

Resum

La necessitat de diagnosticar l'aprofitament de l'aigua en una empresa química del Vallès, amb les mires posades a reduir-ne el consum i adequar la seva qualitat a cada ús han motivat aquest projecte. Per a la seva execució, l'autor ha estat treballant durant vuit mesos en el marc d'un Conveni de Cooperació Educativa a l'empresa.

Per facilitar l'etapa del diagnòstic del cas real s'han adaptat estratègies de millora continua en el camp d'estalvi d'aigua existents ([6], [11]) per elaborar una metodologia que faciliti la detecció de punts conflictius en la utilització d'aigua, des dels punts de vista quantitatius i qualitatius, i solucionar-los sense descuidar els aspectes legals, mediambientals i econòmics que rodegen el problema.

Es proposa fer una etapa de reconeixement de l'estat inicial, una etapa d'anàlisi i elaboració del diagnòstic on es recullen els punts conflictius i una etapa d'elaboració i avaluació de propostes de millora.

Posteriorment s'apliquen aquestes pautes al cas particular d'estudi, elaborant un primer diagnòstic dels problemes d'aprofitament d'aigua a la fàbrica.

Es detecten problemes en quant a consums excessius d'aigua i inadequació de la seva qualitat pels usos que se'n fa. Destaquen el baix percentatge que representen els condensats en l'aigua d'alimentació a les calderes, el seguiment d'un criteri de qualitat de l'aigua per a calderes massa estrictes que comporta purgues excessives i l'existència de grups de buit d'anell líquid on el circuit d'aigua de refrigeració no es troba tancat.

Es realitzen seguiments per tal de caracteritzar aquests problemes i per poder disposar d'informació per elaborar les propostes de millora.

En el projecte també s'aborden els problemes que dificulten la diagnosi de la xarxa d'aigua, com són l'existència de comptadors en mal estat, la manca de comptadors a determinats punts de la xarxa que impedeix conèixer certs consums o la manca d'informació per poder contrastar certs consums a la fàbrica.

La solució d'aquests problemes hauria de permetre elaborar un diagnòstic més profund en futurs projectes, en els quals es podria donar un pas més i plantejar estudis en la línia de reaprofitament i d'optimització dels consums.





Sumari.

RESUM	1
SUMARI.	3
1. INTRODUCCIÓ.	7
1.1. Antecedents	7
1.2. Orígens i motivació del projecte.....	9
1.3. Abast i objectiu del projecte.	10
2. METODOLOGIA PER A LA MILLORA EN L'APROFITAMENT I GESTIÓ DE L'AIGUA EN UNA PLANTA QUÍMICA.	11
2.1. Introducció.....	11
2.2. Etapa prèvia de recopilació d'informació general.....	13
2.3. Etapa de reconeixement de l'estat actual.....	17
2.4. Etapa d'anàlisi i de l'elaboració del diagnòstic.....	23
2.5. Etapa d'elaboració i avaluació de propostes de millora.	26
APLICACIÓ AL CAS D'ESTUDI	
3. ETAPA PRÈVIA DE RECOPILOCIÓ D'INFORMACIÓ GENERAL.	30
3.1. Descripció del cas d'estudi.....	30
3.2. Descripció de les motivacions de l'empresa que impulsen l'estudi.	30
3.3. Identificació dels recursos disponibles.....	31
3.4. Identificació de les fonts i nivell de detall de la informació disponible.	31
3.5. Descripció qualitativa del cicle de l'aigua a l'interior de la planta.	32
3.6. Establiment del volum de control de l'estudi.....	37
4. DISSENY DE LA PRIMERA RECOLLIDA DE DADES EN EL VOLUM DE CONTROL.	39
4.1. Dades necessàries i fonts d'obtenció.	39
4.2. Freqüència de la recollida i enregistrament de les dades experimentals necessàries.	40
4.3. Classificació de les dades segons el mode d'operació de la xarxa d'aigua.	40



5. CÀLCUL I DISCUSSIÓ DELS CONSUMS D'AIGUA.	42
5.1. Càlcul dels consums.....	42
5.2. Resultats i comprovació dels consums d'aigua.....	43
5.3. Conclusions de la comprovació dels consums.	44
5.4. Detecció de consums elevats i el seu contrast.	46
6. SEGUIMENT AL CIRCUIT DE REFRIGERACIÓ.	53
6.1. Identificació de la zona de les piscines de les torres de refrigeració.	53
6.2. Comprovació de l'existència de pèrdues a la xarxa.....	53
7. SEGUIMENT AL CIRCUIT DE VAPOR.	55
7.1. Identificació de la zona de calderes de generació de vapor.	55
7.2. Conclusions referents a les purgues d'aigua a les calderes.	57
7.3. Conclusions de la recuperació de condensats.....	58
8. ETAPA D'ANÀLISI I DE L'ELABORACIÓ DEL DIAGNÒSTIC.	61
8.1. Resum dels punts de millora.	61
8.2. Impacte del desaprofitament d'aigua de refrigeració en diversos grups de buit.	64
8.3. Impacte de l'excés de purgues a les calderes de vapor.	64
8.4. Impacte del desaprofitament de condensats a diverses plantes.	65
8.5. Impacte de la contaminació dels condensats de la planta AR-3.	66
8.6. Impacte dels punts de millora en manteniment i diagnosi de l'aprofitament de l'aigua.....	66
8.7. Jerarquitització problemes a solucionar.	67
9. PROPOSTA D'ACCIONS DE MILLORA.	69
9.1. Mesures per reduir el consum d'aigua de refrigeració en diversos grups de buit d'anell líquid.	69
9.2. Mesures per evitar l'excés de purgues a les calderes F-1102 i F-1103.	72
9.3. Mesures per incrementar la recuperació de condensats a les calderes de vapor.	74
9.4. Mesures per corregir la contaminació dels condensats de AR-3.....	77
9.5. Mesures per millorar el diagnòstic de la instal·lació.	78
9.6. Mesures per elaborar el diagnòstic del consum d'aigua a la zona de plantes de producció.	79



10. AVALUACIÓ DE L'IMPACTE AMBIENTAL DE LES PROPOSTES DE MILLORA.	80
10.1. Impacte sobre els efluent de sortida.....	80
10.2. Reducció de l'impacte per emissions a l'atmosfera.....	81
11. AVALUACIÓ ECONÒMICA.	84
11.1. Estimació econòmica de la instal·lació d'un sistema de purgues automàtic a les calderes.	84
11.2. Estimació econòmica de la substitució del grup de retorn de condensats de N-1, ND-1, A-1, Q-1.	85
11.3. Estimació econòmica de la instal·lació de dos nous grups de retorn de condensats a les plantes mancades.....	86
11.4. Estimació econòmica de la substitució del comptador del Pou 1.....	87
12. CONCLUSIONS.	89
12.1. Conclusions referents a l'estratègia proposada per a l'elaboració del projecte.....	89
12.2. Conclusions referents a l'aplicació de l'estratègia proposada al cas d'estudi.	90
AGRAÏMENTS.	95
BIBLIOGRAFIA	96
Referències bibliogràfiques	96
Bibliografia complementària	97



1. Introducció.

1.1. Antecedents

La millora en l'aprofitament dels recursos naturals i la reducció en la generació de residus són uns dels reptes als que s'enfronta la indústria actualment.

El fet que l'aigua tingui la doble vessant de recurs natural i, un cop utilitzada, de residu converteix l'habilitat d'estalviar-la i reutilitzar-la en un pas fonamental per esdevenir una indústria competitiva i eficient des dels punts de vista econòmic i mediambiental.

Fins fa ben pocs anys, l'aigua era vista per la indústria, i per la societat en general, com un recurs gairebé gratuït i poc menys que il·limitat. L'estalvi i la reutilització només eren considerats justificables si representaven una reducció de costos.

Per contra, en l'actualitat la mentalitat creixent per tenir cura dels recursos naturals i del medi ambient ha arrelat profundament en la indústria i la societat d'arreu. Tots els sectors de la societat han de contribuir al bon ús d'aquest recurs, aplicant mesures d'estalvi i d'eficiència que ajudin a reduir-ne el consum en qualsevol dels àmbits: domèstic, industrial, agrícola, per citar-ne alguns.

A Catalunya per exemple, el consum d'aigua segons dades de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) [1] es reparteix entre: ús agrícola amb un 73%, ús domèstic amb un 18% i ús industrial amb un 9%. Aquestes dades varien si s'analitza la regió metropolitana de Barcelona, on el consum agrícola és només del 10 %, l'industrial augmenta fins al 23 %, i el domèstic es dispara al 67 %.

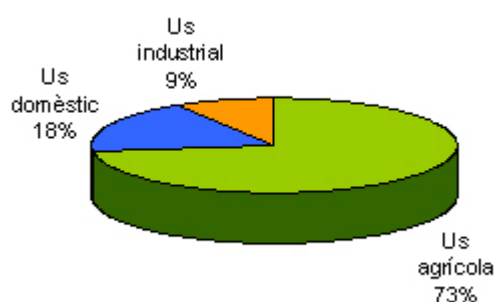


Fig. 1.1 Distribució del consum d'aigua a Catalunya segons l'ús que se'n fa. Font [1]



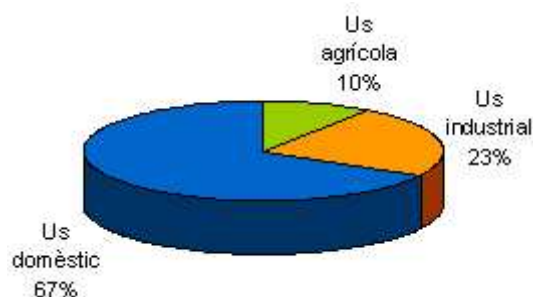


Fig. 1.2 Distribució del consum d'aigua a la regió metropolitana de Barcelona segons l'ús que se'n fa. Font [1]

Potser en aquest canvi de mentalitat hi ha jugat un paper important la intervenció de les administracions; però el cert és que ara l'eficiència energètica, l'optimització de recursos, la seguretat, la reducció de l'impacte sobre el medi i l'entorn i la imatge pública, són conceptes a l'ordre del dia de les indústries.

L'estalvi i reutilització d'aigua és una de les àrees on s'han assolit millores contínues i significants i les pràctiques en aquest camp són molt diverses segons la *naturalesa de la indústria* i la *seva ubicació*. Aquests dos factors determinen aspectes tant importants com la qualitat dels corrents d'aigua residual generats i subjectes de ser reutilitzats, la disponibilitat d'aigua depenent del clima i la situació geogràfica, la legalitat d'algunes pràctiques, etc.

Malgrat que els beneficis semblin anar immediatament lligats a la reutilització d'aigua, no és un objectiu simple d'assolir. La complexitat dels sistemes d'aigua d'algunes plantes, degut al creixement i canvis constants en les mateixes al llarg de molts anys, es converteix sovint en un escull difícil de superar. Els intents aïllats de reutilitzar aigua o canviar el sistema d'aigua d'una indústria sense preveure'n les conseqüències poden convertir-se en sorpreses desagradables. En són alguns exemples:

- Aparició de problemes com poden ser incrustacions i/o corrosió a les línies i equips que utilitzen aigua, degut a la mala qualitat de l'aigua reaprofitada.
- Dificultat per acomplir els requisits d'abocament d'aigua en quant a contaminants, ja que disminueix el cabal abocat i la concentració d'alguna espècie pot veure's augmentada.

És per això que cal una visió global del problema. D'un projecte d'estalvi i reutilització d'aigua industrial cal ressaltar-ne els beneficis que s'obtenen, però cal posar a l'altre plat de la balança les implicacions que comporta.



En aquest sentit es fa necessària una estratègia i un seguit de pautes a seguir per tal de no descuidar cap de les motivacions, possibilitats ni implicacions posteriors que afecten l'assoliment de l'objectiu final de l'empresa, que no és altre que el d'estalviar aigua tot optimitzant-ne el seu aprofitament.

1.2. Orígens i motivació del projecte.

Els orígens d'aquest projecte es troben en l'interès mostrat per una empresa química ubicada al Vallès per resoldre els problemes de disponibilitat d'aigua que pateix i descobrir-ne els motius.

D'aquest interès sorgeix l'oportunitat per a l'autor del projecte de treballar, en el marc d'un conveni de pràctiques entre universitat i empresa, en el Departament d'Enginyeria d'aquesta planta química per estudiar el cas.

En els vuit mesos de durada del conveni l'alumne s'ha hagut de familiaritzar amb el funcionament de la xarxa d'aigua de la planta, realitzar estudis de camp, fer proves i anàlisis al laboratori, tot treballant en col·laboració amb el personal de l'empresa i altres professionals.

La idea que es planteja a l'inici d'aquesta col·laboració és la d'estudiar l'aprofitament d'aigua depurada o regenerada procedent dels diversos efluent de la fàbrica amb l'objectiu final de posar fi a la mancança d'aigua que pateix la planta.

Però en l'anàlisi dels consums d'aigua de la planta, necessari per determinar els corrents reaprofitables, s'hi detecten alguns malbarataments d'aquest recurs que recomanen plantejar solucions encaminades a donar resposta a aquests malbarataments: propostes per reduir el consum d'aigua i promoure l'estalvi en origen com poden ser el tancar circuits de refrigeració i de calefacció amb vapor.

Durant el temps que ha durat l'estudi han sorgit diverses dificultats per obtenir determinada informació que permeti la detecció de punts d'estalvi o reutilització d'aigua. Aquest fet ha impulsat a l'alumne a establir una metodologia d'actuació, adaptada d'altres ja existents ([6], [11]) i consistent a proposar unes pautes aplicables a altres casos similars que permetin assolir el propòsit de reduir el consum d'aigua i, de proposar alternatives de millora en l'aprofitament que es fa d'aquest recurs en termes de quantitat i qualitat sense descuidar els aspectes legals, mediambientals i econòmics que rodegen el problema.



1.3. Abast i objectiu del projecte.

Responent a les necessitats plantejades per l'empresa, l'objectiu del projecte és elaborar un primer diagnòstic per conèixer l'estat d'aprofitament de l'aigua a la fàbrica i el plantejament de solucions als problemes observats.

S'aplicarà la metodologia per elaborar el diagnòstic de l'estat actual d'aprofitament d'aigua.

També són objecte d'aquest projecte l'estimació de l'impacte econòmic i ambiental tant de les solucions plantejades com de les pèrdues derivades de les males pràctiques detectades, amb la finalitat de constituir una eina que ajudi a l'empresa a decidir i finalment a adoptar o no l'alternativa proposada.



2. Metodologia per a la millora en l'aprofitament i gestió de l'aigua en una planta química.

2.1. Introducció.

Les mesures que es poden adoptar per tal de reduir el consum d'aigua en una planta química i millorar-ne la seva qualitat poden ser moltes i molt diverses, alhora que poden anar associades a múltiples condicionants.

La reducció del consum d'aigua promovent mesures d'estalvi o reutilització s'aconsegueix amb una visió extensa del problema que afecta a cada planta química en concret, i que contempli els múltiples condicionants que rodegen la utilització d'aquest recurs. Per aconseguir-la es fa necessària la implantació d'una estratègia de millora i fer un manteniment d'aquesta estratègia. És a dir, cal prendre consciència que serà més fàcil començar a treballar amb un coneixement de l'estat actual de la situació que no pas partir de zero.

Són molts i diversos els factors que influencien l'aprofitament d'aquest recurs i cada cas té les seves particularitats, però amb el seguiment d'una estratègia i un seguit de pautes es pretén aconseguir no deixar en l'oblit cap aspecte que hi tingui relació.

- És fonamental gaudir d'informació de tot allò que influencia la xarxa d'aigua de la planta, i que a més aquesta informació sigui fiable. En una primera instància, la informació ha de servir per conèixer les generalitats de cada cas.
- Conegut el funcionament general de la xarxa, cal elaborar una fotografia de l'estat actual del cas. En aquesta fase és possible que a més de nodrir-nos d'informació existent, calgui generar-ne de nova.
- Un cop conegut l'estat actual del cas, és hora d'analitzar la informació per tal d'elaborar un diagnòstic que identifiqui, avalui i jerarquitzï els problemes per tal de prioritzar la seva solució. En funció d'aquest anàlisi i de les restriccions existents es marquen els objectius de millora.
- La darrera de les etapes ha de consistir en presentar i avaluar les propostes de millora per tal d'establir les línies definitives d'actuació, també aquelles que donin resposta a les dificultats trobades durant el procés d'obtenció de dades útils i fiables.



- És important que no tota la feina acabi en la implantació de les millores proposades. Si es vol establir un mecanisme de millora continua, cal fer el manteniment adequat tan de la nova tecnologia implementada com de la informació que se'n pot obtenir del seu funcionament.

No es tracta només de pensar en la millora de la gestió de l'aigua en el moment en què és necessària l'elaboració d'un projecte de millora perquè es pateixen restriccions o problemes de qualitat. La presa de decisions precipitada sota aquestes pressions podria ser contraproductiu. És per això que és de vital importància mantenir un alt grau de coneixement de l'estat de l'aprofitament de l'aigua, per tal que sigui més fàcil elaborar un projecte de millora, per dotar a la xarxa d'aigua d'una traçabilitat que permeti implantar millores amb rapidesa partint d'un elevat grau de coneixement del problema.

En aquest capítol es descriurà una estratègia de millora continua, adaptada d'altres ja existents ([6], [11]), que contingui les pautes necessàries per assolir una gestió eficient de l'aigua en una planta química, que serveixi en molts casos com a guia dels passos a seguir per elaborar un projecte de millora en la gestió de l'aigua i que ajudi també al manteniment de l'eficiència de la xarxa d'aprofitament d'aigua d'aquesta planta.

L'estratègia proposada consta dels següents passos:

0. Etapa prèvia de recopilació d'informació general.
1. Etapa de reconeixement de l'estat actual.
2. Etapa d'anàlisi i de l'elaboració del diagnòstic.
3. Etapa d'elaboració i avaluació de propostes de millora.
4. Etapa d'implantació de les propostes de millora.
5. Etapa de seguiment i manteniment de les millores implantades.

No són etapes exclusivament aplicables al cas d'elaboració d'un projecte de millora de l'aprofitament de l'aigua a la indústria química, però si que es desenvoluparan pensant en ser aplicats per a aquesta finalitat.

En els següents apartats es descriuran les etapes proposades de la 0 a la 3, explicant-ne el seu objectiu i els seus aspectes metodològics.



2.2. Etapa prèvia de recopilació d'informació general.

OBJECTIUS.

Atès que aquesta etapa 0 és la fase inicial del projecte de millora de l'aprofitament d'aigua, cal acabar definint l'abast inicial i el volum de control del projecte. Per fer-ho s'ha de recollir suficient informació que permeti fer-se una idea global de la xarxa d'aigua de la planta i el problema que pateix.

ASPECTES METODOLÒGICS.

2.2.1. Ubicació del cas d'estudi.

En aquest apartat es tracta d'ubicar l'empresa que és motiu de l'estudi dins una branca del sector químic en concret, ja que els condicionants que justifiquen la utilització d'aigua en una indústria poden ser molt diferents depenent del què s'hi fabriqui.

2.2.2. Descripció de les motivacions que impulsen el projecte.

La llista de factors que motiven un projecte de millora en la gestió de l'aigua és tant llarga com casos particulars es poden donar. Poden tenir tan una repercussió molt concreta com de caire molt genèric i poden tenir orígens diversos:

- **Raons de disponibilitat d'aigua.** Ja sigui perquè en el present limita la producció, o bé perquè la limitaria en un futur en cas d'ampliació de l'activitat, la disponibilitat d'aigua és un motiu molt obvi per considerar iniciar un estudi com aquest.
- **Raons legals.** En alguns casos són les raons que poden impulsar el projecte. Però en tots ells cal estudiar les implicacions legals que tenen les solucions plantejades en matèria d'obtenció, aprofitament i abocament d'aigües.
- **Raons econòmiques.** Els costos d'obtenció, tractament i abocament de l'aigua són les primeres raons que acostumen a impulsar un projecte d'aquestes característiques. Però també al final del projecte, amb un anàlisi dels costos i els beneficis de reutilitzar l'aigua i del període de retorn de la inversió, es fan presents les raons econòmiques.
- **Altres raons com la percepció pública i la consciència ambiental.** En una època en què es demanen constants esforços al ciutadà per l'estalvi d'aigua i la millora de la gestió dels residus, és obvi que els esforços i recursos destinats a un



projecte de reutilització d'aigua en una indústria ajuden a millorar la percepció pública que se'n pot tenir.

