-
Osmotitzada a piscina amines (Q-1002-1)	146	37	0,25	-	-
Aigua desion. a calderes (Q-1003-1)	273	10	0,04	-	-
Aigua desion. a producció (Q-1003-4)	126	6	0,05	-	-
Aigua desion a AR 2 i 3 (Q 1003-5)	0	0		0	2
Aigua desion a T-1200 (Q-1003-6)	0	0		0	2
Aigua de T-1100 a calderes (Q-1100-1)	23	6	0,28	-	-
Aigua a caldera F-1102 (Q-1102-1)	256	23	0,09	-	-
Aigua a caldera F-1101 (Q-1101-1)	3	1	0,28	-	-
Vapor de caldera F-1102 (FT-1102-2)	254	21	0,08	-	-
Vapor de caldera F-1103 (FT-1103-2)	97	6	0,06	-	-
Aigua desionitzada a E/Q (Q-1003-2)	12	3	0,24	-	-
Aigua desionitzada a Q1 i Q2 (Q-1003-3)	6	2	0,30	-	-
Aigua desionitzada a T-1300 (Q-1300-1)	3	1	0,28	-	-
Aigua desionitzada a T-1400 (Q-1400-1)	46	4	0,08	-	-
Aigua desionitzada a zona A ⁽²⁾	35	16	0,45	-	-
Sortida de T-1005 (Q-1005-1)	24	16	0,65	-	-
Aigua desionitzada a H-2 (Q-1005-2)	3	4	1,41	-	-
Aigua desionitzada a zona B ⁽³⁾	21	15	0,71	-	-

(1) Els valors ombrejats són valors calculats, ja que són zones en les quals no hi ha comptador.

(2) Zona A: plantes alimentades per la línia del comptador (Q-1003-4) compreses entre aquest comptador i el dipòsit T-1005 i que no tenen comptador, per tan estem parlant de: AR-1, Q-1 (zona sense comptador), A-1, N-1, ND-1.

(3) S'entén com a zona B les plantes alimentades per la línia sortint del dipòsit T-1005 excepte la planta H-2 que si que gaudeix de comptador. Per tan ens referim a Tancs Nitril, H-1, N-2, ND-2, AD-1, RA-1, M-1 i Pastilles



El recull de dades de les taules de la Taula A.8 a la Taula A.12 es pot resumir dient que en general no existeix repetibilitat en el consum d'aigua de la fàbrica. Es tracta de consums molt desiguals, fet que es demostra comparant els valors de consums d'aigua de pou, la font d'aigua de tota la fàbrica.

Taula A.13 Consum d'aigua de pou segons el mode d'operació de la xarxa d'aigua.

Període	Pous en funcionament	Reaprofitament del rebuig de l'osmosi	Consum d'aigua de pou.
Del 1/1/2006 al 30/1/2006	1 i 2	NO	1184
Del 31/1/2006 al 28/2/2006	1	NO	1219
Del 1/3/2006 al 23/7/2006	1	SI	1145
Del 24/7/2006 al 30/9/2006	1 i 2	SI	1027
Del 1/10/2006 al 31/12/2006	1 i 2	NO	1009

Observant els coeficient de dispersió de Karl Pearson, la moda i la freqüència amb què es repeteix la moda es pot deduir que entre els consums que presenten una major repetició de valors hi ha:

- Òbviament el pou 2 en els dos períodes en què no se n'ha extret aigua, durant els quals la moda és 0 i s'ha repetit cada dia.
- L'aigua osmotitzada enviada al tanc T-1003, que pràcticament sempre és 0 m³/dia.

Però la resta, molt pocs presenten un coeficient de dispersió inferior a 0,1 (en valor absolut), fet que indica que els valors poden presentar una variació de més del 10% de mitjana.



B. Comprovació del funcionament de (Q-1000-1) i de (Q-1001-1).

Del seguiment dels consums d'aigua de la fàbrica s'obre la sospita que els comptadors del pou 1 (Q-1000-1) i del tanc T-1001 (Q-1001-1) no funcionen correctament i donen una lectura superior al valor real d'aigua que circula per la canonada.

Per comprovar-ne el funcionament se n'ha fet un seguiment comparant el seu registre amb el d'un comptador ultrasònic PROSONIC FLOW P 90 de Endress+Hausser.

S'han fet dos seguiments de cada comptador per tal de veure si la deriva que presenten és o no constant. En els apartats a continuació es presenten els resultats dels seguiments d'ambdós comptadors.

B.1. Seguiment del comptador d'aigua del pou 1 (Q-1000-1).

B.1.1. Primer seguiment.

El primer seguiment es va fer entre els dies 3 i 7 de juliol de 2006.

Les lectures obtingudes durant aquest període es recullen en la taula següent:

Taula B.1 Lectures del primer seguiment del comptador Q-1000-1.

DIA / HORA	ULTRASÒNIC		Q-1000-1
	PARCIAL (m3/h)	TOTAL (m3)	TOTAL (m3)
03/07/2006 8:30	66,3	20902	3054636
03/07/2006 10:00	0,01	20910	3054647
03/07/2006 12:30	67,5	21012	3054780
04/07/2006 8:30	67,9	21860	3055891
04/07/2006 10:00	0,02	21882	3055920
04/07/2006 12:30	67,5	22018	3056099
05/07/2006 8:30	68,3	23145	3057589
05/07/2006 10:00	67,3	23251	3057729
05/07/2006 12:30	67,6	23418	3057950
06/07/2006 8:30	69,1	24294	3059106
06/07/2006 10:00	68,4	24398	3059240
06/07/2006 12:30	67,5	24556	3059447
07/07/2006 8:30	68,3	25687	3060933



Amb aquestes lectures es poden obtenir 10 punts de consum diari per representar el cabal llegit per l'ultrasònic enfront del llegit pel Q-1000-1:

Taula B.2 Consums derivats del primer seguiment del comptador Q-1000-1

	Q-1000-1	ULTRASÒNIC	DFERÈNCIA (m3/dia)
8:30	1255	958	297
8:30	1698	1285	413
8:30	1517	1149	368
8:30	1827	1393	434
10:00	1273	972	301
10:00	1809	1369	440
10:00	1511	1147	364
12:30	1319	1006	313
12:30	1851	1400	451
12:30	1497	1138	359

En la següent figura es representen els consums llegits pel comptador per ultrasons en front dels llegits per Q-1000-1. La finalitat és veure si existeix alguna relació entre el consum donat per Q-1000-1 i el real.

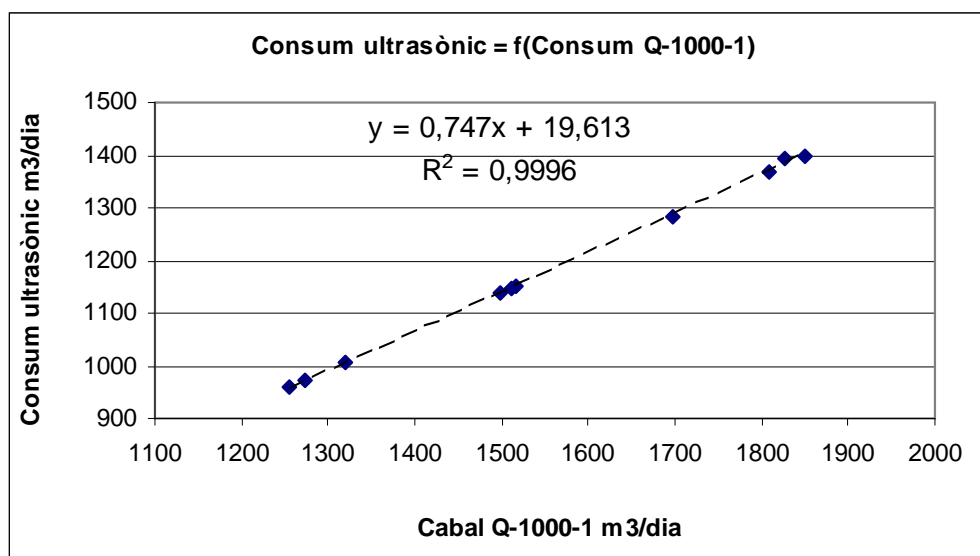


Fig. B.1 Consum llegit pel comptador ultrasònic davant del llegit per Q-1000-1. Primer seguiment.

La tendència és que a major cabal circulat per la canonada, major és la diferència entre els dos comptadors. I a més, en aquest cas la relació entre els dos valors segueix l'equació d'una línia recta de pendent $m = 0,747$ i ordenada a l'origen $y_0 = 19,613$.



B.1.2. Segon seguiment.

El segon seguiment es va fer entre el 18 i el 21 de juliol de 2006.

Les lectures obtingudes durant aquest període es recullen en la Taula B.3:

Taula B.3 Lectures del segon seguiment del comptador Q-1000-1.

DIA / HORA	ULTRASÒNIC		Q-1000-1
	PARCIAL (m3/h)	TOTAL (m3)	TOTAL (m3)
18/07/2006 9:00	69,8	12680,5	3079751
18/07/2006 11:00	0	12759,6	3079853
18/07/2006 12:45	68,1	12839	3079958
19/07/2006 9:00	65,7	14244	3081643
19/07/2006 11:00	63,7	14379	3081831
19/07/2006 12:45	65,2	14490	3081984
19/07/2006 14:45	66,7	14620	3082161
19/07/2006 16:45	63,1	14736	3082325
20/07/2006 9:00	65,1	15655	3083635
20/07/2006 14:45	63,2	15924	3084051
20/07/2006 16:45	60,1	16030	3084215

Els punts que es poden representar corresponents a consum diari són 6 i es recullen a continuació:

Taula B.4 Consums derivats del segon seguiment del comptador Q-1000-1

	Q-1000-1	ULTRASÒNIC	DFERÈNCIA (m3/dia)
9:00	1892	1563,5	328,5
9:00	1992	1411	581
11:00	1978	1619,4	358,6
12:45	2026	1651	375
14:45	1890	1304	586
16:45	1890	1294	596

Igual que en el primer seguiment es representen els consums llegits per l'ultrasònic en front dels llegits per Q-1000-1 per tal de veure si la deriva del comptador segueix alguna tendència.



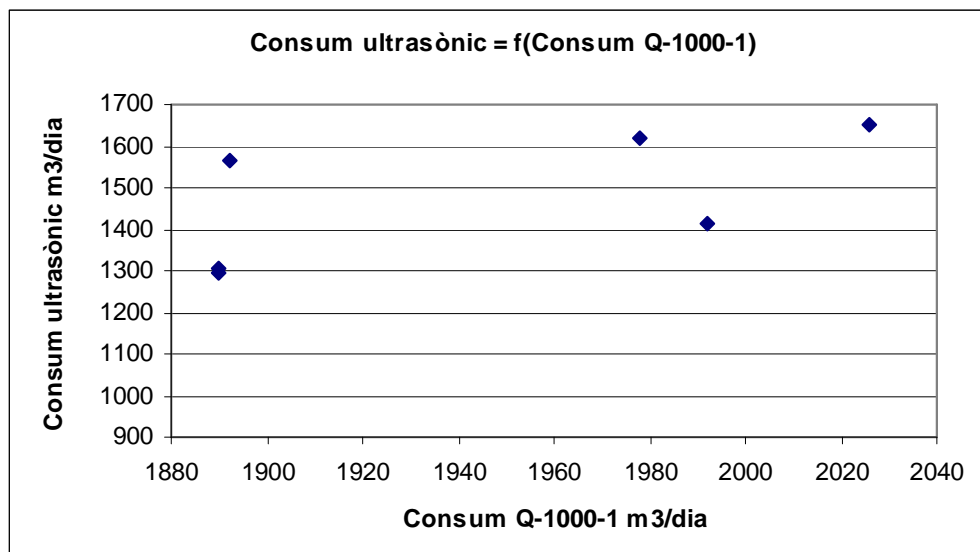


Fig. B.2 Consum llegit pel comptador ultrasònic en front del llegit per Q-1000-1. Segon seguiment.

Aquí la diferència entre els dos comptadors no segueix cap mena de llei lineal i per tant no hi ha cap correspondència entre els dos cabals mesurats.

B.1.3. Conclusions de la comprovació del funcionament de Q-1000-1.

Si bé en els dos casos Q-1000-1 té una lectura superior a l'ultrasònic, no es pot estimar el cabal real que circula del pou 1 a T-1001 ja que els resultats dels dos seguiments no són els mateixos ni similars.

De totes maneres és convenient una revisió i calibrat adient del comptador, per saber-ne la lectura real, ja que de l'anàlisi de les dades dels consums d'aigua de la fàbrica i també d'aquests seguiments es desprèn que Q-1000-1 compta de més.



B.2. Seguiment del comptador d'aigua de sortida de T-1001 (Q-1001-1).

B.2.1. Primer seguiment.

El primer seguiment es va fer entre els dies 26 i 30 de juny de 2006. Es van prendre lectures dels comptadors a les 8:30 de cada dia i ocasionalment a les 12:15, a les 14:45 i a les 15:30. Les lectures obtingudes es recullen a la següent taula:

Taula B.5 Lectures del primer seguiment del comptador Q-1001-1.

DIA / HORA	ULTRASÒNIC		Q-1001-1
	PARCIAL (m3/h)	TOTAL (m3)	TOTAL (m3)
26/06/2006 08:30	43,4	11970	1549980
26/06/2006 14:30	45,4	12282	1550350
27/06/2006 08:30	58,7	13124	1551275
27/06/2006 14:30	53,5	13503	1551690
28/06/2006 08:30	58,5	14515	1552810
28/06/2006 12:15	58,5	14720	1553040
28/06/2006 15:30	60,2	14915	1553250
29/06/2006 08:30	78,2	15850	1554280
29/06/2006 12:15	78,2	16129	1554600
29/06/2006 15:30	61,2	16390	1554870
30/06/2006 08:30	61,8	17487	1556070

Els punts obtinguts per representar són els següents:

Taula B.6 Consums derivats del primer seguiment del comptador Q-1001-1

	Q-1001-1	ULTRASÒNIC	DIFERÈNCIA m3/dia
8:30	1295	1154	141
8:30	1535	1391	144
8:30	1470	1335	135
8:30	1790	1637	153
12:15	1560	1409	151
14:30	1340	1221	119
15:30	1620	1475	145

En la següent figura es representen els consums llegits pel comptador per ultrasons en front dels llegits per Q-1001-1. La finalitat és veure si existeix alguna relació entre el consum donat per Q-1001-1 i el real.



