Presentació

Aquest estudi, projecte, ha intentat enfocar directament la problemàtica industrial d'avui en dia. La necessitat cada dia més gran de l'aprofitament de l'aigua a la indústria, tant en el consum com en la reutilització, i sobretot en la minimització de contaminants a l'aigua, fa molt necessari trobar els sistemes més adequats a les necessitats concretes d'aigua pels múltiples processos industrials que requereixen d'aquesta.

Però no ens podem fixar únicament en la qualitat d'aigua desitjada, doncs els possibles residus obtinguts en la purificació d'aquesta, i també, el cost econòmic, són altres factors, els quals s'han de tenir en compte a l'hora d'escollir un tractament.

Òbviament hi ha sistemes que donen una qualitat millor de l'aigua, i d'altres, més econòmics, però el sistema de purificació que es detalla en aquest projecte és molt equilibrat; tant en l'aspecte econòmic, com en la qualitat de l'aigua i en el tractament de les aigües residuals.

Resum projecte

Tractament d'una aigua provinent de xarxa, en concret de l'empresa de subministrament *Aigües Artés,* la qual va facilitar les anàlisis de l'aigua que ells subministren. Pel tractament d'aquesta aigua s'opta per un sistema de descarbonatació + desgasificació + descalcificació, amb tractament i regeneració a cocorrent.

L'automatització del procés, es realitza amb indicadors-transmissors de cabal, nivell i temperatura; bombes i vàlvules, tot connectat a un autòmat programable de la casa SIEMENS, que realitza totes les actuacions pertinents.

S'ha utilitzat un generador de vapor tipus pirotubular, tubs de foc, amb una producció de vapor de 5000 Kg vapor/h i a una pressió de servei inferior a 13 Kg/cm^2. S'han suposat unes pèrdues en el circuit del vapor, producció, del 2%.

També s'han fet servir canonades i accessoris de polipropilè, dipòsits tots de polipropilè excepte el d'alimentació que és d'acer inoxidable. Les bombes són totes centrífugues de tracció magnètica.

S'han utilitzat vàlvules manuals de seguretat i vàlvules amb actuador pneumàtic pel funcionament del procés.

Índex

1 Pròleg, visió general del projecte 6

2 Fonament teòric del projecte 10

2.1 Impureses en l'aigua 10

2.2 Duresa i sílice en l'aigua 10

2.2.1 Calci 11
2.2.2 Magnesi 11
2.2.3 Sílice 11

2.3 Bescanvi iònic 12

2.3.1 Característiques de les resines 14
2.3.2 Resines cicle sodi 17
2.3.3 Resines catiòniques febles, carboxíliques 17
2.3.4 Avaluació del funcionament d'una resina 18
2.3.4.1 La variació en la capacitat és normal 18
2.3.4.2 Avaries localitzades 19

2.4 Tractament de l'aigua de generadors de vapor 21

2.4.1 Tractament extern de l'aigua d'alimentació 23
2.4.1.1 Duresa 25
2.4.1.2 Alcalinitat 25
2.4.1.3 Sílice 25
2.4.2 Tractament intern de l'aigua interior del generador 26
2.4.3 Purga 26

2.5 Generadors de vapor 27

2.5.1 Tipus i característiques dels generadors de vapor 27

3 Tractament, part tècnica 29

3.1 Cabal vaporitzat 31

3.2 Balanç matèria 32

3.3 Avaluació del tractament idoni 34

3.3.1 Descalcificació, regeneració cada 7 dies 34
3.3.2 Descalcificació, regeneració cada dia 36
3.3.2.1 Procés regeneració Lewatit S100, NaCl 37
3.3.3 Descarbonatació+descalcificació+desgasificació, regeneració cada dia 40
3.3.3.1 Balanç matèria 41
3.3.3.2 Càlcul resina 42
3.3.3.3 Procés de regeneració Lewatit S100, NaCl 43
3.3.3.4 Procés de regeneració Lewatit CNP 80, HCl 45
3.3.4 Estudi comparatiu entre els sistemes de tractament: Descalcificació simple i descarbonatació+desgasificació+descalcificació 48

3.4 Avaluació dels resultats, tractament escollit 52

4 Aigua residual 53

4.1 Aigua residual de la purga 53

4.2 Aigua residual procés de regeneració cada dia 57

5 Especificacions 60

5.1 Resina 60
5.2 Tuberia de pressió en polipropilè, PP 60
5.3 Dipòsits 66
5.4 Vàlvules 68
5.4.1 Vàlvules manuals de seguretat 69
5.4.2 Vàlvules pneumàtiques tot/res amb actuador pneumàtic controlades des d ' autòmat 69
5.4.3 Vàlvula de papallona reguladora del cabal 69

5.5 Accessoris per a tuberies de polipropilè, PP 69
5.6 Autòmat programable, PLC 70
5.7 Indicadors-transmissors 70
5.8 Bombes 70

6. Esquema de funcionament del procés 72
6.1 Tractament 72
6.2 Regeneració 72

7. Pressupost 74
8. Conclusió final 78
9. Referències 84
10. Bibliografia 87
11. Empreses consultades 90

1. Pròleg (visió general del projecte)

Tal i com el seu nom indica, tractament automatitzat d'aigua per un generador de vapor, és un projecte en el qual s'ha agut de tenir en compte varis factors, com:

-.Tipus de generador de vapor, i producció.

-.Tipus de bombes, indicadors-transmissors, PLC i automatismes més adequats per automatitzar el procés.

-.Tipus de tractament més adequat per la qualitat d'aigua exigida pel generador de vapor, tenint en compte la qualitat de l'aigua de subministrament.

-.Tractament més adequat de les aigües obtingudes en el procés de regeneració per poder-les abocar al clavegueram d'Igualada.

Tots aquests factors que s'han tingut en compte, han de tenir un equilibri entre ells per evitar mals funcionaments en el futur, un cost econòmic elevat; però també per aconseguir un rendiment òptim de l'instal.lació.

M'explicaré; si tenim un bon sistema de tractament, però un mal sistema de control del procés poden arribar a passar catàstrofes, tant a nivell personal com econòmic.

Si es dóna el cas a la inversa, o sigui, un bon control del sistema, però un mal disseny del sistema de tractament, el que pot comportar és problemes al generador amb les conseqüents reparacions, parades de producció, etc..., per resumir, moltes pèrdues econòmiques, accidents, i el redisseny de l'instal.lació.

Per no estendre'm més en aquests tipus d'exemples, només dir que és evident que tots els sistemes, en general, estan formats per altres subsistemes, que alhora estan formats per

nuclis més petits; i que tots han de ser els correctes per la seva funció, i adequats per interaccionar amb altres nuclis i sistemes; però el més important és que entre tots ens surti un sistema equilibrat, que funcioni com nosaltres volem i que ens doni els resultats desitjats.

El sistema de control és automatitzat. Cada dia més, s'estén la implantació d'autòmats (PLC), per controlar els processos. En el projecte s'ha decidit automatitzar el procés amb un autòmat (PLC), ja que podem fer un control de totes les operacions i variables més precís i eficient. També permet una major flexibilitat a l'hora de modificar el procés. La indústria està en contínua evolució i per això és important dissenyar processos i operacions que puguin ser fàcilment modificables, sempre dins els límits permesos pel propi procés. Aquest autòmat ens permet mantenir el procés en funcionament sense pràcticament cap tipus d'intervenció, únicament l'addició una vegada cada 10 dies de NaCl i HCl en els dipòsits corresponents i el manteniment necessari en tot tipus d'instal.lació.

En el cas del sistema de tractament de l'aigua, s'opta per un tractament amb resines de bescanvi iònic Lewatit S100 (catiònica forta de cicle sodi), CNP 80 (catiònica feble cicle àcid) i un desgasificador. Per un generador de vapor a pressions de treball inferior a 13Kg/cm^2, amb una descalcificació de l'aigua d'alimentació, teòricament és suficient (ref.6 pg.referències), però el fet de què l'alcalinitat sigui el paràmetre limitant que determina el règim de purgues (veure Anàlisis Aigües Artés, annex D, i norma UNE 9075-92, annex B), planteja la incògnita de la necessitat de descarbonatar l'aigua. Com es pot veure en l'apartat 3, part tècnica, s'ha realitzat un estudi de la necessitat o no de descarbonatar l'aigua, i s'arriba a la conclusió que el millor sistema de tractament és: descarbonatació + desgasificació + descalcificació, doncs s'elimina la duresa, paràmetre limitant en l'aigua d'alimentació (veure Anàlisis Aigües Artés, annex D, i norma UNE 9075-92, annex B), i l'alcalinitat, paràmetre inicial limitant en l'aigua interior del generador de vapor. Al realitzar aquest tractament el paràmetre limitant de l'aigua interior del generador de vapor passarà a ser la salinitat, apartat 3.3.3. Això farà baixar la quantitat de purga, aigües residuals i la necessitat d'aigua tractada, amb la conseqüent disminució en els volums de resina. Tot i que amb aquest tipus de tractament, la inversió inicial és més gran que en la descalcificació simple, els costos fixes anuals (consum d'aigua, regenerants...) són menors i s'arriba a amortitzar de l'increment de preu inicial. La regeneració d'aquestes resines es fa a

cocorrent, doncs és un sistema que dóna una bona qualitat de l'aigua tractada, amb una menor dificultat d'instal.lació i per tant més econòmic; per l'ús que es dóna a l'aigua tractada, en aquest cas, no és útil la regeneració a contracorrent, doncs amb la regeneració a cocorrent ja aconseguim els resultats desitjats. La solució de regenerant és 10%NaCl i 3% HCl.

Hi ha un altre sistema per acondicionar una aigua, l'osmosi inversa, que com a conseqüència de la seva membrana semipermeable és capaç d'eliminar sals, duresa, patògens, terbolesa, compostos orgànics sintètics, pesticides, en general tots els contaminants que pot tenir una aigua. Aleshores la pregunta és: Perquè hem utilitzat resines de bescanvi iònic i no l'osmosi inversa??. Doncs bé, l'aigua de subministrament, proporcionada per Aigües Artés, és una aigua ja acondicionada pel consum públic, per això és previsible no tenir-hi problemes molt greus; veient l'anàlisi d'Aigües Artés (veure annex D), la puresa de l'aigua ja tractada només ens la determinarà les limitacions del generador de vapor; en el nostre cas amb un tractament de desenduriment en tenim suficient, i les resines ens donen un molt bon resultat en l'eliminació de la duresa, per aquesta raó ens hem decidit per una resina de bescanvi iònic de cicle sodi, doncs és econòmicament més barat, de fàcil manteniment i no necessitem pretractament de l'aigua, en canvi una osmosi inversa, en el cas que ens ocupa, és econòmicament més car, necessita d'un manteniment més elevat, i depenent de l'aigua pot ésser necessari un pretractament d'aquesta. Segons (ref.7 pg.referències), l'osmosi inversa és un bon sistema de purificació de l'aigua, per obtenir una aigua molt pura; també s'utilitza molt a EEUU per dessalinitzar l'aigua de mar. Però per les condicions que té l'aigua de subministrament, i la qualitat que ens exigeix el generador de vapor, el sistema escollit, bescanvi iònic, és l'adequat.

Pel que fa referència als residus obtingut en aquest procés, aigües de regeneració i purga del generador de vapor, el problema, en el cas de les aigües de regeneració és l'elevada concentració de clorurs (ref.8 pg.referències, apartat 4.2), en canvi, en la purga el problema és la concentració de sulfats, nitrogen total, temperatura i pH, (ref.8 pg.referències apartat 4.1). Tot i que la concentració salina a dins del generador de vapor augmenta, no arribem al límit que s'estableix en l'ordenança municipal d'abocaments al clavegueram de l'Ajuntament d'Igualada (veure annex E), però hi ha quatre paràmetres que impedeixen

l'abocament al clavegueram, que són: sulfats, nitrogen total, pH i temperatura. Per això s'ha optat per guardar aquesta aigua de la purga en el dipòsit d'aigües residuals juntament amb les aigües de regeneració, d'aquesta manera ja reduïm la temperatura i la concentració de sulfats i nitrogen total; després aquesta aigua, una vegada hagi baixat la temperatura, la mesclarem amb les aigües residuals de la fabrica. Al barrejar aquestes aigües encara baixa més la concentració de sulfats i nitrogen total, entrant així dins els límits d'abocament.. L'excés de temperatura en la purga pot ser aprofitada per un bescanviador de calor per algun procés de la fàbrica si així fos necessari.

El cas del problema de les aigües de regeneració és diferent; com hem dit anteriorment, està en una concentració de clorurs elevada a causa de les solucions de regenerants, 10% de NaCl i 3% HCl; per això, s'ha optat per barrejar aquestes aigües de regeneració amb la purga, amb aquesta operació ja produïm una certa dilució. Posteriorment, com ja s'ha dit en el paràgraf anterior, s'ajuntarà aquesta aigua, purga + aigües de regeneració, amb l'aigua residual de la fàbrica, amb la qual cosa ja tornem a produir una dilució, i així entrar dins els límits d'abocament.

En el cas que l'aigua final que obtenim, el pH no s'hagi corregit, i encara sobrepassi els límits d'abocament, segons l'ordenança municipal de l'Ajuntament d'Igualada, $6 < pH < 10$ (veure annex E), s'haurà de baixar aquest pH amb l'addició d'àcid.

El residu que se'ns produeix quan fem passar el regenerant, ja es dilueix amb les aigües de l'esponjament i rentat, ja que totes aquestes aigües les acumulem al dipòsit d'aigües residuals on es produeix la dilució ja esmentada. Aquesta operació ens ajuda a baixar la concentració de clorurs, sulfats i nitrogen total.

Per finalitzar aquesta introducció al projecte, cal fer esment que l'objectiu del projecte és el tractament automatitzat de l'aigua, per aquest motiu no hi ha un estudi exhaustiu del generador de vapor, però és indispensable fixar certs paràmetres, per poder realitzar el projecte, i així desenvolupar la part que s'ha volgut ressaltar, que com anteriorment s'ha dit és el tractament automatitzat d'una aigua per un generador de vapor.

2. Fonament teòric del projecte

2.1. Impureses en l'aigua

Qualsevol cosa que hi hagi en l'aigua que no sigui H_2O és un contaminant o impuresa. Tota l'aigua és impura, i la feina d'un químic de l'aigua, és, definir aquestes impureses, indicar les especificacions i tractaments per cada aigua tenint en compte l'ús que se li donarà; tot això, de la manera més econòmica i que tingui la menor incidència possible en el medi ambient. Cal tenir present que les impureses fan variar les propietats de l'aigua i com a conseqüència el tractament més adequat per cada tipus d'aigua, per això cal fer un estudi exhaustiu de l'aigua i dels usos que se li donarà, per tal de trobar el tractament més eficient i adequat.

2.2. Duresa i sílice en l'aigua

El denominador comú de la majoria de problemes de l'aigua és la duresa. La duresa és un terme feredat del passat, i fa uns quants anys es mesurava com la capacitat de consum de sabó d'una aigua; actualment es defineix com el contingut en calci i magnesi en forma de cations que té una aigua.