El detall a l'hora de definir els motius que impulsen el projecte vindrà fixat per la profunditat del coneixement que es tingui del mateix:

- En el cas que els responsables de la planta facin un seguiment continuat i metòdic dels consums d'aigua, es podrà definir més fàcilment el problema i atacar-lo més ràpidament per donar-li resposta.
- En el cas contrari, serà necessari treballar més temps en aquesta etapa de recopilació d'informació general i en la següent de reconeixement de l'estat actual, per tal de definir més clarament els problemes a atacar.

2.2.3. Identificació dels recursos disponibles.

Sovint l'abast de l'estudi o dels punts a estudiar vindrà limitat per uns recursos que s'han pre-fixat d'inici, inclús abans d'haver realitzat cap diagnòstic.

Aquest seria un cas molt extrem que limitaria el desenvolupament de qualsevol estudi, però al cap i a la fi no deixa de ser un condicionant més del projecte que s'ha de tenir en compte.

El que s'espera en la majoria de casos és que es destinin una sèrie de recursos, sobretot humans, per assolir els objectius fins com a mínim a l'etapa del diagnòstic de l'aprofitament de l'aigua. També es pot parlar de recursos tècnics que ajudin a elaborar aquest diagnòstic.

Més endavant, amb l'informe o el diagnòstic elaborat o inclús havent avaluat les propostes de millora, llavors és quan es destinen els recursos econòmics per tal d'implantar-les.

2.2.4. Identificació de les fonts i nivell de detall de la informació disponible.

Com en tots els projectes la informació és capital per assolir els objectius finals. En el cas d'un projecte encaminat a la millora de l'aprofitament de l'aigua en una planta química és molta la informació necessària i cal tenir ben presents quines fonts ens proporcionen dades fiables.

Aquesta etapa és important per tenir identificades les diferents fonts d'informació disponibles i que es podran consultar en qualsevol moment de l'elaboració del projecte.

És important començar recopilant **informació bàsica dels condicionants que han motivat l'inici del projecte**. És a dir, cal partir d'aquella informació que ha encès l'alarma que indica que hi ha problemes d'aprofitament d'aigua.



- **Recull de dades històriques de consum i abocament:** és informació de què ha de disposar la pròpia fàbrica, obtinguda de les factures d'aigua o dels propis comptadors de la xarxa d'aigua de la planta. També cal tenir presents les autoritzacions de captació i abocament, documents que recullen la limitació d'aigua captable i abocable així com la càrrega contaminant d'aquests abocaments.
- **Estudis previs sobre el motiu del problema:** si l'inici del projecte es troba en un estudi que recull i descriu la problemàtica existent, molta de la feina ja estarà feta. Si es parteix d'un estudi i recopilació d'informació que els propis responsables de la planta han elaborat o encarregat cal disposar d'ell.
- **Recopilació de legislació i normativa referent al tema:** actualment és fàcil i ràpid trobar informació referent a les diferents lleis que regeixen l'ús industrial de l'aigua en les diferents pàgines web de les institucions pertinents. A Catalunya per exemple, la consulta d'aquest tipus d'informació es pot realitzar a través de la pàgina web de la Generalitat de Catalunya [9] i els seus departaments de Medi Ambient i Habitatge [8] i Innovació, Universitats i Empresa [7] en els seus apartats de legislació i normativa respectivament. A més, es pot consultar també la pàgina web de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) [2], on de manera més directa es pot obtenir tot tipus d'informació referent a l'aigua i els seus usos, els tràmits legals, etc. També cal tenir en compte les normatives pròpies de les comunitats o consorcis d'usuaris de les diferents conques hidrogràfiques de Catalunya.

Per tal de conèixer quin cicle realitza l'aigua a la fàbrica i al nivell de detall que es vol arribar en aquesta fase, la resta de informació necessària s'hauria de trobar a la pròpia empresa:

- **Diagrames de flux de l'aigua a l'interior de la fàbrica.**
- **P&ID i plànols de les diferents zones de la fàbrica on s'utilitza aigua.**
- **Projectes previs relacionats amb la xarxa d'aigua.**
- **Manuais de funcionament i manteniment de les instal·lacions d'aprofitament d'aigua.**
- **Recull de dades històriques de qualitat dels corrents d'aigua.**

2.2.5. Descripció qualitativa del cicle de l'aigua a l'interior de la planta.

Malgrat que el volum de control que s'acabi escollint pugui estar limitat a una zona en concret de la planta, és necessari conèixer el recorregut que realitza l'aigua tot al llarg de la



fàbrica. Aquest coneixement proporciona informació dels seus antecedents i els seus destins finals, i és útil per detectar el possible origen del problema i la seva solució.

Cal doncs, identificar i conèixer el recorregut que realitza l'aigua al llarg de la planta:

- **Obtenció.** L'aigua tan pot provenir de companyia d'aigües com de captació pròpia, sigui de pou o aigua superficial. L'origen del recurs en marca la qualitat, el preu i la seva disponibilitat.
- **Tractaments d'adequació.** Els tractaments tan interns com externs que necessita l'aigua a la indústria vénen determinats per la seva qualitat i els usos que se'n vol fer.
- **Emmagatzematge.** Si es fa, cal saber en quines condicions s'emmagatzema l'aigua i amb quines finalitats.
- **Usos.** L'aigua a la indústria té múltiples finalitats. S'utilitza com a fluid refrigerant o de calefacció; és una important matèria primera en molts processos productius; és també utilitzat en tasques de transport i té gran importància com agent de neteja. Cal detectar i llistar les operacions que utilitzen aigua.
- **Depuració i abocament.** L'abocament dels efluents de la fàbrica pot ser que es faci a la llera pública, al clavegueram, o al mar. Tots ells són abocaments regulats i cal adequar-ne la seva qualitat mitjançant un sistema de depuració previ a l'abocament.

En aquesta etapa també cal recollir informació sobre la qualitat necessària de l'aigua utilitzada en cada secció de la fàbrica. La consulta es pot realitzar a la múltiple bibliografia referent al tema i també a la descripció tècnica dels diferents equips que utilitzen aigua.

2.2.6. Establiment del volum de control.

Un projecte d'aquestes característiques comença escollint les fronteres de l'estudi, el que normalment coneixem com a volum de control. Òbviament, el volum de control ve fixat en bona part pel motiu o els motius que impulsen el projecte.

Poden ser volums de control que tan sols abastin una àrea de la planta química (com pot ser la utilització que se'n fa en un procés productiu en concret o la xarxa d'aigua sanitària, o la xarxa d'aigua de refrigeració, etc.), o també que abastin la totalitat de la xarxa d'aigües de la fàbrica.



És aconsellable començar seleccionant un volum de control extens, que permeti fer-se una idea del global del problema, encara que després s'acabin concentrant els esforços en resoldre un problema molt concret. Potser un gran esforç en resoldre un problema particular pot conduir a un petit estalvi d'aigua, mentre que el mateix esforç aplicat a un problema de majors dimensions pot comportar una reducció en el consum major.

Aquesta etapa pretén resumir la recopilació de dades feta fins al moment, fixant les hipòtesis de treball i l'abast de l'estudi que es desenvoluparà en les etapes següents.

En els casos en els quals es parteixi d'un sistema de gestió d'aigua ben implementat on contínuament se'n faci un seguiment i se sàpiga concretament el problema que es vol abordar serà més fàcil establir objectius detallats i inclús quantificats. Però en el cas que no se sàpiga l'origen dels elevats consums d'aigua o de la qualitat inadequada, serà difícil marcar un objectiu que no sigui el de conèixer aquest origen i marcar els objectius quantitius a posteriori.

2.3. Etapa de reconeixement de l'estat actual.

OBJECTIUS.

Sabent ja quin és el volum de control i amb el grau de coneixement general que s'ha adquirit en l'anterior etapa, ara l'objectiu és la comptabilització i l'enregistrament de dades per quantificar els usos de l'aigua i la qualitat que es requereix. Si amb l'anterior etapa es pretenia conèixer qualitativament la xarxa d'aigua, en aquesta etapa cal aprofundir més concretament en els problemes que han motivat l'estudi i quantificar-los. Serà necessari un treball de camp intens que proporcioni dades detallades sobre els consums d'aigua del volum de control seleccionat, caldrà verificar també les dades obtingudes, i molt probablement recollir dades encara més concretes dels punts que condicionen el cas.

ASPECTES METODOLÒGICS.

2.3.1. Disseny de la primera recollida de dades en el volum de control.

2.3.1.1. Dades necessàries.

Per tal de quantificar els usos de l'aigua en el volum de control és **imprescindible** conèixer els cabals dels diferents corrents; i si el problema és de qualitat faran falta anàlisis que la caracteritzin.



Però també cal tenir en compte la resta de condicionants. Els consums d'aigua són funció de determinades variables del procés i per això poden ser necessàries altres dades **complementàries i més específiques** depenent de l'ús que se'n fa:

- *Aigua destinada a producció*: tipus de producte, volum de producció, quantitat d'aigua utilitzada per producte.
- *Aigua de serveis de refrigeració o calefacció*: si és aigua del circuit de refrigeració o del de vapor de calefacció, pot ser útil saber la seva temperatura, quin producte i quina quantitat refrigeren o escalfen, etc.
- *Aigua de neteja*: volum de l'equip a netejar, qualitat de l'aigua abans i després del rentat.
- *Tota l'aigua*: caracteritzar la qualitat de l'aigua utilitzada en totes les seccions de la fàbrica es pot considerar imprescindible més que no pas una informació complementària. Dóna una idea dels corrents reaprofitables i pot ser l'explicació a pèrdues d'aigua a través de porus o per purgues excessives en circuits tancats, només per donar dos exemples.
- *Altres*.

2.3.1.2. Fonts d'obtenció de dades.

La informació per quantificar els usos i la qualitat de l'aigua a l'interior de la fàbrica pot ser de dos tipus: *experimental o de lectura directa* i *de disseny*. Les dues són importants per conèixer l'estat actual d'aprofitament de l'aigua i les seves oportunitats de millora: les experimentals perquè donen informació de l'estat real i les teòriques perquè permeten la comparació d'ambdós valors

És imprescindible obtenir dades experimentals del funcionament real de la zona o volum de control seleccionat, per saber els consums d'aigua que es donen a la fàbrica en el moment de l'estudi. La importància d'aquestes dades està en el fet que donen informació de com realment s'està aprofitant l'aigua. Podem obtenir d'elles doble informació:

- Mitjançant la comparació amb valors teòrics o del disseny inicial de la planta podem detectar malbarataments per mal funcionament o fuites o usos inadequats segons la seva qualitat.
- Si en la comparació entre dades experimentals i de disseny no hi ha diferències, es pot arribar a la conclusió que el problema és de disseny i que cal implementar millores i canvis tecnològics.



Treballant tan sols amb dades teòriques o de disseny, al no poder comparar aquestes amb les de funcionament real, no es podran detectar mals funcionament ni fuites d'aigua i tan sols es podran detectar alguns dels problemes que requereixen canvi en la tecnologia d'aprofitament d'aigua. Aquesta informació s'ha de buscar als projectes d'implantació dels equips de la zona que engloba el volum de control.

En resum, cal recollir informació del disseny inicial de la planta sobre quina quantitat d'aigua es necessita a cada zona de la fàbrica i de quina qualitat, i dades experimentals per més endavant comparar ambdós valors. Amb aquesta comparació es detecten els punts dèbils de la xarxa d'aprofitament d'aigua..

Per a l'obtenció de dades sobre consums reals és necessària una xarxa de comptadors instal·lada a diferents punts de la fàbrica i que funcioni correctament. Per tal de poder quantificar els principals usos de l'aigua és indispensable instal·lar dispositius comptadors en les següents zones:

- A l'entrada de la fàbrica.
- Als circuits auxiliars de tractament i emmagatzematge d'aigua.
- Als circuits de serveis d'aigua de refrigeració, vapor de calefacció, etc.
- A les diferents seccions o plantes de la fàbrica on s'utilitza aigua per a la producció o neteja.
- A la sortida de la fàbrica (sortida de la depuradora si en té).

La informació teòrica o de disseny es pot obtenir de diverses fonts depenent del consum final que es faci de l'aigua:

- *Aigua destinada a producte final*: cal saber quanta aigua és necessària per obtenir una certa quantitat de producte final i això es pot saber donant un cop d'ull a les receptes actualitzades dels productes.
- *Aigua de refrigeració o vapor de calefacció*: per comprovar que s'utilitza la quantitat correcta de fluid auxiliar d'intercanvi de calor i no hi ha pèrdues cal saber el salt tèrmic que realitza el producte a refredar o escalfar, la seva capacitat calorífica i el seu cabal. O bé si se sap, disposar directament del valor necessari de fluid de refrigeració o calefacció per unitat de producte final. Aquesta informació també s'hauria de trobar a les receptes o fulls d'especificació dels productes. Pel què fa a l'aigua utilitzada en serveis auxiliars (vapor i refrigeració) també és indispensable



comprovar-ne el seu reaprofitament, és a dir, comprovar si els circuits estan perfectament tancats i tenen les mínimes pèrdues possibles.

- *Aigua de neteja*: cal saber la quantitat d'aigua necessària per efectuar un rentat de les instal·lacions. És informació que s'hauria de trobar als procediments de neteja dels equips, o que es pot obtenir de dades històriques.

Fins ara s'ha parlat del cas d'obtenir la informació considerada imprescindible, que és la quantificació dels consums. Però el mateix passa amb la resta de dades complementàries que es consideri necessari recollir en cada cas. Cal comptar amb dades de funcionament real i només recórrer a utilitzar dades de disseny per a la comparació i extracció de conclusions, ja que sinó es passen per alt alguns dels problemes que pateix l'aprofitament d'aigua.

Les fonts per a obtenir aquest tipus de informació són tan diverses com la seva naturalesa. Però en general es pot dir que la majoria de informació experimental provindrà de la utilització d'instruments de mesura i mètodes analítics, mentre que les dades teòriques o de disseny poden provenir de tot tipus de bibliografia: projectes de plantes, bibliografia especialitzada, normes, etc. En l'exemple de la qualitat d'aigua, les dades experimentals són fruit d'anàlisis realitzats al laboratori de l'empresa o al d'una empresa externa; mentre que les dades teòriques les proporciona la consulta de bibliografia especialitzada, normes de qualitat, o la consulta d'un especialista.

2.3.1.3. Enregistrament de les dades experimentals.

L'enregistrament de les dades pot ser manual o informatitzat depenent de la tecnologia de què es disposi.

Independentment d'aquest fet, del què es tracta és de planificar la freqüència de la lectura en funció dels consums i els factors que els condicionen. En la mesura del possible, és recomanable recollir les dades cada cop que varia un d'aquests condicionants i es produeix un escenari diferent en l'aprofitament de l'aigua.

Així doncs, la variació dels condicionants que fixen el valor dels consums marcarà també la freqüència en què es faci l'enregistrament de les lectures.

Per fer la lectura i enregistrament manuals de la informació s'han d'elaborar les plantilles de recollida de dades i guardar la informació també en format informàtic per facilitar-ne el tractament i manipulació posteriors.



2.3.1.4. Classificació de les dades recollides.

Finalment s'ha d'emmagatzemar la informació classificada segons siguin els diferents escenaris donats per la variació de les condicions d'utilització d'aigua.

Això farà que no es barregin dades de consums o de qualitat que no tinguin res a veure i que de fer-ho no permetria veure algun dels motius de malbaratament d'aigua.

2.3.2. Càlcul i discussió dels consums d'aigua.

Tota la informació experimental obtinguda i classificada d'acord amb l'estratègia de recollida de dades que s'hagi dissenyat ha de servir per quantificar els consums d'aigua i/o dels contaminants. Per tant en aquesta etapa queden quantificats els usos que es fa d'aquest recurs a tota la fàbrica i en els diferents escenaris que s'han volgut diferenciar.

Resulta útil elaborar diagrames de flux amb les dades promig de consum de cada zona per veure de forma més gràfica d'on prové i on es destina l'aigua dins la fàbrica.

2.3.2.1. Càlcul i comprovació dels consums d'aigua.

Es calculen els valor promig dels consums d'aigua i es comprova que aquests siguin valors coherents.

En el cas que no ho siguin caldrà comprovar: el correcte funcionament dels comptadors, que no hi hagi punts de fuga en la xarxa, l'existència d'un consum o d'una font no contemplada, etc. Aquesta comprovació es pot fer de múltiples maneres:

- Utilitzant cabalímetres portàtils i instal·lar-los en paral·lel amb els que es sospita que no funcionen.
- Recorrent a altres balanços com els de contaminants (si es disposa de prou dades) per caracteritzar el sistema.
- Observació visual directe de la xarxa d'aigua per detectar punts de fuga.
- Altres. Per exemple fer una reconciliació de dades mitjançant tractament matemàtic.

2.3.2.2. Comprovació de la qualitat de les dades recollides.

Un cop quantificats els consums cal comprovar la fiabilitat de les dades, ja sigui mitjançant tractament estadístic o per observació directe. El que cal és veure si les dades obtingudes són o no representatives i si tenen una certa repetibilitat.



Un primer pas és comprovar que no es repeteixin valors impossibles, com per exemple consums negatius d'aigua.

Seguidament és útil calcular paràmetres estadístics com la seva desviació estàndard, la moda i la freqüència amb què es repeteix, per comprovar la repetibilitat de les dades i saber si el consum d'aigua és més o menys constant o fluctua àmpliament.

Al final dels passos 2.3.2.1 i 2.3.2.2 s'han de treure conclusions sobre el correcte funcionament o no de la principal font d'informació experimental: els comptadors i altres instruments de mesura. És necessari saber la confiança que es pot tenir en la informació que ens proporcionen per seguir treballant per l'estalvi d'aigua.

2.3.3. Contrast de la informació. Detecció de consums elevats.

Per a detectar anomalies en l'aprofitament de l'aigua amb l'observació dels consums, són múltiples les estratègies que es poden seguir:

- Comparació dels diferents escenaris d'aprofitament d'aigua: es poden detectar alguns dels perquè dels elevats consums en determinades zones.
- Comparació dels valors de consums o de qualitat amb el seu valor teòric o de disseny (si es disposa d'ell): permet detectar desviacions del funcionament real de la xarxa respecte al seu funcionament òptim de disseny.
- Consulta de casos similars i de les tendències actuals en el camp corresponent.

Amb la informació complementaria que s'hagi decidit recollir i el seu contrast amb els valors teòrics es podran apuntar algunes de les causes dels problemes que pateix l'aprofitament de l'aigua tal i com s'ha apuntat a l'apartat 2.3.1.2.

Per dir-ho d'una altra manera, calen els referents d'uns estàndards de consum i de qualitat per comparar i veure on és el problema i determinar si cal recollir informació més detallada.

En molts casos, llistant aquests punts d'elevat consum i contrastant el valor actual amb les referències que s'acaben de citar ja no serà necessària més informació que la recollida fins al moment per elaborar el diagnòstic i les línies de millora de la següent etapa. Però en d'altres, caldrà informació més detallada per elaborar el diagnòstic definitiu. En aquests casos caldrà seguir els passos que vénen a continuació.



2.3.4. Recollida de dades més concretes.

Si és necessària una altra recollida de dades més concretes per a l'elaboració del posterior diagnòstic i el seu posterior tractament caldrà seguir els passos descrits en els punts que van de 2.3.1 fins a 2.3.3.

2.4. Etapa d'anàlisi i de l'elaboració del diagnòstic.

OBJECTIUS.

Un cop fet l'esforç del treball de camp per a recollir dades concretes del funcionament de la xarxa, és hora d'utilitzar aquesta informació per elaborar el diagnòstic de l'estat de l'aprofitament de l'aigua a la fàbrica. Aquest diagnòstic ha de definir i quantificar els problemes que afecten la xarxa d'aigua, les seves causes, els impactes que genera, ordenar-los de major a menor importància i fixar els objectius per a millorar l'aprofitament d'aigua amb les mires posades a reduir-ne el consum i adequar-ne la qualitat.

ASPECTES METODOLÒGICS.

2.4.1. Resum dels punts de millora i la seva quantificació.

La importància d'aquest punt de la metodologia rau en què comparant els valors reals de consum amb els teòrics s'han de justificar els diferents usos de l'aigua i detectar els punts que cal millorar.

És a dir que comparant els valors reals amb els òptims i fent ús de la informació recollida s'identifiquen i es quantifiquen els volums d'aigua desaprovechada i els motius pels quals es desaprovecha (causes del problema).