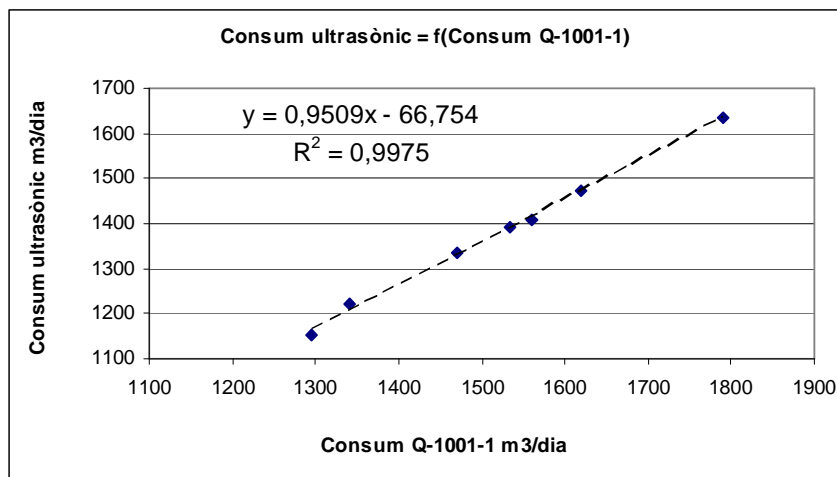


Fig. B.3 Consum llegit pel comptador ultrasònic en front del llegit per Q-1001-1. Primer seguiment.

La tendència és que a major cabal circulant per la canonada, major és la diferència entre els dos comptadors. A més, la relació entre ambdós valors és lineal amb una pendent de $m = 0,9509$ i ordenada a l'origen $y_0 = -66,754$.

B.2.2. Segon seguiment.

El segon seguiment de Q-1001-1 es va dur a terme entre el 10 i el 14 de juliol de 2006.

Taula B.7 Lectures del segon seguiment del comptador Q-1001-1.

DIA / HORA	ULTRASÒNIC		Q-1001-1
	PARCIAL (m³/h)	TOTAL (m³)	TOTAL (m³)
11/07/2006 8:30	49,7	1396,5	1572915
11/07/2006 10:00	55,6	1474,9	1572995
12/07/2006 8:30	24,7	3007,5	1574572
12/07/2006 10:00	67,6	3045,7	1574611
12/07/2006 14:45	66,4	3368	1574942
12/07/2006 16:30	74,8	3488,6	1575070
13/07/2006 8:30	66,5	4605,8	1576215
13/07/2006 10:00	69,6	4707	1576319
13/07/2006 12:30	90,2	4886,3	1576503
13/07/2006 14:45	65,7	5055	1576676
13/07/2006 16:30	67,7	5168	1576792
14/07/2006 8:30	81,3	6114	1577764
14/07/2006 10:00	83,1	6256	1577911
14/07/2006 12:30	62,4	6440	1578100

Els punts que es poden representar amb aquestes dades són els següents:



Taula B.8 Consums derivats del segon seguiment del comptador Q-1001-1

	Q-1001-1	ULTRASÒNIC	DIFERÈNCIA m3/dia
8:30	1657	1611	46
8:30	1643	1598,3	44,7
8:30	1549	1508,2	40,8
10:00	1616	1570,8	45,2
10:00	1708	1661,3	46,7
10:00	1592	1549	43
12:30	1597	1553,7	43,3
14:45	1734	1687	47
16:30	1722	1679,4	42,6

Igual que en el primer seguiment es representen els consums llegits per l'ultrasònic en front dels llegits per Q-1000-1 per tal de veure si la deriva del comptador segueix alguna tendència.

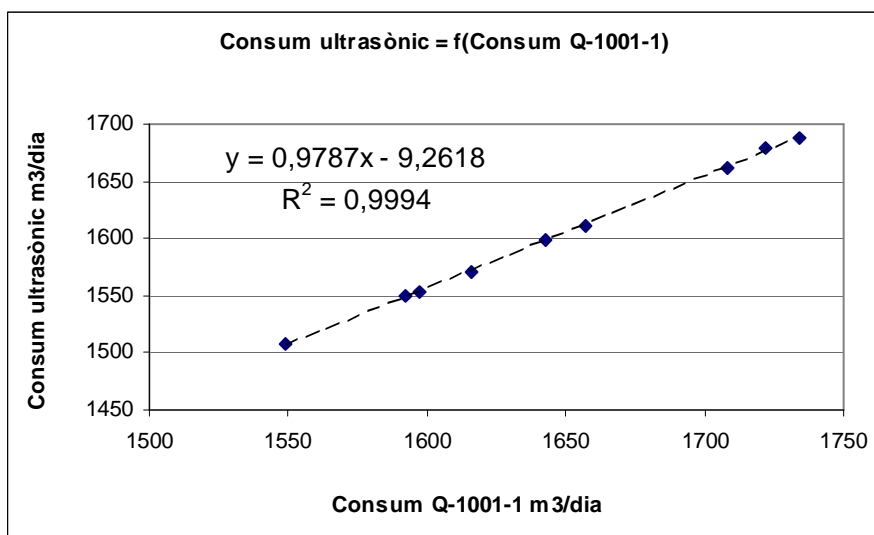


Fig. B.4 Consum llegit pel comptador ultrasoníc en front del llegit per Q-1001-1. Segon seguiment.

La tendència és que a major cabal circulat per la canonada, major és la diferència entre els dos comptadors. En aquest cas però la tendència, tot i ser igualment lineal, no segueix la mateixa equació ja que el pendent és de $m = 0,9787$ i l'ordenada a l'origen de $-9,2618$. Les diferències són menors que en el cas del primer seguiment.



B.2.3. Conclusions.

Si bé en els dos casos Q-1001-1 té una lectura superior a l'ultrasònic, no es pot estimar el cabal real que circula de sortida de T-1001 a partir de la seva lectura, ja que els resultats dels dos seguiments no són els mateixos ni similars.

De totes maneres és convenient una revisió i calibrat adient del comptador, per saber-ne la lectura real, ja que de l'anàlisi de les dades dels consums d'aigua de la fàbrica i dels seguiments es demostra que Q-1001-1 compta de més.



C. Qualitat de l'aigua utilitzada en el sistema de vapor de calefacció.

L'aigua pura com a tal no la trobem a la natura ja que l'acompanyen una gran quantitat d'altres elements, que de fet, li proporcionen algunes de les seves característiques i propietats, com poden ser la duresa, l'acidesa, la terbolesa, la conductivitat, etc.

En una caldera cal fer bullir i evaporar l'aigua per generar el vapor de calefacció que s'utilitza en els diferents processos de producció de la planta química. En aquest procés les impureses sòlides presents a l'aigua es concentren en l'aigua interna de la caldera. En una elevada concentració aquestes impureses són la font de múltiples problemes en els sistemes de vapor com les incrustacions o l'arrossegament d'aigua, que tenen com a conseqüència una pèrdua en l'eficiència de la transmissió de calor.

També la presència de substàncies gasoses en una elevada concentració pot derivar en un greu problema pel sistema de vapor com és la corrosió dels seus components, amb les greus conseqüències que aquesta comporta.

És per això que cal prestar atenció a la qualitat de l'aigua utilitzada per a generar vapor, i tractar-la adequadament per tal de mirar d'evitar o reduir al mínim els problemes que comporta. Els tractaments que rep l'aigua a fi i efecte de millorar-ne la seva qualitat són diversos i poden ser tan tractaments interns com externs. En la majoria de casos probablement caldrà una combinació de diversos d'aquests tractaments per tal d'adequar la qualitat de l'aigua a les necessitats del sistema de vapor.

I tampoc cal deixar de banda altres accions preventives com són les purgues d'aigua, que ajuden a regular el nivell de contaminants presents, i que poden provenir tan de l'aigua nova alimentada al circuit com del retorn dels condensats de vapor.

Els tractaments i accions correctives sobre la qualitat de l'aigua s'han de basar en recomanacions del propi fabricant, i d'estàndards i normes internacionals.

En aquest capítol es tractaran els problemes relatius a la qualitat de l'aigua utilitzada en els circuits de vapor. Es descriuran els contaminants, els problemes associats a cada un d'ells i els mètodes de tractament utilitzats.



C.1. Contaminants presents a l'aigua.

Els contaminants més usuals de l'aigua nova alimentada són majoritàriament substàncies inorgàniques com el calci, el magnesi o la sílice; i els que retornen amb el condensat són majoritàriament el ferro i el coure, procedents de la corrosió de les canonades, i substàncies orgàniques que hagin pogut entrar en contacte amb el vapor en algun equip de la planta. També existeixen els contaminants d'origen atmosfèric, en la seva majoria gasos dissolts com el CO₂ i l'O₂.

C.1.1. Gasos dissolts.

El la majoria dels casos els gasos dissolts a l'aigua es troben en quantitats molt baixes, però afectaran de manera important a la corrosió metàl·lica del circuit de vapor i els seus elements. Els contaminants més significatius dins d'aquest grup són el CO₂ i l'O₂.

Taula C.1 Gasos dissolts com a contaminants de l'aigua per a calderes de vapor.

Paràmetre	Representació	Problema que planteja
Oxigen dissolt	O ₂	Corrosió a les línies d'aigua, a les línies de retorn de condensats, als equips d'intercanvi de calor i a calderes
Diòxid de carboni dissolt	CO ₂	Corrosió a les línies d'aigua i de retorn de condensats, així com a les de vapor
Àcid sulfhídric	H ₂ S	Corrosió, així com també una mala olor característica
Amoníac	NH ₃	Corrosió dels aliatges de coure i de zinc

C.1.2. Matèria dissolta.

L'aigua conté múltiples sals i minerals, que ha arrossegat en el seu cicle sobre la terra. La concentració d'aquestes sals depèn de la zona geogràfica d'on prové, i de la font d'on s'extreu, ja siguin rius, embassaments o fonts d'aigües subterrànies.

Els principals problemes que provoquen les sals inorgàniques dissoltes en l'aigua són la corrosió dels elements que componen el sistema de vapor, la precipitació i la formació d'incrustacions en els equips d'intercanvi de calor, i l'arrossegament d'aigua líquida amb el vapor.



Els paràmetres que més sovint es controlen són la duresa, l'alcalinitat, el total de sòlids dissolts (TDS) i la conductivitat.

Taula C.2 Sòlids dissolts com a contaminants de l'aigua per a calderes de vapor.

Paràmetre	Representació	Problema que planteja
Duresa	Sals de Ca i Mg expressades com a CaCO_3	Incrustacions en equips d'intercanvi de calor, calderes, canonades, etc.
Alcalinitat	Bicarbonat (HCO_3^-), carbonat (CO_3^{2-}) i hidroxils (OH^-) expressats com a CaCO_3	Formació d'escuma i transport d'aigua líquida i sòlids en el vapor. Causant de la fragilització de l'acer. El bicarbonat i el carbonat poden produir CO_2 , font de corrosió.
Sòlids dissolts	TDS	Generació d'escumes que provoquen transport d'aigua líquida en el vapor. Interferència en els processos de tractament de l'aigua. Augment de les característiques corrosives de l'aigua.
Conductivitat	$\mu\text{S/cm}$	És funció dels sòlids ionitzables en dissolució (TDS).
Sulfats	SO_4^{2-}	Se suma al contingut de sòlids en aigua. Combinat amb el calci forma incrustacions de sulfat de calci.
Clorurs	Cl^-	Se suma al contingut de sòlids en aigua. Augmenta les característiques corrosives de l'aigua.
Nitrats	NO_3^-	Se suma al contingut de sòlids en aigua. Afecta a la fragilitat metàl·lica de les calderes.
Síllice	SiO_2	Incrustacions a les calderes i circuits de vapor.
Ferro	Fe^{2+} , Fe^{3+}	Pot donar color a l'aigua. És font de precipitats i fangs a les línies d'aigua i de vapor.



C.1.3. Matèria en suspensió.

La majoria d'aigües superficials contenen una quantitat variable de matèria en suspensió, que es pot expressar en ppm de matèria en suspensió o en unitats de terbolesa. Generen incrustacions, corrosió, fangs i embrutiment de les línies de vapor causant un deteriorament en la transferència de calor i l'obturació de les línies.

Taula C.3 Sòlids en suspensió com a contaminants de l'aigua per a calderes de vapor.

Paràmetre	Representació	Problema que planteja
Sòlids en suspensió	TSS	Obturació de les línies de vapor i d'aigua, i provoca dipòsits, incrustacions i escumació.
Terbolesa	NTU	
Greixos	Expressada com a matèria extreta el cloroform	

C.1.4. Altres paràmetres.

Altres paràmetres de qualitat de l'aigua de calderes són el pH i el color. Sobretot el pH és el més controlat, ja que el seu seguiment és imprescindible pel correcte desenvolupament del programa de tractament de l'aigua del circuit.

Taula C.4 Altres paràmetres de qualitat de l'aigua per a calderes de vapor.

Paràmetre	Representació	Problema que planteja
pH	$-\log [H^+]$	Paràmetre que afecta a la precipitació de sals i a la corrosió dels metalls.
Color	Unitats de color	Les substàncies que donen color a l'aigua, poden generar escuma a les calderes i també obstaculitzar els mètodes de precipitació.



C.2. Problemes associats a la presència de contaminants a l'aigua.