La duresa provoca incrustacions, les quals depenent d'on es produeixin poden comportar més o menys danys; en el cas d'un generador de vapor, el primer problema i principal, és que les incrustacions provocades per la duresa fan baixar el rendiment del generador de vapor, doncs al dipositar-se aquesta en les superfícies de transmissió de calor fa baixar la transmissió.

2.2.1. Calci

El calci és el component principal de la duresa en l'aigua, normalment es troba entre 5 i 500 mg/l com a $CaCO_3$.

El calci pot ser eliminat de l'aigua per múltiples operacions, bescanvi iònic, osmosi inversa i operacions fisicoquímiques; en molts casos és necessari l'eliminació quasi total, com per exemple en una aigua per un generador de vapor, operacions d'acabat tèxtil i en les operacions de neteja i esclarit d'acabats metàl·lics

2.2.2. Magnesi

La duresa provocada pel magnesi en una aigua, generalment és una tercera part de la duresa total.

El carbonat de magnesi és bastant més soluble que el carbonat de calci, per això, rarament el magnesi és el component principal en les incrustacions, tot i això cal eliminar-lo de l'aigua d'alimentació de generadors de vapor i altres processos, en els quals, les incrustacions poden portar problemes.

2.2.3. Sílice

La sílice és present en quasi tots els minerals, i en l'aigua dolça la trobem amb una concentració entre 1 i 100 mg/l. A concentracions elevades es produeix la seva precipitació; degut a la seva complexitat, és difícil preveure les condicions, en les que podem mantenir la sílice en la solució en un procés d'evaporació d'aigua, com és el cas d'un generador de vapor.

La sílice és un element no desitjat en aigües d'alimentació per generadors de vapor, perquè pot formar incrustacions dins d'aquest, però també té una altra problemàtica doncs a temperatures altes es volatilitza i es diposita en les turbines.

Pel que fa referència a aquest projecte, la sílice no és tractada, doncs la seva concentració tant en l'aigua d'alimentació (4,1 mg sílice / l) (veure anàlisis d'Aigües Artés, annex D), com en l'aigua a l'interior del generador de vapor (64,575 mg sílice / l) (veure apartat 4.1), està dins els límits recomanables < 200 mg sílice / l (veure norma UNE 9075-92 aigua interior, annex B).

2.3. Bescanvi iònic

El bescanvi iònic remou d'una aigua els ions indesitjables i els transfereix a un material sòlid, resina, el qual cedeix un número equivalent d'ions d'una espècie desitjable que es troba en l'esquelet de la resina. La resina té una capacitat limitada per acumular ions en el seu esquelet, anomenada capacitat d'intercanvi, per aquesta raó arriba un punt en què la resina se satura. Arribat a aquest punt, la resina s'ha de regenerar amb una solució que conté l'ió desitjable, el qual se substitueix per l'ió indesitjable que la resina ha anat acumulant en el seu esquelet, deixant la resina una altra vegada apta per tornar a tractar l'aigua. L'operació de regeneració inclou els següents passos: *esponjament*, descompactació de la resina, pas de la solució de *regenerant* i *rentat* per treure l'excés de regenerant.
Les resines que s'utilitzen pel tractament de l'aigua, són estructures en forma d'esquelet que tenen molts llocs per dur a terme el bescanvi iònic, com es pot veure en la figura 1. L'esquelet de plàstic porós, permeable i insoluble, és un ió de grans dimensions carregat elèctricament per retenir els ions de càrrega oposada.

ref.9 pg.referències

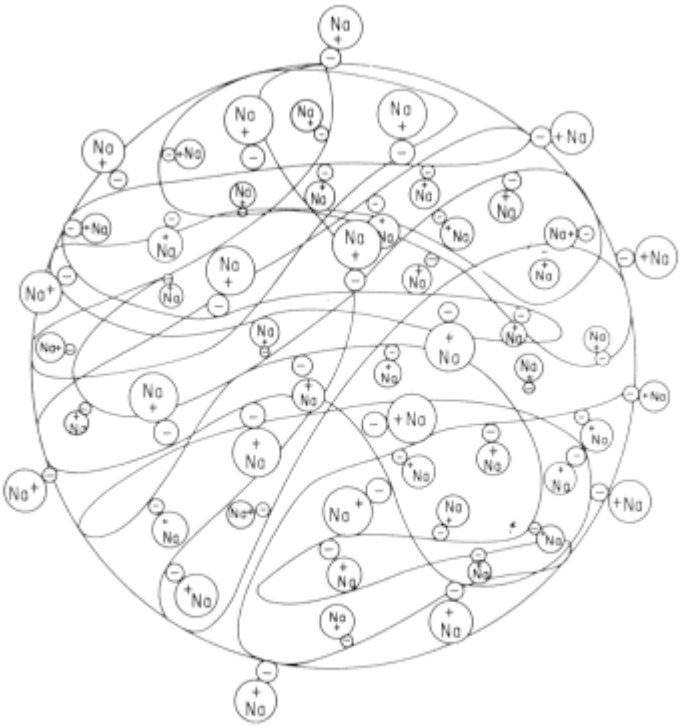


Fig. 1 - Model d'un intercanviador de cations, visualitzant els llocs d'intercanvi negativament carregats sobre l'esquelet que aguanta els ions sodi com en el raïm

2.3.1. Característiques de les resines

La majoria de les resines comercials són de materials plàstics sintètics, com copolímers d'estirè divinilbenzè, i tenen dues estructures generals, de gel i macroporus.

ref.9 pg. referències

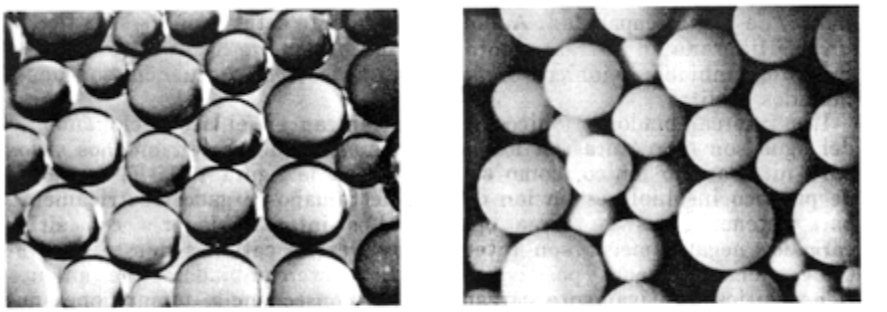


Fig. 2 - Els intercanviadors comercials típics, tenen dues estructures generals, de tipus gel (esquerra) i de tipus macroporus (dreta). Aquestes fotos són ampliacions.

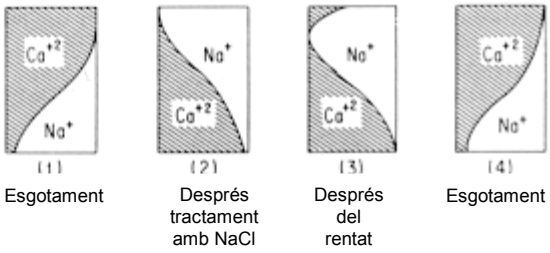
Hi ha un balanç entre la producció d'un polímer poc entrecreuat, que afavoreix l'entrada d'aigua i una reacció més ràpida, però que només és lleugerament soluble, i una resina molt entrecreuada, que és insoluble i ens restringiria molt l'entrada d'aigua. Les resines pel bescanvi iònic són insolubles i la seva vida útil és de 5 a 10 anys.

Al començament del procés de desenduriment d'una aigua, existeix una quantitat de calci en el fons de la resina. L'aigua que entra per la part superior queda completament desendurida. Aquesta aigua desendurida regenera el calci del fons de la resina. De manera que la duresa de l'efluent és deguda al residu de calci de l'aigua que anteriorment ha passat per la resina.

Quan la resina es va esgotant, va baixant la contaminació per calci en el fons de la resina i la qualitat de l'aigua millora fins que apareix la veritable fuga.

ref.9 pg.referències

(a) Comportament del llit durant el cicle



(b) Curva de fuga

Fig. 3 - Fuga a través d'una resina cicle sodi a cocorrent.

La regeneració a contracorrent fa que no succeeixi l 'explicat en el paràgraf anterior, i que la fuga estigui provocada per un lliscament real de l'ió. La millora tant en la qualitat de l'aigua com en l'eficiència de la regeneració s'il.lustra en la següent figura:

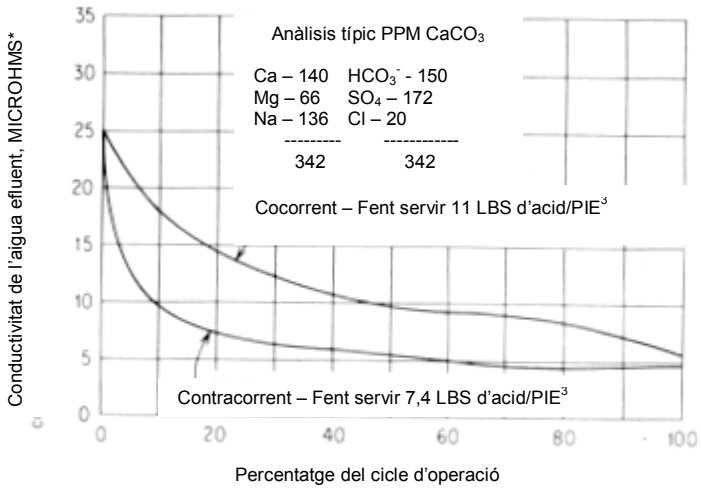


Fig.4 - Comparació dels resultats de la regeneració a cocorrent i a contracorrent d'una resina intercanviadora de cations. *(Thompson, J., and Reents, A.C., " Counterflow Regeneration", Proceedings of 27 th International Water Conference, novembre 1966.)*

ref.9 pg. referències

Tot i les millores que suposa la regeneració a contracorrent, pel que fa referència a aquest projecte, no són vitals, doncs aquest tipus de regeneració ens plantejaria uns altres tipus de problemes, com: una instal.lació més complexa i un millor control i manteniment. Per resumir, dir que la qualitat d'aigua desitjada s'aconsegueix perfectament amb la regeneració a cocorrent, i així també s'aconsegueix una simplicitat més gran en l'instal.lació, tractament i manteniment.

2.3.2. Resines cicle sodi

La reacció de bescanvi és: (R=resina catiònica forta cicle sodi)

$Ca^{2+} + Na_2R$ ---------- $CaR + 2Na^+$ ref.10 pg.referències

El procés de desenduriment d'una aigua amb un bescanviador catiònic fort amb resines cicle sodi, és un procés d'intercanvi antic però simple. Elimina la duresa, inclòs el ferro i el manganès. Quan la resina està saturada es regenera amb una solució de NaCl.

Durant el procés pot variar la duresa de l'aigua i també pot canviar la velocitat del flux, però la resina continua operant de manera efectiva.

La quantitat de NaCl necessari per dur a terme la regeneració ve determinada per la qualitat que es vulgui en l'efluent i pel temps que estipulem per regenerar. Com més gran sigui la quantitat de NaCl, menor serà la fuga i més gran la capacitat, però tindrem un residu de la regeneració més complicat de tractar.

2.3.3. Resines catiòniques febles, carboxíliques

La reacció de bescanvi és:

$2R\text{-}COOH + Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow (R\text{-}COO)_2Ca + 2CO_2 + 2H_2O$ ref.14 pg.referències

Estructures acríliques on el grup funcional és un àcid carboxílic, feble i poc ionitzat. Només actuen en condicions alcalines. S'utilitzen per descarbonatar l'aigua. En l'intercanvi, aquestes resines queden plenes de calç i es forma CO2 gas que s'eliminarà amb un desgasificador.

També es fan servir per disminuir el cost d'eliminació de cations, perquè es necessita menys volum de resina, té rendiments de regeneració molt més alts i s'estalvia regenerant. La regeneració amb un àcid fort, en aquest projecte amb HCl, dona una bona qualitat de la resina regenerada i així s'evita la possible precipitació del sulfat de calç en el cas de regenerar amb H_2SO_4.

2.3.4. Avaluació del funcionament d'una resina

Durant la vida útil de la resina, apareixen certs canvis en els materials d'aquesta a causa dels cicles tractament-regeneració, per això, pot ser necessari canviar cada any un 10% de la resina cicle sodi.

2.3.4.1. Variació en la capacitat

La variació en la capacitat d'una resina és normal, i és conseqüència de no aconseguir una distribució perfecta del flux a través d'aquesta. En cada cicle són normals pèrdues del 5% al 10%, encara que una pèrdua permanent de capacitat ha de preocupar, perquè pot afectar l'efluent.

Una raó de la pèrdua permanent de capacitat, és la pèrdua de material en el procés de regeneració, això fa necessari una mesura del nivell de la resina, sempre després del procés de regeneració.

La resina ha de ser plana en la seva superfície, i en cas contrari, investigar les causes d'aquest desnivell; per resumir, serà necessari fer una anàlisi de la resina quan tinguem algun símptoma de pèrdua de capacitat fora del normal.

La majoria de les pèrdues de capacitat es poden atribuir a la brutícia que s'acumula a la resina, aquesta acumulació, és provocada, perquè la resina també actua com un filtre a conseqüència de la seva estructura entrecreuada, aquesta acumulació de brutícia la podem solucionar amb un rentat a contracorrent intentant que la resina s'expandeixi.

Hi ha però una segona causa de la pèrdua de capacitat permanent i és deguda a la formació de canals dins l'estructura de la resina, la possible solució en aquest cas seria remoure la resina per tal de destruir aquests canals.

2.3.4.2. Avaries localitzades

Moltes vegades es pot localitzar el problema comparant amb lupa, una mostra de la resina avariada, amb una mostra de la resina nova. Aquesta comparació pot mostrar la presència de partícules fines, fracturades, brutícia o recobriment de les partícules de la resina, com podem veure en les següents figures:

ref.11 pg.referències

Fig.5 - Resina tipus gel amb una gran quantitat de precipitat lliure, que indica un rentat no adequat, provocant la majoria dels problemes dels sistemes de bescanvi iònic

ref.11 pg.referències

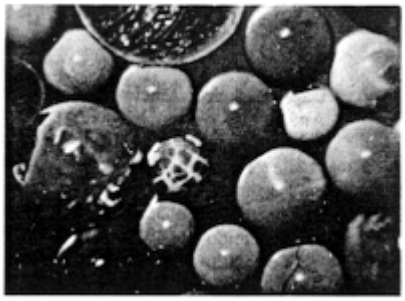


Fig.6 - Resina tipus gel embrutada inorgànicament tant externament com internament. Moltes vegades el bari i l'estronci afavoreixen aquest problema en unitats regenerades amb H_2SO_4.