També entren dins l'etapa del diagnòstic del mal funcionament de la xarxa d'aigua, els problemes relacionats amb la seva qualitat. Per tan també s'han de resumir aquells punts on s'ha detectat que la qualitat de l'aigua no és l'adequada pel seu ús.

Per elaborar aquesta justificació s'ha d'utilitzar la informació recollida en l'apartat 2.3.3 (i següents si és que aquests s'han acabat elaborant).

Però el diagnòstic dels punts de millora no es pot reduir estrictament a qüestions de quantitats malbaratades o quantitats aprofitables ni a problemes de qualitat de l'aigua. El diagnòstic de l'estat de l'aprofitament de l'aigua també ha d'incloure aquells punts que afecten a la seva pròpia elaboració.



És a dir, el diagnòstic també ha de ser una crítica dels punts dèbils que no ens permeten elaborar-lo de manera acurada i ràpida. Poden servir d'exemple la falta d'equips per quantificar consums d'aigua, la manca d'informació per contrastar els consums, el deteriorament de les instal·lacions, etc.

La majoria de possibilitats de millora i estalvi solen estar relacionades amb un dels següents punts:

Accions per millorar en l'aprofitament de l'aigua (tan en termes quantitius com qualitius).

- Identificar i eliminar els usos innecessaris o excessius: per exemple en rentats.
- Identificar i eliminar pèrdues fixes: per exemple en purgues continues innecessàries.
- Assegurar la mínima utilització d'aigua per acomplir una tasca.
- Assegurar que els paràmetres de qualitat de l'aigua són adequats pel seu ús.
- Recircular aigua en processos i circuits tancats: sobretot recuperar els condensats de vapor i utilitzar circuits tancats de refrigeració amb torres de refredament.
- Tractar i reutilitzar, només quan la qualitat de l'aigua ho aconselli.

Accions per millorar en el manteniment i la diagnosi de la instal·lació:

- Instal·lar comptadors necessaris per quantificar els usos de l'aigua que no estan quantificats.
- Instal·lar altres aparells sensors que permetin controlar i enregistrar els paràmetres dels quals depenen alguns consums d'aigua.
- Realitzar tasques de verificació documental i millorar-ne el sistema d'arxivament.

2.4.2. Avaluació de l'impacte derivat del mal aprofitament de l'aigua.

A l'apartat 2.2.2 s'han descrit els motius que impulsen l'elaboració d'un projecte de millora en l'aprofitament d'aigua a la indústria. En el present apartat s'han d'avaluar els perjudicis que causa el malbaratament d'aigua o l'ús d'aigua de qualitat inadequada en els mateixos termes:



- **Termes de disponibilitat d'aigua.** Quantificar el volum d'aigua estalvable i la seva qualitat. Avaluar les pèrdues que significa en quant a disponibilitat d'aigua per a altres usos i l'afectació a altres processos.
- **Termes legals i normatius.** Avaluar els incompliments legals i normatius en què s'incorre per culpa dels malbarataments o abocaments de qualitat inadequada detectats. L'anàlisi dels impactes en aquests termes anirà estretament lligat amb l'impacte sobre el medi ambient.
- **Termes econòmics.** Cal quantificar les pèrdues econòmiques derivades del desaprofitament de l'aigua. S'han de contemplar els costos d'obtenció, tractament i abocament de l'aigua per descomptat. I aquest anàlisi també ha d'incloure altres costos associats que pugui dur l'aigua malbaratada com pot ser el del combustible i dels additius de condicionament en el cas d'aigua per a calderes de vapor per posar un exemple.
- **Altres termes com la percepció pública i la consciència ambiental.** També s'han d'avaluar les millores en altres termes potser considerats intangibles com són la millora de la percepció pública adoptant mesures de protecció del medi.

2.4.3. Jerarquització problemes a solucionar.

Per optimitzar els recursos disponibles i per donar solució als problemes més urgents és necessari jerarquitzar els problemes per establir un ordre de prioritats a l'hora de solucionar-los.

Es proposa seguir el següent ordre de prioritat:

EN TERMES ECONÒMICS.

1. Aquelles millores que siguin més rendibles econòmicament; és a dir, que amb el mínim de recursos condueixin al màxim d'estalvi en termes de volum d'aigua i diners. Per avaluar-ho es poden tenir en compte diversos factors: cost de l'aigua, cost d'implantació de solucions, volum anual estalviat, període de retorn, etc.
2. En segon lloc, estudiar aquelles millores que necessiten un temps d'avaluació mitjançant proves pilot.
3. Deixar com a últim recurs aquelles millores que no són econòmicament rendibles, però que es podrien aplicar en situacions límit d'extrema mancança d'aigua.



EN TERMES TÈCNICS.

1. Aquelles millores que signifiquin reduccions del consum sense que suposi un canvi en el cicle de l'aigua. És a dir prioritzar l'estalvi a la reutilització (reducció de consum en l'origen del problema)
2. Prioritzar la reutilització d'aigües sense necessitat de regeneració a les que si que ho necessiten.

2.4.4. Fixar els objectius de millora en funció de la seva prioritat.

Un cop identificades les mancances de la xarxa d'aigua, les seves causes i un cop establert l'ordre de prioritat amb què s'han d'afrontar les seves respectives solucions, cal fixar els objectius viables de millora que marcaran la línia de treball del següent apartat 2.5.

A l'hora de fixar els objectius s'ha de tenir una referència de casos similars i de les tendències actuals en la matèria que ocupa el problema en concret. És per això que són útils les consultes bibliogràfiques o a experts.

Òbviament al marcar un objectiu de millora cal especificar fins a quin punt es vol i es pot millorar. En aquesta etapa pren molta importància el treball i la informació recollida en el punt 2.3.3, és a dir el contrast dels consums reals amb els estàndards actuals que marcaran fins a quin punt és millorable l'aprofitament de l'aigua.

2.5. Etapa d'elaboració i avaluació de propostes de millora.

OBJECTIUS.

L'etapa d'elaboració i avaluació de les propostes de millora ha de permetre conèixer quines són les solucions als problemes detectats i recollits en el diagnòstic perquè els responsables de la indústria puguin prendre una decisió.

ASPECTES METODOLÒGICS.

Aquesta etapa pot variar en algun dels seus punts depenent de la naturalesa dels problemes detectats i de quines siguin les solucions.

Com a mínim però haurà de comprendre les següent etapes:

- Descripció de les millores proposades, del seu mode de funcionament i de les característiques més bàsiques.



- Avaluació dels costos d'implantació de les millores.
- Avaluació de l'impacte ambiental derivat de la implantació de les millores.

En alguns casos també podrà ser necessària una etapa de simulació d'alguna proposta de millora, per poder determinar-ne algun factor important o preveure'n el comportament abans de la seva implantació.



Aplicació al cas d'estudi.



3. Etapa prèvia de recopilació d'informació general.

3.1. Descripció del cas d'estudi.

L'estudi se centra en el cas concret de la xarxa d'utilització d'aigua d'una fàbrica amb plantes de producció de tensioactius i d'aromes. De forma ràpida els usos donats a l'aigua a la fàbrica es resumeixen en:

- Serveis: aigua de refrigeració, vapor de calefacció.
- Producció: aigua destinada a producte final, aigua per rentat de productes.
- Altres: com per exemple aigua destinada a rentats de plantes i equips.

Mitjançant el seguiment dels consums al llarg d'un any es pretén elaborar el diagnòstic de quin és l'estat de l'aprofitament de l'aigua a la fàbrica.

3.2. Descripció de les motivacions de l'empresa que impulsen l'estudi.

El motiu principal manifestat per l'empresa que impulsa aquest treball respon a una qüestió de **disponibilitat d'aigua**.

El desconeixement dels motius concrets que provoquen l'elevat consum d'aigua a la fàbrica fa que calgui elaborar un diagnòstic per tal de **conèixer els punts conflictius** que provoquen el problema de disponibilitat d'aigua.

L'empresa pren consciència dels seus problemes en l'aprofitament de l'aigua quan en observar la factura anual d'aigua detecta que el volum anual consumit l'any 2005 es troba al límit de la concessió autoritzada per l'ACA. Aquest fet preocupa ja que podria limitar una hipotètica voluntat d'augment de la producció per part de la planta.

A més en determinades ocasions s'han hagut d'emprendre mesures precipitades per a solucionar determinats episodis de manca d'aigua:

- Comprar puntualment cisternes d'aigua tractada destinada al circuit de refrigeració.
- Instal·lar un mòdul suplementari a les instal·lacions d'osmosi inversa per reaprofitar aigua del rebuig de les etapes anteriors.



També existeixen inquietuds de caire ambiental, doncs el registre de pluges d'aquest hivern (2006-2007) fan preveure restriccions d'aigua de cara a l'estiu.

3.3. Identificació dels recursos disponibles.

Per elaborar el diagnòstic i fer la proposta de millores s'ha comptat amb el treball de l'autor del projecte en col·laboració amb el departament d'enginyeria de l'empresa.

En aquest cas no s'han especificat els recursos econòmics disponibles per tal d'implantar millores, ja que primer cal elaborar el diagnòstic de quant s'està consumint i a on. S'avaluaran les propostes un cop presentades i valorades.

Per tan no existeixen limitacions a priori per elaborar les propostes de millora, sinó que al finalitzar el projecte l'empresa estudiarà la viabilitat de cada proposta i decidirà si implementar-la o no.

3.4. Identificació de les fonts i nivell de detall de la informació disponible.

Pel coneixement de la xarxa d'aigua de la fàbrica, l'empresa proporciona els diagrames corresponents a la xarxa global i a les diferents plantes a les quals es destina aigua. El seu grau de detall i actualització marquen el grau de coneixement que es pot assolir en aquest projecte.

Les dades necessàries que permetran calcular els consums d'aigua de l'any 2006 de tota la fàbrica les proporcionen els comptadors instal·lats al llarg de diferents punts de la xarxa d'aigua de la planta, i la lectura que en donen diàriament els operaris de la fàbrica.

També en la línia d'informació de l'estat de la xarxa d'aigua es disposa dels anàlisis diaris de la seva qualitat (duresa total) realitzats per personal de la fàbrica a diferents punts fixos de la xarxa.

Amb aquesta informació es coneixeran les àrees que constitueixen la xarxa d'aigua, els consums que es donen a les diferents àrees que disposen de comptador i la duresa de l'aigua utilitzada.

Aquests tres punts, diagrama de la xarxa d'aigua, lectures dels comptadors de l'any 2006 i anàlisis de la qualitat de l'aigua de l'any 2006, constitueixen la base de la qual es parteix per començar l'estudi de l'aprofitament de l'aigua a la fàbrica.

La informació addicional que caldrà aconseguir més endavant és la que permeti justificar els consums d'aigua que s'observen amb les lectures dels comptadors.



3.5. Descripció qualitativa del cicle de l'aigua a l'interior de la planta.

En aquest apartat es descriu el cicle qualitatiu que realitza l'aigua a l'interior de la planta. Per fer més fàcil la comprensió de les explicacions s'ha elaborat l'esquema general de la xarxa d'aigua de la fàbrica (Fig. 3.1), on es recullen els diversos grups que constitueixen aquesta xarxa i el punt on es troben els diferents comptadors que configuraran la principal font d'informació experimental dels consums d'aigua.

L'esquema general de la xarxa d'aigua (Fig. 3.1) recull els grups d'obtenció, tractament i consum d'aigua de la fàbrica i serveix per descriure el camí que segueix dins la fàbrica, des que és obtinguda fins el seu abocament.

- Pous i tancs d'emmagatzematge d'aigua.
- Sistemes de tractament de l'aigua extreta: osmosi inversa i desionització.
- Piscines de les torres de refrigeració del circuit de CW.
- Calderes de generació de vapor.
- Producció.



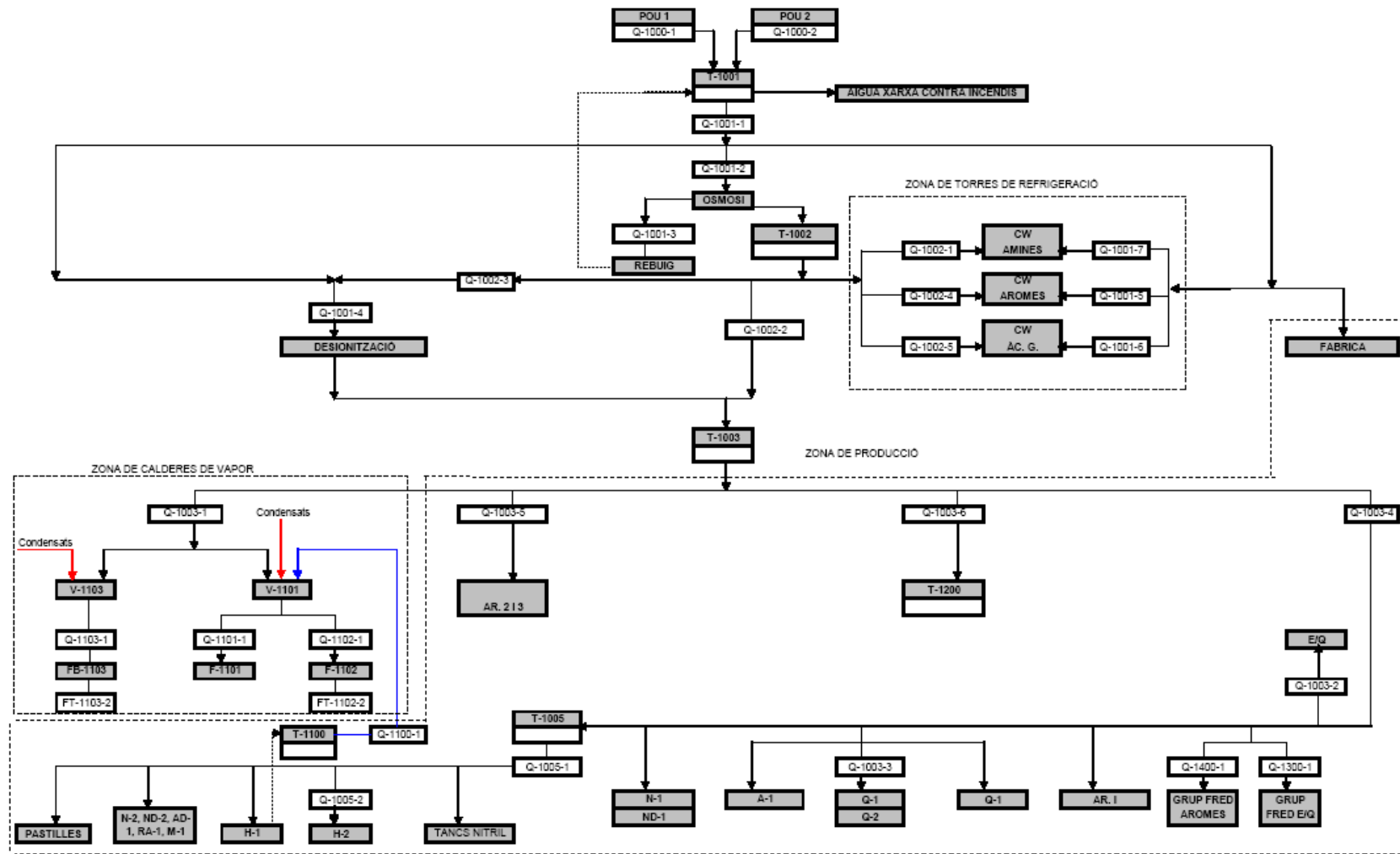


Fig. 3.1 Esquema general de la xarxa d'aigua.

3.5.1. Pous d'obtenció d'aigua.

Tota l'aigua utilitzada prové de dos pous situats dins les pròpies instal·lacions de la companyia (Pou 1 i Pou 2). L'aigua captada mitjançant dos conjunts de motor-bomba no es distribueix directament als punts de consum, sinó que prèviament s'emmagatzema al tanc T-1001 de 1000m³.

El funcionament dels equips de captació no és continu, sinó que quan es detecta un nivell baix en el dipòsit s'accionen les bombes submergibles que extreuen aigua.

L'aigua extreta dels pous emmagatzemada en el tanc T-1001 es destina majoritàriament a alimentar el grup de tractament per osmosi inversa, una altra part s'envia a les piscines de les torres de refrigeració, també se'n destina a la unitat de desionització per resines d'intercanvi iònic, i finalment se'n destina una altra part a aigua de boca per a mànegues, utilitzada per rentar la fàbrica, etc.

Cal dir que del dipòsit T-1001 també s'extreu l'aigua destinada a la xarxa dels equips contra incendis, però que aquest consum òbviament no és diari. Tant sols es consumeix aigua en aquesta zona quan es procedeix a la inspecció d'aquests equips o quan hi ha algun simulacre.

3.5.2. Grup de tractament per osmosi inversa.

Gairebé tota l'aigua extreta dels pous és enviada a la unitat de tractament per osmosi inversa, per tal de desconcentrar-la de sals i fer-la apta pel seu ús en els diversos processos de la fàbrica.

Prèviament a entrar en el grup d'osmosi inversa, l'aigua circula per un filtre de sílex on s'eliminen les partícules sòlides a nivell macroscòpic, i a la seva sortida es dosifiquen una sèrie d'additius per regular-ne el pH.

El grup d'osmosi inversa està disposat en dues etapes. La primera etapa de 3 membranes i la segona etapa de 2 membranes. L'equip està dissenyat per tractar 36m³/h d'aigua amb un nivell de recuperació del 75%. És a dir que el cabal de rebug és de 9m³/h i la producció neta d'aigua osmotitzada és de 27m³/h, que són enviats al dipòsit T-1002..

Per superar algunes èpoques de mancança d'aigua s'ha utilitzat una tercera etapa consistent en una sisena membrana, amb la missió de desconcentrar part del cabal d'aigua de rebug. Quan opera aquesta tercera membrana es reaprofiten 2,4m³/h d'aigua que es reenvien al tanc T-1001, mentre que el rebug final són 6,6m³/h.



3.5.3. Resines d'intercanvi iònic.

Al voltant de dues terceres parts del cabal d'aigua osmotitzada es fan circular per tres resines d'intercanvi iònic (catiònica dèbil, catiònica forta i aniònica) que produeixen l'aigua desmineralitzada necessària per a procés i per l'alimentació de les calderes de vapor.

Una part molt petita de l'aigua amb la que s'alimenten aquestes resines, és aigua directa de pou que no ha passat pel procés d'osmosi inversa.

L'aigua de sortida de la unitat de desionització s'emmagatzema al tanc T-1003.

3.5.4. Piscines de les torres de refrigeració.

Un dels principals grups consumidors d'aigua de la fàbrica és el circuit d'aigua de refrigeració, on cal reposar les pèrdues per evaporació o arrossegament a les torres de refrigeració.

Hi han instal·lades 6 torres de refrigeració humides de tiratge natural ajudades per ventilador al llarg de la fàbrica. Aquestes 6 torres estan situades sobre 3 piscines diferents, l'aigua de reposició de les quals prové del grup d'osmosi inversa i, una petita part, directament del tanc T-1001 d'aigua de pou.

Per les plantes destinades a la producció d'àcids grassos hi ha tres torres sobre una mateixa piscina o bassa de recollida d'aigua. Per les plantes d'amines hi ha dues torres i per les plantes d'aromes una torre.

3.5.5. Calderes de generació de vapor.

La majoria de les necessitats de calefacció de les diverses plantes se satisfan amb vapor d'aigua, que es genera en les tres calderes de què disposa la fàbrica.

Les calderes F-1101 i F-1102 destinen la seva producció de vapor a les plantes de tensioactius, mentre que el vapor de la FB-1103 es destina a les plantes d'aromes.

Tant F-1101 com F-1102 s'alimenten de l'aigua del dipòsit V-1101, que a la vegada s'alimenta d'aigua procedent de T-1003 (aigua desionitzada), T-1100 (aigua calenta procedent de circuits de refrigeració de la planta H1 i demés) i dels condensats que retornen de les diverses plantes destinades a la producció de tensioactius.

La caldera FB-1103 s'alimenta d'aigua de T-1003 i dels condensats que retornen de les plantes d'aromes.



Cal aclarir que la caldera F-1101 tant sols entra en funcionament quan hi ha puntes de consum, mentre que F-1102 i FB-1103 estan sempre en funcionament.

3.5.6. Aigua destinada a producció.

En l'esquema de la Fig. 3.1 hi apareixen un seguit de sigles que representen les diferents plantes de producció de la fàbrica. A continuació es fa un recull de quin és el significat de cada una d'elles.

Taula 3.1 Dades necessàries i fonts d'obtenció en la primera recollida de dades en el volum de control.