Els objectius en l'operació d'un sistema de vapor han d'incloure punts com:

- Funcionament segur.
- Màxima eficiència en la transferència de calor i en la combustió.
- Mínimes intervencions de manteniment.
- Llarga vida de la instal·lació.

Malgrat que aparentment sembli que no hi té res a veure, la qualitat de l'aigua juga un paper important en aquests objectius. Existeix la necessitat que els sistemes de vapor de les plantes químiques operin, entre altres, sota els següents criteris:

- Lliures de incrustacions o deposicions: la presència de duresa en l'aigua utilitzada en les calderes condueix a la precipitació de sals que s'incrusten a les superfícies de transferència de calor, reduint el coeficient de transferència de calor U. Aquest fet farà necessària una intervenció de neteja de l'equip, si es vol operar sota condicions eficients i segures d'evitar el sobre escalfament.
- Lliures de corrosió o qualsevol atac químic: els gasos dissolts en l'aigua, en especial l'oxigen (O_2) i el diòxid de carboni (CO_2), són els principals causants de corrosió en les línies d'aigua i vapor i en els equips per on circulen. A més del control de la concentració d'aquests gasos, el valor del pH és el paràmetre més influent en aquest fenomen, que pot provocar l'aparició de porus i esquerdes per on es perdi vapor o condensat.
- Utilització de vapor sec, lliure d'humitat: un nivell elevat de TDS i la presència de col·loides en l'aigua alimentada a la caldera, són dos dels principals causants de la formació d'escuma a la caldera. Aquesta formació d'escuma, té com a conseqüència l'humidificació del vapor per arrossegament de gotes d'aigua, i el vapor humit cedeix menys energia que el vapor sec.

Aquests punts enumerats que afecten a una operació segura i eficient dels sistemes de vapor, són els més íntimament lligats amb la qualitat de l'aigua.

En aquest apartat es descriuran els problemes derivats de la corrosió, la incrustació de sals inorgàniques i l'arrossegament d'aigua en el vapor, que afecten directament a l'operació correcta, eficient i segura dels sistemes de vapor.



C.2.1. Disminució de la transferència de calor degut a incrustacions.

La deposició de sals minerals en les parets dels intercanviadors de calor o de la pròpia caldera, interfereix en l'eficiència de la transmissió d'energia calorífica. Tot respon a la disminució del coeficient global de transmissió de calor U degut a la baixa conductivitat tèrmica que caracteritza aquestes incrustacions, amb comparació a la del metall.

De forma simplificada, es defineix l'equació de disseny d'un intercanviador de calor com el producte de tres factors:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \quad \text{Eq. C.1}$$

On:

U = coeficient global de transferència de calor ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$).

ΔT = diferència de temperatures entre el fluid calent i el fluid fred ($^\circ\text{K}$), la força impulsora de la transferència de calor.

A = àrea d'intercanvi de calor (m^2).

D'aquests factors el que es veu més íntimament afectat per un embrutiment de la superfície és el coeficient global de transferència de calor U .

Pel cas més senzill de transmissió de calor a través d'una paret plana, el coeficient U s'entén com la inversa de l'associació en sèrie les diverses resistències que s'oposen a la transferència de calor entre dos fluids en un intercanviador de calor. Partint del cas que la transferència de calor es duu a terme entre un fluid calent (A) i un de fred (B), les resistències tèrmiques que s'oposen a aquest intercanvi estan representades en el següent esquema:

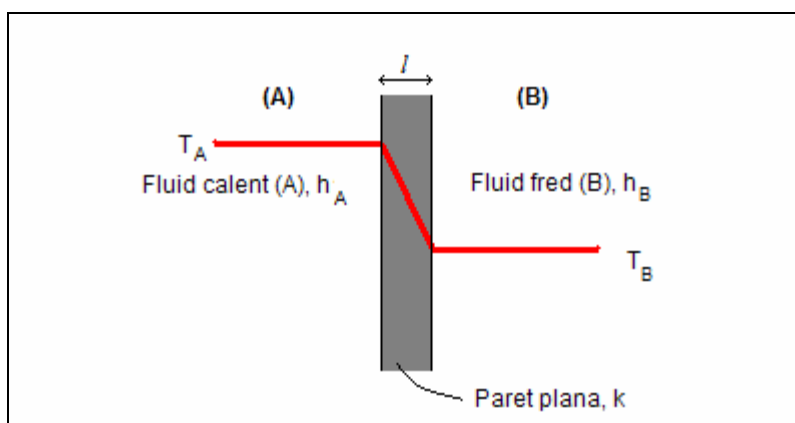


Fig. C.1 Transferència de calor entre dos fluids a través d'una paret plana.



En primer lloc, considerant la direcció del flux de calor des del fluid calent cap al fred, es troba la resistència oposada pel propi fluid calent, expressada com la inversa del coeficient individual de transmissió de calor per convecció (h_A). Seguidament, la inversa de la conductivitat tèrmica (k) del material de l'intercanviador multiplicada pel seu gruix (l) representen la resistència que oposa la paret de l'intercanviador. I finalment, al costat del fluid fred s'hi troba la resistència que aquest mateix exerceix a la transferència de calor, expressada com la inversa del coeficient individual de transmissió de calor (h_B). Per tant, de manera simplificada i pel cas d'una superfície plana de transferència de calor, el coeficient global de transferència de calor U es pot expressar de la següent manera:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_A} + \frac{l}{k} + \frac{1}{h_B}} \quad \text{Eq. C.2}$$

La presència d'incrustacions produïdes per la deposició de sòlids sobre la superfície de la paret, fa que una nova resistència s'interposi a la transferència de calor. La conductivitat de la capa de sòlid incrustat (k') i el seu gruix (l') s'han de tenir en compte a l'hora d'obtenir el nou coeficient de transferència de calor:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_A} + \frac{l'}{k'} + \frac{l}{k} + \frac{1}{h_B}} \quad \text{Eq. C.3}$$

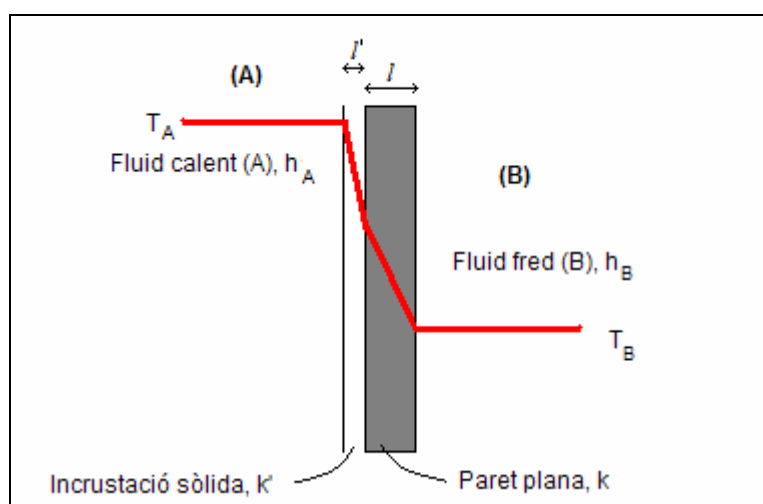


Fig. C.2 Transferència de calor entre dos fluids a través d'una paret plana amb incrustació en un dels costats.



Aquesta incrustació, en la majoria dels casos deu el seu origen a la presència de sals de calci en l'aigua. Tant el sulfat de calci com el carbonat de calci, les dues sals més abundants en l'aigua, són menys solubles com més calenta és l'aigua, i és per això que precipiten sobre les parets de l'intercanviador de calor.

La conductivitat tèrmica d'aquestes sals és un ordre de magnitud inferior a les de l'acer. Per això el valor de U decreix amb la presència d'incrustacions a la superfície d'intercanvi de calor. En la següent taula es recullen alguns valors de conductivitat tèrmica de sals de calci i de la sílice, un altre dels contaminants que provoca deposicions sòlides:

Taula C.5 Valors de conductivitat tèrmica d'algunes sals comparades amb l'acer.

Valors de conductivitat tèrmica.	
Acer	15 kcal/m ² h°C
CaSO ₄	1-2 kcal/m ² h°C
CaCO ₃	0,5-1 kcal/m ² h°C
SiO ₂	0,2-0,5 kcal/m ² h°C

El gràfic Fig. C.3. serveix per il·lustrar i quantificar com l'augment del tamany de l'incrustació, per una temperatura donada, disminueix la velocitat de transferència de calor:



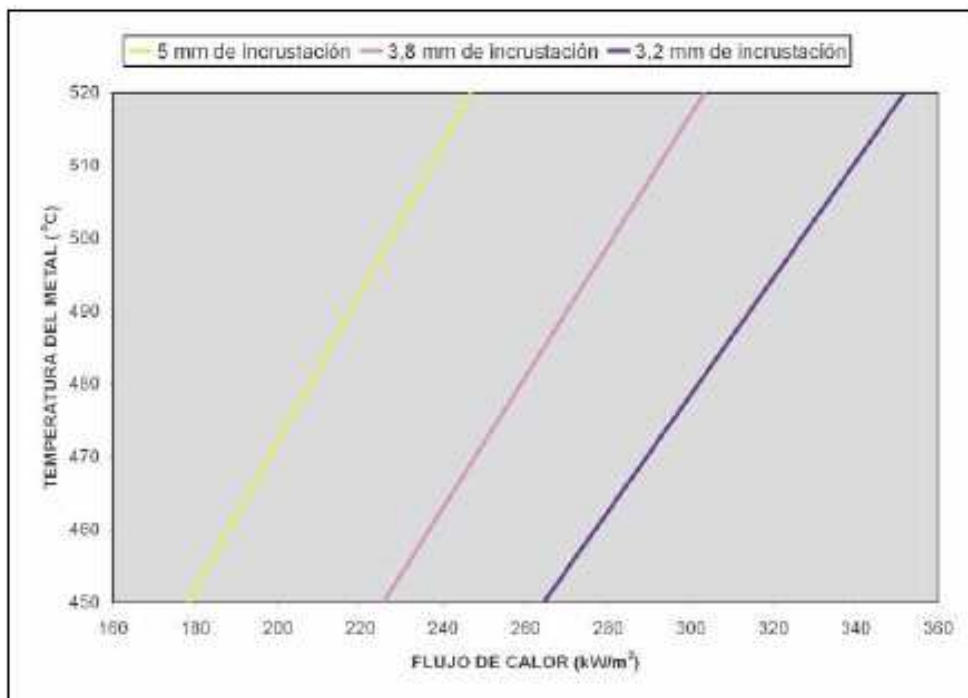


Fig. C.3 Disminució del flux de calor degut a incrustacions. Extret de [9]

A la Taula C.6. es pot determinar el % d'energia perduda en funció de la naturalesa de la incrustació i del seu gruix.

Taula C.6 Pèrdues en % d'energia calorífica degut a incrustacions de diferent naturalesa. Extret de [9]

Gruix de la incrustació	Carbonats suaus	Carbonats durs	Sulfats durs
1/50 "	3,5	5,25	3
1/32 "	7	8,3	6
1/25 "	8	9,9	9
1/20 "	10	11,25	11
1/16 "	12,5	12,6	12,6
1/11 "	15	14,3	14,3
1/9 "	-	16	16



C.2.2. Pèrdua d'eficiència en la transmissió de calor per arrossegament de gotes d'aigua amb el vapor.

La presència de gotes d'aigua en el vapor de calefacció no és una conseqüència exclusiva de la seva qualitat, però sí que aquesta hi juga un paper important. L'arrossegament d'escuma o humitat amb el vapor depèn del disseny i operació de la caldera, de la pressió de treball, de la demanda de vapor. Però un causant important d'aquest problema és la viscositat de l'aigua i la seva tendència a escumar.

Aquestes propietats estan governades per l'alcalinitat, la presència de contaminants orgànics en suspensió i per la salinitat total o el total de sòlids dissolts (TDS).

Les conseqüències d'aquest arrossegament de gotes d'aigua amb el vapor són un descens de l'eficiència energètica, ja que la capacitat de transmetre energia calorífica és sensiblement inferior en l'aigua que en el vapor, i la possibilitat de deposició de sals, problema descrit amb anterioritat.

Un dels paràmetres que s'utilitza per descriure la qualitat del vapor és el seu títol (x), que per un vapor en equilibri amb la fase líquida de la mateixa substància, descriu el tant per u en massa de vapor sec respecte a la massa total.

$$x = \frac{m_g}{m_g + m_l} \quad \text{Eq. C.4}$$

Essent:

m_g = massa de vapor sec.

m_l = massa de líquid.

Per altra banda, un procés de calefacció amb vapor d'aigua està pensat perquè la cessió d'energia calorífica sigui la del vapor saturat condensant a líquid saturat. És a dir, que la principal cessió d'energia calorífica en un procés d'aquestes característiques és el producte de la massa de vapor sec pel seu calor específic de canvi de fase o la seva entalpia d'evaporació.

$$Q = m \cdot x \cdot h_{fg} \quad \text{Eq. C.5}$$

On:

Q = calor cedida pel vapor de calefacció (kW)

m = cabal total de vapor (kg/s)



x = títol del vapor, o tant per u en massa de vapor sec.

h_{fg} = entalpia d'evaporació (kJ/kg)

Per fer-se una idea de quina és la pèrdua de calor que es pot transferir quan el vapor està humit, en les taules del vapor saturat s'hi recull, entre altres dades, el valor d'entalpia d'evaporació (h_{fg}) a diferents pressions i temperatures a què es pot trobar el vapor.

Taula C.7 Taules del vapor d'aigua saturat.