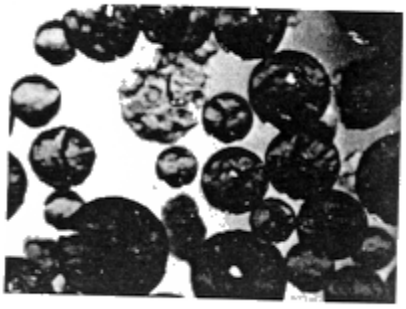


Fig.7 - Resina tipus gel greument fraccionada. Pot ser per causa del precipitat intern o pel xoc osmòtic; aquesta última causa és bastant freqüent en resines de cicle sodi en calent, si de cop s'allibera la pressió.

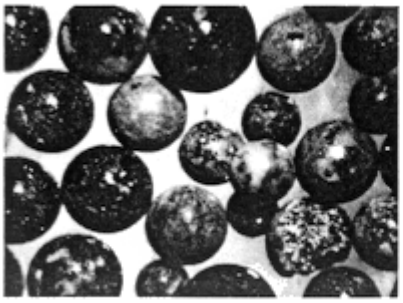


Fig.8 - Bruticia externa, orgànica i inorgànica, d'una resina tipus gel.

Si la inspecció visual no ens aclareix l'avaria s'hauria de fer una anàlisi més exhaustiva, capacitat total, capacitat de retenció d'aigua, anàlisi de la malla; aquests valors es compararan amb el valor típic de la resina nova, per trobar la causa de l'avaria.

2.4. Tractament de l'aigua de generadors de vapor

El tractament d'una aigua per la generació de vapor, és una de les branques més estudiades de la química de l'aigua. La comprensió dels principis fonamentals de la química de l'aigua de generadors de vapor és molt important per l'enginyer d'energia, el qual intenta contínuament augmentar l'eficiència d'aquests.

La pressió i el disseny del generador de vapor, determinarà la qualitat de l'aigua d'alimentació. L'aigua municipal, que és de bona qualitat per la utilització domèstica, poques vegades ho és per un generador de vapor, per això moltes vegades serà necessari un tractament d'aquesta aigua, el qual dependrà del tipus i concentració dels contaminants presents i també de la qualitat desitjada, per tal d'evitar els tres problemes més grans que podem trobar en un sistema de generació de vapor; incrustacions, corrosió i arrossegaments.

Les incrustacions es poden formar sobre qualsevol superfície, especialment en els tubs dels generadors de vapor fent disminuir la transmissió de calor. Cada contaminant té una solubilitat i aquest precipitarà quan passem aquesta solubilitat. Si l'aigua està en contacte amb una superfície calenta i la solubilitat dels contaminants és menor a temperatures més elevades, precipitarà sobre la superfície provocant la incrustació.

Els components més normals que ens provoquen les incrustacions són: fosfat de calci, carbonat de calci (en generadors de vapor de pressió baixa), hidròxid de magnesi, silicat de magnesi i varies formes d'alúmina.

Com a conseqüència de les elevades temperatures que trobem a l'interior d'un generador de vapor, les incrustacions són un problema seriós, i la causa d'una mala transmissió del calor i a més a més potencien la probabilitat d'un trencament dels tubs.

En els generadors de vapor de baixes pressions, com és el cas, a baixes taxes de transferència de calor, poden formar-se incrustacions fins al punt de tapar totalment els tubs. A taxes més grans de transferència de calor, i a pressions més altes, el problema és més greu, i les incrustacions poden arribar a debilitar el metall constituent del generador de vapor.

El segon problema important relacionat amb l'aigua interior del generador de vapor, és la corrosió; el cas més comú és l'oxidació del metall. Aquesta oxidació està provocada per la presència d'oxigen en l'aigua. L'atac de l'oxigen s'accelera a altes temperatures i a pH baixos.

Un tipus de corrosió menys freqüent és l'atac alcalí en un generador que treballi a altes pressions.

Encara que l'eliminació de l'oxigen en l'aigua d'alimentació del generador de vapor, és el pas més important per evitar la corrosió, aquesta pot aparèixer de totes maneres; un exemple és l'atac directe del vapor a altes temperatures sobre la superfície d'acer, com es pot veure en la següent reacció:

$4H_2O + 3Fe$ ------- $Fe_3O_4 + 4H_2\uparrow$ ref.12 pg.referències

En la reacció, és desprèn H_2, per això és útil un dispositiu per analitzar l'hidrogen en el vapor com a indicador de corrosió.

El tercer problema important relacionat amb la producció de vapor, són els arrossegaments des del generador de vapor cap al sistema de vapor. Això pot causar un problema mecànic i pot ser causat per la volatilitat de certes sals de l'aigua interior del generador de vapor, com la sílice, compostos de sodi i per l'espuma, per una demanda instantània superior a la

capacitat de producció, nivell excessiu d'aigua, secció insuficient de les canonades de distribució de vapor, i per una obertura massa ràpida de la vàlvula de sortida de vapor.

Els problemes de les incrustacions, corrosió i arrossegaments es poden solucionar:
.- Tractament extern de l'aigua d'alimentació
.- Tractament intern de l'aigua interior del generador de vapor
.- Purga

2.4.1. Tractament extern de l'aigua d'alimentació

Hi ha varis processos de tractament depenent de les impureses de l'aigua. En la taula de la pàgina següent podem veure el límit d'aplicació de cadascun. En el projecte, degut a les característiques d'aquest, anàlisi Aigües Artés (veure annex D), norma UNE 9075-92 (veure annex B) i generador de vapor (veure annex F) el tractament que fem, és, descarbonatació + desgasificació + descalcificació. Per aquest motiu només s'analitzen els paràmetres més significatius, que tenen influència en aquest tipus de tractament i en el generador de vapor.

ref.12 pg. referències

TABLA 39.2 Procesos de tratamiento del reemplazo de calderas

Impureza por remover	Adición directa Nota 1	Coagulación/ floculación	Separación sólidos/ líquido	Precipitación	Adsorción	Intercambio iónico	Evaporación	Desgasado	Separación por membrana
Sólidos suspendidos	NA NA	10 mg/l	<1 mg/l	10 mg/l ← Estos procesos requieren de pretratamiento para remover los sólidos suspendidos →					
Dureza	NA	NA	NA	Remoción parcial Nota 2	NA	0–2% Nota 3		Nota 5	
Alcalinidad	Puede disminuirse hasta 0, o aumentarse según las necesidades	Nota 7	NA	Remoción parcial Nota 2	NA	Nota 8		NA	
Sílice	NA	Remoción ligera	Remoción ligera	Remoción parcial Nota 9	Remoción parcial Nota 9	Nota 10	Nota 4	NA	Nota 6
Sólidos disueltos (SDT)	Puede aumentar Nota 11	NA	NA	Remoción parcial Nota 2	NA	Nota 12		NA	
Productos orgánicos	Nota 13	Remoción parcial Nota 13	NA	Remoción parcial Nota 13	5–10%	Remoción parcial Nota 14		NA	
Gases	Puede disminuirse hasta 0	Puede aumentar Nota 8	NA	Nota 15	Nota 16	Nota 8		Nota 17	

Notes de la taula 39.2

Nota 3 - Els residus després del tractament varien amb l'anàlisis de l'aigua, amb la dosificació de regenerant i amb el mètode d'aplicació.

Nota 8 - L'alcalinitat es redueix barrejant els efluents de les unitats de cicle sodi i hidrogen. Pot reduir-se fins el punt desitjat. La reducció de l'alcalinitat produeix una concentració equivalent de gas CO_2, que es pot desgasificar.

Nota 10 – La sílice es pot eliminar amb un bescanviador aniònic fort. Si la resina aniònica forta va després d'una catiònica forta cicle sodi, el residu pot ser del 10% de l'alimentació; si la resina aniònica forta forma part d'un procés de desmineralització, es poden aconseguir residus tant baixos com 0,01 mg/l.

Nota 12 – La reducció de sòlids dissolts (SDT) depèn dels diferents processos de bescanvi iònic. Amb una resina catiònica forta cicle sodi, els SDT no canvien equivalentment amb el $CaCO_3$; amb resina d'hidrogen de corrent dividida, la reducció dels SDT és igual a la reducció de l'alcalinitat; en un procés de desmineralització, l'eliminació és quasi completa i el residu depèn de la combinació de les unitats del sistema.

Nota 14 – Algunes resines especials (com el carbó actiu) es poden fer servir per eliminar el color. Així i tot, la matèria orgànica tendeix a acumular-se irreversiblement sobre les resines d'anions, provocant problemes d'operació. La matèria orgànica s'hauria d'eliminar abans del procés de desmineralització. La matèria orgànica també crea interferències en els processos de membrana.

2.4.1.1. Duresa

Hi han varies operacions que poden treure el calci i el magnesi de l'aigua com es pot veure en la taula de la pàgina anterior. En l'apartat 2.2, es fa referència a la problemàtica de la duresa a l'aigua interior del generador de vapor.

El bescanvi iònic cicle sodi, desendureix, però no fa res més; En aquest projecte, s'elimina la duresa, doncs és l'únic paràmetre que sobrepassa el límit màxim, 5 mg $CaCO_3$/l, que s'estableix en la norma UNE 9075-92 (veure annex B), per l'aigua d'alimentació, doncs tenim una concentració inicial de 485 mg $CaCO_3$/l.

2.4.1.2. Alcalinitat

És desitjable tenir certa alcalinitat en el sistema, ja que ajuda a arribar al pH òptim, amb el qual prevenim la corrosió, però un excés provoca espumes, despreniment de CO_2, fragilitat càustica i arrossegaments en el vapor.

L'alcalinitat màxima admissible en l'aigua interior del generador de vapor, és de 16 meq/l, norma UNE 9075-92 (veure annex B).

2.4.1.3. Sílice

La concentració màxima admissible de la sílice en l'aigua interior del generador de vapor, és de 200 mg/l, norma UNE 9075-92 (veure annex B). En el projecte no s'arriba mai al límit, doncs el règim de purgues ho evita, això és normal, perquè les anàlisis d'Aigües Artés (veure annex D), demostren que a causa de la seva baixa concentració inicial (4,1 mg/l), no és un paràmetre limitant i per això no arribarà mai al límit exigible.
Una baixa concentració de sílice pot produir fangs enganxosos, per això es recomana no tractar-la si no supera les concentracions màximes exigibles.

2.4.2. Tractament intern de l'aigua interior del generador de vapor

La formació d'incrustacions dins el generador de vapor, es controla amb alguns dels següents programes químics: coagulació, residu de fosfat, quelatació, o fosfat coordinat.

En aquest projecte ja realitzem un tractament exterior, per la qual cosa no farà falta un tractament de l'aigua interior del generador de vapor, de totes maneres és probable la formació d'incrustacions a llarg termini, doncs la duresa no s'elimina totalment; per això l'empresa STENCO té sistemes de tractaments químics molt eficaços per quan sigui necessari fer aquest tractament, que també se'l pot anomenar manteniment.

2.4.3. Purga

L'aigua d'alimentació del generador de vapor, independentment del tractament extern que hi fem, encara té impureses. Quan es genera vapor, s'extreu del generador, aigua essencialment pura, i això fa que els sòlids introduïts en el generador de vapor a través de l'aigua d'alimentació, es quedin dins d'aquest. El resultat de què contínuament s'afegeixin impureses i s'extregui aigua pura, és un augment progressiu en el nivell de sòlids dissolts a l'aigua interior.

Existeix un límit en la concentració d'aquestes impureses, que ve determinat per la norma UNE 9075-52 (veure annex B), per aigua interior de la caldera. Per evitar sobrepassar aquest límit és necessari treure part d'aquesta aigua concentrada i posar-ne de nova per mantenir uns límits, aquesta operació s'anomena purga.

La quantitat de purga ve determinada per un paràmetre limitant, que és el que arribarà abans a la concentració màxima admissible d'aquest en l'aigua interior del generador de vapor. Pel que fa referència a aquest projecte, el paràmetre limitant és la salinitat, degut a la seva concentració inicial de 317,35 mg/l a l'aigua d'alimentació del generador de vapor (calculada a l'apartat 3.3.3.), i a la concentració màxima admissible d'aquest a l'aigua

interior del generador de vapor, segons la norma UNE 9075-52 (veure annex B), 5000 mg/l . La salinitat serà el paràmetre limitant, i el que ens determinarà el règim de purgues.

En un generador de vapor existeixen dos punts de purga, un serà el que ens regularà la concentració de sòlids dissolts en l'aigua interior, i l'altre serà una purga dels sediments acumulats en zones relativament estancades.

La purga pot ser intermitent, o sigui, quan s'arriba al nivell màxim acceptable de concentració de sòlids dissolts, es treu una quantitat de l'aigua interior concentrada i se'n posa la mateixa quantitat de nova per reduir la concentració d'impureses. O també pot ser contínua, treure contínuament aigua concentrada i afegir contínuament aigua nova durant tot el procés de producció de vapor, això permet una concentració d'impureses en l'aigua interior relativament constant, que fa que el sistema de purga contínua sigui més eficient i més econòmic que l'intermitent, per aquesta raó, en aquest projecte s'ha optat per una purga contínua.

2.5. Generadors de vapor

2.5.1. Tipus i característiques dels generadors de vapor

Un generador de vapor, és un recipient on es vaporitza contínuament aigua per l'aplicació de calor. Els objectius principals són: l'eficiència més gran possible d'absorció de calor, producció de vapor pur, i que l'operació sigui segura i fiable. Hi ha varis factors que influeixen en la selecció i operació d'un generador de vapor, com: capacitat, tipus de combustible, cremador, condicions de pressió, temperatura, qualitat de l'aigua d'alimentació i espai disponible per la instal.lació.

Els generadors de vapor, bàsicament tenen dos dissenys: pirotubulars i aquotubulars. En els pirotubulars, la flama i els gasos calents circulen per l'interior dels tubs els quals estan dins d'un recipient d'aigua. Són adequats, bàsicament, per produccions de vapor i pressions no

molt altes, quan treballem a nivells més elevats de producció de vapor i pressió, és més econòmic fer servir un generador de vapor aquotubular. El funcionament d'un generador de vapor aquotubular, és a la inversa del pirotubular, l'aigua passa per l'interior dels tubs, i per fora d'aquest i tenim la flama.
En aquest projecte s'utilitza un generador de vapor pirotubular (veure annex F), doncs per les característiques de producció de vapor, 5000 Kg/h, i una pressió de servei, P<13Kg/cm^2, necessita menys manteniment amb el conseqüent estalvi econòmic.

Per obtenir una millor eficiència i seguretat, tota la secció radiant s'envolta de tubs de paret d'aigua, així s'aprofita més el calor.

La puresa del vapor és de vital importància, per això aquest es fa circular per ciclons i rentadors de vapor per treure tota l'aigua possible del vapor abans de passar al circuit. Aquesta aigua extreta del vapor es retorna al generador de vapor.

El rendiment d'un generador de vapor no és del 100%, doncs tenim pèrdues en la xemeneia i per radiació, normalment s'està al voltant d'un 85%.