Sigles	Planta
AC. G.	Obtenció d'àcids grassos a partir de greix
N-1 i N-2	Obtenció de nitrils a partir d'àcids grassos
ND-1 i ND-2	Destil·lació de nitrils
H-1 i H-2	Obtenció d'amines per hidrogenació de nitrils
AD-1	Destil·lació d'amines
A-1	Alquilació d'amines
Q-1 Q-2	Obtenció de compostos quaternaris a partir d'amines
E/Q-1 i EQ-2	Esterificació i quaternització de nitrils
RA-1	Recuperació de NH ₃ de la nitrilació
M-1	Mescles
PASTILLES	Planta escamadora
AR-1, AR-2, AR-3	Obtenció d'aromes (aldehids i lactones)

L'aigua destinada a les diverses plantes de producció s'utilitza en algunes de les reaccions per fabricar els múltiples productes de les plantes de tensioactius i d'aromes, en els rentats de reactors d'aquestes plantes i també s'hi comptabilitza l'aigua necessària per generar aigua freda en els grups de fred de les plantes d'Aromes (a partir del dipòsit T-1400) i de Esterificació i Quaternització (E/Q) (a partir del dipòsit T-1300).



Altres usos minoritaris són els de rentat de gasos en scrubbers, preparació de dissolucions necessàries en els processos, etc.

3.5.7. Estació depuradora d'aigües residuals.

La depuradora està dividida en tres àrees funcionals: el tractament d'aigües d'alta càrrega, la depuradora físico-química i el reactor biològic.

Les aigües d'alta càrrega, procedeixen d'una part del procés de producció d'aromes. Aquestes són neutralitzades i filtrades i així s'aconsegueix reduir-ne la DQO a gairebé la meitat. Finalment s'emmagatzemen en un dipòsit reserva que alimenta el reactor biològic.

A l'àrea de la depuradora físico-química es tracten la resta d'aigües residuals. Aquesta àrea està constituïda per un procés de decantació, aireació, ajust de pH, precipitació, floculació i decantació.

Una part d'aquestes aigües de sortida de l'àrea físico-química s'envien posteriorment al reactor biològic junt amb les aigües d'alta càrrega emmagatzemades; mentre que l'excés de cabal restant s'envia directament a l'abocament final d'aigües residuals. De la sortida del reactor biològic l'aigua degradada és alimentada a un grup de filtració al buit per recircular els microorganismes al reactor biològic.

3.6. Establiment del volum de control de l'estudi.

El baix grau de coneixement que es té de l'aprofitament d'aigua en aquest cas i la voluntat d'esbrinar la veritable causa de l'elevat consum, fan recomanable establir com a volum de control la totalitat de la xarxa d'aigua de la fàbrica.

D'aquesta manera es pretén llistar tots els consums d'aigua a partir de les dades disponibles. Posteriorment, en funció de les operacions que es detecti que consumeixen més aigua, es faran seguiments més específics o es proposaran nous estudis.

S'hauran d'obtenir dades de consums sobre totes les zones considerades consumidores finals d'aigua:

- Aportació d'aigua fresca al circuit tancat d'aigua circulant per torres de refrigeració.
- Aportació d'aigua fresca al circuit de vapor de calefacció.
- Aigua tractada destinada a l'àrea de producció (producte final, operacions de rentat, etc.).



Per tant, en tractar-se d'un cas en què es parteix d'una situació on hi ha poca informació ordenada que identifiqui els diferents usos de l'aigua, el més adequat és marcar-se com a objectiu intermedi el de quantificar aquests usos.

Posteriorment, un cop quantificats aquests usos i, donat que l'envergadura del total de la fàbrica no serà abastable en un sol projecte, s'establiran quines zones abordar en funció de les que presentin major consum, deixant per a posteriors estudis les demés.



4. Disseny de la primera recollida de dades en el volum de control.

4.1. Dades necessàries i fonts d'obtenció.

En aquest apartat es descriuen les dades que inicialment es consideren necessàries per llistar i quantificar els grans consums de la fàbrica. La descripció es fa en mode de taula i recull la informació a obtenir i la font o fonts d'obtenció d'aquesta.

En aquest cas la informació disponible és la proporcionada per l'empresa.

Taula 4.1 Dades necessàries i fonts d'obtenció en la primera recollida de dades en el volum de control.

Informació necessària	Fonts
Zones de consum d'aigua de la fàbrica	<ul style="list-style-type: none"> - P&ID de la xarxa general d'aigua. - P&ID de les diferents plantes de la fàbrica - Esquema general de la xarxa d'aigua (Fig. 3.1). - Resseguiment visual de la xarxa d'aigua⁽¹⁾.
Dades experimentals del consum d'aigua real de cada zona de la fàbrica.	<ul style="list-style-type: none"> - Històric de consums de l'any 2006 procedent de les lectures diàries dels comptadors. Lectures realitzades pels operaris de manteniment a les 0:00 h.
Dades dels consums teòrics o de disseny de cada zona de la fàbrica.	<ul style="list-style-type: none"> - Projectes d'implantació de les diferents plantes. - Manuals d'operació de les diferents plantes i equips. - Bibliografia especialitzada segons el consum.

(1) La no coincidència entre alguns dels P&ID féu necessari un treball de camp consistent en resseguir visualment la xarxa d'aigua per tal d'elaborar la llista d'equips i zones consumidores d'aigua.



4.2. Freqüència de la recollida i enregistrament de les dades experimentals necessàries.

Totes les dades experimentals utilitzades per al control dels consums d'aigua provenen de les lectures diàries dels comptadors que realitzen els operaris de manteniment de la fàbrica a les 0:00h de cada dia.

Per tant l'enregistrament és diari, es realitza de forma manual i no contempla la variació que pot patir el consum d'aigua en funció dels diversos condicionants que el poden afectar (processos en marxa, producte fabricat, quantitat fabricada, etc.).

Per tal de recollir les dades es fa servir una plantilla que l'operari omple amb les lectures dels comptadors cada mitjanit, i que introdueix en un fitxer Excell diàriament. Aquest mètode d'obtenció de les dades ha induït a més d'un error, ja sigui recollint les dades com a l'hora d'introduir-les a l'ordinador.

Tenint en compte que l'objectiu que s'ha fixat fins ara és llistar els punts de consum i quantificar-los, sense arribar encara a la necessitat de justificar-los, aquesta freqüència d'enregistrament de dades ja és vàlida.

4.3. Classificació de les dades segons el mode d'operació de la xarxa d'aigua.

Durant l'any 2006 (període d'estudi del cas) s'han dut a terme diferents modes d'operació del circuit d'aigua de la fàbrica. Bàsicament les diferències han consistit en períodes durant els quals només s'extreia aigua d'un sol pou, períodes en què s'extreia aigua dels dos pous, períodes en què es feia circular aigua per la tercera etapa del grup d'osmosi i períodes en què no. El primer pas que s'ha donat un cop obtingudes les dades ha estat classificar les lectures en els períodes corresponents, per tal de diferenciar el mode d'operació de la xarxa d'aigua.

La Taula 4.2 recull quines èpoques de l'any s'ha operat d'una manera o d'una altra.



Taula 4.2 Períodes de l'any 2006 i modes d'operació de la xarxa d'aigua de la fàbrica.

Període	Pous en funcionament	Reaprofitament del rebuig de l'osmosi
Del 1/1/2006 al 30/1/2006	Pou núm. 1 i pou núm. 2	NO
Del 31/1/2006 al 28/2/2006	Pou núm. 1	NO
Del 1/3/2006 al 23/7/2006	Pou núm. 1	SI
Del 24/7/2006 al 30/9/2006	Pou núm. 1 i pou núm. 2	SI
Del 1/10/2006 al 31/12/2006	Pou núm. 1 i pou núm. 2	NO



5. Càlcul i discussió dels consums d'aigua.

Partint de la informació obtinguda i classificada segons els diferents períodes i modes d'operació de la xarxa d'aigua, és moment de calcular els consums a les diferents zones de la fàbrica.

A més del càlcul dels consums es comprova la fiabilitat de les dades, cercant possibles punts d'incoherència.

L'objectiu d'aquest apartat és acabar coneixent els consums d'aigua amb informació fiable, que constitueixi la base de treball per l'elaboració del diagnòstic final i les posteriors propostes de millora.

5.1. Càlcul dels consums.

Pel càlcul dels consums d'un dia qualsevol es resta la lectura del comptador al final d'aquell dia menys la del dia anterior. D'aquesta manera se saben els consums diaris de totes les zones que disposen de comptador.

Després s'ha calculat la mitjana aritmètica corresponent a cada període amb un mode d'operació diferent de la xarxa d'aigua de tots els consums.

Per tal d'extreure conclusions pel què fa als consums d'aigua al conjunt de la fàbrica és important disposar de totes les dades cada dia. Per tan, a l'hora d'elaborar les mitjanes de consums només s'han tingut en compte els dies en què no ha faltat cap dada. De no fer-ho així, i al treballar amb promitjos dels consums, s'estaria cometent un error que provocaria que el balanç no estigués quadrat.

Val a dir que 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 a la Taula 5.1, on a més s'hi indica de quins comptadors depenen. (la situació de cada comptador es pot comprovar a l'esquema de la Fig. 3.1 del capítol 3.5 d'aquesta memòria).



Taula 5.1 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⁾	$(Q-1005-1)-(Q-1005-2)$

(1) S'entén com a zona A les 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. Per veure-ho més fàcilment es pot mirar la Fig. 3.1

(2) 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.

5.2. Resultats i comprovació dels consums d'aigua.

En l'Annex A es presenten els resultats del càlcul dels consums i també s'hi exposen les comprovacions d'aquest.

S'hi recullen els cinc esquemes (veure de la Fig. A.2 a Fig. A.6 de l'apartat A.2 de l'annex A) que inclouen la totalitat de la xarxa d'aigua de la fàbrica corresponents a les dades mitjanes de consum de cada un dels diferents períodes d'operació de la xarxa descrits a la Taula 4.2.



Posteriorment es desglossen els resultats dels consums en els grups presentats a l'apartat 3.5, on es descrivia el cicle de l'aigua a l'interior de la fàbrica, per tal que sigui més fàcil d'entendre i detectar alguna anomalia (veure de l'apartat A.3 a A.7 de l'annex A). Al mateix temps que es presenten els consums de manera desglossada, es fan comprovacions per detectar incoherències derivades d'un mal funcionament dels comptadors o del mètode d'obtenció de les dades.

Aquestes comprovacions (veure apartat A.8 de l'annex A) van encaminades a veure si la informació obtinguda és representativa i fiable, i si el mètode d'obtenció de les dades és correcte o no. S'ha parat atenció a la falta repetida de dades d'un determinat comptador, l'existència de valors incoherents (per exemple valors negatius) i la repetibilitat dels consums d'aigua.

5.3. Conclusions de la comprovació dels consums.

De l'observació dels consums d'aigua feta a l'Annex A es poden extreure les següents conclusions referents a la fiabilitat i repetibilitat de les dades:

5.3.1. Sobre la fiabilitat de les dades.

Ha quedat palesa l'existència de mals funcionaments de la principal font d'informació experimental: els comptadors.

Pel què fa a la **falta repetida de dades**, només 127 dels 345 dies en els quals la fàbrica va estar operativa es van poder extreure totes les dades de consums. (veure taula A.1 de l'annex A).

El principal causant d'aquesta falta de dades és el comptador del rebuig de l'osmosi (Q-1001-3), que es troba avariats i en el qual ha entrat aigua. A més de faltar la seva lectura en 170 dies, el dia que aquesta s'ha fet no ha marcat bé (veure apartat A.4.1 de l'annex A)

Altres causes de la falta de dades en altres comptadors són:

- 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.

D'altra banda, destaca l'**existència de valors de consums incoherents**, que s'han detectat amb l'observació dels consums d'aigua.



La primera d'aquestes incoherències es troba a la zona de pous d'obtenció d'aigua: l'aigua enviada a la xarxa contra incendis, calculada a partir dels comptadors dels 2 pous i de la sortida de T-1001, hauria de prendre valor 0 m³/dia ja que aquests equips només es fan servir puntualment en els simulacres. Lluny d'acostar-se a 0 m³/dia (en el mes de gener de 2006 pren un valor promig de 36 per exemple) el valor inclús pren signe negatiu molts dies (veure apartat A.3.1 de l'annex A). Això apunta a un mal funcionament dels comptadors (Q-1000-1) i (Q-1001-1).

Aquest mal funcionament s'ha comprovat instal·lant un comptador per ultrasons, perfectament calibrat, en paral·lel amb aquests comptadors. Els resultats d'aquestes comprovacions es troben en l'Annex B. Les comprovacions han consistit en prendre lectura dels dos comptadors (del que hi ha fix a la línia i el d'ultrasons) al mateix moment i veure si coincidien els consums. Les conclusions extretes d'aquests seguiments són que els dos comptadors presenten deriva en les seves indicacions, compten de més, però que aquesta no és constant i que per tan cal un recalibrat o una reparació tan de (Q-1000-1) com de (Q-1001-1).

En conseqüència, no es consideren fiables les dades d'aigua extreta dels pous, ni la que surt del dipòsit T-1001, ni els consums que es calculen depenent d'aquests comptadors com són l'aigua de la xarxa contra incendis i l'aigua enviada de pou directament a les plantes.

De la zona d'osmosi inversa ja s'ha comentat que s'ha detectat el mal funcionament del comptador del rebuig, i s'ha comprovat que es troba inundat. El mal funcionament també 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, calculat com a suma de tots els usos que es fa de l'aigua osmotitzada (veure de Fig. A.11 a Fig. A.15 de l'apartat A.4 de l'annex A). El valor resultant d'aquesta operació no coincideix amb el que de mitjana ha comptat el comptador d'aigua de rebuig (Q-1001-3).

Tampoc proporciona dades fiables el comptador de l'entrada de la instal·lació d'osmosi inversa, el Q-1001-2. Tal i com es descriu a l'Annex A en el seu apartat A.4.1, el valor que indica comparat amb el d'altres cabalímetres parcials presents a la instal·lació no coincideix. A més es trobar gairebé un 15% per sobre del seu valor de disseny. Per tan no es tenen dades fiables del funcionament de la instal·lació d'osmosi inversa.

De la resta de zones, amb la informació obtinguda fins al moment no es pot destacar cap mal funcionament de comptadors .



5.3.2. Sobre la repetibilitat dels consums.

Queda demostrat que el consum d'aigua a la fàbrica no és constant i que presenta una important variabilitat.

S'ha calculat el coeficient de dispersió de Karl Pearson de cada consum (que és el quocient entre la desviació estàndard i la mitjana aritmètica) en els 5 períodes diferents de consum d'aigua (veure de la Taula A.8 a A.12 de l'apartat A.8.3 de l'annex A).

Gairebé tots els consums presenten un coeficient de dispersió superior a 0,1 (en valor absolut), la qual cosa vol dir que presenten una variació de més del 10% de mitjana.

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:

- 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.

La resta de consums són molt poc constants, fet que ve a demostrar la multitud de variables que poden influir en el consum d'aigua i el poc coneixement que se'n té. Aquest fet no és més que la constatació de la dificultat per tirar endavant un projecte d'estalvi d'aigua amb propostes molt concretes, gaudint d'informació tant general i tant poc concisa.

A falta de comparar els valors de consum reals amb els teòrics que s'haurien d'esperar, ja es fa palesa la necessitat d'obtenir informació més concreta i real sobre aquells grans consums d'aigua de la planta.

5.4. Detecció de consums elevats i el seu contrast.

Per tal de descobrir quins són els màxims consums d'aigua de la fàbrica, s'han identificat els consumidors finals, obviant els passos d'extracció i tractament. Són aquells grups que fan ús de l'aigua o que representen un destí final per l'aigua i que no són grups de pas intermedi. Aquests grups o zones de consum final són les torres de refrigeració, les calderes de vapor i les plantes de producció.

A continuació es detallen els consums mitjans dels principals grups consumidors finals d'aigua (torres de refrigeració, calderes de vapor, plantes de producció) ordenats de major a menor, pels diferents períodes en què s'han dividit les dades.



Taula 5.2 Consums finals d'aigua corresponents al període 1/1/2006 a 30/1/2006.

Zona de consum	Consum promig (m ³ /dia)
Piscina Amines.	140
Piscina Aromes.	33
Piscina àc. Gras.	107
TOTAL PISCINES	280
AIGUA DESIONITZADA a CALDERES	268
AIGUA A E/Q	23
AIGUA a T-1400 (GRUP FRED AROMES)	27
AIGUA a T-1300 (GRUP FRED E/Q)	3
AIGUA A Q-1 I Q-2	4
AIGUA a ZONA A	70
AIGUA A H-2	2
AIGUA A ZONA B	19
AIGUA DESIONITZADA a PRODUCCIÓ	148
AIGUA DESIONITZADA a AR 2 i AR 3	1
AIGUA DESIONITZADA a T-1200	1

(*) Els valors ombrejats són els totals utilitzats per fer la suma. La resta són consums parcials que ja s'han tingut en compte en un dels totals.



Taula 5.3 Consums finals d'aigua corresponents al període 31/1/2006 a 28/2/2006.

Zona de consum	Consum promig (m ³ /dia)
AIGUA DESIONITZADA a CALDERES	312
Piscina Amines.	89
Piscina Aromes.	57
Piscina àc. Gras.	73
TOTAL PISCINES	219
AIGUA A E/Q	19
AIGUA a T-1400 (GRUP FRED AROMES)	51
AIGUA a T-1300 (GRUP FRED E/Q)	4
AIGUA A Q-1 I Q-2	1
AIGUA a ZONA A	87
AIGUA A H-2	3
AIGUA A ZONA B	30
AIGUA DESIONITZADA a PRODUCCIÓ	195
AIGUA DESIONITZADA a AR 2 i AR 3	1
AIGUA DESIONITZADA a T-1200	0

(*) Els valors ombrejats són els totals utilitzats per fer la suma. La resta són consums parcials que ja s'han tingut en compte en un dels totals.



Taula 5.4 Consums finals d'aigua corresponents al període 1/3/2006 a 23/7/2006.

Zona de consum	Consum promig (m ³ /dia)
AIGUA DESIONITZADA a CALDERES	275
Piscina Amines.	128
Piscina Aromes.	39
Piscina àc. Gras.	92
TOTAL PISCINES	259
AIGUA A E/Q	22
AIGUA a T-1400 (GRUP FRED AROMES)	58
AIGUA a T-1300 (GRUP FRED E/Q)	2
AIGUA A Q-1 I Q-2	4
AIGUA a ZONA A	53
AIGUA A H-2	3
AIGUA A ZONA B	24
AIGUA DESIONITZADA a PRODUCCIÓ	166
AIGUA DESIONITZADA a AR 2 i AR 3	2
AIGUA DESIONITZADA a T-1200	0

(*) Els valors ombrats són els totals utilitzats per fer la suma. La resta són consums parcials que ja s'han tingut en compte en un dels totals.



Taula 5.5 Consums finals d'aigua corresponents al període 24/7/2006 a 30/9/2006.

Zona de consum	Consum promig (m ³ /dia)
AIGUA DESIONITZADA a CALDERES	315
Piscina Amines.	176
Piscina Aromes.	38
Piscina àc. Gras.	87
TOTAL PISCINES	301
AIGUA A E/Q	23
AIGUA a T-1400 (GRUP FRED AROMES)	57
AIGUA a T-1300 (GRUP FRED E/Q)	2
AIGUA A Q-1 I Q-2	4
AIGUA a ZONA A	51
AIGUA A H-2	4
AIGUA A ZONA B	24
AIGUA DESIONITZADA a PRODUCCIÓ	165
AIGUA DESIONITZADA a T-1200	3
AIGUA DESIONITZADA a AR 2 i AR 3	1

(*) Els valors ombrejats són els totals utilitzats per fer la suma. La resta són consums parcials que ja s'han tingut en compte en un dels totals.



Taula 5.6 Consums finals d'aigua corresponents al període 1/10/2006 a 31/12/2006.

Zona de consum	Consum promig (m ³ /dia)
Piscina Amines.	193
Piscina Aromes.	50
Piscina àc. Gras.	38
TOTAL PISCINES	281
AIGUA DESIONITZADA a CALDERES	273
AIGUA A E/Q	12
AIGUA a T-1400 (GRUP FRED AROMES)	46
AIGUA a T-1300 (GRUP FRED E/Q)	3
AIGUA A Q-1 I Q-2	6
AIGUA a ZONA A	35
AIGUA A H-2	3
AIGUA A ZONA B	21
AIGUA DESIONITZADA a PRODUCCIÓ	126
AIGUA DESIONITZADA a T-1200	0
AIGUA DESIONITZADA a AR 2 i AR 3	0

(*) Els valors ombrats són els totals utilitzats per fer la suma. La resta són consums parcials que ja s'han tingut en compte en un dels totals.