Pressió [bar g]	Temperatura saturació [°C]	Entalpia aigua h_f [kJ/kg]	Entalpia evaporació h_{fg} [kJ/kg]	Entalpia vapor h_g [kJ/kg]	Volum del vapor sec saturat [m ³ /kg]
0	100	419	2257	2676	1,673
1	120	506	2201	2707	0,881
2	134	562	2163	2725	0,603
3	144	605	2133	2738	0,461
4	152	641	2108	2749	0,374
5	159	671	2086	2757	0,315
6	165	697	2066	2763	0,272
7	170	721	2048	2769	0,240

Per tant, considerant que la cessió de calor d'un vapor de calefacció es deu bàsicament al canvi de fase del vapor saturat a líquid saturat, el títol ens dirà el tant per u de calor aprofitable del vapor en qüestió. És a dir, que si un vapor té un títol de 0,95 voldrà dir que un 95% del calor que podria cedir aquest mateix vapor sec és el que s'aprofita.

De manera gràfica, tot això es pot veure en un diagrama de temperatura - entalpia on s'hi reflecteixen les dues fases líquid i vapor.



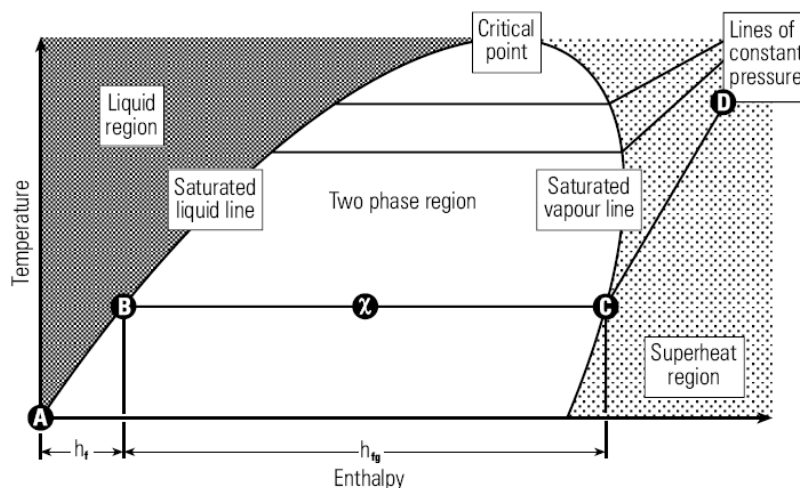


Fig. C.4 Diagrama de fases T-h del vapor d'aigua.

La zona bifàsica o de coexistència de líquid i vapor saturat, és la zona central de la campana d'equilibri del diagrama anterior. Durant el canvi de fase a pressió i temperatura constant, el vapor saturat cedeix la diferència d'entalpia entre el punt C i el B del diagrama. Però si el vapor té un títol diferent a 1 i per tant està humit, el punt a partir del qual cedeix calor no és C, sinó un punt intermedi de la línia de P i T constants situat a l'interior de la campana bifàsica, quedant reduïda d'aquesta manera la capacitat de cedir calor.

C.3. Mètodes de tractament de l'aigua d'un circuit de vapor.

Per neutralitzar o reduir al màxim els problemes anteriorment citats, és important utilitzar aigua de la millor qualitat possible. Això passa per seleccionar els mètodes de tractament intern i extern que assegurin uns nivells de contaminants en l'aigua del sistema de vapor que no danyin les instal·lacions.

Els tractaments a què es pot sotmetre l'aigua per adequar-la al seu ús com a aigua per a generar vapor són molt diversos i de diferents naturaleses i abasts. Poden ser tant tractaments interns com externs

- **Tractaments externs:** aquells mitjançant els quals l'aigua és modificada prèviament a ser alimentada a la caldera, com poden ser l'osmosi inversa, l'eliminació de duresa amb l'addició de carbonat sòdic o hidròxid sòdic, o la desmineralització amb resines d'intercanvi iònic entre altres.
- **Tractaments interns:** aquells que consisteixen en l'addició d'agents químics a l'aigua de l'interior de la caldera com els antiespumants, els inhibidors de corrosió, etc.



I també hi ha accions que permeten acondicionar la qualitat de l'aigua a l'ús en sistemes de vapor, com són les purgues per tal de regular la presència de sals en el circuit.

Totes aquestes accions tenen com a objectiu acomplir les recomanacions dels fabricants de calderes i les normatives relatives a la qualitat de l'aigua per a calderes.

En matèria de qualitat d'aigua per alimentar calderes de vapor, cal aplicar la norma UNE-EN 12952-12 per a calderes aquotubulars i la norma UNE-EN 12953-10 per a calderes pirotubulars.

C.3.1. Normes UNE-EN 12952-12 i UNE-EN 12953-10 relatives a la qualitat de l'aigua a utilitzar a les calderes.

Amb la substitució de l'antiga norma UNE 9-075-85, actualment són dues les normes que dicten els *Requisits per la qualitat de l'aigua d'alimentació i de l'aigua de la caldera* :

- Norma UNE-EN 12952-12: d'aplicació per a calderes aquotubulars.
- Norma UNE-EN 12953-13: d'aplicació per a calderes pirotubulars.

Ambdues normes tenen com a objecte assegurar que la caldera pot operar per minimitzar el risc pel personal, per la pròpia caldera i pels components de la instal·lació associats i propers a la mateixa.

Estableixen uns requisits mínims per reduir el risc de corrosió, de precipitació de fangs o de formació de dipòsits que puguin desembocar en qualsevol problema de funcionament de la instal·lació, marcant els límits de control per als diferents contaminants i paràmetres de l'aigua en funció de:

- Tipus de calderes: ja siguin aquotubulars o pirotubulars.
- Pressió de treball de la caldera.
- Tipus d'aigua: diferencia els límits de control per a l'aigua d'alimentació dels de l'aigua present a l'interior de la caldera.

La norma UNE-EN 12952-12 [3] i la norma UNE-EN 1293-10 [4] també recullen generalitats sobre on i com realitzar el mostreig i anàlisi de les aigües. Hi apareixen referències a diverses normes estàndard ISO referents al mostreig, preparació i manipulació de mostres, i mètodes d'anàlisi en funció dels diferents contaminants que es vulguin quantificar.



Es recomana que almenys es prenguin mostres de la qualitat de l'aigua als següents punts de la planta:

- Aigua d'alimentació a la caldera.
- Aigua de caldera, d'un tub de descens o d'una línia de purga contínua.
- Tota aigua aportada al circuit que es trobi aigües avall de la instal·lació de tractament.
- Condensats a la sortida del condensador, si existeix; en cas contrari, cal prendre una mostra del condensat el més pròxim possible al dipòsit d'alimentació.

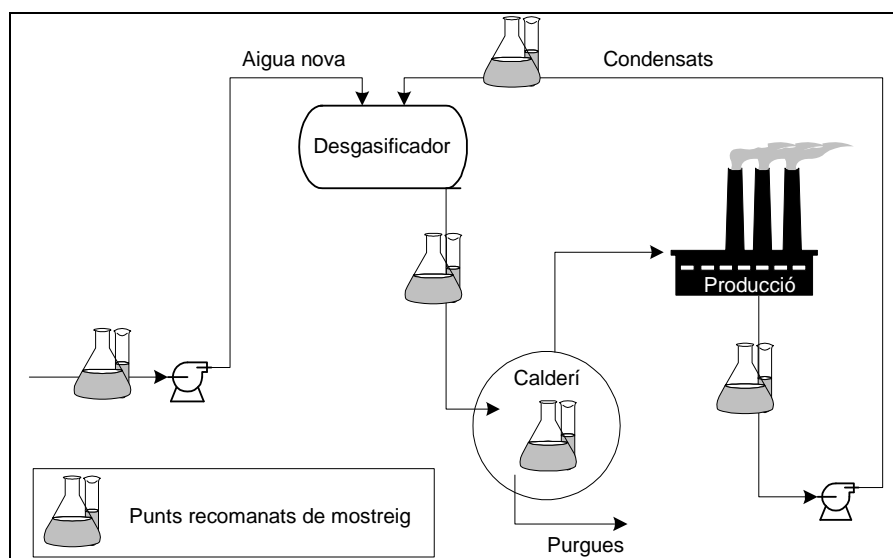


Fig. C.5 Punts recomanats de mostreig per l'anàlisi de la qualitat de l'aigua del sistema de vapor.

C.3.2. Control dels nivells de TDS en l'aigua de caldera mitjançant purgues.

En fer bullir l'aigua de l'interior de la caldera aquesta bull i es genera el vapor, però els sòlids que conté no s'evaporen sinó que es van concentrant en l'aigua que resta a la caldera. Una manera de controlar els nivells de contaminants presents a l'aigua és purgar-la per tal que no superi els valors recomanats comentats anteriorment.

El següent esquema serveix per il·lustrar el balanç de matèria dels sòlids totals dissolts en una caldera:



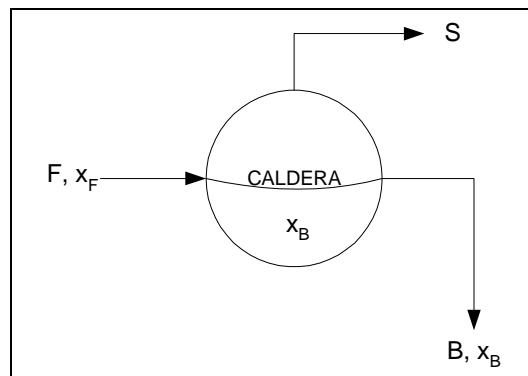


Fig. C.6 Representació esquemàtica del balanç de massa d'una caldera.

On:

F = cabal d'aigua total alimentada a la caldera(kg/h). Aquest cabal comprèn la barreja de condensats i aigua fresca que s'alimenta a la caldera.

X_F = TDS o duresa de l'aigua total alimentada (F) a la caldera (ppm).

B = cabal d'aigua purgada (kg/h)

X_B = TDS o duresa presents a l'aigua interior de la caldera (ppm).

S = cabal de vapor (kg/h).

El balanç d'aigua en el sistema en estat estacionari és:

$$F = S + B \quad \text{Eq. C.6}$$

El balanç de sòlids totals TDS, en estat estacionari és:

$$F \cdot X_F = S \cdot 0 + B \cdot X_B \quad \text{Eq. C.7}$$

De l'anterior expressió són coneguts els valors de X_F i de X_B , doncs són els valors recomanats pel fabricant o per la norma corresponent a la qualitat de l'aigua de calderes, i junt amb el valor del cabal de vapor (S) marcarà el valor del cabal d'aigua a purgar. La següent expressió, que resulta de combinar Eq. C.6 i Eq. C.7, permet calcular el cabal de purga en funció de X_F , X_B i S :

$$B = \frac{S \cdot X_F}{X_B - X_F} \quad \text{Eq. C.8}$$



C.3.2.1. Diferents modes d'operació del sistema de purgues d'una caldera.

Segons el sistema de control del que es disposi i la manera d'operar, un sistema de purgues pot ser de diverses maneres. Essencialment es poden classificar segons si operen manualment o de forma automàtica, i poden fer-ho de manera contínua o esglaonada.

Escollir un o altre mode d'operació determinarà el cost d'implantació però tindrà una repercussió directa en el cost d'operació del sistema de vapor. Així un sistema manual pot suposar un cost d'implantació menor, però és menys eficient i comporta més costos d'operació.

A. Sistema manual de purgues contínues.

Essencialment, i per operar de forma correcta, cal extreure cada cert temps una mostra de l'aigua de la caldera, analitzar-ne el seu contingut en TDS i en funció de l'anàlisi regular el grau d'obertura de la vàlvula de purga.

És necessari que la vàlvula disposi d'una escala i un indicador per saber-ne en tot moment el grau d'obertura; això ha de permetre, junt amb dades proporcionades pel fabricant, quin cabal s'està purgant en tot moment.

Els paràmetres de funcionament d'una caldera es veuen afectats en variar la càrrega de vapor que se n'extreu, o per un canvi en la qualitat de l'aigua d'alimentació de la caldera, etc. La freqüència i la cura amb la que es realitzin els anàlisis de l'aigua per tal de corregir el grau d'obertura de la vàlvula de purga marcaran l'èxit o el fracàs del sistema manual. Si al llarg del dia no es controla sovint la qualitat de l'aigua de la caldera, es poden donar dos problemes degut a la variació d'aquests paràmetres de funcionament:

- Que el cabal de purga sigui superior al necessari i s'estigui purgant un gran volum d'aigua de bona qualitat, que es troba lluny del nivell màxim permès de TDS.
- Que se sobrepassin els nivells màxims de control de TDS, esdevenint les condicions de l'aigua impròpies pel seu ús en calderes de vapor.

Aquest fet s'il·lustra a la Fig. C.7 :



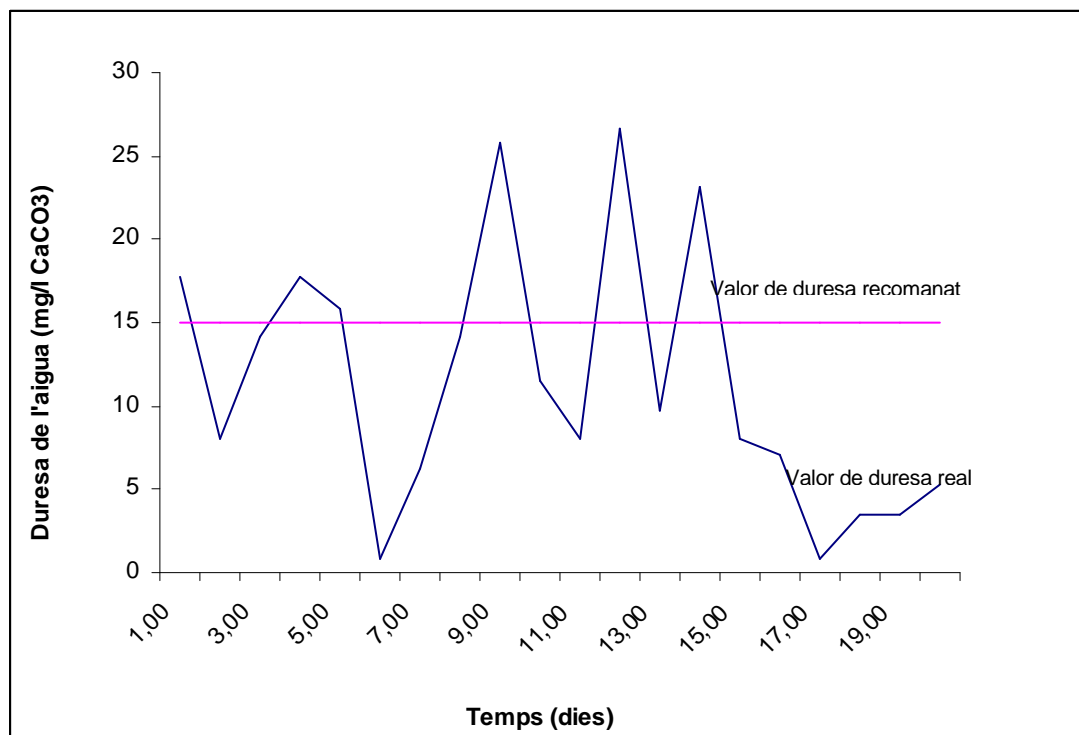


Fig. C.7 Evolució de la duresa de l'aigua de l'interior de la caldera amb un sistema manual de purgues.