Podem millorar l'eficiència pujant la temperatura de l'aigua d'alimentació, fins aproximadament a la temperatura de l'aigua interior; això ja es fa en aquest projecte, doncs recuperant els condensats, que tenen una temperatura pròxima als 100ºC, fem pujar la temperatura de l'aigua d'alimentació. Una altra manera de millorar l'eficiència, és fent passar part de l'aire que farem servir per la combustió, per la xemeneia per fer que s'escalfi, amb la qual cosa tenim una certa recuperació de calor.

El manteniment s'ha de fer d'acord amb les instruccions del fabricant, el qual ens indicarà els mètodes i operacions per mantenir el generador de vapor en condicions.

3. Tractament, part tècnica

Càlcul de la duresa de l'aigua

$$\frac{124{,}25\,mg\,Ca^{2+}}{l} * \frac{2\,meq}{40{,}08\,mg\,Ca^{2+}} * \frac{100mg\,CaCO_3}{2m\,eq} = 310\,mg\,CaCO_3/l$$

$$\frac{42{,}56\,mg\,Mg^{2+}}{l} * \frac{2m\,eq}{24{,}3m\,g\,Mg^{2+}} * \frac{100m\,g\,CaCO_3}{2meq} = 175{,}14\,mg\,CaCO_3/l$$

$$Duresa\,total = \left[Ca^{2+}\right] + \left[Mg^{2+}\right] = 310 + 175{,}14 \approx 485\,mg\,CaCO_3/l$$

La purga al generador la referirem al paràmetre que ens pugui donar problemes.

El pH en l'interior de la caldera després d'haver fet la descalcificació ens pujarà fins a 11,66 aproximadament degut a NaOH que se'ns produeix com demostra la següent reacció:

$$2\,NaHCO_3 \Leftrightarrow CO_2 + H_2O + Na_2CO_3$$

$$Na_2CO_3 + H_2O \Leftrightarrow \mathbf{2NaOH} + CO_2 \qquad ref.1\ pg.\ referencies$$

$$Na^+ + HCO_3^- = NaHCO_3$$

$$NaOH = Na^+ + OH^-$$

$$\frac{282mgHCO_3^-}{l} * \frac{1g}{1000mg} * \frac{1mol}{61g} = 4{,}623 * 10^{-3}\,mols\,NaHCO_3/l = 4{,}623 * 10^{-3}\,molsNaOH/l$$

$$-\log\left[OH^{-}\right] = -\log\left[4{,}623 * 10^{-3}\right] = pOH = 2{,}335 \qquad pH = 11{,}66$$

$$\frac{282 mg HCO_3^{-}}{l} * \frac{1g}{1000mg} * \frac{1mol}{61g} * \frac{1000meq}{1mol} = 4{,}623 \;\; meq\, HCO^{-}{}_3 / l$$

Alcalinitat total = 4,623 meq/l

Buscarem el paràmetre limitant alhora de calcular la purga del generador de vapor:

1.-La conductivitat en l'aigua de subministrament, Aigües Artés, és de 889 mS/cm, segons la taula pg58, J.Rodier (veure annex A), ens dóna una concentració salina de: 889*0,758544=674,35 mg/l.

$$\frac{5000 mg/l}{674{,}35 mg/l} = 7{,}41$$

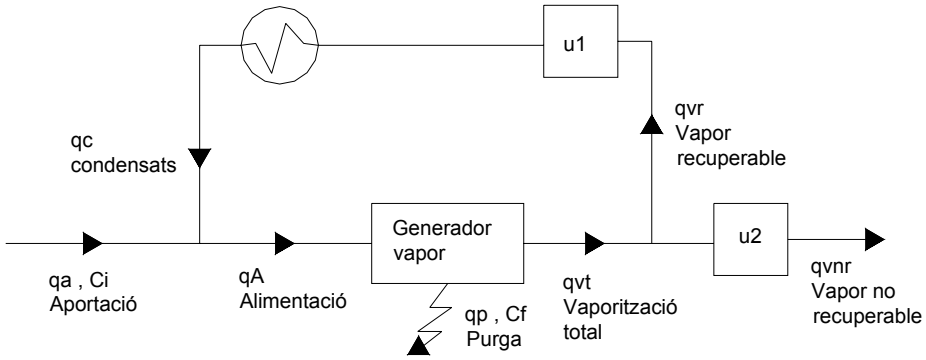
5000 mg / l és la concentració màxima admissible de salinitat a l'interior de la caldera (Norma UNE 9075-92, veure annex B); i veiem que en relació a la salinitat a l'aigua interior del generador, és 7,41 vegades superiors.

2.- Mirarem si l'alcalinitat total, és el que ens determinarà la purga del generador.

$$\frac{16\, meq/l}{4.623\, meq/l} = 3{,}46$$

La concentració màxima admissible d'alcalinitat total a l'interior del generador és de 16 meq/l segons la norma UNE 9075-92, veure annex B, i veiem que és 3,46 vegades superiors a la que tenim en realitat, 4,623 meq alcalinitat /l, per tant serà el paràmetre que ens determinarà la purga.

Calculem la purga tenint en compte l'alcalinitat com a paràmetre limitant:



3.1. Cabal vaporitzat: Ref.2 pg. referències

Temperatura de l'aigua d'alimentació = 12 ºC aprox.

Temperatura arriben els condensats = 120ºC aprox.

A temperatura del vapor revaporitzat podem fer una aproximació que serà la mitjana, entre la temperatura del vapor condensat (120ºC) i la temperatura màxima que pot tenir l'aigua líquida ambient (100ºC).

Cr= Cabal revaporitzat (Kg vapor) / h

Cl= Cabal líquid recuperat Kg/h

Cv= Cabal vapor (Kg vapor)/h

$I_{110}^{''}$ = entalpia gas, Kcal/Kg

$I_{100}^{'}$ = entalpia líquid, Kcal/Kg

$I_{120}^{'}$ = entalpia líquid, Kcal/Kg

$$\left.\begin{array}{l} Cr + Cl = Cv \\ Cr * i_{110}'' + Cl * i_{100}' = Cv * i_{120}' \end{array}\right\}$$

$$\left.\begin{array}{l} Cr+Cl=5000 \Rightarrow Cl=5000-Cr \\ Cr*642+Cl*100=5000*120 \end{array}\right\} \Rightarrow 642*Cr+\left(500000-100*Cr\right)=600000 \Rightarrow Cr=184{,}5\,Kg\,vapor/h \approx 200\,Kg\,vapor/h$$

3.2. Balanç matèria

q_a= aportació(Kg/h)

Ci=contaminació inicial,aportació (meq/l)

q_A= alimentació (Kg/h)

q_c= condensats (Kg/h)

Cc= contaminació cabal condensats = 0

q_{vnr}.= vapor no recuperable (Kg/h)

APc= pèrdues en el procés = 2% aprox. del cabal de vaporització = 100 Kg Vapor/h.

q_p= purga (Kg/h)

C_f= contaminació a la purga (meq/l)

q_{vt}= vaporització total= 5000 Kg vapor/h

C_{vt}= contaminació a la vaporització = 0

q_{vr}= vapor recuperable (Kg/h) C_{vr}= contaminació recuperable = 0

q_{vnr}= *Apc + Cr = 100 + 200 = 300 Kg/h*

$$\left.\begin{array}{l} q_a + q_c = q_A \\ q_A = q_p + q_{vt} \\ q_{vt} = q_{vr} + q_{vnr} \\ q_{vr} = q_c \end{array}\right\} \Rightarrow \quad q_a = q_{vnr} + q_p$$

$$q_a * Ci = q_p * C_f \Rightarrow q_p = q_a * \frac{Ci}{C_f}$$

$$Si \quad q_a = q_{vnr} + q_p \Rightarrow \mathbf{q_p = q_{vnr} * \frac{Ci}{C_f - Ci}} \quad \Rightarrow \mathbf{q_p = 300 * \frac{4{,}623}{16 - 4{,}623} = 121{,}9\,\frac{Kg}{h} \approx 122\,\frac{Kg}{h}}$$

$$q_a = q_{vnr} + q_p = 300 + 122 = 422\ {}^{Kg}/_{h} \equiv \mathbf{0{,}422\ {}^{m^3}/_{h}}$$

$$q_A = q_p + q_{vt} = 122 + 5000 = 5122\ {}^{Kg}/_{h} \equiv \mathbf{5{,}122\ {}^{m^3}/_{h}}$$

$$q_C = q_A - q_a = 5122 - 422 = 4700\ {}^{Kg}/_{h} \equiv \mathbf{4{,}7\ {}^{m^3}/_{h}}$$

A continuació, en l'apartat 3.3. Avaluació del tractament idoni, es fa un estudi per determinar el millor sistema de tractament, tenint en compte les característiques de l'aigua (xarxa, alimentació generador de vapor, interior generador de vapor) i del generador de vapor. Al final, a l'apartat 3.3.4, es realitza un estudi econòmic de la necessitat o no, de posar l'etapa de descarbonatació per reduir la purga.

3.3. Avaluació del tractament idoni

3.3.1. Descalcificació (regeneració cada 7 dies (168h))

$$0{,}422 m^3/h * 168h \approx 71 m^3$$

Aigua total que necessitarem tractar: **71 m^3**
(167h de tractament------1h regeneració)

$$\frac{71 m^3}{167h} = 0{,}425 m^3/h$$

Cabal que ha de tractar la resina durant 167h: **0,425 m^3/h**

Els càlculs s'han fet en la fulla de càlcul de la Bayer (ref. 5 pg.referències), facilitada per aquesta mateixa empresa, i es presenten en les següents pàgines. Les pàgines següents, no segueixen el format del document, doncs és una impressió feta amb el programa facilitat per l'empresa Bayer i és impossible adequar-lo al format d'aquesta memòria. Per millorar la comprensió del projecte, s'ha cregut convenient posar aquests càlculs dins la mateixa memòria i no en un annex, facilitant així el millor seguiment i comprensió dels passos seguits.

Veiem, segons els resultats de les pàgines anteriors que aquest tipus de tractament no és apte per les característiques d'aquest projecte, això queda reflectit en els resultats on no s'aconsegueix la mínima velocitat lineal; per altra banda, per fer pujar aquesta velocitat lineal perquè entri dins els paràmetres establerts, s'ha de reduir el diàmetre del llit, i com a conseqüència, puja l'alçada del llit expandit i sobrepassa l'alçada màxima permesa, amb la qual cosa el problema té difícil solució, i per això no és un bon sistema. L'única solució, és reduir les hores de tractament i pujar el cabal, però perquè la velocitat lineal entri dins els límits, els valors aconseguits s'acosten molt al tractament ja proposat que és la regeneració cada dia.

3.3.2. Descalcificació (regeneració cada dia (24h))

$$0{,}422 m^3/h * 24h = 10{,}13 m^3$$

Aigua total que necessitarem tractar: **10,13 m^3**

(20h de tractament------65 min regeneració ----- 175 min. parada després de regenerar)

$$\frac{10{,}13 m^3}{20h} \approx 0{,}51 m^3/h$$

Cabal que ha de tractar la resina durant 20h: **0,51 m^3/h**

Els càlculs s'han fet en la fulla de càlcul de la Bayer (ref. 5 pg.referències), facilitada per aquesta mateixa empresa, i es presenten en les pàgines següents a aquesta.

3.3.2.1. Procés de regeneració (cocurrent regeneration, NaCl):

Esponjament (backwash) (10 – 12 m/h):

$$12 m/h * 0{,}09 m^2 = 1{,}08 m^3/h$$

Consum d'aigua

$$0{,}15 m^3 \ d'aigua$$

Minuts per esponjament

$$\frac{0{,}15 m^3}{1{,}08 m^3/h} \cong 8 \ min.$$

Regeneració (5 m/h):

$$Agafem\ 5 m/h * 0{,}09 m^2 = 0{,}45 m^3/h$$

Consum d'aigua

$$120 l \ H_2O$$

$$\delta_{NaCl}\ 10\% = 1070 \ g/l$$

$$13500 g \ NaCl * \frac{100 \ g \ sol.}{10 \ g \ NaCl} = 135000 \ g \ sol. * \frac{1 l}{1070 \ g \ sol.} = 126{,}17 \ l \ sol. \approx \mathbf{126 \ l \ sol. \ de \ NaCl \ al \ 10\%}$$

Minuts per regeneració

$$\frac{0{,}126 m^3 \ sol. regenerant}{0{,}45 m^3/h} \cong 17 min$$

Rentat (rinsing) (5 m/h):

$$Agafem\ 5 m/h * 0{,}09 m^2 = 0{,}45 m^3/h$$

Consum d'aigua

$$0{,}3m^3\ d'aigua$$

Minuts per rentat

$$\frac{0{,}3m^3}{0{,}45m^3/h} \cong 40\ min$$

Totes les especificacions de la resina, necessàries per obtenir aquests resultats són a Lewatit Monoplus S100, veure annex C

El consum d'aigua en m^3 de l'esponjament + rentat hauria de ser aproximadament 6BV.

Rinse water requirement:

$$\frac{0{,}075m^3}{BV} * 6BV = 0{,}45m^3$$

Consum d'aigua obtinguts;

Esponjament-----0,15 m^3 d'aigua

Rentat -------- 0,3 m^3 d'aigua

En total obtenim 0,45 m^3 d'aigua, un resultat bo.

Temps total procés de regeneració:

Esponjament----- 8 min.

Regeneració-----17 min.

Rentat ------- 40 min.

En total necessitarem 65 minuts pel procés de regeneració. La resina treballa durant 20h, necessita 65 minuts per regenerar-se, el temps restant fins a les 24h, estarà parada. Es redueix el temps de tractament per augmentar la velocitat lineal de l'aigua en el tractament, i així aconseguir la velocitat lineal que el programa recomana.