5.4.1. Contrast dels consums d'aigua.

Com s'ha dit en el capítol 3.6 d'aquesta memòria, l'envergadura de la fàbrica objecte d'estudi no es pot abastar en aquest projecte.

Per això, un cop coneguts els consums que es donen a les diferents zones de la fàbrica (aigua de refrigeració, aigua fresca a les calderes de vapor i aigua destinada a procés, s'ha decidit quines zones són objecte d'un estudi més profund i quines es proposa fer en un estudi posterior.



Els consums majoritaris d'aigua a la fàbrica es donen al circuit de refrigeració i al circuit de vapor (veure de Taula 5.2 a Taula 5.6), i coincideix que tots dos són usos com a serveis.

La suma dels consums d'aigua destinats a serveis representen entre el 75% i el 80% del consum total d'aigua tractada, mentre que la resta és el que s'ha anomenat aigua destinada a producció o procés (destinada a producte final, a rentats d'equips, a operacions rentat de gasos en scrubbers, etc.)

És per això que des d'aquest punt en endavant es contrastaran els consums que es donen a les àrees de serveis, deixant per una fase futura d'estudi els consums a l'àrea de producció o procés.

Per detectar les causes dels elevats consums al circuit de refrigeració i al circuit de vapor s'ha realitzat un estudi més profund d'aquestes zones, les conclusions dels quals es resumeixen en els capítols 6 i 7.



6. Seguiment al circuit de refrigeració.

Per tal de comprovar l'eficiència en l'ús d'aigua a les torres de refrigeració s'ha pretès conèixer les pèrdues de la xarxa d'aigua de refrigeració.

6.1. Identificació de la zona de les piscines de les torres de refrigeració.

Hi han instal·lades 6 torres de refrigeració humides de tiratge natural ajudades per ventilador al llarg de la fàbrica. Aquestes 6 torres estan situades sobre 3 piscines diferents, l'aigua de reposició de les quals prové del grup d'osmosi inversa i, una petita part, directament del tanc T-1001 d'aigua de pou.

L'anomenada *piscina d'amines* comprèn les dues torres de refrigeració dedicades al circuit de refrigeració de les plantes de nitrilació (N-1 i N-2), de destil·lació de nitril (ND-1 i ND-2), de hidrogenació (H-1 i H-2), de destil·lació d'amina (AD-1) de mescles (M-1), d'alquilació (A-1), de quaternització (Q-1 i Q-2) i de recuperació d'amoníac (RA-1).

La *piscina d'aromes* comprèn una torre dedicada al circuit de refrigeració de les plantes d'aromes (AR-1, AR-2 i AR-3).

I la *piscina d'àcids grassos* comprèn les tres torres que corresponen al circuit de refrigeració de les plantes d'splitting de greixos, i d'esterificació i quaternització (E/Q-1 i E/Q-2).

6.2. Comprovació de l'existència de pèrdues a la xarxa.

S'ha fet un resseguiment del conjunt d'equips instal·lats a les diferents plantes de la fàbrica que en consumeixen (CW) per assegurar que el circuit es troba perfectament tancat.

És a dir, es tracta de comprovar si els equips consumidors d'aigua de refrigeració tenen connexió a la línia de retorn d'aigua a les torres per detectar punts on el circuit es troba obert.

Amb aquest resseguiment s'han descobert quatre casos de bombes de buit d'anell líquid que estan operant en circuit obert. A la següent taula es pot veure quins són aquests grups i el seu consum diari promig d'aigua de refrigeració.



Taula 6.1 Consums finals d'aigua corresponents al període 1/10/2006 a 31/12/2006.

Planta	Equip	Consum
N-2	Bomba de buit d'anell líquid P-211	20 m ³ /dia
Àcids grassos	Bomba de buit d'anell líquid P-908	20 m ³ /dia
Àcids grassos	Bomba de buit d'anell líquid P-1110	20 m ³ /dia
A-1, Q-1 i Q-2	Bomba de buit d'anell líquid P-1903	15 m ³ /dia

El problema rau en què aquests equips utilitzen aigua del circuit de refrigeració per generar l'anell líquid de la bomba, i posteriorment al seu ús aquesta és abocada a la reguera.

Les bombes de buit P-211 i P-1903 suposen un consum extra d'aigua fresca a la piscina de les torres de refrigeració d'amines. Per la seva banda les bombes P-908 i P-1110 suposen un consum extra d'aigua fresca a la piscina de les torres d'àcids grassos.



7. Seguiment al circuit de vapor.

7.1. Identificació de la zona de calderes de generació de vapor.

A la fàbrica hi ha instal·lades tres calderes de vapor que donen servei a totes les plantes de producció del recinte.

La caldera FB-1103 és una caldera de construcció aquatubular que dóna servei a les plantes d'aromes AR-1, AR-2 i AR-3.

La caldera F-1102 és de construcció piro-tubular i dóna servei a la resta de plantes de la fàbrica (les dedicades als diferents processos per acabar fabricant tensioactius). Per la seva banda la caldera F-1101 entra en funcionament només quan les puntes de consum de vapor fan insuficient el vapor generat a F-1102.

El balanç de matèria d'aigua en una caldera en estat estacionari es pot descriure de la següent manera:

$$M = S + B - C$$

Eq. 7.1

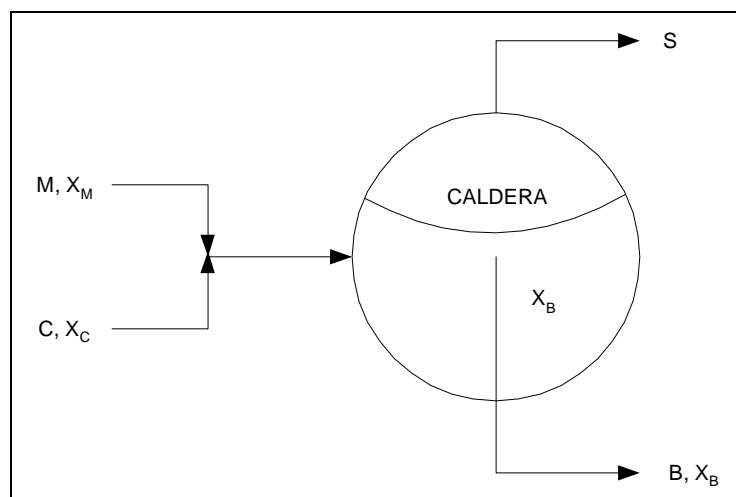


Fig. 7.1 Esquema del balanç de matèria en una caldera de vapor.



On:

- (M): és el cabal d'aportació d'aigua necessari per reemplaçar les purgues, el vapor generat, els condensats no retornats i les pèrdues en general.
- (X_M): és la concentració de sòlids en l'aigua d'aportació fresca.
- (C): és el cabal de condensats de vapor recirculats a la caldera.
- (X_C): és la concentració de sòlids en el corrent de condensats.
- (S): és el cabal de vapor generat a la caldera.
- (B): és el cabal de purgues per desconcentrar l'aigua de l'interior de la caldera.
- (X_B): és la concentració de sòlids a l'interior de la caldera, i a la vegada la del corrent de purga.

És a dir, que suposant que la generació de vapor (S) és constant i que el retorn de condensats (C) sempre és el mateix en número, el cabal d'aigua fresca a aportar a la caldera (M) seria sempre constant.

Si idealment es considera que tot el vapor generat pot ésser retornat a la caldera com a condensat un cop utilitzat ($S = C$), llavors tant sols caldria aportar l'aigua (M) necessària per compensar les purgues (B) per desconcentració de sals.

La realitat indica però que no tot el vapor pot ser retornat en forma de condensats a la caldera.

Així doncs per comprovar l'eficiència en l'ús d'aigua a les calderes el que s'ha pretès ha estat conèixer:

- Si el cabal de purgues va en consonància amb el contingut de sòlids de l'aigua de l'interior de la caldera.
- Quin percentatge de l'aigua alimentada a calderes representen els condensats.

Els resultats del seguiment del circuit de vapor es troben detallats a l'annex D.



7.2. Conclusiones referents a les purgues d'aigua a les calderes.

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 D.1 i D.2 a l'apartat D.1 de l'annex D.

Durant el seguiment 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

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 per l'aigua de l'interior i $X_M^* = 5$ mg/l de CaCO_3 per l'aigua d'alimentació.

Durant el període de seguiment, cap vegada s'ha superat el valor límit 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 cabal de purga s'ha mantingut constant a 950 kg/h (0,95 m³/h) a F-1102 i 600 kg/h (0,6 m³/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 al 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.



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

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

- UNE-EN 12952-12 [3] per a calderes aquotubulars i les seves instal·lacions auxiliars.
- UNE-EN 12953-10 [4] per a calderes pirotubulars i les seves instal·lacions auxiliars.

La totalitat de fabricants de calderes recomanen seguir els criteris de qualitat de l'aigua descrits en aquestes dues normes.

S'ha comprovat (a l'annex D, a l'apartat D.1.3) que canviant el criteri de qualitat de l'aigua de calderes actual pel recomanat en aquestes dues normatives, es podria estalviar un volum diari d'aigua a les calderes de 18 m³/dia a F-1102 i de 12 m³/dia a F-1103.

El canvi de criteri consistiria en purgar l'aigua de l'interior de les calderes en funció de la conductivitat elèctrica a un valor de 6000 µS/cm en comptes de fer-ho segons un valor de duresa de 15ppm (o 500 µS/cm de conductivitat), i hauria d'anar acompanyat de la instal·lació d'un sistema de purgues automàtic que garantís aquest valor.

7.3. Conclusions de la recuperació de condensats.

El seguiment s'ha realitzat entre els mesos de gener i febrer de l'any 2007 i els resultats es troben a l'apartat D.2 de l'annex D. S'ha tingut en compte el % d'aigua alimentada que correspon a condensats i no el volum en si d'aquests condensats retornats, ja que el consum no és constant.

Les dades recollides indiquen que aproximadament de mitjana el 24% d'aigua que entra a les calderes prové de la recuperació de condensats de vapor (veure taules D.8 D.9 de l'apartat D,2 de l'annex D). 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.



S'han buscat les raons d'aquest % tant baix en dues hipòtesis: la purga excessiva de condensats per contaminació, o bé que manquen grups de retorn de condensats.

7.3.1. Contaminació dels condensats retornats.

S'ha pogut comprovar com els condensats retornats de la planta AR-3 han de ser purgats sovint per trobar-se contaminats, ocasionant pèrdues de 20m³/dia de promig. La resta no presenten problemes. Els resultats del seguiment es troben a les taules de la D.10 a la D.15 a l'apartat D.3 de l'annex D.

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.

7.3.2. Manca de grups 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 (veure annex D a l'apartat D.4) la confirmació de la manca d'aquestes instal·lacions en algunes de les plantes de la fàbrica.



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 $100\text{m}^3/\text{dia}$ de condensats que actualment es desvien a les torres de refrigeració d'amines.

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'amines i àcids grassos és d'aproximadament $100\text{m}^3/\text{dia}$.



8. Etapa d'anàlisi i de l'elaboració del diagnòstic.

La feina descrita fins al moment ha permès enumerar els usos de l'aigua a l'interior de la fàbrica i tenir una idea quantitativa dels consums al llarg de l'any 2006.

S'han detectat punts millorables amb l'anàlisi dels consums i seguiments posteriors, tan pel que fa a millores en l'aprofitament del recurs com en el manteniment de la instal·lació.

És el moment de resumir les anomalies detectades i d'enumerar les conseqüències que se'n deriven.

Els punts conflictius observats inclouen problemes de malbaratament d'aigua, qüestions de qualitat d'aigua i punts a millorar en la xarxa d'aigua per tal de facilitar el manteniment de la instal·lació i diagnosi de l'aprofitament del recurs.

8.1. Resum dels punts de millora.

Aspectes a millorar per a l'estalvi i millora de la qualitat d'aigua. (Taula 8.1).

A la Taula 8.1 es recullen aquells punts que, durant l'elaboració de l'estudi d'aprofitament d'aigua, s'ha pogut justificar que constitueixen un malbaratament d'aquest recurs. Alguns d'aquests punts estan íntimament lligats amb la qualitat de l'aigua, aspecte essencial a tenir en compte en un projecte com aquest.

En aquesta taula s'hi resumeixen els problemes observats, classificats segons si afecten a la xarxa d'aigua de refrigeració o al circuit de vapor de calefacció, i s'hi indica l'excés de consum d'aigua que comporten. A més s'hi recull l'impacte econòmic que es justifica en els apartats que segueixen.

Aspectes a millorar pel manteniment i diagnosi de l'aprofitament de l'aigua (Taula 8.2).

A la taula Taula 8.2 s'hi recullen aquells punts que han suposat un entrebanc per realitzar el diagnòstic de l'aprofitament de l'aigua a la fàbrica, i que de millorar-los seria possible tenir informació fiable sobre alguns consums que ara no es té.



Taula 8.1 Punts de millora per a l'estalvi d'aigua.

Ús final d'aigua	Instal·lació / Planta	Problema	Cabal	Estalviable	Impacte econòmic
Aigua destinada a la generació de vapor de calefacció	Caldera F-1102	Purgues excessives de l'aigua de l'interior de la caldera degut a: - Manca de resposta del sistema manual actual davant un canvi de cabal de purgues. - Aplicació d'un criteri de qualitat més restrictiu del necessari.	22,8 m ³ /dia	18 m ³ /dia	43677 €/any
	Caldera F-1103		14,4 m ³ /dia	12 m ³ /dia	
	Grup de retorn de condensats de N-1, ND-1, A-1, Q-1	Abocament dels condensats generats a la piscina de les torres de refrigeració d'amines.	100 m ³ /dia	0 m ³ /dia ⁽¹⁾	107640 €/any
	N-2, ND-2, AD-1, RA-1, M-1, Pastilles i tancs d'emmagatzematge d'amines i àcids grassos	Manca de grup de retorn de condensats	100 m ³ /dia	100 m ³ /dia	145590 €/any
	AR-3	Contaminació dels condensats de vapor provinents de la planta.	20 m ³ /dia	0 m ³ /dia ⁽¹⁾	21528 €/any
Aigua destinada al circuit d'aigua de refrigeració	Bomba de buit (P-211) de la planta N-2	Bombes de buit d'anell líquid operant en circuit obert.	20 m ³ /dia	20 m ³ /dia	28462 €/any
	Bomba de buit (P-1903) de les plantes A-1, Q-1 i Q-2		15 m ³ /dia	15 m ³ /dia	
	Bomba de buit (P-908) de la planta d'àcids grassos		20 m ³ /dia	20 m ³ /dia	
	Bomba de buit (P-1110) de la planta d'àcids grassos		20 m ³ /dia	20 m ³ /dia	
TOTAL			325 m³/dia	205 m³/dia	346897€/any

Taula 8.2 Punts de millora per al manteniment i diagnosi de l'aprofitament de l'aigua.

Instal·lació / Planta	Problema	Conseqüències
Pou 1	- Comptatge en excés del comptador Q-1000-1.	<ul style="list-style-type: none"> - Augment de la factura d'aigua. - Impossibilitat de conèixer el consum d'aigua total de la fàbrica. - Impossibilitat de conèixer el consum d'aigua de la xarxa contra incendis.
Dipòsit T-1001	- Comptatge en excés del comptador Q-1001-1.	<ul style="list-style-type: none"> - Impossibilitat de conèixer el consum d'aigua de la xarxa contra incendis. - Impossibilitat de conèixer el consum directe d'aigua de pou a les diverses plantes (mànegues, dutxes emergència, etc.)
Osmosi inversa	<ul style="list-style-type: none"> - Comptatge en excés del comptador Q-1001-2 (alimentació grup d'osmosi inversa). - Deteriorament del comptador Q-1001-3 (rebuig del grup d'osmosi inversa). 	<ul style="list-style-type: none"> - Impossibilitat de conèixer els cabals de funcionament de la instal·lació d'osmosi inversa. - Impossibilitat de conèixer el consum directe d'aigua de pou a les diverses plantes (mànegues, dutxes emergència, etc.)
N-1, ND-1, N-2, ND-2, H-1, AD-1, RA-1, Q-1, A-1, M-1 i Pastilles	- Manca de comptadors a l'entrada de les plantes.	- Impossibilitat de conèixer el consum d'aigua exclusiu a cada planta.
En general	- Manca d'informació ordenada sobre el consum teòric d'aigua de les diverses plantes.	- Impossibilitat de conèixer el consum teòric d'aigua de cada planta.

8.2. Impacte del desaprofitament d'aigua de refrigeració en diversos grups de buit.

Amb el seguiment de la xarxa d'aigua de refrigeració s'ha detectat la presència de quatre grups de buit d'anell líquid, on l'aigua de refrigeració és abocada a la claveguera després d'haver estat utilitzada.

L'impacte en quant a *disponibilitat d'aigua* és de 75 m³/dia en el total de les quatre bombes.

Tenint en compte el cost dels additius de l'aigua de les piscines, *l'impacte econòmic* d'aquest malbaratament d'aigua és de al voltant de 28462,5 €/any si es quantifica el cost de l'aigua de refrigeració en 1,1 €/m³. Aquest cost comprèn els 0,5 €/m³ de l'aigua tractada, més 0,05 €/m³ que suposarien els additius d'acondicionament de l'aigua de refrigeració (per manca de dades s'estima el 10% del cost de l'aigua tractada, més o menys igual que en el cas d'aigua de calderes) més els 0,6 €/m³ del cost d'abocament d'efluents.

Pel què fa a impacte *legal*, aquest abocament no incompleix cap normativa d'abocament ja que és tractada a la depuradora.

8.3. Impacte de l'excés de purgues a les calderes de vapor.

Amb el seguiment de l'estat de les purgues de les calderes F-1102 i F-1103 descrit al capítol 7.2, s'ha pogut observar com el sistema d'operació manual vigent actualment no assegura que en tot moment el cabal de purgues sigui l'adient a les condicions de funcionament. La majoria de dies el cabal de purga és excessiu pel contingut en sals de l'aigua de l'interior.

A més en el mateix capítol s'ha descrit com la utilització del criteri de qualitat d'aigua interior a calderes de les normes UNE corresponents a la qualitat de l'aigua per a calderes suposaria un estalvi d'aigua respecte a l'actual.

En *termes de disponibilitat d'aigua* es quantifica que l'estalvi que es podria obtenir és de 18 m³/dia a la caldera F-1102 i de 12 m³/dia a la caldera F-1103 com es pot veure en l'apartat 7.2.1.

L'impacte econòmic del desaprofitament d'aquests 30 m³/dia totals és de 126,6 €/dia, ja que s'ha quantificat el cost d'un m³ de condensats en 4,22 €/m³ (veure annex E). Si es tenen en compte els 345 dies d'operació de la fàbrica l'impacte és de 43677 €/any.



Pel què fa a l'*impacte legal* d'aquest malbaratament, val a dir que no es cau en cap incompliment legal per abocament d'aigua a alta temperatura a la llera pública, ja que prèviament a l'abocament aquest volum d'aigua és tractat a la depuradora on ha tingut temps de refredar-se.

8.4. Impacte del desaprofitament de condensats a diverses plantes.

8.4.1. Manca de grup de retorn de condensats a N-2, ND-2, AD-1, RA-1,M-1, Pastilles i tancs d'emmagatzematge d'amines i àcids grassos.

Amb el seguiment realitzat a les calderes, i que es descriu en el capítol -, s'ha pogut observar com el percentatge d'aigua alimentada a les calderes que correspon a condensats de vapor no supera el 30%.

Una de les causes que s'ha pogut determinar és la manca de grup de retorn de condensats en un grup de plantes de la fàbrica: N-2, ND-2, AD-1, RA-1,M-1, Pastilles i tancs d'emmagatzematge d'amines i àcids grassos.

Es quantifica que per aquesta raó es malbaraten 100 m³/dia d'aigua. Aquesta aigua a més té el valor afegit de ser aigua calenta i que conté additius de tractament per a ús a calderes.

Així doncs, l'*impacte econòmic* que té el desaprofitament d'aquest volum diari d'aigua és de 422 €/dia, ja que s'ha quantificat el cost d'un m³ de condensats en 4,22 €/m³ (veure annex E). El cost anual que suposa no recuperar aquests condensats, tenint en compte que són 345 els dies d'operació de la fàbrica, és de 145590 €/any.