A l'anterior gràfic es poden observar zones en què el nivell de contaminants (en aquest cas la duresa) està molt per sobre del valor recomanat per la norma UNE i dies en els quals la duresa està molt per sota del nivell recomanat. Malgrat que el cabal de purgues del cas corresponent a les dades d'aquest gràfic es revisés tres vegades al dia, es pot veure com operant de manera manual és difícil mantenir un nivell de purgues adequat.

B. Sistema automàtic de purgues.

El sistema mesura la conductivitat mitjançant un sensor, compara el valor amb el *set point* establert i obre una vàlvula de control de purgues si la lectura és massa elevada.

El valor mesurat és comparat amb el *set point* programat en un controlador per l'usuari de la caldera. El controlador manté la vàlvula oberta fins que el valor del *set point* menys un % és assolit.

Existeixen diverses configuracions per aquest mètode, però bàsicament només difereixen en la situació del sensor de conductivitat:

- Sensor intern a la caldera. El sensor mesura directament la conductivitat de l'aigua a l'interior de la caldera, sense necessitat d'extreure'n una mostra a l'exterior.



- Sensor extern a la caldera. El sensor es situa en una cambra exterior, i a intervals molt curts de temps es purga un petit volum d'aigua de l'interior de la caldera, que es refreda i entra en contacte amb el sensor.

L'elecció d'una o altre configuració, depèn del tipus de caldera, la seva pressió, la quantitat d'aigua a purgar, etc.

Amb un sistema de purgues automàtic és més fàcil mantenir el nivell de contaminants més proper al màxim recomanat, sense sobrepassar-lo ni sense estar molt per sota. D'aquesta manera es pot reduir la despesa en aigua purgada.

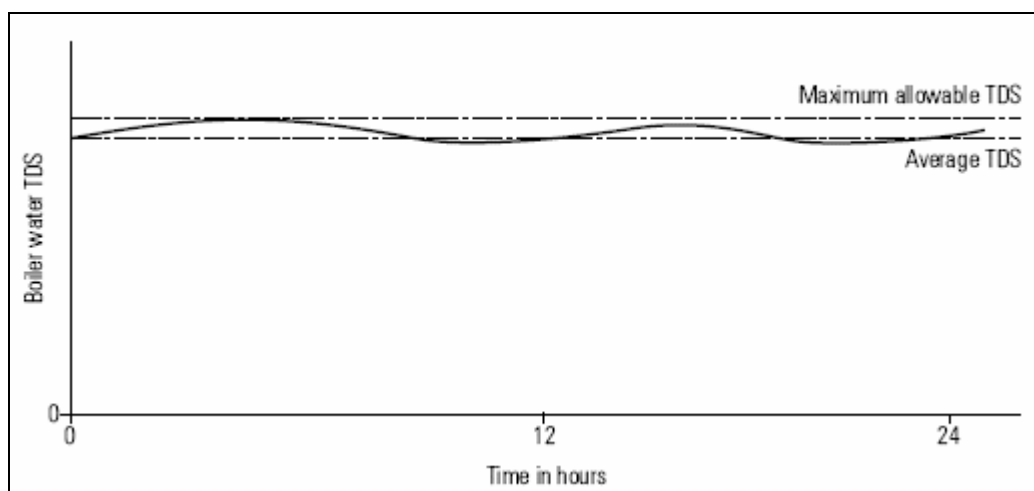


Fig. C.8 Exemple de l'evolució al llarg d'un dia de la concentració de TDS en una caldera regulada per un sistema de purgues automàtic.



D. Resultats del seguiment a les calderes de vapor.

D.1. Purgues d'aigua a les calderes.

La qualitat de l'aigua per ser utilitzada a les calderes és un paràmetre molt a tenir en compte, doncs d'ell depèn que es donin o no alguns fenòmens de conseqüències força negatives.

De la importància de la qualitat de l'aigua en l'eficiència dels sistemes de vapor se'n parla a l'annex C. Allà s'hi recullen els principals contaminants de l'aigua de calderes, les seves conseqüències, els seus nivells de control i els mètodes per combatre'ls.

Aquests fenòmens, com són la corrosió de les línies, la pèrdua de superfície de transferència de calor o bé la pèrdua d'eficiència en la transmissió de calor per arrossegament de gotes d'aigua amb el vapor, obliguen a controlar el contingut de contaminants a l'aigua. Una de les accions que es duu a terme per tal de controlar aquest contingut en diversos contaminants són les purgues per desconcentració.

D.1.1. Estat actual de les purgues a les calderes.

Tan F-1102 com F-1103 estan dotades amb una vàlvula de purga contínua per l'eliminació de les sals en suspensió en l'aigua del generador de vapor. Aquesta vàlvula està provista d'una tubuladura de purga de sals a la superfície del nivell d'aigua.

Les vàlvules instal·lades pel control de les purgues disposen d'una escala i un indicador que permeten saber-ne en tot moment el grau d'obertura; això permet saber, junt amb dades proporcionades pel fabricant, quin cabal s'està purgant en tot moment.

La vàlvula instal·lada a cada caldera és una GESTRA BA 36 amb DN 25mm a F-1102 i una GESTRA BA 36k amb DN 15mm a la F-1103. En aquest cas el fabricant proporciona un gràfic que amb el grau d'obertura de la vàlvula i la pressió diferencial existent abans i després d'ella permet llegir el cabal de purga. Els gràfics són els que s'adjunten a Fig. D.1 i Fig. D.2.

El mode d'operació de les purgues és continu i manual, i actualment preveu un anàlisi diari de la qualitat de l'aigua (concretament de la duresa) per tal de corregir el cabal de purga.



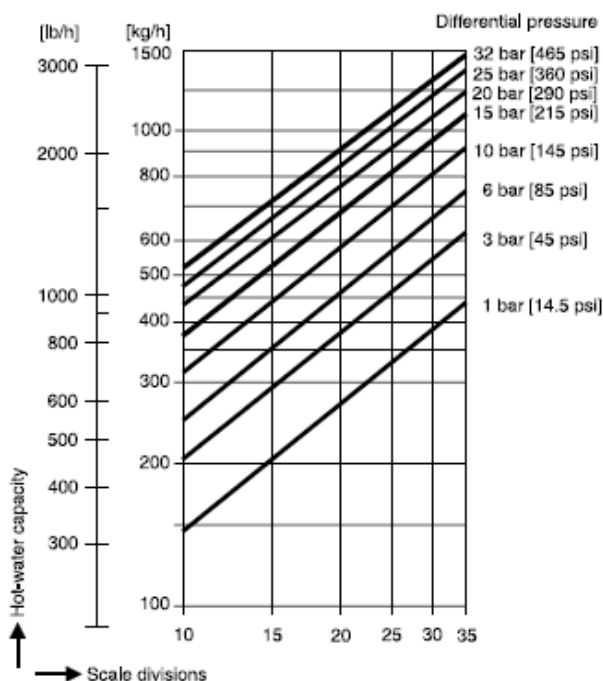


Fig. D.1 Cabal circulant a través d'una vàlvula de purga de sals d'aigua de caldera GESTRA BA 36 amb diàmetre de canonada DN 25mm en funció del grau d'obertura i P. diferencial.

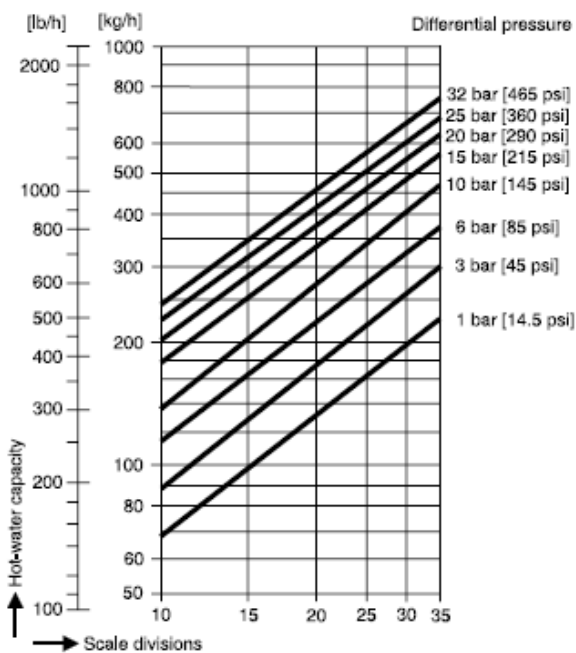


Fig. D.2 Cabal circulant a través d'una vàlvula de purga de sals d'aigua de caldera GESTRA BA 36k amb diàmetre de canonada DN 15mm en funció del grau d'obertura i P. diferencial.



D.1.2. Resultats del seguiment de les purgues a les calderes.

Durant el seguiment realitzat per esbrinar l'estat de les purgues a les calderes F-1102 i F-1103 s'han recollit els anàlisis diaris de la qualitat d'aigua, d'on es pot obtenir els paràmetres de qualitat de l'aigua de l'interior de la caldera (X_B) i de l'aigua alimentada (X_M). Concretament els anàlisis diaris són de duresa total.

A més també s'han enregistrat els cabals de vapor (S) i els cabals reals de purga segons el grau d'obertura de les vàlvules corresponents a cada caldera. D'aquesta manera, es pot veure si les purgues són les correctes, o per contra són excessives o insuficients.

Per fer aquesta comprovació és necessari establir en base a quin criteri són excessives o insuficients. En una primera instància s'han escollit com a valors de referència de duresa de l'aigua (X_M i X_B) els valors límit establerts per l'empresa. Aquests són de $X_B^* = 15$ mg/l de CaCO_3 i $X_M^* = 5$ mg/l de CaCO_3 .

El seguiment es dugué a terme amb les dades enregistrades del 9 al 28 del mes de gener de l'any 2007. Els resultats es presenten a les taules Taula D.1 i Taula D.2. Els valors ombrejats de les taula significa que sobrepassen els valors de referència de duresa.



Taula D.1 Seguiment de l'estat de purgues a la caldera F-1102.

	X_M (ppm CaCO ₃)	X_M^* (ppm CaCO ₃)	X_B (ppm CaCO ₃)	X_B^* (ppm CaCO ₃)	S (T/h)	B (m ³ /h)
09-gen	0,8	5	17,8	15	13,20	0,95
10-gen	0,8	5	8,0	15	13,59	0,95
11-gen	0,8	5	14,2	15	13,52	0,95
12-gen	0,8	5	17,8	15	12,70	0,95
13-gen	0,8	5	15,8	15	14,54	0,95
14-gen	0,8	5	0,8	15	12,23	0,95
15-gen	0,8	5	6,2	15	13,05	0,95
16-gen	0,8	5	14,2	15	12,02	0,95
17-gen	0,8	5	25,8	15	13,35	0,95
18-gen	0,8	5	11,5	15	13,04	0,95
19-gen	0,8	5	8,0	15	12,68	0,95
20-gen	0,8	5	26,7	15	12,32	0,95
21-gen	0,8	5	9,7	15	12,25	0,95
22-gen	0,8	5	23,1	15	12,12	0,95
23-gen	0,8	5	8,0	15	12,33	0,95
24-gen	0,8	5	7,1	15	12,27	0,95
25-gen	0,8	5	0,8	15	10,36	0,95
26-gen	0,8	5	3,5	15	9,69	0,95
27-gen	0,8	5	3,5	15	9,55	0,95
28-gen	0,8	5	5,3	15	9,04	0,95



Taula D.2 Seguiment de l'estat de purgues a la caldera F-1103.

	X_M (ppm CaCO ₃)	X_M^* (ppm CaCO ₃)	X_B (ppm CaCO ₃)	X_B^* (ppm CaCO ₃)	S (T/h)	B (m ³ /h)
09-gen	0,8	5	15,1	15	6,42	0,6
10-gen	1,7	5	10,6	15	5,67	0,6
11-gen	1,7	5	14,2	15	6,04	0,6
12-gen	0,8	5	9,7	15	4,67	0,6
13-gen	0,8	5	9,1	15	5,54	0,6
14-gen	1,7	5	8,9	15	5,21	0,6
15-gen	0,8	5	8,0	15	5,63	0,6
16-gen	0,8	5	7,1	15	5,08	0,6
17-gen	0,8	5	8,0	15	3,08	0,6
18-gen	0,8	5	8,0	15	5,00	0,6
19-gen	1,7	5	9,7	15	5,63	0,6
20-gen	0,8	5	11,5	15	5,21	0,6
21-gen	1,7	5	8,9	15	5,38	0,6
22-gen	0,8	5	10,6	15	4,79	0,6
23-gen	0,8	5	12,4	15	5,13	0,6
24-gen	0,8	5	11,5	15	4,71	0,6
25-gen	1,7	5	8,9	15	4,38	0,6
26-gen	0,8	5	10,6	15	4,04	0,6
27-gen	1,7	5	9,7	15	4,92	0,6
28-gen	1,7	5	10,6	15	4,08	0,6



És destacable remarcar que durant el període de seguiment, cap vegada s'ha superat el valor líndar de duresa a l'aigua d'alimentació (X_M^*) adoptat per la fàbrica.