3.3.3. Descarbonatació + descalcificació + desgasificació regeneració cada dia (24h))

En aquest cas, com que eliminem l'alcalinitat, aquesta ja no serà el paràmetre limitant. Per això el paràmetre limitant serà la salinitat total, per aquest motiu s'ha de fer un nou balanç de matèria. La salinitat baixarà com a causa de la retenció de l'alcalinitat, doncs en el bescanvi se'ns produeix un producte gasos que marxa Per obtenir la salinitat final, es presenten els següents càlculs aproximats, però bastant exactes:

Balanç iònic d'Aigües Artés, (veure annex D)
Clorurs – 60,28 mg/l
Sulfats – 140 mg/l
Sílice – 4,1 mg/l
Calci – 124,25 mg/l – 6,2 meq/l
Magnesi – 42,56 mg/l – 3,5 meq/l
Sodi – 30,8 mg/l
Potassi – 8 mg/l
Bicarbonats – 282 mr/l – 4,623 meq/l

Salinitat total = 692 mg/l

Les resines carboxíliques, a l'eliminar l'alcalinitat també ens retenen ions calci, com demostra la següent reacció, (Ref 14, veure pàgina referències)

$$2R\text{-}COOH + Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow (R\text{-}COO)_2Ca + 2CO_2 + 2H_2O$$

La resina carboxílica, reté els mateixos equivalents de calci, que d'alcalinitat eliminada, que és de 4,623 meq/l, això vol dir que ens retindrà 4,623 meq/l de calci.
Passant aquests meq/l a mg/l, es calcula la salinitat que reté la resina carboxílica.
282 mg/l d'alcalinitat + 92,65 mg/l de calci = 374,65 mg/l

Salinitat final = inicial – retinguda per la resina = 692 mg/l – 374,65 mg/l = 317,35 mg/l

3.3.3.1. Balanç matèria

q_a= aportació(Kg/h)

Ci=contaminació inicial,aportació (mg/l)

q_A= alimentació (Kg/h)

q_c= condensats (Kg/h)

Cc= contaminació cabal condensats = 0

q_{vnr}.= vapor no recuperable (Kg/h)

APc= pèrdues en el procés = 2% aprox. del cabal de vaporització = 100 Kg Vapor/h.

q_p= purga (Kg/h)

C_f= contaminació a la purga (mg/l)

q_{vt}= vaporització total= 5000 Kg vapor/h

C_{vt}= contaminació a la vaporització = 0

q_{vr}= vapor recuperable (Kg/h) C_{vr}= contaminació recuperable = 0

q_{vnr}= *Apc + Cr = 100 + 200 = 300 Kg/h*

$$\left.\begin{array}{l} q_a + q_c = q_A \\ q_A = q_p + q_{vt} \\ q_{vt} = q_{vr} + q_{vnr} \\ q_{vr} = q_c \end{array}\right\} \Rightarrow \quad q_a = q_{vnr} + q_p$$

$$q_a * Ci = q_p * C_f \Rightarrow q_p = q_a * \frac{Ci}{C_f}$$

$$Si \quad q_a = q_{vnr} + q_p \Rightarrow \mathbf{q_p = q_{vnr} * \frac{Ci}{C_f - Ci}} \quad \Rightarrow \mathbf{q_p = 300 * \frac{317,35}{5000 - 317,35} = 20,33\ Kg/h}$$

$$q_a = q_{vnr} + q_p = 300 + 20,33 = 320,33\ Kg/h \equiv \mathbf{0,320\ m^3/h}$$

$$q_A = q_p + q_{vt} = 20{,}33 + 5000 = 5020{,}33\ {}^{Kg}/_{h} \equiv \mathbf{5{,}020\ {}^{m^3}/_{h}}$$

$$q_C = q_A - q_a = 5020{,}33 - 320{,}33 = 4700\ {}^{Kg}/_{h} \equiv \mathbf{4{,}7\ {}^{m^3}/_{h}}$$

3.3.3.2. Càlcul resina

$$0{,}320 m^3/h * 24h \approx 7{,}7 m^3$$

Aigua total que necessitarem tractar: **7,7 m^3**

(22h de tractament------1h regeneració Lewatit S100 ----- 1h parada després de la regeneració ---- 34,4 min regeneració Lewatit CNP 80 ----- 1h i 25 min parada després de la regeneració)

$$\frac{7{,}7 m^3}{22h} \approx 0{,}35 m^3/h$$

Cabal que ha de tractar la resina durant 22h: **0,35 m^3/h**

Els càlculs s'han fet en la fulla de càlcul de la Bayer (ref. 5 pg.referències), facilitada per aquesta mateixa empresa, i es presenten en les pàgines següents a aquesta.

3.3.3.3. Procés de regeneració (cocurrent regeneration, NaCl, Lewatit Monoplus S100):

Esponjament (backwash) (10 – 12 m/h):

$$12m/h * 0{,}07m^2 = 0{,}84m^3/h$$

Consum d'aigua

$$0{,}1m^3\ d'aigua$$

Minuts per esponjament

$$\frac{0{,}1m^3}{0{,}84m^3/h} \cong 7\ min.$$

Regeneració (5 m/h):

$$Agafem\ 5m/h * 0{,}07m^2 = 0{,}35m^3/h$$

Consum d'aigua

$$80l\ H_2O$$

$$\delta_{NaCl}\ 10\% = 1070\ g/l$$

$$9000g\ NaCl * \frac{100\ g\ sol.}{10\ g\ NaCl} = 90000\ g\ sol. * \frac{1l}{1070\ g\ sol.} = 84{,}11\ l\ sol. \approx \mathbf{84\ l\ sol.\ de\ NaCl\ al\ 10\%}$$

Minuts per regeneració

$$\frac{0{,}084m^3\ sol.regenerant}{0{,}35m^3/h} \cong 14min$$

Rentat (rinsing) (5 m/h):

$$Agafem\ 5m/h * 0{,}07m^2 = 0{,}35m^3/h$$

Consum d'aigua

$$0{,}2m^3\ d'aigua$$

Minuts per rentat

$$\frac{0{,}2m^3}{0{,}35m^3/h} \cong 34\ min$$

Totes les especificacions de la resina, necessàries per obtenir aquests resultats són a Lewatit Monoplus S100, veure annex C

El consum d'aigua en m^3 de l'esponjament + rentat hauria de ser aproximadament 6BV.

Rinse water requirement:

$$\frac{0{,}050m^3}{BV} * 6BV = 0{,}3m^3$$

Consum d'aigua obtinguts;

Esponjament-----0,1 m^3 d'aigua

Rentat -------- 0,2 m^3 d'aigua

En total obtenim 0,3 m^3 d'aigua, un resultat bo.

Temps total procés de regeneració:

Esponjament----- 7 min.

Regeneració-----14 min.

Rentat ------- 34 min.

Total temps regeneració = 55 min.

3.3.3.4. Procés de regeneració (cocurrent regeneration, HCl, Lewatit CNP 80):

Esponjament (backwash) (12 – 14 m/h):

$$12m/h * 0,05m^2 = 0,6m^3/h$$

Consum d'aigua

$$0,04m^3\ d'aigua$$

Minuts per esponjament

$$\frac{0,04m^3}{0,6m^3/h} \cong 4\ min.$$

Regeneració (5 – 20 m/h):

$$Agafem 5m/h * 0,05m^2 = 0,25m^3/h$$

Consum d'aigua

$$40l\ H_2O$$

$$\delta_{HCl}\ 35\% = 1185g/l$$

$$3880g\ HCl_{35\%} * \frac{1l}{1185g\ sol.} = \mathbf{3,27l\ de\ HCl\ al\ 3\%}$$

Litres de solució de HCl al 3% = 43,27 l

Minuts per regeneració

$$\frac{0,0433m^3\ sol.regenerant}{0,25m^3/h} \cong 10,4min$$

Rentat (rinsing) (5 – 20 m/h):

$$Agafem 5m/h * 0{,}05m^2 = 0{,}25m^3/h$$

Consum d'aigua

$$0{,}085m^3 \ d'aigua$$

Minuts per rentat

$$\frac{0{,}085m^3}{0{,}25m^3/h} \cong 20 \ min$$

Totes les especificacions de la resina, necessàries per obtenir aquests resultats són a Lewatit CNP 80, veure annex C

El consum d'aigua en m^3 de l'esponjament + rentat hauria de ser aproximadament 5BV.

Rinse water requirement:

$$\frac{0{,}025m^3}{BV} * 5BV = 0{,}125m^3$$

Consum d'aigua obtinguts;

Esponjament-----0,04 m^3 d'aigua

Rentat -------- 0,085 m^3 d'aigua

En total obtenim 0,125 m^3 d'aigua, un resultat bo.

Temps total procés de regeneració:

Esponjament----- 4 min.
Regeneració-----10,4 min.
Rentat ------- 20 min.
Temps total regeneració = 34,4 min.

3.3.4. Estudi econòmic comparatiu entre els sistemes de tractament: descalcificació simple i descarbonatació + desgasificació + descalcificació

A continuació es realitzen els càlculs pertinents per determinar la necessitat o no de descarbonatar l'aigua, o sigui determinar quin dels dos tractaments, descalcificació o descarbonatació + descalcificació + desgasificació, és el més idoni.

Aigua costa 83 PTA/m^3 . Ref. 3 pg. Referències

HCl costa 22 PTA/Kg en bombones de 70 Kg. Ref. 4 pg. Referències

NaCl costa 21 PTA/Kg en sacs de 25 Kg. Ref. 4 pg. Referències

Purga descalcificació simple: 2,928 m^3/dia apartat 3.2.

Purga descarbonatació+descalcificació+desgasificació: 0,488 m^3/dia apartat 3.3.3.1.

Cabal d'aigua en la regeneració de descalcificació simple: 0,57 m^3/dia

Cabal d'aigua en la regeneració de descarbonatació+descalcificació+desgasificació: 0,544 m^3/dia

Diferència de cabal d'aigua total entre descalcificació simple i descarbonatació + descalcificació + desgasificació en contra del primer= 2,466 m^3/dia

$$2{,}466 m^3/dia * 335\ dies/any = 826{,}11 m^3/any * 83 PTA/m^3 = 68567\ PTA/any$$

68 567 PTA, és el que ens costa llençar a l'any, l'aigua de més, de la purga i regeneració del procés de descalcificació simple respecte el tractament descarbonatació + descalcificació + desgasificació.

Posant una etapa de descarbonatació, necessitem HCl per regenerar la resina catiònica feble, Lewatit CNP80, segons els càlculs ja realitzats en l'apartat 3.3.3.2, tenim un consum de 1,38Kg HCl 100% cada dia per regenerar la resina, a partir del qual a continuació es calcula el gasto econòmic que comporta:

HCl industrial que es pot comprar com a màxim té una concentració del 35%.

$$1{,}36\,Kg\ HCl * \frac{100}{35} = 3{,}88\ Kg\ HCl\ del\ 35\%$$

$$3{,}88\,Kg\ HCl\ 35\% * \frac{22\,PTA}{Kg} = 85{,}36 PTA/dia * 335 dies/any = {}^{28595{,}6 PTA}/_{any}$$

El consum de NaCl en la descalcificació simple = 13,5Kg apartat 3.3.2

El consum de NaCl en la descalcificació + descarbonatació + desgasificació = 9Kg apartat 3.3.3.2

La diferència de consum = 4,5Kg

$$\frac{4{,}5\,Kg\ NaCll}{dia} * \frac{21 PTA}{1 Kg} * \frac{335 dies}{any} = 31657{,}5 PTA/any$$

Total PTA que costa de més la descalcificació simple respecte descalcificació + descarbonatació + desgasificació = 68 567,13 PTA aigua purga + 31657,5 NaCl = 100 224,63 PTA/any

Total PTA que costa de més la descalcificació + descarbonatació + desgasificació respecte descalcificació simple = 28 595,6 PTA/any

Com es pot veure en els càlculs realitzats tenim un increment en els costos anuals de 71 629 PTA d'un tractament respecte l'altre. Tot i que per descarbonatar l'aigua, tenim un cost inicial en la instal.lació superior, degut al desgasificador, és econòmicament més rentable, doncs és un cost puntual i amortitzable, enfront a les 71 629 PTA a l'any que es perdria com a conseqüència de l'increment de la purga, aigua per la regeneració i del consum de NaCl que comporta el tractament de descalcificació simple. Si una resina té una vida útil d'entre 5 i 10 anys, això suposa unes pèrdues econòmiques d'entre 358 145 PTA i 716 290 PTA.

Pel que fa referència al preu de les unitats de tractament, són semblants, doncs es compensa el fet de tenir una unitat de tractament més, en el cas de descarbonatar l'aigua, amb el volum de resina més gran en el cas de només descalcificar.

A la pàgina següent, es presenta una taula per fer més entenedor els càlculs econòmics realitzats a les pàgines anteriors a aquesta.

Paràmetres	Tractament descalcificació simple	PTA	Tractament descarbonatació + descalcificació + desgasificació	PTA
Aigua esponjat	0,15m^3 x 83 PTA/m^3	12,45	0,14m^3 x 83 PTA/m^3	11,62
Aigua dilució de regenerant	0,12m^3 x 83 PTA/m^3	9,96	0,12m^3 x 83 PTA/m^3	9,96
Aigua rentat	0,3m^3 x 83 PTA/m^3	24,9	0,284m^3 x 83 PTA/m^3	23,57
HCl			3,88 Kg x 22 PTA/Kg	85,36
Purga	2,928m^3 x 83 PTA/m^3	243	0,488m^3 x 83 PTA/m^3	40,5
NaCl	13,5 Kg x 21 PTA/Kg	283,5	9 Kg x 21 PTA/Kg	189
Cost final diari		**573,817**		**360**
Cost final anual	**335 dies en funcionament**	**192 229**	**335 dies en funcionament**	**120 600**
Increment de cost		**71 629**		**0**

3.4. Avaluació dels resultats, tractament escollit

S'ha escollit el tractament de descarbonatació + descalcificació + desgasificació amb regeneració a cocorrent una vegada al dia. Els motius d'haver escollit aquest tractament ja estan explicats breument en cada tipus de tractament estudiat, però a continuació és farà un resum de tots els motius que han portat a l'elecció del tractament anteriorment esmentat.

El tractament amb regeneració cada setmana, presentava el problema que no assoleix la mínima velocitat lineal del pas de l'aigua per l'interior de la resina; s'ha intentat solucionar aquest aspecte, però és realment difícil, una solució és reduir el diàmetre del llit de resines, però perquè aconseguim la mínima velocitat lineal, aleshores sobrepassa l'alçada màxima permesa; així s'arriba a la conclusió que per augmentar la velocitat lineal l'única solució és augmentar el cabal i reduir les hores de tractament, amb el resultat final que perquè aconseguim la mínima velocitat lineal el tractament s'aproxima molt al de regeneració cada dia, aquest resultat ja va donar una primera idea de quin seria el tractament escollit, per començar la regeneració seria cada dia, independentment del tractament escollit, descalcificació simple o descarbonatació + descalcificació + desgasificació.

Una vegada escollit el període de regeneració s'ha d'escollir el tipus de tractament, i en aquest cas l'única avaluació que s'ha de fer és l'econòmica, quin tractament és més econòmic. Tal com s'indica en l'apartat 3.3.4 , el tractament de descarbonatació + descalcificació + desgasificació, és econòmicament més viable. Tot i que a les pressions a què treballa el generador de vapor, segons empreses consultades, amb una descalcificació és suficient, el fet de tenir una alcalinitat elevada a l'aigua d'entrada, provoca una purga elevada que comporta pèrdues econòmiques, i són aquestes pèrdues econòmiques les que determinen el tractament escollit, descarbonatació + descalcificació + desgasificador.

Així doncs analitzant totes les possibilitats de tractament i tots els paràmetres el **tractament escollit** és: **Descarbonatació + descalcificació + desgasificador amb regeneració cocorrent una vegada al dia**.