Les conseqüències del desaprofitament d'aquests condensats sobre els efluent de sortida de la fàbrica no suposen cap problema ja que prèviament a l'abocament aquest volum d'aigua és tractat a la depuradora on ha tingut temps de refredar-se. Tampoc la seva qualitat és un impediment per poder-los abocar tranquilament.

8.4.2. Mal funcionament del grup de retorn de condensats de N-1, ND-1, A-1, Q-1.

Amb la comprovació de la presència de grups de retorn de condensats (veure annex D apartat D.4) s'ha detectat que en l'intercanviador de calor del grup de retorn de condensats de la zona de les plantes N-1, ND-1, A-1, Q-1 el vapor i l'aigua de refrigeració entrin en contacte fa que els condensats es contaminin. També la bomba d'impulsió necessita ésser substituïda degut al seu estat de deteriorament.

A més, aquest grup de retorn és insuficient si es vol que retorni el cabal de condensats generats a N-1, ND-1, A-1, Q-1 i algun dels equips de N-2, ND-2, AD-1, RA-1,M-1.



En termes de *disponibilitat d'aigua* aquest fet no origina problemes de disponibilitat d'aigua, ja que els 100 m³/dia que es calcula que hauria de bombejar aquest grup cap a les calderes, s'aprofita a la piscina de les torres de refrigeració de les plantes d'amines.

Aquest fet però, origina problemes en aquestes torres de refrigeració ja que es tracta d'una aportació d'aigua calenta a 90°C que augmenta la temperatura de l'aigua del circuit de refrigeració.

En *termes econòmics* es poden estimar les pèrdues energètiques que suposa el desaprofitament d'aquesta aigua més el cost en additiu de tractament per aigua de calderes. El criteri que s'ha adoptat per quantificar aquest cost és considerar només els costos de combustible i d'additiu d'acondicionament que s'han tingut en compte en l'Annex E en els seus apartats E.1 i E.3. Aquest cost és de 3,12 €/m³, que representa un total de 312 €/dia i de 107640 €/any si es consideren els 345 dies d'operació de la fàbrica.

8.5. Impacte de la contaminació dels condensats de la planta AR-3.

El fet que es contaminin bona part dels condensats de vapor de la planta AR-3 implica que es deixi d'aprofitar un volum de prop de 20 m³/dia.

De fet, aquest volum d'aigua no es perd ja que aquestes purgues no estan dirigides a la claveguera, sinó que es destinen a les piscines de les torres de refrigeració d'àcids grassos. Així que, igual que en el cas anterior, l'impacte negatiu en *termes econòmics* que suposa aquest desaprofitament dels condensats es pot quantificar com les pèrdues energètiques derivades d'haver d'escalfar aquest volum d'aigua de 15 °C fins a 90 °C més les pèrdues ocasionades per un consum extra d'additiu per aigua de calderes.

Fent-ho així el cost d'aquest problema es quantifica en 3,12 €/m³, que pels 345 dies d'operació de la fàbrica i els 20 m³/dia representa un cost de 21528 €/any.

8.6. Impacte dels punts de millora en manteniment i diagnosi de l'aprofitament de l'aigua.

Si bé no es pot quantificar la possibilitat d'estalviar aigua si es milloressin els punts descrits a la Taula 8.2 si que existeix un dels punts que té un *impacte econòmic* negatiu actualment. Aquest punt és el fet que el comptador del pou 1 compta de més.

La factura d'aigua a pagar per la fàbrica depèn de la lectura d'aquest comptador, amb la qual cosa havent-se comprovat que compta per excés la factura d'aigua a pagar és major que la que realment caldria pagar.



8.7. Jerarquització problemes a solucionar.

Per ajudar a la jerarquització dels problemes en aquest apartat es recullen diversos gràfics que indiquen quins són els problemes que impliquen un major consum extra d'aigua i quins suposen una major despesa econòmica.

En la Fig. 8.1 es pot veure quins dels problemes detectat i descrits a la Taula 8.1 suposen un % més elevat sobre el total de volum estalviable. O dit d'una altra manera, quins són els problemes que causen un major malbaratament.

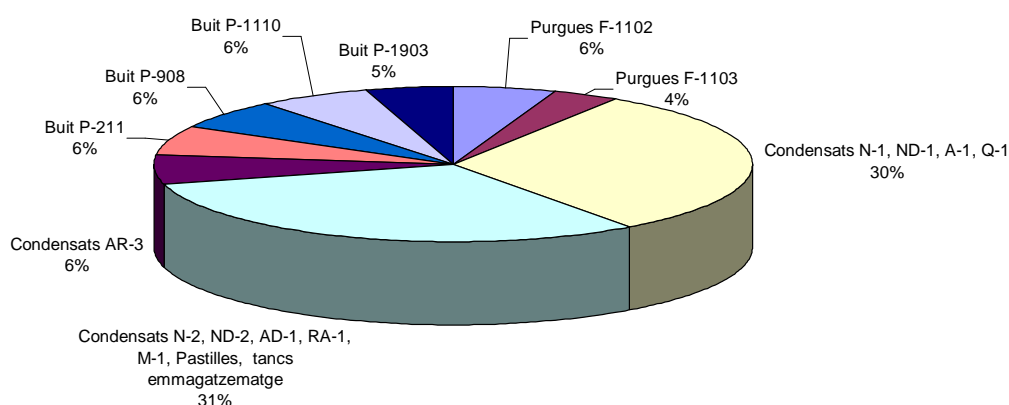


Fig. 8.1 Percentatge sobre el total de volum estalviable

En quant a volum d'aigua més del 60% dels malbarataments detectats es deuen a la manca d'un grup de retorn de condensats a les plantes. En quant a volum d'aigua són 200 m³/dia dels 325 m³/dia amb què s'han quantificat les pèrdues detectades.

A la Fig. 8.2 s'il·lustra quins dels problemes detectats comporten una major pèrdua econòmica de tots els detectats



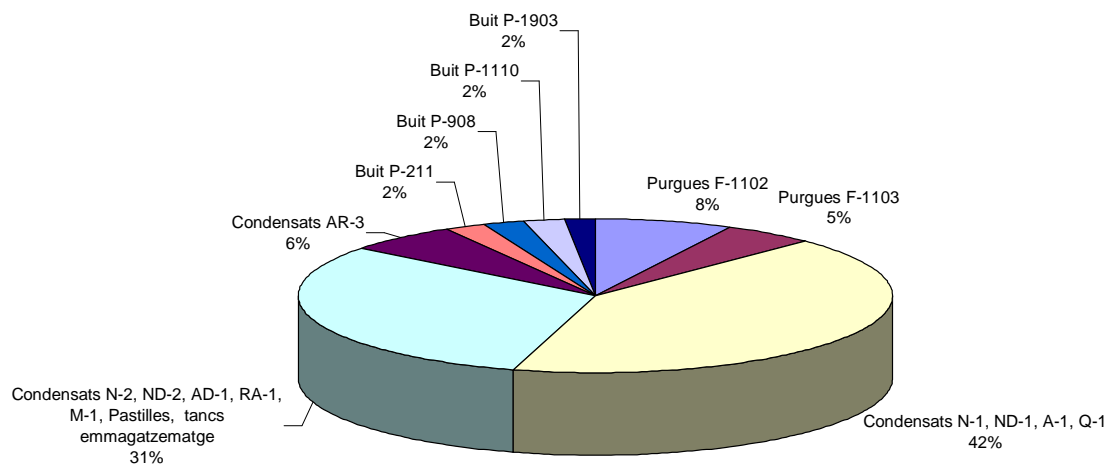


Fig. 8.2 Percentatge sobre el total del cost per malbarataments d'aigua

Com es pot veure, econòmicament parlant els problemes més greus també els ocasionen els malbarataments deguts a la manca de grups de retorn de condensats, que en total sumen prop d'un 73% de les pèrdues econòmiques quantificades. En termes absoluts representen 253230 €/any del total de 346897,5 €/any amb que es quantifiquen les pèrdues totals.

Per tan el retorn de condensats hauria de ser el problema més important a resoldre des del punt de vista de volum d'aigua i de pèrdues econòmiques.



9. Proposta d'accions de millora.

Després d'haver detectat diversos punts de millora que podrien suposar un estalvi d'aigua a la planta, una adequació de la qualitat de l'aigua al seu ús i mancances en la xarxa que dificulten la seva diagnosi, en aquest capítol es plantegen una sèrie de mesures per donar-hi solució.

9.1. Mesures per reduir el consum d'aigua de refrigeració en diversos grups de buit d'anell líquid.

Quan s'ha comprovat que la xarxa d'aigua de refrigeració no tingues cap punt d'obertura del circuit, s'han detectat 4 grups de buit d'anell líquid que si que operen en circuit obert. És a dir, l'aigua que utilitzen no és recirculada a les torres de refrigeració ni se li dona cap altre ús.

Les mesures que es poden adoptar en aquest cas són molt diverses:

- Es podria recircular l'aigua a les torres de refrigeració, sempre i quan aquesta no quedés contaminada en les diverses operacions de buit.
- Es podria emmagatzemar l'aigua en un tanc per poder-la reutilitzar en el mateix grup de buit, garantint la renovació necessària per raons de refrigeració.
- Es podria emmagatzemar l'aigua i reutilitzar-la per realitzar rentats dels terres de les plantes o inclús dels equips si el nivell de contaminació o permetés.

Però existeix una limitació que aconsella desestimar l'estudi d'aquestes propostes, que és la necessitat de substituir aquests grups de buit per raons de seguretat. Més concretament, els grups de buit en qüestió es troben en zona classificada segons la normativa ATEX d'atmosferes explosives, i els actuals equips no compleixen els requisits necessaris per ser utilitzats en la zona on es troben instal·lats.

Per tan, qualsevol modificació a la instal·lació seria en va si en breu cal substituir aquests equips. Així doncs la proposta de millora és substituir aquests grups per d'altres on no es malbarati l'aigua.

En aquest sentit són diverses les tecnologies de buit que no necessiten aigua pel seu funcionament. Dins del rang de l'anomenat *buit gruixut* (de 1 a 1013 mbar) en què ens trobem, les opcions són diverses com es pot veure en la figura següent.



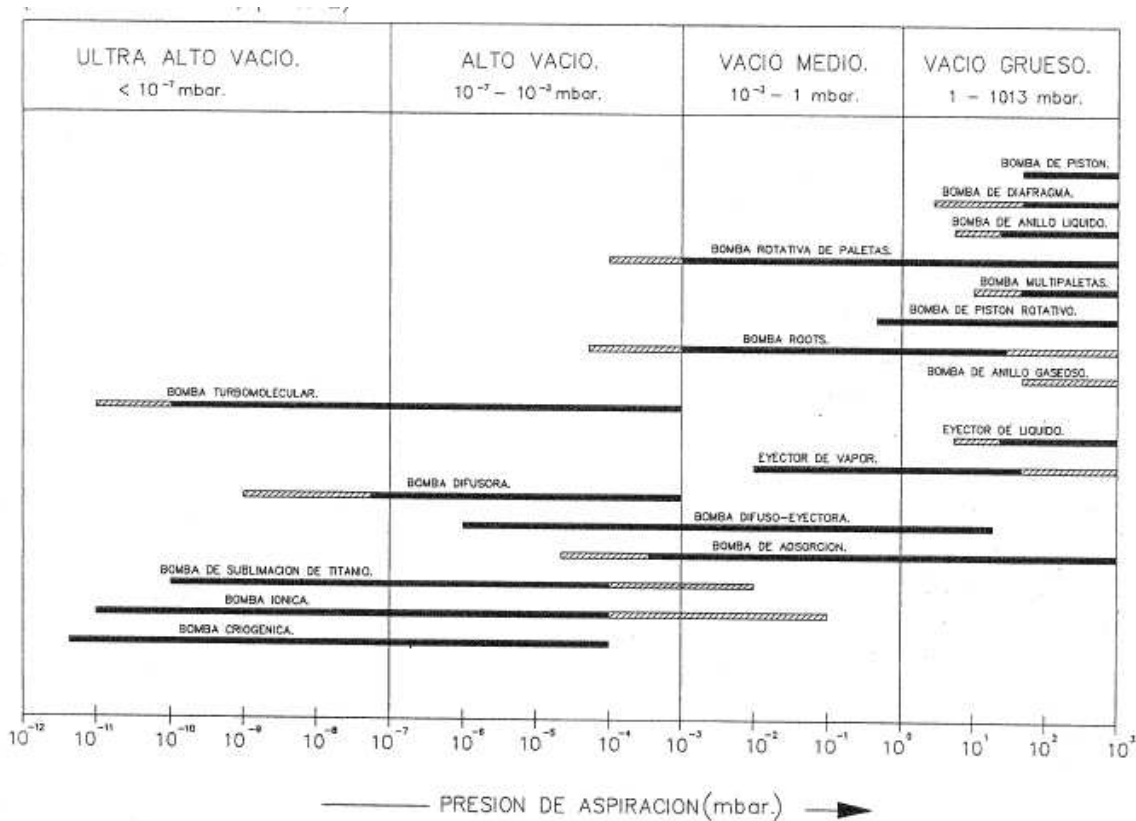
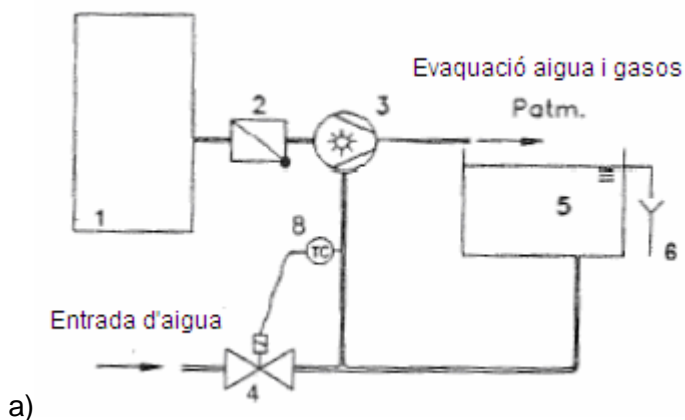
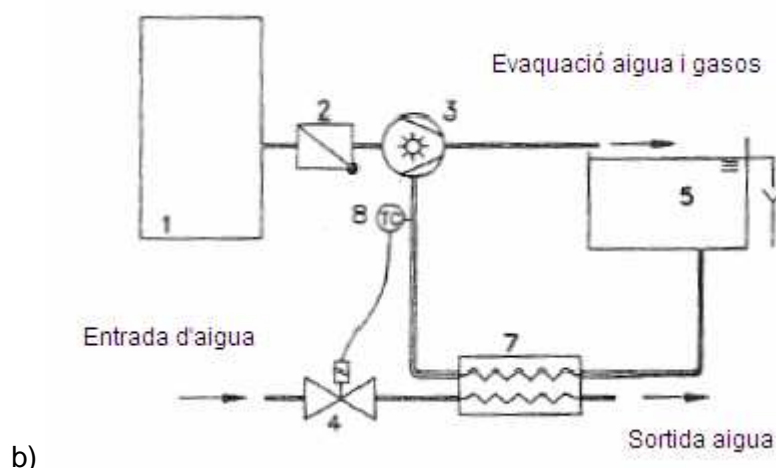


Fig. 9.1 Rangos de pressió als quals treballen diferents equips de buit. Font [13].

Així dins del rang de buit gruixut, de tecnologies que no necessitarien ni aigua ni vapor trobem les bombes de pistó, les de diafragma, les de paletes, i les roots. Les de pistó oferirien menor prestacions de buit que les actuals, les de diafragma són adequades per petits cabals. La resta podrien ser adequades pel servei requerit.

De totes maneres, és possible utilitzar la tecnologia de l'anell líquid sense necessitat de malbaratar l'aigua si es fa amb un muntatge de circuit semi-obert o bé de circuit tancat.





On: 1) càmera a evacuar, 2) vàlvula antiretorn, 3) bomba de buit, 4) vàlvula termostàtica, 5) dipòsit, 6) sobreexidor, 7) intercanviador, 8) sonda de temperatura

Fig. 9.2 Muntatge en circuit semi obert (a), i en circuit tancat (b) d'un grup de buit d'anell líquid. Extret de [13].

En el **muntatge semi-obert** es necessita un dipòsit on s'emmagatzema l'aigua utilitzada en la bomba. L'aportació d'aigua fresca es fa en funció de la temperatura de l'aigua del circuit. Si mentre aquesta va recirculant cap a la bomba sobrepassa la temperatura òptima de treball per aquesta, la vàlvula termostàtica instal·lada s'acciona per deixar entrar aigua fresca, i la sobrant vessa del dipòsit.

Aquest muntatge, per la seva senzillesa, es podria fer sobre els equips existents en cas que aquests no haguessin de ser substituïts. Però en el cas d'haver de substituir els grups existents és preferible fer-ho per un muntatge tancat.

El **muntatge tancat** compta a més a més amb un intercanviador de calor on l'aigua utilitzada es refreda i es recircula, de manera que si per qüestions de procés s'escalfa molt l'aigua utilitzada a la bomba i aquesta està moltes hores seguides en funcionament, no vessaria constantment com passaria amb un muntatge semi-obert. En quant a reducció de volum d'aigua consumit està clar que la recomanació és realitzar els muntatges en circuit tancat.

De totes maneres la decisió de quin és el grup de buit més adequat a cada cas, no és una decisió que depengui exclusivament del consum d'aigua. En aquest apartat només es pretén recomanar quines tecnologies serien les adients des d'aquest punt de vista. Correspon als responsable de la fàbrica decidir quin és el més apropiat en funció dels paràmetres de producció requerits.



9.2. Mesures per evitar l'excés de purgues a les calderes F-1102 i F-1103.

S'han detectat dues causes de l'excés de volum de purgues a les calderes F-1102 i F-1103 de la fàbrica, que són per una banda la lentitud de resposta de l'actual sistema manual i de l'altra el seguiment d'un criteri massa restrictiu de qualitat d'aigua per a calderes.

Les mesures proposades per donar resposta a aquest fet són dues i van una estrictament lligada a l'altra:

- La instal·lació d'un sistema de purgues automàtic a les calderes F-1102 i F-1103.
- El canvi del criteri de purgues emprat actualment, pel recomanat a les normes UNE relatives a la qualitat d'aigua per a calderes de vapor: UNE-EN 12952-12 i UNE-EN 12953-10. Per aplicar correctament aquest criteri és indispensable la instal·lació del sistema automàtic de purgues.

9.2.1. Sistema automàtic de control de purgues.

El principi de funcionament consisteix en què el sistema mesura el valor de la conductivitat elèctrica de l'aigua de l'interior de la caldera, compara aquest valor amb el "set point" o límit establert i obre la vàlvula de purgues si el nivell mesurat supera el permès.

Dels modes de construcció el que ofereix una resposta més ràpida és aquell que insereix el conductímetre directament a la caldera. En aquest cas, com que la construcció i la pressió de treball de F-1102 i F-1103 no o impedeixen es considera que és el més adequat.

Caldrà tenir en compte que el sensor permeti la correcció de temperatura, doncs la conductivitat és un paràmetre que en depèn directament segons l'expressió de Eq. 9.1:

$$\sigma_T = \sigma_{25} [1 + \alpha(T - 25)] \quad \text{Eq. 9.1}$$

Un esquema del sistema és el que es pot veure a la següent il·lustració:



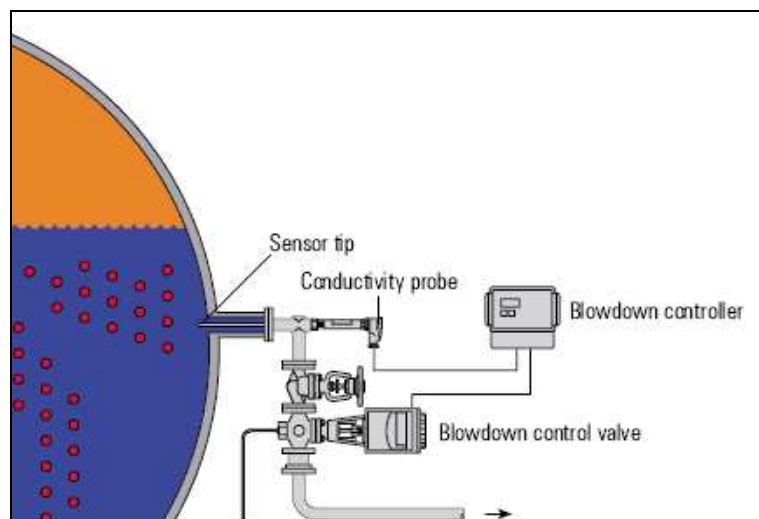


Fig. 9.3 Esquema de muntatge d'un sistema automàtic de purgues a calderes.
Extret de [12]

Com es pot veure en la il·lustració de Fig. 9.3 la instal·lació consisteix en *sensor de conductivitat* inserit a la caldera a través d'un colze especial, un *controlador* que rep la lectura del sensor i la compara amb el límit establert i que actua sobre el grau d'obertura de la *vàlvula de control de purgues*.