Per contra sí que s'ha superat en 6 dies el valor límit de duresa a l'aigua a l'interior de la caldera F-1102 (X_B^*) i en 1 dia a la caldera F-1103. La majoria dels dies però, no s'ha superat aquest valor de $X_B^* = 15$ ppm de CaCO_3 ; i no només això sinó que s'hi ha estat molt per sota.

Malgrat això, s'observa que el cabal de purgues és sempre el mateix. Tot i realitzar anàlisis diaris de la duresa de l'aigua de calderes, el grau d'obertura s'ha mantingut constant a 30 a F-1102 i a 35 a F-1103 i com que la pressió diferencial a la vàlvula és de 15 bar (les calderes operen a 15 bar relatius) el cabal de purga s'ha mantingut constant a 950 kg/h ($0,95 \text{ m}^3/\text{h}$) a F-1102 i 600 kg/h ($0,6 \text{ m}^3/\text{h}$) a F-1103.

Així doncs són dos els problemes que, mitjançant l'observació de les dades del seguiment, es pot detectar que presenta la gestió actual de les purgues de les calderes:

- La manca de resposta davant d'un canvi de la qualitat de l'aigua, ja que cap dia s'ha observat que el grau d'obertura variés per adequar el cabal de purgues a aquesta qualitat i el cabal de vapor (S).
- La majoria dels casos observats denoten que s'està purgant en excés, doncs el valor de la duresa de l'aigua a l'interior de la caldera es troba força per sota del valor recomanat pel responsable del manteniment de la instal·lació.

D.1.3. Comparació del criteri actual de purgues amb el recomanat per la normativa UNE.

Fins ara s'ha parlat de la importància que tenen les purgues d'aigua a les calderes per fer que es compleixin uns criteris de qualitat concrets per tal que no es donin fenòmens com la corrosió, les incrustacions o l'arrossegament de gotes d'aigua en el vapor.

Però no s'ha discutit sobre quins han de ser aquests criteris de qualitat. Actualment els valors límits que s'han establert de duresa i conductivitat (els dos paràmetres que acostumen a marcar el nivell de purgues) són els que es recullen a la Taula D.3:



Taula D.3 Valors límit permesos de conductivitat i duresa a l'aigua de les calderes segons criteri de fàbrica.

Tipus d'aigua	Duresa total (ppm CaCO ₃)	Conductivitat elèctrica (µS/cm)
Aigua d'alimentació X _M	5	-
Aigua de l'interior X _B	15	500

La majoria de fabricants de calderes, així com els laboratoris que desenvolupen additius pel control dels paràmetres de l'aigua de calderes, recomanen seguir les indicacions de la normativa UNE referent a la qualitat d'aigua per aquest ús. Així ho fan els fabricants de les calderes F-1102 i F-1103 en el seu manual de manteniment.

Les normes vigents que marquen els requisits per la qualitat d'aigua de les calderes són dues:

- UNE-EN 12952-12 per a calderes aquotubulars i les seves instal·lacions auxiliars.
- UNE-EN 12953-10 per a calderes piro-tubulars i les seves instal·lacions auxiliars.

A les dues normes [3] i [4] s'hi recullen les taules i gràfics que permeten saber els criteris de qualitat que cal complir a les calderes en funció de la seva pressió de treball.

Els criteris de duresa i de conductivitat que recomanen ambdues normes, estan especificats en funció de la pressió de servei de les calderes. Les dues calderes que operen contínuament a la fàbrica, F-1102 i F-1103, ho fan a una pressió de 15bar.

A aquesta pressió les recomanacions per a la duresa total de l'aigua d'alimentació de les calderes feta per ambdues normes són les següents:

Taula D.4 Valors límit permesos de duresa a l'aigua d'alimentació de calderes a 15 bar (extret de les taules 5.1 de les normes UNE-EN 12952-12 i UNE-EN 12953-10).

Tipus d'aigua	Duresa total (mmol/l CaCO ₃)	Duresa total (ppm CaCO ₃)
Aigua d'alimentació X _M a calderes aquotubulars	0,02	2
Aigua de l'interior X _M a calderes piro-tubulars	0,01	1



D'altra banda, les normes no fan recomanacions en quan a la duresa de l'aigua de l'interior de les calderes. En aquest cas, el paràmetre indicat per al control de qualitat de l'aigua de l'interior de les calderes és la conductivitat elèctrica. Per a calderes operant a una pressió de 15 bar els valors recomanats són els següents:

Taula D.5 Valors límit permesos de conductivitat a l'aigua interior de calderes a 15 bar (extret de les figures 5.1 de les normes UNE-EN 12952-12 i UNE-EN 12953-10).

Tipus d'aigua	Conductivitat elèctrica ($\mu\text{S/cm}$)
Aigua interior X_B a calderes aquotubulars	6000
Aigua interior X_B a calderes piro tubulars	6000

Així doncs segons la normativa UNE, si els valors de duresa de l'aigua d'alimentació no sobrepassen els límits recomanats a la Taula D.4 es poden establir com a criteris de purga els valors de conductivitat recomanats a la Taula D.5.

Donant un cop d'ull a la Taula D.1 es pot observar com mai se supera el límit de duresa recomanat per a calderes piro tubulars com ho és la F-1102 (0,8 ppm en front de 1 ppm recomanat). I observant la Taula D.2 es pot remarcar com mai se supera el límit de duresa recomanat per a calderes aquotubulars com la F-1103 (màxim 1,7 ppm en front dels 2 ppm recomanats)

Per una banda tenim que el criteri de duresa per a l'aigua d'alimentació adoptat per la fàbrica és menys restrictiu que el recomanat per les normes UNE, i en canvi el criteri per a l'aigua de l'interior de la caldera és força més restrictiu l'adoptat per la fàbrica que el recomanat per les normes UNE.

Davant d'això es realitzà una consulta a l'empresa responsable del tractament d'additius de l'aigua de calderes. Les conclusions de la consulta realitzada són que es podrien arribar assolir els nivells recomanats per la norma si:

- El sistema de purgues fos automàtic, controlant contínuament la conductivitat de l'aigua de l'interior i adequant el cabal de purga immediatament.
- La transició cap al nou règim de purgues es fes al ritme adequat per poder observar si és necessari algun canvi en la dosificació d'additius.

Per tan, si s'acomplissin aquests requisits es podria adoptar un criteri de purga que permetria, per una banda estalviar aigua ja que el criteri seria menys restrictiu, i per l'altre banda tenir el cabal de



purgues adequat a cada instant si es disposés d'un sistema automàtic per regular-lo. El canvi de criteri és el que s'indica a la següent taula:

Taula D.6 Comparació entre el criteri de purgues establert actualment amb el proposat.

Tipus d'aigua	Nou criteri segons UNE	Criteri actual
Aigua d'alimentació X_M a calderes aquotubulars	2 ppm de duresa	5 ppm de duresa
Aigua d'alimentació X_M a calderes pirotubulars	1 ppm de duresa	5 ppm de duresa
Aigua interior X_B a calderes aquotubulars	6000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductivitat	15 ppm de duresa (o 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductivitat)
Aigua interior X_B a calderes pirotubulars	6000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductivitat	15 ppm de duresa (o 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductivitat)

La quantitat d'aigua estalviada s'ha quantificat en 18,1 m³/dia per a la caldera F-1102 i de 12,7 m³/dia per a la caldera F-1103.

El càlcul s'ha fet seguint l'expressió següent pel càlcul de les purgues necessàries a les calderes:

$$B = \frac{S \cdot X_F}{X_B - X_F} \quad \text{Eq. D.1}$$

Per tan, per determinar el cabal de purgues és necessari el cabal de vapor i el paràmetre de qualitat de l'aigua que controli les purgues de l'aigua a l'interior i de l'alimentació. En aquest cas el paràmetre és la conductivitat (que és equivalent a parlar de TDS).

A continuació es recullen els valors promig de cabal de vapor i de X_F (conductivitat de l'aigua d'alimentació) per a F-1102 i F-1103, així com també el valor de conductivitat de l'aigua interior a les calderes recomanat per les respectives normes UNE de qualitat d'aigua de calderes. Amb aquestes dades s'ha calculat el cabal de purga necessari i s'ha comparat amb real (llegit a partir de la posició de la vàlvula de purgues).



Taula D.7 Càlcul de l'excés de purgues per a la caldera F-1102

(S) cabal promig de vapor	11,5 m ³ /h
(X_F) conductivitat de l'aigua alimentada	100
(X_B) conductivitat de l'aigua a l'interior	6000
(B) cabal de purgues calculat a partir de Eq. D.1	0,195 m ³ /h
(B*)Cabal de purgues real	0,95 m ³ /h
Excés de purgues (B*-B)	0,755 m ³ /h (18,1m ³ /dia)

Taula D.8 Càlcul de l'excés de purgues per a la caldera F-1102

(S) cabal promig de vapor	4,2 m ³ /h
(X_F) conductivitat de l'aigua alimentada	100
(X_B) conductivitat de l'aigua a l'interior	6000
(B) cabal de purgues calculat a partir de Eq. D.1	0,071 m ³ /h
(B*)Cabal de purgues real	0,600 m ³ /h
Excés de purgues (B*-B)	0,529 m ³ /h (12,7m ³ /dia)

D.2. Recuperació de condensats a les calderes.

L'eficiència d'un circuit de vapor passa per la recuperació dels condensats de vapor per l'estalvi que representa d'aigua, energia (gas per escalfar l'aigua) i productes de condicionament.

D.2.1. Estat actual de recuperació de condensats.

Ja s'ha comentat la impossibilitat de recuperar la totalitat dels condensats de vapor de la fàbrica, ja que alguns usos no ho permeten o bé algunes plantes no estan dotades de la infraestructura necessària per recuperar-los.



A més, s'ha de tenir en compte la possibilitat que els condensats que si que retornen cap als dipòsits d'alimentació de les calderes (V-1101 i V-1103) puguin haver-se contaminat i faci falta purgar-los. En aquest sentit, un sensor de conductivitat conjuntament amb una vàlvula governada per un actuador automàtic desvien els condensats abans de l'entrada a V-1101 o V-1103 cap a la claveguera.

Pel què fa al cabal de condensats recuperats, en ser un valor que depèn del consum de vapor i el fet que aquest sigui variable, és preferible treure conclusions sobre quin % del total d'aigua que entra a les calderes representen els condensats abans que no pas el propi cabal en si. Per això però cal saber el cabal de condensats recuperats.

La falta de comptador a la línia de condensats que retorna als dipòsits d'alimentació de les calderes, fa que només es pugui determinar el valor dels condensats retornats, a partir d'altres dades que si que es coneixen o es poden conèixer.

El següent esquema de la zona de calderes (Fig. D.3) recull els comptadors que poden ser útils per tal de poder calcular els condensats recuperats:

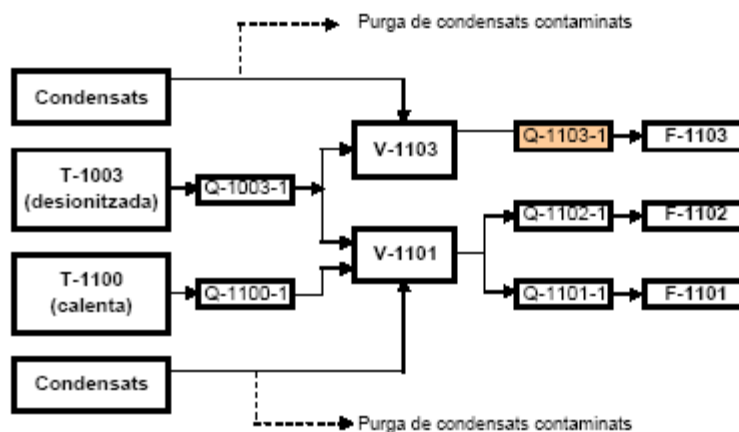


Fig. D.3 Esquema de comptadors de la zona de calderes.

Realitzant el balanç d'aigua a la zona de calderes, es pot esbrinar el cabal de condensats que entra als dipòsits d'alimentació de les calderes després de les purgues.

$$C = A_T - A_F - A_C \tag{Eq. D.2}$$



On:

- (C) és el cabal de condensats que entra a les calderes.
- (A_T) és la suma del cabal d'aigua total que entra a les tres calderes. S'obté de la suma dels valor obtinguts dels comptadors (Q-1101-1) (Q-1102-1) i (Q-1103-1).
- (A_F) és el total d'aigua fresca desionitzada que s'alimenta a les tres calderes provinent de T-1003. El seu valor s'obté del comptador (Q-1003-1).
- (A_C) és el total d'aigua calenta desionitzada provinent de T-1100 que s'alimenta a les calderes F-1101 i F-1102. S'obté el seu valor a partir del comptador (Q-1100-1).

D.2.2. Resultats del seguiment de la recuperació de condensats de vapor.

Per tal de determinar el grau d'aprofitament dels condensats s'han recollit les lectures dels comptadors (Q-1101-1), (Q-1102-1), (Q-1103-1), (Q-1003-1) i (Q-1100-1). D'aquesta manera serà possible aplicar l'expressió Eq. D.2 per calcular els condensats alimentats a V-1101 i V-1103.

El seguiment s'ha realitzat entre els mesos de gener i febrer de l'any 2007 i s'han recollit les diverses lectures cada dia per poder obtenir quin % de condensats es recupera . En alguns casos entre dada i dada i ha més d'un dia entremig. De totes com que el que es tindrà en compte serà el % d'aigua alimentada que correspon a condensats, no té cap influència sobre el resultat final.

Les lectures es recullen a la Taula D.9 i els consums que se'n deriven amb el % de condensats recuperats que interessa saber a la Taula D.10.