4. Aigua residual

4.1. Aigua residual de la purga

Fuga de Ca^{2+} segons els càlculs fets en l'apartat 3.3.3.2 , fulla de càlcul de la BAYER, és de **0,07 meq duresa / l**.

$$\frac{0{,}07\,meq\,duresa}{l} * \frac{50\,mg\,CaCO_3}{meq} = 3{,}5\,mg\,CaCO_3/l\ duresa$$

Segons la norma UNE 9075-92 (veure annex B), el límit màxim de duresa permesa en l'aigua d'alimentació és de 5 mg/l, per tant està dins els límits. Cal fer esment que 0,07 meq/l de duresa, és el punt final, i que durant el tractament la duresa residual té un valor mig de 0,03 meq/l.

Contaminació a la purga

$$\left.\begin{array}{l} Salinitat = 5000mg/l\,(purga) \\ Salinitat = 317{,}35meq/l\,(alimentacio) \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{5000}{317{,}35} = 15{,}75$$

Tenim una relació entre la salinitat inicial, alimentació, i la salinitat a la purga de 15,75 vegades superiors, que serà la mateixa relació que mantindran tots els altres elements presents a l'aigua, entre la seva concentració inicial a l'alimentació i la final a la purga, ja que la salinitat és el paràmetre limitant.

Paràmetre	[Alimentació]	Relació Entre [conc.]	[Purga]	Valor límit
Temperatura	12ºC aprox	----	100ºC aprox.	40ºC
PH	8 a 9	----	10 a 12	6 a 10
Sulfats	140 mg sulfats/l	15,75	2205 mg sulfats/l	1000 mg sulfats/l
Clorurs	60,28 mg clorurs/l	15,75	949,41 mg clorurs/l	4000 mg clorurs/l
Sílice	4,1 mg sílice/l	15,75	64,575 mg sílice/l	---------
Fluorurs	$451*10^{-6}$ mg fluor/l	15,75	$7,1*10^{-3}$ mg fluorurs/l	12 mg fluorurs/l
Alumini	0,2 mg alumini/l	15,75	3,15 mg alumini/l	20 mg alumini/l
Arsènic	$25*10^{-6}$ mg arsènic/l	15,75	$393,75*10^{-6}$ mg arsènic/l	1 mg arsènic/l
Cadmi	$3*10^{-6}$ mg cadmi/l	15,75	$47,25*10^{-6}$ mg cadmi/l	0,5 mg cadmi/l

Coure	$100*10^{-6}$ mg coure/l	15,75	$1575*10^{-6}$ mg coure/l	3 mg coure/l
Crom total	$25*10^{-6}$ mg crom/l	15,75	$393,75*10^{-6}$ mg crom/l	3 mg crom/l
Zinc	$100*10^{-6}$ mg zinc/l	15,75	$1575*10^{-6}$ mg zinc/l	10 mg zinc/l
Fòsfor total	1 mg fòsfor/l	15,75	15,75 mg fòsfor/l	50 mg fòsfor/l
Ferro	$200*10^{-6}$ mg ferro/l	15,75	$3150*10^{-6}$ mg ferro/l	5 mg ferro/l
Manganès	$40*10^{-6}$mg manganès/l	15,75	$630*10^{-6}$ mg manganès/l	2 mg manganès/l
Mercuri	$1*10^{-6}$ mg mercuri/l	15,75	$15,75*10^{-6}$ mg mercuri/l	0,1 mg mercuri/l
Níquel	$25*10^{-6}$ mg níquel/l	15,75	$393,75*10^{-6}$ mg níquel/l	5 mg níquel/l
Plom	$25*10^{-6}$ mg plom/l	15,75	$393,75*10^{-6}$ mg plom/l	1 mg plom/l
Seleni	$5*10^{-6}$ mg seleni/l	15,75	$78,75*10^{-6}$ mg seleni/l	0,5 mg seleni/l
Nitrogen total	10,52 mg nitrogen/l	15,75	165,7 mg nitrogen/l	150 mg nitrogen/l

Veiem, segons la taula, que els sulfats, el nitrogen total, el pH i la temperatura superen els límits establerts per l'ordenança municipal de l'Ajuntament d'Igualada,(veure annex E).

El pH a l'interior de la caldera després d'haver fet la descalcificació ens pujarà fins a 11,66 (càlcul fet en l'apartat 3), degut a NaOH que se'ns produeix com demostra la següent reacció:

$$2\,NaHCO_3 \Leftrightarrow CO_2 + H_2O + Na_2CO_3$$
$$Na_2CO_3 + H_2O \Leftrightarrow \mathbf{2NaOH} + CO_2 \qquad ref.1\ pg.referencies$$

La temperatura és l'altre paràmetre limitant, que es pot solucionar posant un bescanviador de calor, que forma part de procés industrial.

El sistema proposat per tractar aquesta aigua, com ja s'ha explicat anteriorment, és acumular-la en el dipòsit d'aigües residuals juntament amb les aigües de regeneració; amb el temps que estigui aquesta aigua en el dipòsit, ja baixa la temperatura; si també tenim en compte que a l'afegir-hi les aigües de regeneració que estan a temperatura ambient, encara baixa més la temperatura de les aigües de la purga, ja se soluciona el problema de la temperatura. Aquestes aigües, purga + regeneració, les mesclarem després amb les aigües residuals de la fàbrica; en el cas que el pH no entrés dins els límits que marca l'ordenança, el corregiríem aleshores amb l'addició d'un àcid. Pel que fa referència als sulfats i al nitrogen total, les seves concentracions baixen i entren dins els límits com a conseqüència de la mescla amb les aigües de regeneració i posteriorment amb les aigües residuals de la fàbrica.

4.2. Aigua residual procés de regeneració cada dia

$$\frac{9000g\ NaCl}{84\,l\,sol.} \approx 107\,gNaCl/l = 107\,000\,mgNaCl/l$$

$$\frac{107\,gNaCl}{l} * \frac{1\,mol\ NaCl}{58\,gNaCl} * \frac{1\,mol\,Cl^-}{1\,mol\,NaCl} * \frac{35\,gCl^-}{1\,mol\,Cl^-} * \frac{1000\,mg}{1g} = 64\,569\,mgCl^-/l$$

$$\frac{1360g\ HCl}{109\,l\,sol.} \approx 12{,}5\,gHCl/l = 12\,500\,mgHCl/l$$

$$\frac{12{,}5\,gHCl}{l} * \frac{1\,mol\ HCl}{36{,}5\,gHCl} * \frac{1\,mol\,Cl^-}{1\,mol\,HCl} * \frac{35\,gCl^-}{1\,mol\,Cl^-} * \frac{1000\,mg}{1g} = 11\,986{,}3\,mgCl^-/l$$

Aigua del dipòsit reserva del procés: 60,28 mg clorurs/l

Concentració de clorurs límit per l'abocament, segons ordenança municipal (veure annex E) = 4 000 mg/l

Determinació de la contaminació a les aigües de regeneració de les dos resines

En la regeneració es fa servir aigua de xarxa (Aigües Artés). L'única variació, és l'addició NaCl al 10% i HCl al 3% que és el que provoca un excés de clorurs en l'aigua de sortida després de la regeneració.

S=m^3 sortida	Ss=[clorurs] a la sortida en mg/l
E= m^3 esponjament	Se=[clorus] en l'esponjament mg/l
R= m^3 regenerant NaCl	Sr=[clorurs] en el regenerant NaClmg/l
R1= m^3 regenerant HCl	Sr1=[clorurs] en el regenerant HCl mg/l
Re= m^3 rentat	Ser=[clorurs] en el rentat mg/l

$$\left.\begin{array}{l} S*Ss = E*Se + R*Sr + R1*Sr1 + \mathrm{Re}*Sre \\ S = E + R + R1 + \mathrm{Re} \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} 0{,}618*Ss = 0{,}14*60{,}28 + 0{,}084*64\,569 + 0{,}109*11\,986{,}3 + 0{,}285*60{,}28 \\ S = 0{,}14 + 0{,}084 + 0{,}109 + 0{,}285 = 0{,}618 \end{array}\right\}$$

Ss=10 932 mg clorurs/l >> 4 000 mg clorurs/l límit

Necessitarem un dipòsit per guardar-hi les aigües de regeneració, aquest dipòsit serà el mateix que s'hi guarda l'aigua de la purga.

Acumularem l'aigua de la purga durant 24h. Aquesta aigua estarà en el dipòsit d'aigües residuals durant 24h, amb això ja s'aconsegueix reduir la temperatura, i també ens dóna la quantitat d'aigua necessària per neutralitzar part de l'excés de clorurs en les aigües de regeneració, com demostren els següents càlculs:

Volum d'aigua de la purga al dia: 20,33 Kg/h = 0,0203 m^3 /h aprox. * 24 h = 0,4872 m^3

Volum d'aigües de regeneració al dia = 0,618 m^3

Cal fer esment, que quan es fa la regeneració i es va acumulant aquestes aigües en el dipòsit d'aigües residuals, ja tenim en aquest dipòsit 0,4872 m^3 provinents de la purga.

Sp = Concentració de clorurs a la purga, mg/l = 949,41 pàg, 54
P = Volum d'aigua acumulada 24h provinent de la purga, m^3
Sr = Concentració de clorurs en la regeneració, mg/l = 10 932 pàg, 58
R = Volum d'aigua provinent de la regeneració (esponjat, regenerant i rentat), m^3 = 0,618
Sf = Concentració de clorurs final, mg/l
F = Volum d'aigua final, total, m^3

$$\left.\begin{array}{l} Sp*P+Sr*R=Sf*F \\ F=P+R=0{,}4872+0{,}618=1{,}1052 \end{array}\right\} \Rightarrow Sf=\frac{Sp*P+Sr*R}{F}=\frac{949{,}41*0{,}4872+10932*0{,}618}{1{,}1052}$$

Sf = 6 531,42 mg/l

Sf = 6 531,42 mg/l concentració de clorurs final; es pot veure que està per sobre el límit marcat per l'ordenança municipal que és de 4 000 mg/l. Anteriorment ja s'ha dit que aquestes aigües també es mesclaran amb les aigües residuals de la fàbrica, com a conseqüència d'això encara es diluirà més i així entraran dins els límits que marca l'ordenança. Per acumular tota aquesta aigua necessitarem un dipòsit d'aigües residuals amb un volum mínim de 1,1052 m^3, agafarem una mica més gran per seguretat.

Per resumir totes les conclusions a què s'ha arribat en aquest apartat, dir que a l'acumular l'aigua de la purga durant 24h + les aigües de regeneració, es redueix la temperatura, la concentració de clorurs, sulfats i nitrogen, en alguns, com és el cas dels clorurs, encara no entrarà dins els límits que marca l'ordenança, però la posterior mescla amb les aigües residuals de la fàbrica, soluciona aquest problema. Pel que fa referència al pH, si aquest no entra dins els límits havent fet tots els passos anteriorment explicats, s'haurà de corregir abans de l'abocament.

5. Especificacions

5.1. Resines

Mirar annex C , Lewatit Monoplus S100 i Lewatit CNP 80

5.2. Tuberia de pressió en polipropilè, PP

Mirar annex G , tuberia polipropilè, PP

Velocitats (W) recomanables per aigua: Waspiració: entre 0,5 i 1,5 m/s
Wimpulsió: entre 2 i 3 m/s

Cabal esponjat de resina lewatit S100: $2{,}33*10^{-4}$ m^3/s = 0,84 m^3/h
Cabal esponjat de resina lewatit CNP 80: $1{,}66*10^{-4}$ m^3/s = 0,6 m^3/h
Cabal rentat lewatit S100 : $9{,}72*10^{-5}$ m^3/s = 0,35 m^3/h
Cabal rentat lewatit CNP 80 : $6{,}94*10^{-5}$ m^3/s = 0,25 m^3/h
Cabal tractament: $9{,}72*10^{-5}$ m^3/s = 0,35 m^3/h

$$Superficie = \frac{cabal}{W} \qquad r = radi = \sqrt{\frac{\sup erficie}{\pi}}$$

S'ha intentat ajustar a velocitats baixes pel seu menor cost energètic i menor pèrdua de pressió.

Hi ha casos en què no és possible ajustar la velocitat entre els límits recomanables, i s'ha ajustat per la menor diferència respecte d'aquests límits.

Les velocitats que es presenten en els següents càlculs, estan limitades pel diàmetre de la tuberia i el cabal, a l'ésser aquest petit en molts casos, i que la tuberia de De=16mm és la més petita que fabrica l'empresa AIQSA, fa que moltes velocitats siguin baixes, i que sigui impossible augmentar-les.

Tuberia des del dipòsit de procés a la resina

Aspiració:

De = diàmetre exterior = 20mm
e = espessor = 1,9mm
Di = diàmetre interior = 16,2mm
Wesponjat = velocitat esponjat = 1,94 m/s
Wrentat = velocitat rentat = 0,8 m/s
Wtractament = velocitat tractament = 0,47 m/s

Impulsió per esponjat i rentat:

De = diàmetre exterior = 16mm
e = espessor = 1,8mm
Di = diàmetre interior = 12,4mm
Wesponjat = velocitat esponjat = 1,92 m/s (Lewatit S100)
Wrentat = velocitat rentat = 0,8 m/s (Lewatit S100)
Wesponjat = velocitat esponjat = 1,37 m/s (Lewatit CNP 80)
Wrentat = velocitat rentat = 0,57 m/s (Lewatit CNP 80)

Impulsió per tractament:

De = diàmetre exterior = 16mm
e = espessor = 1,8mm
Di = diàmetre interior = 12,4mm
Wtractament = velocitat tractament = 0,8 m/s

Tuberia des del dipòsit de regenerant a la resina

Cabal de regenerant NaCl = 0,35 m^3/h = $9,72*10^{-5}$ m^3/s
Cabal de regenerant HCl = 0,25 m^3/h = $6,9*10^{-5}$ m^3/s

Aspiració NaCl:

De = diàmetre exterior = 20mm
e = espessor = 1,9mm
Di = diàmetre interior = 16,2mm
Wreal = velocitat real = 0,47 m/s

Aspiració HCl:

De = diàmetre exterior = 16mm
e = espessor = 1,8mm
Di = diàmetre interior = 12,4mm
Wreal = velocitat real = 0,57 m/s

Impulsió NaCl:

De = diàmetre exterior = 16mm
e = espessor = 1,8mm
Di = diàmetre interior = 12,4mm
Wreal = velocitat real = 0,8 m/s

Impulsió HCl:

De = diàmetre exterior = 16mm
e = espessor = 1,8mm
Di = diàmetre interior = 12,4mm
Wreal = velocitat real = 0,57 m/s

Tuberia des del dipòsit d'acumulació al dipòsit d'alimentació

Cabal =0,32 m^3/h=8,88*10^{-5} m^3/s

Aspiració:

De = diàmetre exterior = 20mm
e = espessor = 1,9mm
Di = diàmetre interior = 16,2mm
Wreal = velocitat real = 0,43 m/s

Impulsió:

De = diàmetre exterior = 16mm
e = espessor = 1,8mm
Di = diàmetre interior = 12,4mm
Wreal = velocitat real = 0,73 m/s

Tuberia des del dipòsit d'alimentació a la bomba 11

Cabal =5,02 m^3/h=1,39*10^{-3} m^3/s

Aspiració:

De=diàmetre exterior=63mm
e=espessor=5,8mm
Di=diàmetre interior=51,4mm
Wreal=velocitat real= 0,67 m/s

La tuberia de sortida del dipòsit d'aigües residuals i la bomba, dependran de les necessitats i característiques del tractament posterior que es realitzi.