9.2.2. Adopció del criteri de purgues segons normes UNE-EN 12952-12 i UNE-EN 12953-10.

Amb la instal·lació d'un sistema de purgues automàtic es poden garantir en tot moment els nivells de TDS (paràmetre directament relacionat amb la conductivitat elèctrica de l'aigua) especificats a les normes UNE de qualitat d'aigua per a calderes.

Donat que l'actual sistema de tractament extern de l'aigua (osmosi inversa i desmineralització en resines d'intercanvi iònic) garanteix que l'aigua alimentada a les calderes tingui el nivell de duresa especificat a aquestes dues normes (veure apartat D.1 de l'annex D) es pot adoptar el criteri de purgues basat en la conductivitat (relacionada amb el contingut de TDS).

El canvi de criteri que es proposa seguir és el que es detalla a la següent taula:



Taula 9.1 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)

Amb aquest canvi de criteri, l'estalvi que s'espera és de 18 m³/dia a F-1102 i de 12 m³/dia a F-1103, a més de l'estalvi en gas i additius d'acondicionament de l'aigua de calderes.

9.3. Mesures per incrementar la recuperació de condensats a les calderes de vapor.

Amb els seguiments realitzats per quantificar el retorn de condensats s'ha detectat que tan sols entre un 25% i màxim un 30% de l'aigua alimentada a les calderes prové de la recuperació de condensats. La causa principal és l'absència de instal·lacions per fer aquest retorn a les plantes de N-2, ND-2, AD-1, RA-1 M-1, Pastilles i tancs d'emmagatzematge d'amines i àcids grassos, i que l'instal·lació de les plantes N-1, ND-1, A-1, Q-1 necessita ésser substituïda.

Les propostes de millora que permetrien millorar el retorn de condensats són les següents:

- Instal·lació d'un nou grup de retorn de condensats que permetés el retorn dels condensats de les plantes Pastilles i tancs d'emmagatzematge d'amines i àcids grassos.
- Instal·lació d'un nou grup de retorn de condensats que permetés el retorn dels condensats de les plantes N-2, ND-2, AD-1, RA-1 M-1.
- Substitució del grup de retorn de condensats de les plantes N-1, ND-1, A-1, Q-1



9.3.1. Instal·lació de dos nous grups de retorn de condensats.

Per recuperar els condensats de N-2, ND-2, AD-1, RA-1 M-1 i Pastilles i tancs d'emmagatzematge d'amines i àcids grassos, és aconsellable la instal·lació de dos nous grups d'acord amb raons d'espai i de distribució de les plantes dins la fàbrica.

Retorn de condensats de la zona de Pastilles i tancs d'emmagatzematge d'amines i àcids grassos.

El primer grup correspon a la zona de Pastilles i tancs d'emmagatzematge d'amines i àcids grassos. S'estima que s'ha de dimensionar per ser capaç de retornar 60 m³/h de condensats al dipòsit d'alimentació de F-1102.

La instal·lació d'aquest nou grup comprèn:

- Els treballs de construcció i instal·lació dels nous col·lectors que recullen els diferents condensats dels equips d'aquesta zona i els condueixen fins al nou grup d'impulsió.
- Els treballs d'instal·lació del nou grup d'impulsió mecànica de retorn de condensats.
- Els treballs de construcció i instal·lació d'un nou tram de canonada que connectaria amb la canonada ja existent de retorn de condensats a la caldera F-1102.

Retorn de condensats de la zona de Pastilles i tancs d'emmagatzematge d'amines i àcids grassos.

El segon dels grups projectat pel retorn de condensats correspon a les plantes N-2, ND-2, AD-1, RA-1 M-1 que es troben agrupades en una mateixa zona de la fàbrica.

Aquest nou grup ha retornar 60 m³/h de condensats al dipòsit d'alimentació de la caldera F-1102.

La instal·lació d'aquest nou grup comprèn:

- Els treballs de construcció i instal·lació dels nous col·lectors que recullen els diferents condensats dels equips d'aquesta zona i els condueixen fins al nou grup d'impulsió.
- Els treballs d'instal·lació del nou grup d'impulsió mecànica de retorn de condensats.
- Els treballs de construcció i instal·lació d'un nou tram de canonada que connectaria amb la canonada ja existent de retorn de condensats a la caldera F-1102.



S'ha recomanat que els grups d'impulsió siguin mecànics amb pressió generada per vapor en comptes de bombes de motor elèctric per raons de seguretat, ja que s'han d'instal·lar en ambients o atmosferes explosives.

Aquest tipus de bombes consisteixen en una carcassa on el condensat cau per gravetat. A mesura que va omplint-se el cos de la bomba el nivell de condensats a l'interior fa va pujant i amb ell un mecanisme de boia o flotador. Quan aquesta ha assolit una certa alçada s'acciona un joc de vàlvules que permeten l'entrada de vapor a l'interior de la carcassa, on la pressió augmenta i el condensat és arrossegat. L'esquema és el que s'il·lustra en la següent figura:

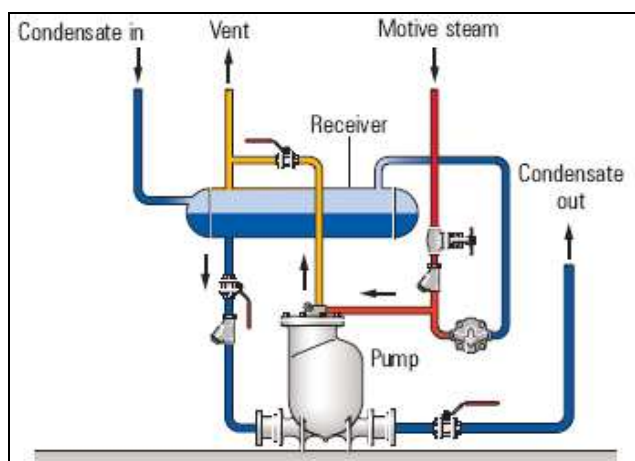


Fig. 9.4 Esquema de muntatge d'un sistema de retorn de condensats per impulsió mecànica. Extret de [12].

Els principals avantatges que presenta aquest tipus de construcció en front dels grups d'impulsió amb motors elèctrics que han fet optar per aquesta opció són:

- Es pot utilitzar en àrees classificades amb risc d'explosió sense problema.
- Tolera una temperatura més alta que en els grups elèctrics podrien causar cavitació.
- Els costos de manteniment són menors que els d'una bomba amb motor elèctric.
- És adequada per plantes amb processos discontinus, pel seu mecanisme de flotador d'auto-accionament.

9.3.2. Substitució del grup de retorn de condensats de N-1, ND-1, A-1, Q-1.

Per recuperar els condensats de N-1, ND-1, A-1, Q-1, és necessària la substitució del grup de retorn de condensats que actualment està fora de servei.



Actualment aquest grup hauria de retornar els condensats de N-1, ND-1, A-1, Q-1 i part de N-2, ND-2, AD-1, RA-1, M-1. Però el seu dimensionat és insuficient. S'estima que s'ha de dimensionar per ser capaç de retornar 80 m³/h de condensats al dipòsit d'alimentació de F-1102.

La instal·lació d'aquest nou grup comprèn:

- Els treballs d'instal·lació del nou grup d'impulsió mecànica de retorn de condensats.

A diferència dels nous grups de retorn, en aquest no són necessaris els treballs de construcció i instal·lació de nous col·lectors, ja que ja es disposa d'aquesta infraestructura.

Igual que en els dos casos anteriors, la opció més adient és un grup d'impulsió mecànic, amb el principi de funcionament que ja s'ha explicat a 9.3.1.

9.4. Mesures per corregir la contaminació dels condensats de AR-3.

El segon punt d'incidència per millorar la recuperació de condensats de vapor té relació amb la qualitat d'aquests condensats, és a dir amb si aquests es troben o no contaminats.

La instal·lació del retorn dels condensats està perfectament preparada amb sensors de conductivitat o terbolesa a les canonades d'entrada del dipòsit de les calderes per tal de desviar aquells condensats contaminats.

Gràcies a això s'ha pogut determinar que els condensats de la planta AR-3 pateixen continus episodis de contaminació, molt probablement amb aigua de refrigeració en equips on s'utilitza tan aquesta aigua com vapor.

Descartada la hipòtesi que la causa pugui ser una mala programació de les seqüències de refredament i escalfament en aquests equips, és necessari fer-hi les següents comprovacions:

- Comprovar la presència de porus a les camises per on circulen els fluids de calefacció o refrigeració en aquests equips.
- Comprovar si existeixen vàlvules en mal estat que no són del tot estanques i que permeten el contacte d'aigua de refrigeració amb el condensat.

Són comprovacions que caldrà realitzar en alguna de les dues parades de producció programades anualment per realitzar treballs de manteniment a tota la fàbrica.



9.5. Mesures per millorar el diagnòstic de la instal·lació.

De tots els problemes que dificulten la diagnosi de la instal·lació, el que resulta imprescindible solucionar és el fet que el comptador del pou 1 compta de més, ja que la factura de l'aigua depèn directament de la seva lectura.

La resta de problemes, al no provocar pèrdues econòmiques a simple vista, no és necessari donar-hi solució immediata. Però si que es proposa la seva solució futura que garanteixi el correcte aprofitament de l'aigua.

9.5.1. Substitució del comptador Q-1000-1 del pou 1.

El primer que es recomana és la substitució del comptador del pou nº 1. La reparació no és possible ja que no serviria de res donades les característiques del comptador, i la línia on es troba instal·lat.

El comptador actual necessita d'un tram recte de canonada de 10xDN de llargada aigües amunt, del qual no disposa (on DN és el diàmetre de la canonada on està instal·lat).

Les característiques de la instal·lació són les següents:

- Comptador electromagnètic de característiques metrològiques C (condició imposada per la distribuïdora de l'aigua).
- DN de la canonada de 4".
- Cabal nominal de 75 m³/h.
- Precisió 0,2%.

9.5.2. Reparació o substitució dels comptadors de la instal·lació d'osmosi inversa i del dipòsit T-1001.

Per poder conèixer el consum d'aigua osmotitzada a tota la planta i també el rebuig d'aigua d'aquesta instal·lació, és necessari substituir els comptadors de l'entrada i del rebuig que actualment compten malament.

De la mateixa manera, el comptador Q-1001-1 de sortida del tanc T-1001 necessita ser substituït per tal de conèixer els consums d'aigua a la xarxa contra incendis i el consum d'aigua de pou a les plantes.



9.6. Mesures per elaborar el diagnòstic del consum d'aigua a la zona de plantes de producció.

Com s'ha dit anteriorment, degut a l'envergadura del projecte s'ha deixat per una fase futura l'estudi de l'aprofitament de l'aigua de producció o de procés.

Però abans de poder elaborar el diagnòstic de l'aprofitament de l'aigua a les diverses plantes de producció de la fàbrica s'han de solucionar diverses mancances:

- Primer cal informació sobre el consum teòric de cada planta.
- Després, calen comptadors per tal d'esbrinar el consum a cada una d'elles.

Es proposa fer una verificació documental per recollir la informació teòrica o de disseny sobre el consum d'aigua a les plantes. Caldria recollir els usos que es dóna a cada una d'elles i el consum esperat.

Posteriorment, si es gaudís de comptador a cada planta seria possible dissenyar una recollida de dades individualitzada per cada producte fabricat, on abans i després de realitzar cada consum d'aigua es prendria nota de la lectura del comptador, s'especificaria el motiu del consum i s'hauria de prendre nota de tots els paràmetres que afectessin aquest consum.

La solució d'aquests problemes hauria de permetre elaborar un diagnòstic més profund en futurs projectes, en els quals es podria donar un pas més i plantejar estudis en la línia de reaprofitament i d'optimització dels consums d'aigua.



10. Avaluació de l'impacte ambiental de les propostes de millora.

La millora en l'aprofitament dels recursos naturals i la reducció en la generació de residus són uns dels reptes als que s'enfronta la indústria actualment, i amb les propostes per estalviar aigua es pretén reduir aquest impacte sobre el medi.

Per tan amb l'adopció de les mesures proposades de millora es pretén reduir l'impacte ambiental de la fàbrica en termes de consum d'aigua. Concretament es preveu que el volum total d'aigua promig que es pot arribar a estalviar diàriament és de 325 m³/dia. El detall dels volums estalviables és a la Taula 8.1 del capítol 8.1.

Però també cal tenir en compte quines altres conseqüències tenen aigües avall aquestes propostes.

En aquest sentit cal tenir en compte que amb l'adopció de les propostes de millora es podrien deixar d'abocar a la reguera de la fàbrica al voltant de 205 m³/dia, i això pot tenir conseqüències sobre els efluent llençats a la llera pública després del tractament de depuració.

I finalment un altre dels aspectes que cal veure és la reducció de les emissions a l'atmosfera de gasos de combustió que cal esperar amb les millores proposades en l'aprofitament d'aigua de calderes.

10.1. Impacte sobre els efluent de sortida.

Val a dir que no s'han proporcionat dades del funcionament real de la depuradora ni del rendiment dels seus elements, ni dels efluent de la fàbrica però en el projecte s'ha volgut deixar constància de l'impacte que pot tenir la reducció del cabal d'abocament d'aigües més o menys netes a la depuradora.

Aquest apartat no servirà per extreure conclusions reals sobre els cabals d'abocament de la fàbrica, però sí que ha de servir per prendre consciència dels efectes que pot tenir la reducció dels abocaments a la depuradora.

Amb les mesures de millora proposades al capítol 9 és possible deixar d'abocar 205 m³/dia d'aigua de mitjana que es desglossen de la manera que es recull a la Taula 10.1:



Taula 10.1 Volums d'aigua que s'espera deixar d'abocar a llera públic i la seva procedència.

Concepte	Volum estalvable.
Reducció de les purgues de F-1102 i F-1103	30 m ³ /dia
Recuperació de condensats de N-2, ND-2, AD-1, RA-1 M-1 i Pastilles i tancs d'emmagatzematge d'amines i àcids grassos	100 m ³ /dia
Reducció del consum d'aigua en els diversos grups de buit	75 m ³ /dia

Aquest volum d'aigua té fins ara un efecte diluent sobre els efluent abocats a la depuradora, ja que es tracta d'aigua sense contaminants (tret del contingut en sòlids dissolts).

Si que se sap que la depuradora consta d'un primer tractament fisico-químic d'homogeneïtzació, decantació, floculació, coagulació i altre cop decantació.

És en aquesta primera etapa de la depuradora que cal esperar els primers efectes de la reducció de l'abocament de les aigües descrites a la Taula 10.1.

La segona etapa té com a element principal un reactor biològic destinat a eliminar l'elevada DQO de les aigües residuals procedents de les plantes de producció fins als límits permesos d'abocament.

Suposant que el cabal de fangs que es decanten a la primera etapa es mantingui constant, si no es modifiquen les condicions d'operació caldrà esperar una pujada de la concentració dels contaminants a la sortida del tractament fisico-químic, bé en l'aigua decantada, bé en els fangs.

10.2. Reducció de l'impacte per emissions a l'atmosfera.

El fet de recuperar un volum major de condensats i de reduir les purgues a les calderes, fa que l'aigua alimentada ho faci a major temperatura del que ho fa actualment. Per tan és d'esperar una reducció en la factura del gas combustible per escalfar l'aigua de T ambient fins a la T que s'estima que retornen els condensats.

Amb la reducció del consum de gas també es reduiran les emissions de gasos de combustió, reduint així l'impacte ambiental sobre l'atmosfera.

Els volums d'aigua que s'espera estalviar amb la recuperació de condensats, i amb la reducció de les seves purgues i de les d'aigua de calderes és en total de 230 m³/dia:



Taula 10.2 Volums d'aigua de calderes estalviable i la seva procedència.

Concepte	Volum estalviable.
Reducció de purgues de F-1102	18 m ³ /dia
Reducció de purgues de F-1103	12 m ³ /dia
Recuperació dels condensats de N-1, ND-1, A-1, Q-1	100 m ³ /dia
Recuperació dels condensats de N-2, ND-2, AD-1, RA-1 M-1 i Pastilles i tancs d'emmagatzematge d'amines i àcids grassos	100 m ³ /dia

Per estimar el cost de desapropitar aquests volums d'aigua s'ha considerat que l'aigua per substituir aquestes pèrdues s'alimenta a una temperatura ambient de 15°C i que de no fer-ho aquesta es trobaria a 90°C.

Per tan, la reducció d'emissions de gasos a l'atmosfera serà la corresponent la reducció de combustió de gas per deixar d'escalfar un volum de 230 m³/dia des de 15°C fins a 90°C.

A l'annex E s'ha quantificat el consum energètic per escalfar un kg d'aigua des de 15°C fins a 90°C tenint en compte una eficiència energètica del 85% a les calderes. Aquest consum energètic és de 368,8kJ/kg que és el mateix que 0,1kWh/kg.

S'han pres les dades de la Taula 10.3 com a característiques del gas natural utilitzat com a combustible.

Taula 10.3 Característiques del gas natural a Espanya [5].

Composició volumètrica	Metà 86,83%, Età 12,68%, Propà 0,40%, Butà 0,09%
PCI a condicions normals	8958 Kcal/Nm ³ = 10,4 kwh/Nm ³

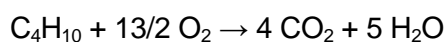
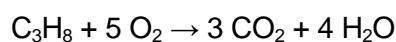
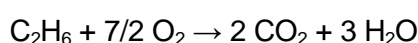
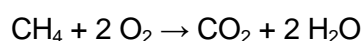
Els consum de gas (Nm³) per cada kg d'aigua s'obté dividint el consum energètic necessari per escalfar-la entre el PCI. D'aquesta manera s'obté un consum de gas de 0,0098 (Nm³/kg d'aigua), o el que és el mateix 9,8 (Nm³/m³ d'aigua).



Si es té en compte que es deixaran d'escalfar 230 m³/dia d'aigua, la reducció en el consum de gas és de 2254 Nm³/dia i pels 345 dies d'operació de la fàbrica seran 777630 Nm³/any.

Considerant que la combustió té lloc amb l'excés d'aire suficient com per què aquesta sigui completa i tenint en compte la composició volumètrica del combustible descrita a la Taula 10.3 les úniques emissions gasoses que cal esperar, a part de l'excés d'aire (N₂ i O₂) i l'aigua resultant de la combustió, són les de CO₂.

Les reaccions de combustió dels components del gas natural considerat són les següents.



En condicions normals els mols de CO₂ que són emesos per cada mol de gas natural són:

$$0,8683 \cdot 1 + 0,1268 \cdot 2 + 0,004 \cdot 3 + 0,0009 \cdot 4 = 1,1375 \text{ mol CO}_2/\text{mol gas natural} \quad \text{Eq. 10.1}$$

Transformant els 777630 Nm³/any de consum de gas a mols mitjançant la llei de gasos ideals s'obté:

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{1 \cdot 777630000}{0,082 \cdot 273} = 34737,3 \text{ mol de gas/any} \quad \text{Eq. 10.2}$$

Multiplicant els resultats de Eq. 10.1 i Eq. 10.2 s'obté que la reducció en emissions de CO₂ anuals que comportarien les mesures proposades és de 1,74 T de CO₂:

$$34737,3 \cdot 1,1375 = 39513,7 \text{ mol CO}_2 = 1,74 \text{ T de CO}_2/\text{any} \quad \text{Eq. 10.3}$$



11. Avaluació econòmica.

11.1. Estimació econòmica de la instal·lació d'un sistema de purgues automàtic a les calderes.

Els costos d'instal·lació d'un sistema automàtic de purgues a les calderes que es detallen són una estimació realitzada per l'empresa fruit de la petició d'ofertes a distribuïdors.

Els costos d'instrumentació inclouen tan el sensor, el controlador i la vàlvula de purgues com el material elèctric i les modificacions a la línia necessaris per a la instal·lació.

A la Taula 11.1 s'hi recull el cost d'instal·lació d'un sol sistema de purgues. El cost d'instal·lar els dos serà el doble.