Taula D.9 Lectures pel seguiment de la recuperació de condensats a les calderes

Data de lectura	Q-1003-1	Q-1100-1	Q-1101-1	Q-1102-1	Q-1103-1
29/01/2007 08:30	250182	20817	22022	169521	131681
30/01/2007 08:30	250447	20854	22062	169769	131796
31/01/2007 08:30	250721	20854	22133	169917	131907
02/02/2007 08:30	251233	20947	22139	170516	132135
05/02/2007 08:30	252196	20982	22140	171464	132463
06/02/2007 08:30	252490	21002	22150	171779	132580
07/02/2007 08:30	252786	21011	22151	172095	132690
09/02/2007 08:30	253486	21027	22195	172738	132928
12/02/2007 08:30	254432	21095	22240	173701	133233
13/02/2007 08:30	254730	21141	22252	174017	133340
14/02/2007 08:30	255056	21165	22269	174340	133454
15/02/2007 08:30	255350	21203	22280	174659	133564

D'aquestes lectures, es poden calcular els valors d'aigua alimentats a les calderes i el % que representen els condensats. Això és el que recull la taula Taula D.10 :



Taula D.10 Consums desglossats d'aigua a les calderes, i % que representen els condensats.

	A_F (m ³)	A_C (m ³)	A_T (m ³)	C (m ³)	%C
Del 29/1 al 30/1	265	37	403	101	25,1
Del 30/1 al 31/1	274	0	330	56	17,0
Del 31/1 al 2/2	512	93	833	228	27,4
Del 2/2 al 5/2	963	35	1277	279	21,8
Del 5/2 al 6/2	294	20	442	128	29,0
Del 6/2 al 7/2	296	9	427	122	28,6
Del 7/2 al 9/2	700	16	925	209	22,6
Del 9/2 al 12 /2	946	68	1313	299	22,8
Del 12/2 al 13/2	298	46	435	91	20,9
Del 13/2 al 14/2	326	24	454	104	22,9
Del 14/2 al 15/2	294	38	440	108	24,5

Les dades recollides indiquen que aproximadament de mitjana el 25% d'aigua que entra a les calderes prové de la recuperació de condensats de vapor. Malgrat trobar dies en què els volums d'aigua entrats a les calderes són diferents, la recuperació de condensats en % sembla ser força constant. I malgrat destinar el vapor a la fabricació de productes diferents, amb necessitats de calefacció diferents, el grau de recuperació de condensats és força igual.

De totes maneres, el fet d'alimentar les calderes amb tant sols un 24% d'aigua provinent de la recuperació de condensats és poc eficient. Això denota l'ús ineficient que es fa d'aquest recurs.

S'han buscat les raons d'aquest % tant baix. Les hipòtesis que s'han treballat són les següents:

- Elevada contaminació dels condensats retornats, que obliguen a purgar-ne una gran quantitat.
- Manca de grups de recuperació de condensats en algunes plantes de la fàbrica o mal funcionament dels ja instal·lats.

Treballant amb aquestes dues hipòtesis s'han fet dos treballs de camp per tal de confirmar-les o desestimar-les.



- El primer, consistent en recollir xifres de l'estat de purgues dels condensats retornats.
- El segon, comprovant in situ a cada planta l'existència de grup de retorn de condensats i el seu correcte funcionament en cas que n'hi hagués.

En els dos apartats següents s'exposen aquestes dues comprovacions.

D.3. Purgues de condensats per contaminació.

Cal considerar la possibilitat que els condensats que retornen cap als dipòsits d'alimentació de les calderes (V-1101 i V-1103) s'hagin pogut contaminar en les canonades que els condueixen, o en algun equip amb porus, o per culpa d'una vàlvula que fuita, etc. És per això que cap la possibilitat d'haver-los de purgar.

A tals efectes, tan la instal·lació de V-1101 que alimenta a F-1101 i F-1102 com la instal·lació de V-1103 que alimenta a F-1103, estan dotades d'un sensor de conductivitat connectat a un actuador automàtic que governa una vàlvula i que serveix per desviar-los cap a la claveguera si el sensor detecta que estan contaminats.

D.3.1. Resultats del seguiment de l'estat de les purgues de condensats.

Per comprovar la quantitat de condensats purgats s'ha utilitzat un comptador mòbil PROSONIC FLOW P 90 de Endress+Hauser. Aquest comptador s'ha instal·lat a totes les línies de retorn de condensats que alimenten V-1103 (AR-1, AR-2 i AR-3). Malauradament no s'ha pogut instal·lar a les que alimenten a V-1101 per falta d'accessibilitat.

A més d'anotar les lectures del comptador també s'ha anotat la posició de la vàlvula que determina si els condensats entraven a V-1103 o eren desviats cap a la claveguera. Si bé hagués estat més lògic instal·lar el comptador directament a les línies de purga, això no ha estat possibles per raons de construcció. La correcta instal·lació del comptador implica deixar unes certes distàncies entre qualsevol singularitat a la canonada i els seus sensors, condicions que no es podien complir en les línies de purga de condensats.





Fig. D.4 Imatges de la instal·lació del comptador mòbil ultrasònic PROSONIC FLOW P 90 de Endress+Hausser a les línies de retorn de condensats.

A continuació es presenten les lectures dels comptadors dels seguiments per les tres línies de retorn corresponents a les plantes AR-1, AR-2 i AR-3 per separat.

Taula D.11 Lectures del seguiment de l'estat de purgues de condensats de AR-1.

Data	Q-1003-1	Q-1100-1	Q-1101-1	Q-1102-1	Q-1103-1	Comptador mòbil	Estat contam. ⁽¹⁾
26/01/2007 12:45	249468	20727	21885	168788	131375	0,03	Ok
29/01/2007 08:30	250182	20817	22022	169521	131681	13,16	Ok
29/01/2007 12:45	250225	20829	22028	169567	131699	13,96	Ok
29/01/2007 14:30	250250	20829	22031	169588	131709	14,14	Ok
29/01/2007 16:15	250270	20829	22033	169608	131720	14,31	Ok
30/01/2007 08:30	250447	20854	22062	169769	131796	16,45	Ok
30/01/2007 12:45	250487	20854	22084	169769	131810	16,55	Ok
30/01/2007 14:30	250509	20854	22096	169769	131818	16,68	Ok
30/01/2007 16:15	250525	20854	22104	169769	131818	16,82	Ok
31/01/2007 08:30	250721	20854	22133	169917	131907	17,77	Ok

⁽¹⁾ Indica si la posició de la vàlvula fa que els condensats entrin al dipòsit V-1103 perquè no estan contaminats (Ok), o bé si aquests estan contaminats i la posició de la vàlvula indica que es desvien cap a la claveguera (X).



Taula D.12 Lectures del seguiment de l'estat de purgues de condensats de AR-2.

Data	Q-1003-1	Q-1100-1	Q-1101-1	Q-1102-1	Q-1103-1	Comptador mòbil	Estat contam. ⁽¹⁾
01/02/2007 12:00	250978	20933	22135	170265	132030	20,5	Ok
01/02/2007 14:30	251013	20933	22135	170301	132045	25,1	Ok
02/02/2007 08:30	251233	20947	22139	170516	132135	56,7	Ok
02/02/2007 12:00	251282	20947	22139	170565	132148	60,5	Ok
05/02/2007 08:30	252196	20982	22140	171464	132463	165,1	Ok
05/02/2007 12:00	252240	20982	22141	171540	132479	170,1	Ok
05/02/2007 14:30	252275	20984	22143	171545	132494	175	Ok
05/02/2007 16:30	252293	20988	22143	171565	132503	178,4	Ok
06/02/2007 08:30	252490	21002	22150	171779	132580	201,2	Ok
06/02/2007 12:00	252535	21002	22150	171825	132591	205,2	Ok
07/02/2007 08:30	252786	21011	22151	172095	132690	238,2	Ok
07/02/2007 12:00	252826	21013	22151	172140	132707	243,3	Ok
07/02/2007 16:30	252893	21013	22155	172199	132726	248,4	Ok

(1) Indica si la posició de la vàlvula fa que els condensats entrin al dipòsit V-1103 perquè no estan contaminats (Ok), o bé si aquests estan contaminats i la posició de la vàlvula indica que es desvien cap a la claveguera (X).



Taula D.13 Lectures del seguiment de l'estat de purgues de condensats de AR-3.

Data	Q-1003-1	Q-1100-1	Q-1101-1	Q-1102-1	Q-1103-1	Comptador mòbil	Estat contam. ⁽¹⁾
08/02/2007 12:00	253173	21016	22172	172462	132807	269,4	Ok
08/02/2007 14:30	253213	21020	22176	172496	132824	273,2	Ok
08/02/2007 16:30	253244	21020	22177	172521	132833	274,9	Ok
09/02/2007 08:30	253486	21027	22195	172738	132928	303,5	Ok
09/02/2007 12:00	253540	21027	22198	172785	132942	308,5	Ok
12/02/2007 08:30	254432	21095	22240	173701	133233	351,6	X
12/2/2007/12:00	254473	21097	22240	173747	133248	352,3	X
12/02/2007 14:30	254495	21110	22241	173777	133257	353,3	X
12/02/2007 16:30	254520	21110	22242	173802	133265	354,1	X
13/02/2007 08:30	254730	21141	22252	174017	133340	367,7	X
13/02/2007 12:00	254779	21141	22255	174064	133355	370,8	X
14/02/2007 08:30	255056	21165	22269	174340	133454	389,6	X
14/02/2007 12:00	255107	21166	22271	174389	133472	392,9	X
14/02/2007 14:30	255130	21173	22271	174422	133482	395,1	X
14/02/2007 16:30	255156	21173	22271	174449	133491	396,8	Ok
15/02/2007 08:30	255350	21203	22280	174659	133564	403	Ok
15/02/2007 12:00	255389	21212	22284	174703	133583	403,4	Ok
15/02/2007 14:30	255415	21217	22286	174732	133591	404,4	Ok

⁽¹⁾ Indica si la posició de la vàlvula fa que els condensats entrin al dipòsit V-1103 perquè no estan contaminats (Ok), o bé si aquests estan contaminats i la posició de la vàlvula indica que es desvien cap a la claveguera (X).



De les lectures anteriors es poden treure els següents resultats en m³/dia. Pel càlcul dels cabals en m³/dia s'han agafat les dades consecutives corresponents a una mateixa hora, s'han restat entre elles i s'han dividit entre el nº de dies que les separen. Per exemple, en el cas del seguiment de AR-1 s'han agafat les lectures del 26/1/2007 a les 12:45 i la del 29/1/2007 a les 12:45, s'han restat les corresponents a un mateix comptador i s'han dividit entre 3, ja que corresponien als consums de tres dies (hi havia un cap de setmana enmig).

A cada taula s'hi indica:

- (C) cabal de condensats alimentats a la totalitat de les calderes.
- (%C) percentatge d'aigua alimentada a calderes que representen els condensats.
- El cabal diari de condensats corresponent a la línia que s'està comprovant.
- I l'estat de la contaminació dels condensats; és a dir, indica si la posició de la vàlvula fa que els condensats entrin al dipòsit V-1103 perquè no estan contaminats (Ok), o bé si aquests estan contaminats i la posició de la vàlvula indica que es desvien cap a la claveguera (X).

Taula D.14 Resultats del seguiment de l'estat de purgues de condensats de AR-1.

Data	C (m ³ /dia)	% C	Condensat (m ³ /dia) corresponent a AR-1.	Estat contaminació.
29/01/2007 12:45	129	31,06	4,64	Ok
30/01/2007 08:30	101	25,06	3,29	Ok
30/01/2007 12:45	82	22,22	2,59	Ok
30/01/2007 14:30	71	20,00	2,54	Ok
30/01/2007 16:15	50	15,15	2,51	Ok
31/01/2007 08:30	56	16,97	1,32	Ok

El cabal retornat de la planta AR-1 no arriba als 3m³/dia de mitjana, però en cap moment es llencen per estar contaminats.



Taula D.15 Resultats del seguiment de l'estat de purgues de condensats de AR-2.

Data	C (m ³ /dia)	% C	Condensat (m ³ /dia) corresponent a AR-2.	Estat contaminació.
02/02/2007 12:00	104	24,64	40	Ok
05/02/2007 08:30	93	21,85	36	Ok
05/02/2007 12:00	105	24,08	37	Ok
05/02/2007 14:30	97	22,81	37	Ok
06/02/2007 08:30	128	28,96	36	Ok
06/02/2007 12:00	91	22,41	35	Ok
07/02/2007 08:30	122	28,57	37	Ok
07/02/2007 12:00	130	30,09	38	Ok
07/02/2007 16:30	122	28,08	35	Ok

De la planta de AR-2 el cabal de condensats retornats és de mitjana de 37m³/dia, i a més no pateix problemes per contaminació. És a dir que es poden aprofitar en la seva totalitat.



Taula D.16 Resultats del seguiment de l'estat de purgues de condensats de AR-3.

Data	C (m ³ /dia)	% C	Condensat (m ³ /dia) corresponent a AR-3.	Estat contaminació.
09/02/2007 12:00	106	21,90	39	Ok
12/02/2007 08:30	100	22,77	16	Ok
12/2/2007/12:00	102	23,44	15	X
12/02/2007 14:30	102	22,88	20	X
12/02/2007 16:30	103	23,17	20	X
13/02/2007 08:30	91	20,92	16	X
13/02/2007 12:00	89	20,27	19	X
14/02/2007 08:30	104	22,91	22	X
14/02/2007 12:00	105	22,93	22	X
14/02/2007 14:30	101	22,44	21	X
14/02/2007 16:30	102	22,51	21	X
15/02/2007 08:30	108	24,55	13	Ok
15/02/2007 12:00	110	25,11	11	Ok
15/02/2007 14:30	105	24,19	9	Ok

De la planta de AR-3 el promig dels condensats retornats és de 19m³/dia.