Exemple de càlcul de la pèrdua de pressió en el circuit, tuberia de tractament

Circuit des de la bomba 7 fins al dipòsit d'alimentació, impulsió. Líquid aigua, temp. ambient.

Elements:
- 7m de tuberia
- 2 vàlvules manuals de seguretat totalment obertes
- Accessoris: - 2 TES
  - 5 colzes de 90º
- Velocitat aigua en la impulsió = 0,73 m/s

Ref. 2, veure pàgina de referències
W = velocitat en m/s
D = diàmetre tuberia en m
$V_{12ºC}$ = viscositat de l'aigua a 12ºC

$$\mathrm{Re} = \frac{w * D}{\upsilon_{12^\circ C}} = \frac{0{,}73 * 0{,}0124}{1{,}3 * 10^{-6}} = 6963{,}07 \; regim\ turbulent$$

Per règim turbulent i tub llis:

$$\lambda = \frac{0,316}{\mathrm{Re}^{0,25}} = 3,46 * 10^{-2}$$

Longitud virtual = lv = longitud geomètrica (lg) + longitud equivalent (le).

Longitud equivalent dels colzes, 37,5 diàmetres.

Segons diàmetre de tuberia, i els colzes presents en cada tipus de tuberia de diferent diàmetre, obtenim una le = 2,60m.

Longitud equivalent de les TES, 90 diàmetres. Segons diàmetre de tuberia, i les TES presents en cada tipus de tuberia de diferent diàmetre, obtenim una le = 2,60m.

Longitud equivalent de les vàlvules manuals de seguretat, 8,5 diàmetres. Segons diàmetre de tuberia, i les vàlvules manuals de seguretat, presents en cada tipus de tuberia de diferent diàmetre, obtenim una le = 0,25m.

Longitud virtual = lv = 7m tuberia + 2,60m colzes + 2,60m TES + 0,25m vàlvules manuals de seguretat = 12,45 m

$$\gamma = pes\ especific\ Kg/m^3$$

$$AP_{tuberia} = \lambda * \frac{lv}{D} * \frac{w^2 * \gamma}{2 * g} = 3,46 * 10^{-2} * \frac{12,45}{0,0124} * \frac{0,73^2 * 1000}{2 * 9,8} = \mathbf{944,5 Kg/m^2 \cong 9,45 * 10^{-2} Kg/cm^2}$$

$$AP_{tuberia} = \mathbf{944,5 Kg/m^2 \cong 9,45 * 10^{-2} Kg/cm^2 \equiv 9,27\ kPa}$$

5.3. Dipòsits

Dipòsit acumulació (AIQSA tipus "A" en polipropilè, (PPH)).

Mirar annex I , DEPOSITOS AIQSA en polipropileno, PPH

Volum del dipòsit de PPH serà de 3000 litres, amb aquest volum aconseguirem aproximadament 8h de reserva d'aigua tractada.

Diàmetre,D (mm) = 1430
Altura,H (mm) = 1900
Espessor (mm) = 8
Pes (Kg/unitat) = 110

Amb indicador-transmissor de nivell, purga, sensors electromecànics tipus boia connectats a alarma de nivell màxim i mínim. Entrada d'aigua per la part superior, i sortida per la part inferior.

Dipòsit alimentació, LASAOSA,S.L (acer inox).

Mirar annex J , dipòsit acer inox.

S'agafa un volum del dipòsit de 8000 litres, doncs en aquest dipòsit i va a parar cada hora 4700 litres de condensats + 320 litres d'aigua tractada = 5020 litres totals, a l'agafar un dipòsit de 8000 litres tenim un marge de seguretat i una certa acumulació que ens permetrà una petita autonomia aproximadament 1,5 hores.

Diàmetre,D (mm) = 2180
Altura cilindre,H (mm) = 2000
Altura potes (mm) = 500
Altura total (mm) = 2750

Amb indicadors-transmissors de temperatura i nivell, purga, sensors electromecànics tipus boia connectats a alarma de nivell màxim i mínim, vàlvula de seguretat de pressió, tub interior perforat amb varis forats per una millor difusió dels condensats, entrada d'aigua per la part superior i sortida per la part inferior.

Dipòsit regenerant, NaCl, Lewatit S100 (AIQSA tipus "A" en polipropilè, (PPH))

Mirar annex I , DEPOSITOS AIQSA en polipropileno, PPH

Volum del dipòsit de PPH serà de 1000 litres, amb aquest volum aconseguirem 10 dies de reserva de regenerant.

Diàmetre,D (mm) = 955
Altura,H (mm) = 1500
Espessor (mm) = 6
Pes (Kg/unitat) = 42

Sensors mecànics tipus boia, (nivell mínim sona alarma i obre entrada d'aigua, nivell màxim para entrada d'aigua), purga i agitador, una entrada i una sortida solució del 10% NaCl.

84 l solució x 10 dies = 840 litres solució
9 Kg NaCl x 10 dies = 90 Kg NaCl
Amb una càrrega cada 10 dies de 90 Kg NaCl, s'aconsegueix una autonomia de regenerant de 10 dies.

Dipòsit regenerant, HCl, Lewatit CNP 80 (AIQSA tipus "A" en polipropilè, (PPH))

Mirar annex I , DEPOSITOS AIQSA en polipropileno, PPH

Volum del dipòsit de PPH serà de 500 litres, amb aquest volum aconseguirem 10 dies de reserva de regenerant.

Diàmetre,D (mm) = 955
Altura,H (mm) = 750
Espessor (mm) = 6
Pes (Kg/unitat) = 26

Sensors mecànics tipus boia, (nivell mínim sona alarma i obre entrada d'aigua, nivell màxim para entrada d'aigua), purga. Una entrada i una sortida solució del 10% NaCl.

40 l H_2O x 10 dies = 400 litres solució
43,27 l solució x 10 dies = 432,7 litres solució
3,27 l HCl x 10 dies = 32,7 l HCl
Amb una càrrega cada 10 dies de 32,7 l HCl, s'aconsegueix una autonomia de regenerant de 10 dies.

Dipòsit aigua residual (AIQSA tipus "A" en polipropilè, (PPH))

Mirar annex I , DEPOSITOS AIQSA en polipropileno, PPH

Volum del dipòsit de PPH serà de 1400 litres, ja que tindrem en el cas més extrem 1105,2 litres, (veure pàg, 58 i 59), provinents de l'acumulació durant 24h de la purga i les aigües de regeneració

Diàmetre,D (mm) = 955
Altura,H (mm) = 2000
Espessor (mm) = 6
Pes (Kg/unitat) = 57

Amb indicador-transmissor de nivell, purga, sensors electromecànics tipus boia connectats a alarma de nivell màxim i mínim. Entrada d'aigua per la part superior, i sortida per la part inferior.

5.4. Vàlvules: metàl.liques, manuals i actuades, de llauna, acer al carbó i inox AISI316. Vàlvules de papallona BV "Back-up seat" automàtiques actuades pneumàticament i posicionadors.

Mirar annex K , vàlvules

Totes les vàlvules són adequades a les dimensions de la tuberia i a la funció que tenen, de seguretat, de regulació.

5.4.1. Vàlvules manuals de seguretat

Art 3220, vàlvula de comporta PN-16 pas total, totes les vàlvules de seguretat menys la d'abans de la bomba 11.

Art 3030, vàlvula d'esfera sèrie lleugera "Prestige" PN (25/16) pas total, només és refereix a la vàlvula de seguretat que està intal.lada abans de la bomba 11.

5.4.2. Vàlvules pneumàtiques tot/res amb actuador pneumàtic controlades des d'autòmat.

Art 5021, vàlvula d'esfera 2 peces amb actuador pneumàtic de simple efecte.

5.4.3. Vàlvula de papallona reguladora del cabal

BV10-2366E-NSE, de simple efecte, actuació pneumàtica i DN=32mm.
+
Posicionador centralair electroneumàtic PR-721.

5.5. Accessoris per a tuberies de PP, polipropilè

Mirar annex L , accessoris
Colzes, TES i reduccions, adequats a les dimensions de la tuberia.

5.6. Autòmat programable

Mirar annex M , autòmat

Autòmat programable S7212 de la casa SIEMENS. Permet el control del procés de forma totalment automatitzada. Control sobre bombes i vàlvules, així com actuacions de seguretat i procés depenent dels senyals dels transmissors.

5.7. Indicadors-transmissors

Mirar annex N , indicadors transmissors

Indicador-transmissor de cabal model 8045.

Indicador-transmissor de nivell model 8175.

Indicador-transmissor de temperatura model 8400.

5.8. Bombes

Mirar annex O , bombes

Totes les bombes són centrifugues de tracció magnètica, doncs no tenen sistemes de tancament, com, "sellos mecánicos y estopadas". Són unitats "estancas" sense possibilitat de fuga, amb un manteniment molt fàcil i assumible pels propis usuaris. Els càlculs de la potència requerida, necessaris per escollir la bomba correcte, no es presenten en aquest projecte, doncs són extensos i careix d'importància el seu desenvolupament. Només fer esment que s'ha tingut en compte, per aquests càlculs, la velocitat de l'aigua, diàmetre de tuberia, viscositat del líquid, longitud de tuberia, accessoris presents, pèrdua de pressió de la resina, pes específic del líquid, gravetat i altura (altura des del punt inicial a bomba i de bomba a punt de servei).

Bomba 5: bombes PLASTOMEC de AIQSA model P-0240 P

Material polipropilè – trifàsica - 1,1 KW.

Bomba 6: bombes PLASTOMEC de AIQSA model P-009 P

Material polipropilè – monofàsica - 35 W.

Bomba 7: bombes PLASTOMEC de AIQSA model P-009 P

Material polipropilè – monofàsica - 35W.

Bomba 8 dosificadora: bombes PLASTOMEC de AIQSA model P-005 P

Material polipropilè – monofàsica – 25W.

Bomba 15 dosificadora: bombes PLASTOMEC de AIQSA model P-005 P

Material polipropilè – monofàsica – 25W.

Bomba 17: bombes PLASTOMEC de AIQSA model P-009 P

Material polipropilè – monofàsica – 35W.

Bomba 18: bombes PLASTOMEC de AIQSA model P-009 P

Material polipropilè – monofàsica – 35W.

6. Esquema de funcionament del procés, per a una millor comprensió, mirar diagrama de flux en el dossier plànols.

6.1. Tractament (temps de tractament)

Vàlvula 1 → Tractament
Vàlvula 2, 4, 11, 14, 16 → OFF
Vàlvula 3, 12, 13 → ON
Bomba 5, 7, 8, 9, 10, 15 i 18 → ON
Bomba 6 i 17 → ON

6.2. Regeneració

Temps d'esponjament

Bomba 5 → ON
Vàlvula 1 i 16 → esponjament
Vàlvula 2, 3, 12, 13 i 14 → OFF
Vàlvula 4 → ON
Bomba 7, 8 i 10 → ON
Bomba 6, 9, 15, 17 i 18 → OFF

Temps regenerant

Bomba 5, 9, 15 i 18 → OFF
Vàlvula 1, 3, 12, 13 i 16 → OFF
Vàlvula 2, 4, 11 i 14 → ON
Bomba 6 i 17 → ON
Bomba 7, 8 i 10 → ON

Temps rentat

Bomba 5 ⟶ ON
Vàlvula 1 i 16 ⟶ rentat
Vàlvula 2, 3, 12, 13 i 14 ⟶ OFF
Vàlvula 4 ⟶ ON
Bomba 7, 8 i 10 ⟶ ON
Bomba 6, 9, 15, 17 i 18 ⟶ OFF

Temps resines parades

La resina Lewatit S100 estarà parada durant 1h.

La resina lewatit CNP 80 estarà parada durant 1h i 25 min., els 25 min. de més que està parada aquesta resina respecte la Lewatit S100, és com a conseqüència del menor temps consumit en l'etapa de regeneració.

Aquest esquema de funcionament és cíclic, tractament — esponjament — regeneració — rentat — parada ----- tractament — esponjament — regeneració — etc....

La vàlvula 1 i 16 són vàlvules amb posicionador, que ens donarà el cabal que volem per cada operació variant la seva posició d'obertura. La resta de vàlvules són pneumàtiques amb posició ON/OFF totes controlades des de PLC.

A pressions > 7 Kg/cm^2, s'ha de fer un tractament per treure l'oxigen dissolt en l'aigua per evitar la corrosió, aquest tractament es fa amb un producte de la família de la hidrasina.

Les bombes 7, 8 i 10, funcionen independentment del que és el funcionament de la resina, doncs la posició ON/OFF només depèn dels nivells dels dipòsits, que alhora depenen de les necessitats d'aigua del procés.

7. Pressupost (Preus i caract. Veure annexes G,H,I,J,K,L,M,N)

Element	Preu total PTA.
12 m tuberia De=20mm PN-10	984
36 m tuberia De=16mm PN-10	2.196
Bomba PLASTOMEC P-0240 P	133.920
5 Bombes PLASTOMEC P-009 P	89.840
2 Bombes PLASTOMEC P-005 P, dosificadora per hidrasina i HCl	31.248
2 Vàlvules papallona actuació pneumàtica simple efecte model BV10-2366E-NSE, DN=32mm	63.788
2 Posicionador Centralair electroneumàtic PR-721	298.918

7 vàlvules pneumàtiques tot/res, d'esfera de 2 peces amb actuador pneumàtic de simple efecte, de ½", art.5021	**205.156**
4 vàlvules manuals de comporta PN-16 pas total, de ¾", art.3220	**1.828**
5 vàlvules manuals de comporta PN-16 pas total, de ½", art.3220	**1.990**
1 vàlvula esfera serie ligera, "Prestige" PN_25/16. Paso total de 2" art. 3030	**2.912**
2 packs 10 colzes GIM de 90º d=20, accessoris FIP-AIQSA, unión por fusión	**390**
3 packs de 10 colzes GFM de 90º de ½", accessoris FIP-AIQSA, accesorios roscados	**924**
1 pack de 10 te TIM de 90º d=20, accessoris FIP-AIQSA, unión por fusión	**231**

1 pack de 10 te TFM de 90º de ½", accessoris FIP-AIQSA, accesorios roscados	**361**
Manguito mixto i reducció roscada, varies mides, NRFM-7211 i MIFM	**6.630**
Dipòsit acumulació de 3.000 litres AIQSA tipo "A" en PP	**130.625**
Dipòsit regenerant HCl de 500 litres AIQSA tipo "A" en PP	**33.935**
Dipòsit regenerant NaCl de 1.000 litres AIQSA tipo "A" en PP + agitador	**128.750**
Dipòsit aigües residuals de 1.400 litres, AIQSA tipo "A" en PP	**68.750**
Dipòsit alimentació de 8.000 litres en acer inox. + 7%IVA	**732.950**
4 Indicador-transmissor de nivell model 8175, codi d'article:430 823 N	**605.540**
Indicador-transmissor de cabal model 8045, codi d'article: 426 498 R	**199.886**

Termòstat model 8400, codi d'article:436 501 N	**48.194**
Autòmat programable SIMATIC S7-212	**37.120**
Resina Lewatit S100 + CNP 80	**32.075**
Preu total, amb IVA	**2.859.141 PTA**

S'ha intentat fer un pressupost bastant exacte, però així i tot només dona una idea aproximada del cost real de la instal.lació, doncs faltaria tenir en compte, cost del transport, cost de la instal.lació dels elements, amortització dels crèdits (si es demanen crèdits), ajudes de l'administració (en el cas que es puguin demanar ajudes) i permisos. La dificultat a l'hora d'obtenir aquests costos, fa que no estiguin inclosos en el pressupost, i que aquest, com ja s'ha dit anteriorment, sigui aproximat i només permeti tenir una idea del cost real.