Taula 11.1 Estimació del cost de substitució del grup de condensats de N-1, ND-1, A-1, Q-1.

	COST (€)	%
Instrumentació.	8000	CA
Modificacions de conductes	1600	20% de CA
Muntatge elèctric	4800	60% de CA
Muntatge mecànic	4800	60% de CA
TOTAL	19200	-

Així doncs el cost d'instal·lació de cada un dels equips de purga automàtics seria de al voltant de 19200 €.

El cost d'implementar el sistema de purgues automàtic a les dues calderes, que seria de 38400€, és inferior als 43677 €/any que suposen de pèrdues econòmiques el fet de purgar en excés (veure Taula 8.1 i apartat 8.3). Per tan en un any es rendibilitzaria la inversió.



11.2. Estimació econòmica de la substitució del grup de retorn de condensats de N-1, ND-1, A-1, Q-1.

Els costos de substitució del grup d'impulsió de retorn de condensats es fan en funció d'oferta tècnico-econòmica demanada per l'empresa a un distribuïdor.

S'han de contemplar els costos d'adquisició de la bomba mecànica automàtica i els costos addicionals d'instal·lació. L'estimació d'aquests últims s'han fet d'acord amb l'experiència de l'empresa. Els resultats són els següents.

Taula 11.2 Estimació del cost de substitució del grup de condensats de N-1, ND-1, A-1, Q-1.

	COST (€)	%
Bomba mecànica automàtica	3800	CA
Resta instrumentació	1520	40% de CA
Modificacions de conductes	760	20% de CA
Muntatge	1900	50% de CA
TOTAL	7980	-

En el cas que l'intercanviador no es pogués reparar caldria substituir-lo. No es té oferta de reparació.

Per si calgués substituir-lo, l'oferta d'adquisició d'un de les mateixes característiques que l'actual és la que es detalla a la Taula 11.3. Es tracta d'un intercanviador multitub de 37 tubs de 1,5m de llargada, diàmetre de 18mm i diàmetre de carcassa de 168mm.



Taula 11.3 Estimació del cost de substitució de l'intercanviador de calor del grup de condensats de N-1, ND-1, A-1, Q-1.

	COST (€)	%
Intercanviador	3200	CA
Resta instrumentació	960	30% de CA
Modificacions de conductes	960	20% de CA
Muntatge	1600	50% de CA
TOTAL	6400	-

En el cas que es substituís la bomba i l'intercanviador, el cost total seria de 14380 €, mentre que les pèrdues derivades del desaprofitament energètic i d'additius ocasionades pel fet d'abocar els condensats de N-1, ND-1, A-1, Q-1 a la piscina de les torres de refrigeració d'amines és de 107640 euros (veure Taula 8.1 i apartat 8.4.2).

La inversió quedaria rendibilitzada en menys d'un any:

11.3. Estimació econòmica de la instal·lació de dos nous grups de retorn de condensats a les plantes mancades.

Els costos d'instal·lació dels dos nous grups d'impulsió de retorn de condensats (el corresponent a les plantes N-2, ND-2, AD-1, RA-1, M-1 i el corresponent a Pastilles i zona de tancs d'amines i àcids grassos) es fan en funció d'oferta tècnico-econòmica demanada per l'empresa a un distribuïdor.

S'han de contemplar els costos d'adquisició de la bomba mecànica automàtica, els costos de l'intercanviador de calor, i els costos addicionals d'instal·lació.

Els resultats es presenten per un grup de retorn de condensats a la Taula 11.4. El cost dels dos grups serà el doble, ja que tots dos han de ser dissenyats per un cabal de 3000 l/h.



Taula 11.4 Estimació del cost d'instal·lació d'un grup de retorn de condensats de 3000l/h.

	COST (€)	%
Bomba mecànica automàtica	3100	CA ₁
Intercanviador de calor	2750	CA ₂
Resta instrumentació	2340	40% de (CA ₁ + CA ₂)
Modificacions de conductes	1170	20% de (CA ₁ + CA ₂)
Muntatge	2925	50% de (CA ₁ + CA ₂)
TOTAL	12285	-

Per tan el cost d'adquisició i muntatge és de 12285 € per cada un dels dos nous grups de retorn de condensats necessari.

El cost d'implementar els dos grups de retorn de condensats seria de 24570 €, que és inferior als 145590 €/any de pèrdues que suposa la manca de grup de retorn de condensats a les plantes N-2, ND-2, AD-1, RA-1, M-1, Pastilles i zona de tancs d'amines i àcids grassos, on es volen instal·lar aquests nous grups (veure Taula 8.1 i apartat 8.4.1). Per tan en menys d'un any es rendibilitzaria la inversió.

11.4. Estimació econòmica de la substitució del comptador del Pou 1.

Els costos de substitució del comptador del pou 1 es fan en funció d'oferta tècnico-econòmica demanada per l'empresa a un distribuïdor.

S'han de tenir en compte els costos d'adquisició, els de muntatge elèctric i mecànic i les modificacions a la línia.

A la Taula 11.5 es desglossen els costos d'aquesta proposta de millora.



Taula 11.5 Estimació del cost de substitució del grup de condensats de N-1, ND-1, A-1, Q-1.

	COST (€)	%
Instrumentació.	1500	CA
Modificacions de conductes	300	20% de CA
Muntatge elèctric	900	60% de CA
Muntatge mecànic	900	60% de CA
TOTAL	3600	-



12. Conclusions.

Cal analitzar aquest projecte des de dues vessants diferents:

- Les conclusions que fan referència a l'estratègia proposada per a elaborar un projecte de millora de gestió i aprofitament d'aigua.
- Les conclusions que es poden extreure de l'aplicació d'aquesta estratègia al cas d'estudi.

12.1. Conclusions referents a l'estratègia proposada per a l'elaboració del projecte.

L'elaboració i seguiment d'una estratègia o metodologia per a elaborar un projecte de millora de la gestió i aprofitament de l'aigua a la indústria química, ha permès establir una guia sistemàtica dels passos que és convenient seguir per tal de descuidar-se el mínim de detalls que el condicionen.

S'ha donat molta importància a tots els passos previs a l'elaboració del diagnòstic de l'aprofitament d'aquest recurs. Primerament es proposa elaborar un diagnòstic acurat de la situació d'acord amb:

- Les motivacions que impulsen el projecte.
- El tipus i nivell de detall de la informació de què es disposa.
- La comprovació de la fiabilitat de la informació recollida.
- La manipulació de la informació recollida.

En segon lloc, el seguiment de les pautes proposades a la metodologia garanteixen que el diagnòstic elaborat inclogui la detecció de:

- Malbarataments d'aigua.
- Usos d'aigua de qualitat inadequada.
- Mancances de la xarxa d'aigua que limiten i contaminen la diagnosi de l'aprofitament d'aquest recurs.

Finalment, amb el diagnòstic elaborat, es determinen els passos per la proposta de millores en les mancances detectades en els tres àmbits descrits anteriorment. Aquesta proposta de millores haurà d'estar en consonància amb les limitacions existents que s'hagin detectat en els termes següents:



- Disponibilitat d'aigua.
- Qualitat de l'aigua
- Compliment de la legislació ambiental i de seguretat.
- Costos i beneficis econòmics.

12.2. Conclusions referents a l'aplicació de l'estratègia proposada al cas d'estudi.

Amb el seguiment i aplicació dels punts proposats a l'estratègia per a l'elaboració d'un projecte de millora de la gestió i l'aprofitament de l'aigua en indústria química, s'ha aconseguit posar en evidència l'existència tan de malbarataments d'aigua i problemes amb la seva qualitat com de punts que dificulten la diagnosi de l'aprofitament d'aquest recurs a la fàbrica estudiada.

12.2.1. Malbarataments i problemes amb la qualitat de l'aigua.

Els punts més conflictius en quant al malbaratament i a l'ús d'aigua de qualitat inadequada que s'han pogut detectar malgrat la manca d'informació real i de disseny d'alguns consums estan situats als circuits d'aigua utilitzada en els serveis de refrigeració i de vapor de calefacció.

Amb el seguiment més específic d'ambdues zones s'han detectat punts on el circuit es troba obert i cal l'aportació d'aigua fresca per reemplaçar les pèrdues que es donen per aquests punts. També s'hi han detectat pràctiques inadequades amb la qualitat de l'aigua que en provoquen un consum extra.

Pel què fa referència al circuit d'aigua de refrigeració, el problema que s'ha pogut detectar és l'existència de quatre grups de buit d'anell líquid que operen en circuit obert, ocasionant en el seu conjunt unes pèrdues mitjanes de 75 m³/dia.

D'altra banda pel què respecta al circuit de vapor de calefacció, el problema que ocasiona les pèrdues més importants en quant a volum d'aigua és la manca de grup de retorn de condensats en algunes plantes. Les pèrdues per culpa d'aquest fet es quantifiquen en 100 m³/dia de mitjana en les plantes de N-2, ND-2, AD-1, RA-1, M-1 i Pastilles i tancs d'emmagatzematge d'amines i àcids

A més, el mal funcionament d'un dels grups de retorn de condensats existent fa que s'aboquin 100 m³/dia de condensats de les plantes N-1, ND-1, A-1, Q-1 i part de N-2, ND-2, AD-1, RA-1, M-1 a la piscina de les torres de refrigeració d'amines. En si no són una despesa extra d'aigua perquè no es llença a la depuradora però suposa una despesa extra energètica.



També referent a l'aigua del circuit de vapor, es calcula que la lentitud de resposta del sistema manual de purgues actual i l'aplicació d'un criteri massa restrictiu en quant a la qualitat de l'aigua necessària a l'interior de les calderes, originen un consum extra promig de 30 m³/dia en concepte de purgues de les calderes F-1102 i F-1103.

Finalment, la contaminació dels condensats de vapor de la planta AR-3 s'ha detectat que provoca unes pèrdues de al voltant de 20 m³/dia de mitjana, en haver de ser desviats directament a la claveguera.

Per donar resposta a aquests problemes complint amb el criteris legals, de respecte al medi ambient, d'eficiència energètica i en l'ús de recursos, es fan les següents propostes de millora:

- Donada la necessitat de substitució dels equips de buit que ocasionen les pèrdues en el circuit de refrigeració per raons de normativa de seguretat, es recomana que aquesta substitució es faci o bé per una tecnologia "seca" (bombes de pistons o de paletes) o bé per un grup d'anell líquid amb un muntatge de circuit tancat. D'aquesta manera s'aconseguiria estalviar els 75 m³/dia que actualment s'estan llençant cap a la depuradora.
- La instal·lació d'un sistema de purgues automàtic a les calderes F-1102 i F-1103 possibilitaria una major rapidesa de resposta al canvi de les necessitats de cabal de purga de l'aigua del seu interior motivat pel canvi de la seva qualitat. S'ha pogut detectar que amb el sistema manual actual el cabal purgat normalment és superior al necessari.
- El canvi del criteri de purgues emprat actualment, per un de menys restrictiu i més d'acord amb les normes UNE relatives a la qualitat d'aigua per a calderes de vapor, permetria l'estalvi d'uns 20 m³/dia d'aigua de l'interior de la caldera F-1102 i de prop de 14 m³/dia a la F-1103. Igual que en el cas de la recuperació de condensats, també suposaria l'avantatge d'estalviar-se el cost energètic d'escalfar l'aigua, i els costos dels additius d'adequació de la qualitat per a usos a calderes i de tractament d'efluents.
- La substitució del grup de retorn de condensats de les plantes N-1, ND-1, A-1, Q-1 permetrà recuperar un total de vora 80 m³/dia de condensats, amb l'afegit de l'estalvi energètic, d'additius i de tractament d'efluents que suposa el seu reenviament a la caldera F-1102.
- La instal·lació de dos nous grups de retorn de condensats a les plantes de N-2, ND-2, AD-1, RA-1, M-1 i Pastilles i tancs d'emmagatzematge d'amines i àcids grassos ha de permetre l'estalvi de 120 m³/dia d'aigua a la caldera F-1102. A més, cal tenir en compte l'estalvi energètic, d'additius de tractament per aigua de calderes i de tractament d'efluents que suposa la recuperació d'aquests condensats.



- Es proposa la revisió dels equips de la planta de AR-3, que utilitzen vapor i aigua de refrigeració (CW), per tal de mirar de detectar porus o vàlvules no estanques que provoquen la contaminació dels condensats d'aquesta planta, provocant el malbaratament de prop de 20 m³/dia d'aquests condensats.

Cal destacar que la inversió necessària per implementar aquestes millores és inferior a les pèrdues que actualment ocasionen els problemes detectats.

L'impacte negatiu sobre el medi es veurà reduït amb l'adopció de les mesures proposades. Es calcula que la reducció del consum d'aigua a la planta serà de 205 m³/dia. A més, la reducció del consum d'aigua fresca a les calderes suposarà una reducció del consum de gas i de les emissions de CO₂ (en 1,74 T/any respecte a les actuals), donat que la temperatura de l'aigua alimentada incrementarà amb la recuperació de condensats i la reducció de purgues a les calderes.

12.2.2. Punts que dificulten la diagnosi de l'aprofitament de l'aigua.

Amb el seguiment dels passos de la metodologia proposada s'han anat trobant diverses mancances que dificulten l'elaboració d'un diagnòstic més acurat de l'aprofitament de l'aigua.

El primers problemes s'han detectat durant la recopilació d'informació dels consums d'aigua de les diverses plantes. S'ha pogut observar i comprovar el mal funcionament d'alguns dels comptadors de la xarxa d'aigua i per altra banda s'ha fet evident la manca de comptadors per quantificar alguns dels consums de la fàbrica.

Els comptadors que mitjançant la comprovació dels consums s'ha pogut determinar que no funcionen correctament són els següents:

- El comptador del pou 1 (Q-1000-1). S'ha determinat que compta de més, la qual cosa representa un agreujant ja que és el comptador del qual se serveix l'ACA per determinar el volum extret i el seu cost.
- El comptador de sortida del dipòsit T-1001 (Q-1001-1). També s'ha determinat que compta de més. El seu mal funcionament no permet esbrinar l'aigua que es destina a la xarxa contra incendis, ni l'aigua que directament de pou es consumeix a les diferents plantes.
- A la instal·lació d'osmosi inversa, el mal funcionament del comptador de la línia d'alimentació (Q-1001-2) i el del rebuig (Q-1001-3), no permeten determinar el cabal de permeat generat ni fer la comprovació del balanç en aquesta instal·lació.

D'altres mancances detectades són la falta de comptadors a l'entrada de les plantes N-1, ND-1, N-2, ND-2, H-1, AD-1, RA-1, Q-1, A-1, M-1 i Pastilles, que impedeixen elaborar el diagnòstic de l'aprofitament d'aquest recurs en aquestes plantes.



I per últim recalcar la manca de registres d'informació que permetin establir quin és el consum que cal esperar d'aigua per cada producte per poder-lo comparar amb el que es dona realment.

Enumerats i resumits tots aquests punts conflictius, les propostes de millora són les següents:

- Es proposa com a mesura imprescindible la substitució del comptador del pou 1 per tal de no seguir pagant una factura d'aigua més elevada que la que correspon al consum real a la fàbrica.
- La substitució o reparació dels comptadors de la instal·lació d'osmosi permetria conèixer el consum real d'aquest recurs i també comprovar si la instal·lació està treballant correctament.
- Realitzar una tasca de verificació documental per conèixer el consum d'aigua que caldria esperar a cada planta.
- Instal·lar comptadors a les línies d'entrada d'aigua a cada planta per conèixer-ne el consum.
- Amb els comptadors instal·lats a cada planta, caldria dissenyar una recollida de dades sistemàtica que permetés tenir quantificat cada consum que es donés a la fàbrica i els paràmetres del qual depèn. Així es podria realitzar el diagnòstic i manteniment correcte de tota la instal·lació d'aigua.



Agraïments.

En primer lloc voldria agrair als responsables del projecte a l'empresa per la confiança i el suport que he rebut per part seva i per l'oportunitat que m'han ofert de treballar amb ells, i agrair especialment a en Manel, en Francesc i a en Martín la paciència que han tingut amb mi mentre ha durat la meva estada a l'empresa.

Agraeixo el suport rebut en tot moment dels meus pares, el meu germà i la meva companya, no només en el període de realització del projecte sinó també al llarg de tota la carrera.

I finalment voldria agrair al Dr. Antonio Espuña el seguiment que ha realitzat del projecte i l'ajuda que m'ha ofert durant la realització del mateix.



Bibliografia

Referències bibliogràfiques

- [1] AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA: "Campanyes de sensibilització: estalvi d'aigua", [<http://mediambient.gencat.net/aca/ca/participacio/campanyes/estalvi/inici.jsp>, 15 de gener de 2007]
- [2] AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA. [<http://mediambient.gencat.net/aca/ca/inici.jsp>, 18 de gener de 2007].
- [3] ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACION (AENOR). *Norma española UNE-EN 12952-12. Calderas acuotubulares e instalaciones auxiliares, parte 12: Requisitos para la calidad del agua de alimentación y del agua de caldera*. AENOR, 2004.
- [4] ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACION (AENOR). *Norma española UNE-EN 12953-10. Calderas piro-tubulares, parte 10: Requisitos para la calidad del agua de alimentación y del agua de caldera*. AENOR, 2004.
- [5] BORRÀS BRUCART, E. *Gas Natural. Características, distribución y aplicaciones industriales*. Editores técnicos asociados, Barcelona 1987.
- [6] BYERS, W; DOERR, W; KRISHNAN, R; PETERS, D. *How to implemet industrial water reuse: a systematic aproach*. Nova York: American Institute of Chemical Engineers, Center for Waste Reduction Technologies (CWRT), 1995.
- [7] DEPARTAMENT D'INNOVACIÓ, UNIVERSITATS I EMPRESA. Apartat de normativa. [<http://www.gencat.cat/ctc/serveis/normativa/index.html>, 18 de gener de 2007]
- [8] DEPARTAMENT DE MEDI AMBIENT I HABITATGE. Apartat de legislació. [http://mediambient.gencat.net/cat/el_departament/actuacions_i_serveis/legislacio/iniciDNN.jsp?ComponentID=107410&SourcePageID=593#1, 18 de gener de 2007]
- [9] GENERALITAT DE CATALUNYA. [<http://www.gencat.cat/>]
- [10] GONZÁLEZ BAUZA, J.C.; PEÑA, J.A.; SUSIAL, P. *Tratamientos externos e internos del agua para calderas*. Article publicat a Ingeniería Química, juny 2000.
- [11] INSTITUT CATALÀ DE L'ENERGIA. DEPARTAMENT DE INDÚSTRIA I ENERGIA de la GENERALITAT DE CATALUNYA. *Gestió de l'aigua a la indústria. Estalvi i depuració* (3a. edició). Barcelona: 1994.
- [12] SPIRAX SARCO. Apunts extrets de l'apartat e-learning de [www.spiraxsarco.com/learn, 5-10-2006].



[13] TELSTAR. *Apuntes i tecnologia del vació*. Barcelona 1993.

Bibliografia complementària

[14] AMERICAN BOILER MANUFACTURERS ASSOCIATION [www.abma.com, 13 novembre de 2006].

[15] ASCOLESE, C. R.; BAIN, D. I.; SORIA, M. *Selección de programas para proteger circuitos de refrigeración*. Article publicat a Ingeniería química, juny 2000.

[16] CHEREMISINOFF, NICHOLAS P. *Handbook of water and wastewater treatment technologies*. Butterworth Heinemann, 2000.

[17] COUNCIL OF INDUSTRIAL BOILER OWNERS. *Energy Efficiency Handbook*. Editat per Ronald A. Zeitz, 1997.

[18] DEGRÉMONT. *Water treatment handbook* (CD).

[19] MANAHAN, S. E. *Water treatment. Environmental Chemistry*. CRC, 2000.

[20] NORTH CAROLINA DEPARTMENT OF ENVIRONMENT AND NATURAL RESOURCES. *Water efficiency. Water management options: Cooling and heating*. NCDENR, 2003

[21] PERRY, ROBERT H. "Perry's chemical engineers' handbook" seventh edition. Editorial: McGraw-Hill, 1997

[22] SECRETARÍA DE ESTADO DE ENERGÍA, DESARROLLO INDUSTRIAL Y DE LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA. *Estrategia de ahorro y eficiencia energética en España 2004-2012*. Ministerio de Economía, 2003.

[23] THE UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY. INDUSTRIAL TECHNOLOGIES PROGRAM. *Improving steam system performance. A sourcebook for industry*. U.S. Department of Industry.