A diferència de les plantes AR-1 i AR-2 en aquest cas hi ha problemes de contaminació que obliguen desviar els condensats de la planta AR-3 abans que entrin al dipòsit d'alimentació de la caldera F-1103. La línia de purgues de condensats contaminats de la caldera F-1103 està actualment dirigida a la piscina de les torres de refrigeració de les plantes d'àcids grassos, per reduir el consum d'aigua.

Però els episodis de contaminació no són permanents. És a dir, hi ha moments en què aquests condensats estan contaminats i d'altres en què no.



Aquesta no continuïtat almenys vol dir que no és un problema de la línia de conducció dels condensats cap al dipòsit V-1103.

Les hipòtesis més probables de la contaminació dels condensats de AR-3 són tres, i totes tres implicarien els equips que utilitzen vapor i aigua de refrigeració (CW).

- Creuament de seqüències de refredament i escalfament en algun equip que utilitza vapor i aigua de refrigeració per la mateixa camisa d'un equip.
- Presència de porus a les camises per on circulen els fluids de calefacció o refrigeració en aquests equips.
- Vàlvules en mal estat que no són del tot estanques i que permeten el contacte d'aigua de refrigeració amb el condensat.

La primera d'elles s'ha acabat desestimant ja que s'han comprovat les diferents seqüències d'escalfament i refredament que impliquen els equips on s'utilitza vapor i aigua de refrigeració en diferents etapes del procés de AR-3, i no s'ha observat cap anomalia. El que sí que s'ha pogut observar és que cada cop que s'utilitza aigua de refrigeració i després s'ha d'utilitzar vapor pel mateix encamisat, es bufa la línia per evitar que quedin restes d'aigua de refrigeració i es pugui contaminar el vapor o el condensat.

Les altres dues hipòtesis només es podran comprovar en períodes d'aturada de la planta de AR-3, però s'han apuntat perquè es té l'experiència d'haver patit casos similars.

D.4. Plantes mancades de grup de retorn de condensats.

S'ha comprovat la presència de grup de retorn de condensats a cada planta per tal de veure on es desaprofita aquest recurs.

La inspecció visual a cada planta ha donat com a resultat la confirmació de la manca d'aquestes instal·lacions en algunes de les plantes de la fàbrica.

Mentre la totalitat de les plantes de producció d'aromes, AR-1, AR-2 i AR-3, estan dotades de grups de retorn de condensats a la caldera F-1103, algunes de les plantes restants que s'abasteixen del vapor de les calderes F-1101 i F-1102 no disposen d'aquests grups de retorn.

La caldera F-1102, amb el suport de F-1101 quan hi ha puntes de consum, abasteixen de vapor a les següents plantes: N-1, ND-1, N-2, ND-2, H1, H2, A-1, Q-1, Q-2, AD-1, RA-1, E/Q-1 i E/Q-2, pastilles i tancs d'emmagatzematge d'amines i àcids grassos.



D'aquestes, H1 i H2, estan previstes d'un grup de retorn de condensats per cada una d'elles. E/Q-1 i E/Q-2 també disposen de línia pel retorn de condensats del vapor que consumeixen. I finalment hi ha un tercer grup de retorn de condensats que intenta abastar les plantes de N-1, ND-1, A-1, Q-1 i part de la resta de plantes.

Les plantes de N-2, ND-2, AD-1, RA-1, M-1 i Pastilles així com les zones de tancs d'emmagatzematge d'àcids grassos i amines no gaudeixen de cap grup de retorn de condensats propi. Alguns dels equips d'aquestes plantes, no tots, si que veuen recollits els seus condensats en un col·lector que es dirigeix al grup instal·lat a les plantes de N-1, ND-1, A-1, Q-1 i Q-2. Però aquest resulta insuficient per tal de bombejar els gairebé 200 m³/dia de condensats del vapor que s'estima que es destina a la totalitat d'aquestes plantes.

A més, aquest grup de retorn de condensats en qüestió es troba inutilitzat. L'intercanviador encarregat d'acabar de condensar el vapor està malmès i l'aigua de refrigeració i el vapor entren en contacte i aquest es contamina.

Actualment, el cabal de condensats que hauria de recuperar (que inclou els de N-1, ND-1, A-1, Q-1 i part de N-2, ND-2, AD-1, RA-1, M-1 com ja s'ha dit) es desvia íntegrament a la piscina de les torres de refrigeració d'aminas per tal d'evitar llençar-los a la claveguera.

En resum:

- S'estima que el no funcionament del grup de retorn de condensats de les plantes N-1, ND-1, A-1, Q-1, i part dels de N-2, ND-2, AD-1, RA-1, M-1, constitueix el desaprofitament de al voltant de 100m³/dia de condensats que actualment es desvien a les torres de refrigeració d'aminas.
- El desaprofitament de condensats per manca de col·lectors de recollida i grup de retorn a les calderes corresponent a la resta d'equips de les plantes N-2, ND-2, AD-1, RA-1, M-1 i a més de Pastilles i tancs d'emmagatzematge d'aminas i àcids grassos és d'aproximadament 100m³/dia.

En termes de qualitat d'aigua no hi ha cap impediment per no aprofitar aquests condensats, tal i com es pot veure en els resultats dels anàlisis realitzats i resumits a la Taula D.17.

Cada mostra d'una zona en concret correspon a un dia i a un punt de la zona a on correspon diferents.



Taula D.17 Conductivitat elèctrica de diferents mostres de condensats malbaratats a la fàbrica.

Mostres	Conductivitat elèctrica a 25°C ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Mostra I zona tancs amines	20
Mostra II zona tancs amines	16
Mostra I zona tancs àcids grassos/pastilles	18
Mostra II zona tancs àcids grassos/pastilles	26
Mostra I zona plantes N-2, ND-2, AD-1, RA-1, M-1	24
Mostra II zona plantes N-2, ND-2, AD-1, RA-1, M-1	36

Així doncs, els condensats no presenten cap problema de conductivitat si els comparem tan amb el criteri de purga vigent ($500 \mu\text{S}/\text{cm}$) com el criteri de les normes UNE-EN 12952-12 i UNE-EN 12953-10 ($6000 \mu\text{S}/\text{cm}$).



E. Avaluació econòmica del desaprofitament d'un kg de condensat.

El fet de desaprofitar els condensats generats en un sistema de calefacció amb vapor implica un cost econòmic que és la suma de diferents factors:

- Cost del consum de combustible
- Cost del consum d'aigua tractada fresca
- Cost del consum d'additius pel tractament de l'aigua.
- Cost de l'abocament d'aigües residuals.

S'ha avaluat el cost de cada un d'aquests factors i s'ha determinat que el cost per m³ de condensat desaprofitat és de 4,22 €/m³. A la següent taula es recull el detall de cada un dels factors que contribueix a aquest cost:

Taula E.1 Desglossament del cost de condensat desaprofitat.

Concepte	Cost (€/kg)
Cost del combustible	0,003074
Cost de l'aigua tractada	0,000500
Cost dels additius d'acondicionament	0,000048
Cost del tractament d'efluents	0,000600
TOTAL	0,004222 (4,22 €/m ³)

En els següents apartats (del E.1 fins al E.4) es detalla el càlcul de cada un dels conceptes que engloben aquest cost total pel condensat.



E.1. Cost del combustible.

Es pot considerar que per cada kg de condensat no retornat implica que s'ha d'escalfar una quantitat igual a la que es llença d'aigua fresca a temperatura ambient fins a la que retornaria el condensat en cas d'aprofitar-lo. La calor necessària per a fer aquest salt tèrmic es pot determinar amb la següent equació:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad \text{Eq. E.1}$$

On:

Q = quantitat d'energia calorífica (kJ).

m = massa d'aigua (kg).

C_p = calor específica de l'aigua (kJ/kg °C)

ΔT = increment de temperatura que experimenta l'aigua des de T_{amb} fins T_{cond} .

En el cas que s'està estudiant, la temperatura de l'aigua fresca T_{amb} és de 15°C. Mentre que es considera que la temperatura a la que retornen els condensats a la caldera T_{cond} és de 90°C.

Per un kg. d'aigua que cal escalfar des d'una T_{amb} de 15°C fins a una T_{cond} de retorn del condensat de 90°C, i considerant una C_p de 4,18 kJ/kg°C la quantitat d'energia necessària és la següent:

$$Q = 1(\text{kg}) \cdot 4,18(\text{kJ} / \text{kg}^\circ\text{C}) \cdot (90 - 15)(^\circ\text{C}) = 313,5(\text{kJ})$$

Es té determinada l'eficiència energètica mitjana de les calderes de la fàbrica en un 85%. Així que per escalfar un kg d'aigua cal una aportació energètica per part del combustible de:

$$Q = \frac{313,5\text{kJ}}{0,85} = 368,8\text{kJ}$$

El cost mitjà que es paga a la fàbrica pel combustible de 0,03 €/kWh. Considerant l'energia necessària que s'acaba de calcular més el preu del gas s'arriba al resultat del cost de combustible per kg. de condensat desaprofitat:

$$\text{Cost}_{\text{combustible}} = 368,8(\text{kJ}) \cdot \frac{0,03\text{EUR}}{\text{kWh}} \cdot \frac{1\text{kWh}}{3600\text{kJ}} = 0,003074 \text{ €/kg}$$



E.2. Cost de l'aigua fresca.

El reemplaçament dels condensats no retornats a les calderes es fa amb aigua fresca osmotitzada i desmineralitzada a les instal·lacions de la pròpia fàbrica.

El cost del m³ d'aigua osmotitzada i desmineralitzada està quantificat per la fàbrica en 0,5 €/m³.

El seu desglossament inclou el cost d'extracció per m³, el cost de tractament en la instal·lació d'osmosi inversa i el cost de desmineralitzar-la en les resines d'intercanvi iònic de la fàbrica. Cada un d'aquests conceptes té en compte tant els costos directament derivats del tractament com els d'exploració i manteniment de les instal·lacions.

$$Cost_{\text{aigua tractada}} = 0,000500 \text{ €/kg}$$

E.3. Cost dels additius químics pel tractament d'aigua de calderes.

Per tal d'evitar la incrustació de sals i la corrosió a les calderes i conductes de vapor i condensats, a més del tractament extern que rep l'aigua també en rep un d'intern. Aquest tractament consisteix en la dosificació d'additius amb la finalitat de garantir que els problemes citats no apareguin.

En el cas de l'aigua de calderes de la fàbrica, aquesta rep actualment un tractament que consisteix en la dosificació de:

- Formulats químics basats en l'acció **desoxigenant** del bisulfit sòdic catalitzat.
- Formulats químics **inhibidor de la corrosió** causada pel condensat en superfícies metàl·liques i basats en l'acció de la morfolina.
- Formulats químics **dispersant i antiincrustant** basats en l'acció d'acrilats i fosfonats.

La dosificació d'aquests additius és funció de diversos paràmetres com la quantitat i la qualitat de l'aigua fresca alimentada, la producció de vapor de cada caldera, el percentatge de condensats retornats i la seva qualitat, etc.

En el cas que s'està estudiant qui determina la dosificació dels additius és l'empresa responsable del tractament d'adequació de l'aigua per a calderes. Les dosificacions de cada un dels productes és la que es recull a la Taula E.2.



Taula E.2 Dosificació d'additius per l'adequació de l'aigua de calderes, segons l'oferta presentada per l'empresa responsable del tractament l'any 2003.

Producte	Dosis (ppm)
Dispersant - antiincrustant	3
Desoxigenant	15
Inhibidor de corrosió	6

El preu per cada kg. d'aquests productes és el que es recull a la taula següent:

Taula E.3 Preu per kg. dels additius d'acondicionament l'aigua de calderes.

Producte	Preu (€/kg)
Dispersant - antiincrustant	2,5
Desoxigenant	1,5
Inhibidor de corrosió	3

D'aquesta manera, sabent la quantitat d'additius que cal dosificar per cada m³ d'aigua a calderes (veure Taula E.2) i el preu d'aquests additius (veure Taula E.3), es pot calcular el cost en additius de cada m³ d'aigua de calderes:

Taula E.4 Càlcul del cost total en concepte d'additius d'acondicionament per cada kg. de condensat.

Producte	Dosis (ppm)	Preu additiu (€/kg)	Cost €/kg. de condensat
Dispersant - antiincrustant	3	2,5	$7,5 \cdot 10^{-6}$
Desoxigenant	15	1,5	$2,25 \cdot 10^{-5}$
Inhibidor de corrosió	6	3	$1,8 \cdot 10^{-5}$
COST TOTAL EN ADDITIUS PER KG DE CONDENSAT			$4,8 \cdot 10^{-5}$



Així doncs el cost total en additiu per a aigua de calderes és:

$$Cost_{additiu} = 0,000048 \text{ €/kg}$$

E.4. Cost dels efluent d'aigües residuals.

En aquest apartat es tenen en compte els costos de l'abocament d'aigües residuals derivats de l'aplicació del cànon de l'aigua implementat per l'Agència Catalana de l'Aigua.

El **Decret Legislatiu 3/2003**, de 4 de novembre, pel qual s'aprova el text refós de la legislació en matèria d'aigües a Catalunya, regula el **Cànon de l'Aigua**, un impost de naturalesa ecològica sobre l'ús i la càrrega contaminant abocada pels diferents usuaris de l'aigua, el desenvolupament reglamentari del qual es realitza mitjançant el **Decret 103/2000**, de 6 de març, modificat pel **Decret 47/2005** de 22 de març.

En els supòsits d'usos industrials de l'aigua el tipus corresponent a aquest cànon de l'aigua resulta de la suma d'un tipus de gravamen general, corresponent a la quantitat abocada, i d'un tipus de gravamen específic, corresponent a la contaminació.

Així doncs, en aplicació d'aquest cànon i d'acord amb el volum i la qualitat dels abocaments de la fàbrica, el cost per m³ d'efluent abocat és de 0,6 €/m³. Així doncs el cost corresponent a l'abocament d'un kg. de condensat és:

$$Cost_{abocament} = 0,000600 \text{ €/kg}$$