També cal dir que algunes empreses són bastant reticents quan es tracta de facilitar els preus dels seus productes, i en molts casos donen un preu aproximat, per això també cal donar un marge d'error en els preus exposats en el pressupost.

8. Conclusió final

En aquest projecte s'han analitzat varis factors, com poden ser duració del tractament, automatismes, aigües residuals, tipus de tractament i de resina, i també hi ha una introducció teòrica basada en el tipus de tractament realitzat.

També s'ha intentat donar una visió del perquè del sistema de tractament triat, així com la necessitat i/o conveniència del tipus d'automatització. És evident que la necessitat d'un tipus d'instal.lació o altra, depèn de l'ús que tindrà l'aigua tractada, però no cal oblidar que a vegades l'òptim està renyit amb el terme econòmic, o sigui que hi ha instal.lacions que podrien estar molt més optimitzades i amb un millor funcionament, però si això costa diners quasi sempre no s'acaba realitzant.

Hi ha moltes empreses que tenen sistemes que no funcionen correctament, però per la feina que comportaria optimitzar-ho i el conseqüent cost econòmic, no es decideixen a solucionar-ho, si funciona ¿perquè canviar-ho?, és clar que els avantatges de tenir un bon sistema, moltes vegades, no es veuen a curt termini, i això fa pensar que no és útil; algunes, no totes, s'hauran equivocat. Els sistemes de tractament d'aigua venen limitats, regits, per les característiques de l'aigua de subministrament, la necessitat d'aigua tractada i per l'ús posterior que se li hagi de donar. Consultades varies empreses i especialistes, per un generador de vapor de les característiques d'aquest projecte, amb una descalcificació teòricament seria suficient, doncs a pressions baixes, l'alcalinitat no porta problemes. Però al final s'ha escollit el tractament de descarbonatació + desgasificació + descalcificació, perquè, com s'analitza en l'apartat 3.3.4, és econòmicament més rentable. Cal fer esment, que a l'eliminar part de l'alcalinitat, també es redueix els problemes que pugui comportar aquesta al generador de vapor.

A continuació es poden veure unes fotografies de l'instal.lació de tractament per descalcificar una aigua per un generador, producció 3500Kgvapor/h, de l'empresa PAPELERA MUNNÉ, S.A., com es pot veure, té una gran simplicitat; el tractament i la regeneració és a cocorrent i l'automatisme que utilitzen és un simple contador, en canvi en

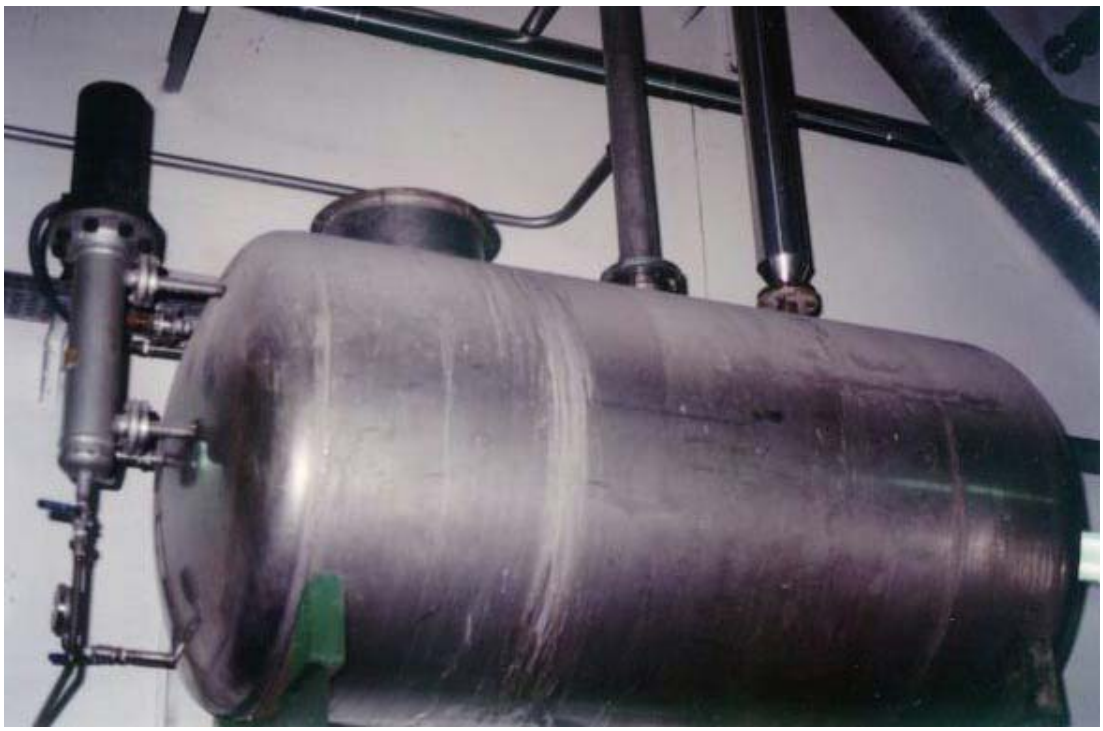
aquest projecte s'ha optat per una automatització controlada per un autòmat programable, PLC i un tractament de descarbonatació + desgasificació + descalcificació.

És una automatització més cara, però més precisa i permet un control millor i més efectiu; si es desitja, aquest autòmat pot connectar-se a un PC i realitzar el control i visualització de l'estat del procés a través d'aquest, simplement faria falta un [1]software adequat..

Resina sòdica de l'empresa PAPELERA MUNNÉ,S.A.

Resina + dipòsit de regenerant de l'empresa PAPELERA MUNNÉ, S.A.

Dipòsit de condensats de l'empresa PAPELERA MUNNÉ, S.A.



Dipòsit d'alimentació de l'empresa PAPELERA MUNNÉ, S.A.

Farmacèutica, que consta de dos resines, catiònica forta + aniònica forta, per la desmineralització de l'aigua, doncs aquesta ha de ser puríssima per l'ús posterior que se li donarà, que no serà pas per un generador de vapor sinó per la fabricació de productes farmacèutics. Com es veu en la fotografia el tipus de instal.lació és totalment diferent a l'anterior, molt més neta i automatitzada per tenir un millor control, doncs la qualitat de l'aigua per aquest tipus d'indústria és vital.

Instal.lació de tractament d'aigua d'una indústria farmacèutica

9. Referències

Ref. 1 Assignatura: Gestió i manteniment d'instal.lacions, bloc optatiu 2B especialitat tractament d'aigües.

Ref. 2 Assignatura: Càlcul d'unitats, bloc optatiu 3A especialitat tractament d'aigües.

Ref. 3 Aigües Artés S.L., Sta. Caterina, 30. Igualada. Tel.:938 053 839.

Ref. 4 Empresa Comercial Godó, S.L.. França,14. Igualada. Tel.938 033 554

Ref. 5 Programa informàtic de càlcul, facilitat pel Sr. Josep Fàbregas de la companyia Bayer. E-mail: josep.fabregas.jf@bayer.es
Aquest programa es troba en el CD adjunt en el projecte, executar fitxer lw40win.exe

Ref. 6 Empresa Stenco, Francesc Tàrrega, 14. E-mail: info@stenco.es

Ref. 7 TRATAMIENTO DEL AGUA POR PROCESOS DE MEMBRANA (llibre)
Autors: American Water Work Association
Research Foundation Lyonnaise des Eaux
Water Research Commission of South Africa

Editorial: Mc Graw Hill
Pàgines consultades: 293, 294, 295, 296 i 318

Ref. 8 Apartat d'*Aigua Residual* de la memòria del projecte, [clorurs] i [salina]

Ref. 9 MANUAL DEL AGUA, su naturaleza, tratamiento y aplicaciones (llibre)
Autors: Nalco Chemical Company
Frank W.Kemmer
John McCallion
Editorial: Mc Graw Hill
Pàgines consultades: 12-2, 12-9 i 12-11

Ref. 10 MANUAL DEL AGUA, su naturaleza, tratamiento y aplicaciones (llibre)
Autors: Nalco Chemical Company
Frank W.Kemmer
John McCallion
Editorial: Mc Graw Hill
Pàgines consultades: 12-4

Ref. 11 MANUAL DEL AGUA, su naturaleza, tratamiento y aplicaciones (llibre)
Autors: Nalco Chemical Company
Frank W.Kemmer
John McCallion
Editorial: Mc Graw Hill
Pàgines consultades: 12-34, 12-35 i 12-36

Ref. 12 MANUAL DEL AGUA, su naturaleza, tratamiento y aplicaciones (llibre)
Autors: Nalco Chemical Company
Frank W.Kemmer
John McCallion
Editorial: Mc Graw Hill
Pàgines consultades: 39-5 i 39-6

Ref. 13 Assignatura: Control i instrumentació 1, 2A troncal.

Ref. 14 Assignatura: Processos de tractament d'aigües, bloc optatiu: tractament d'aigües 2B especialitat.

10. Bibliografia

TRATAMIENTO DEL AGUA POR PROCESOS DE MEMBRANA

Autors:

American Water Work Association

Research Foundation Lyonnaise des Eaux

Water Research Commission of South Africa

Editorial Mc Graw Hill

Localització: Biblioteca de la EUETII

HANDBOOK OF WATER PURIFICATION

Autors:

Walter Lorch

Editorial Ellis horwood limited

Localització: Biblioteca de la EUETII

MANUAL DEL AGUA, su naturaleza, tratamiento y aplicaciones

Autors:

Nalco Chemical Company

Frank N.Kemmer

John McCallion

Editorial Mc Graw Hill

Localització: Biblioteca de la EUETII

ASSIGNATURA DE QUÍMICA DE L'AIGUA

Autors:

Mª Rosa Cantero

Tema consultat: Sistema dels carbonats i intercanvi iònic

Localització: EUETII

ASSIGNATURA DE CALDERES I BESCANVIADORS

Autors:

Jesús Brugués

Tema consultat: Generadors de vapor

Localització: EUETII

ASSIGNATURA DE TECNOLOGIES DE SISTEMES DE BOMBEIG

Autors:

Ramon Albareda

Tema consultat: Bombes centrífugues, corbes característiques, característiques del circuit, pèrdues de càrrega

Localització: EUETII

ASSIGNATURA DE PROCESSOS DE TRACTAMENT D'AIGÜES

Autors:

Joan Francesc Martí

Tema consultat: Bescanvi iònic

Localització: EUETII

ASSIGNATURA DE CÀLCUL D'UNITATS DE PROCÉS

Autors:

Jesús Brugués

Tema consultat: Bombes, generadors de calor, instal.lacions i aparells de transport.

Localització: EUETII

ASSIGNATURA D'ANÀLISI CARACTERITZACIÓ D'AIGÜES

Autors:

Joquim Font Vallès. Rosa MªCuadros Domènech

Tema consultat: Anàlisi d'aigües potables

Localització: EUETII

11. EMPRESES CONSULTADES, via internet,correu i telèfon

EMPRESA DE TRACTAMENT D'AIGÜES STENCO,jornada tècnica d'aigües

Autors:

Stenco

Ponents de la xerrada:

Josep Lluís Serrano

Sergi Martí

Tema consultat: Resines de bescanvi iònic, normatives, etc...

Localització: C/ francesc tàrrega, 14. 08027 Barcelona

Tel. 93 408 03 88

e-mail: info@stenco.es

EMPRESA BAYER

Autors:

Bayer

Tema consultat: Resines de bescanvi iònic, Lewatit

Localització: http://www.bayer.com

http://www.lewatit.bayer.com

EMPRESA VCY industrial, sa

Autors:

VCY

Tema consultat: Generadors de vapor

Localització: Transversal, 179-08225 TERRASSA (BCN)

e-mail: info@vcyindustrial.com

http://www.vcyindustrial.com/calder

EMPRESA AIQSA, auxiliar de instalaciones químicas, sa

Autors:

AIQSA

Tema consultat: Bombes, dipòsits, canonades, accessoris i vàlvules

Localització: Adrià Gual,2 - 43206 REUS (Tarragona)

e-mail: aiqsa@arrakis.es

http://www.arrakis.es/aiqsa

EMPRESA BÜRKERT

Autors:

BÜRKERT

Tema consultat: Indicadors-transmissors

Localització: Avda. Barcelona, 40 A – 08970 Sant Joan Despí, BCN

e-amil: bc-e@burkert.com

http://www.burkert-contromatic.com

EMPRESA KAINOS

Autors:

KAINOS

Tema consultat: Indicadors-transmissors i vàlvules

Localització: Polígon Industrial Est – Energía,56 – Apdo. Correos nº26 08940 Cornellà de Llobregat,BCN

e-amil: kainos@kainos.es /comercial@kainos.es

http://www.kainos.es

EMPRESA OLMAR

Autors:

OLMAR

Tema consultat: Generadors de vapor

Localització: Lealtad,13 – 33212 Gijón – Apdo. 314 – 33280 Gijón

Tel. 98 532 17 00

http://www.olmar.com

EMPRESA PAPELERA MUNNÉ,S.A.

Autors:

Papelera Munné

Tema consultat: Instal.lació tractament d'aigua

Localització: A.Romaní,81 – 08786 Capellades - BCN

EMPRESA LASAOSA

Autors:

LASAOSA

Tema consultat: Dipòsit d'acer inox

Localització: *e-amil:* lasaosa@bbvnet.com

http://wwwa038.infonegocio.com/503/

EMPRESA AIGÜES ARTÉS,S.L.

Autors:

AIGÜES ARTÉS

Tema consultat: Anàlisi de l'aigua i preu

Localització: C/Sta.Caterina, 30 – 08700 Igualada BCN

EMPRESA SIEMENS

Autors:

SIEMENS

Tema consultat: Autòmat programable

Localització: Ronda de Europa, 5 – 28760 Tres Cantos - Madrid

*He trobat una pàgina d'internet molt interessant, on hi surten moltes empreses especialitzades en el tractament de l'aigua, per visitar-la: http://*www.aquaespana.com