

## 1. RESUM

El projecte que es presenta en aquest document recull l'estudi de diferents mètodes de depuració d'aigües, i la posterior instal·lació en la EDAR d'una planta química-farmacèutica, així com l'estudi dels resultats obtinguts.

En aquest projecte no tan sols es pretén donar a conèixer els processos de depuració que es duen a terme en una planta depuradora per a tractar l'aigua, sinó també els passos que s'han dut a terme per renovar els elements de la EDAR d'una planta química, els costos del projecte i el resultat experimental que s'ha aconseguit amb els canvis implementats. Per tant s'explica la gestió del projecte de remodelació de la depuradora des de la concepció de la idea fins a la seva total implementació.

A partir de dades experimentals de diferents paràmetres contaminants, s'ha modernitzat la planta amb noves tecnologies que han permès no només arribar a nivells de depuració acceptables amb la legislació vigent, sinó que s'ha intentat arribar a uns valors òptims que permetin el funcionament correcte en el futur.

Amb un pressupost màxim fixat, s'ha buscat una solució que permeti assolir nivells de contaminació acceptables dins el marc legal, treballant amb empreses especialitzades del sector, i proposant solucions viables per tal d'assolir l'objectiu.



**SUMARI**

<b>1. RESUM</b>	<b>1</b>
<b>2. INTRODUCCIÓ</b>	<b>7</b>
<b>3. TERMINOLOGIA</b>	<b>9</b>
<b>4. PREFACI</b>	<b>19</b>
4.1. Origen de projecte.....	19
4.2. Motivació .....	19
4.3. Objectius .....	19
4.4. Abast .....	20
4.5. Objecte .....	20
4.6. Antecedents .....	20
<b>5. NORMATIVA</b>	<b>23</b>
<b>6. SITUACIÓ DE PARTIDA A LEBSA</b>	<b>27</b>
6.1. Reactor biològic.....	27
6.2. Decantador secundari de fangs actius .....	28
6.3. Dipòsits.....	29
6.4. Dipòsit de neutralització de pH .....	29
6.5. Evaporador.....	30
<b>7. USUARI</b>	<b>31</b>
7.1. Tipus d'usuari.....	31
7.2. Necessitats de cada usuari.....	31
<b>8. ESPECIFICACIONS I REQUERIMENTS D'USUARI</b>	<b>33</b>
8.1. Paràmetres de funcionament considerats com a WORST CASE .....	33
8.2. Requeriments de la EDAR.....	33
8.3. Requeriments generals.....	33
8.4. Recollida d'aigües .....	34
8.5. Fase de neutralització .....	35
8.6. Fase d'evaporació/concentració .....	35
8.7. Digestió biològica .....	35
8.8. Separació d'aigües depurades i fangs actius .....	35
8.9. Enviament d'aigües a la xarxa pública de clavegueram.....	36
<b>9. ANÁLISIS DE RISC</b>	<b>37</b>

9.1. Objectiu.....	37
9.2. Sistema d'estudi .....	37
9.3. Metodologia .....	37
9.4. Anàlisi Modal de Fallades i Errors (AMFE).....	38
9.4.1. Llegenda.....	38
9.4.2. Quantificació del risc de les fallades:.....	39
9.4.3. Mesures de control .....	41
9.4.4. Nivell de risc final.....	41
9.5. Matriu AMFE.....	42
9.6. Accions de millora a implementar per a la disminució de risc.....	42
<b>10. DISPONIBILITAT</b> .....	<b>43</b>
10.1. Problemes i limitacions que presenta la depuració d'aigües .....	45
<b>11. QUALITAT DE LES AIGÜES</b> .....	<b>47</b>
11.1. Anàlisi de les aigües .....	47
<b>12. DIMENSIONAMENT DE PROCÉS</b> .....	<b>49</b>
12.1. Dimensionament per als períodes A .....	49
12.2. Dimensionament per als períodes B .....	49
12.3. Dimensionament per als períodes C.....	50
<b>13. PROPOSTES DE MILLORA</b> .....	<b>51</b>
13.1. Empreses contactades i propostes .....	51
<b>14. DIMENSIONAMENT I DISSENY DELS ELEMENTS</b> .....	<b>53</b>
14.1. Dimensionament global del reactor biològic.....	53
14.2. Dimensionament del sistema de filtració.....	54
14.3. Sistema de neutralització .....	56
14.4. Tanc d'emergències .....	57
14.5. Habilitació de la superfície d'implantació elevada.....	57
14.6. Reactor biològic .....	58
14.7. Línia de fangs .....	60
<b>15. PROPOSTA TRIADA</b> .....	<b>61</b>
15.1. Estratègia d'instal·lació.....	62
<b>16. DIAGRAMA DE FLUXOS</b> .....	<b>63</b>
<b>17. SITUACIÓ FINAL</b> .....	<b>65</b>
17.1. Descripció general.....	65

17.2. Pantalla interactiva SCADA .....	68
17.3. Recepció dels efluent residuals .....	68
17.4. Homogeneïtzació dels efluent residuals. ....	69
17.5. Evaporació dels efluent residuals. ....	69
17.6. Tractament biològic.....	69
<b>18. IMPACTE AMBIENTAL</b> .....	<b>71</b>
18.1. Situació de l'empresa.....	71
18.2. Recursos hídrics.....	72
18.3. Terreny on està situada l'EDAR.....	72
18.4. Consum elèctric .....	72
18.5. Perills potencials i residus generats.....	72
18.6. Impacte de l'acció .....	73
18.7. Impacte sonor/visual .....	73
<b>19. PLANIFICACIO (GANTT)</b> .....	<b>75</b>
<b>20. PRESSUPOSTOS</b> .....	<b>77</b>
20.1. Pressupost de la instal·lació .....	77
20.2. Pressupost d'enginyeria.....	78
20.3. Costos d'exploració .....	79
20.4. Consum de reactius .....	80
<b>21. CONCLUSIONS</b> .....	<b>81</b>
<b>22. PROJECTES FUTURS</b> .....	<b>83</b>
<b>23. AGRAÏMENTS</b> .....	<b>85</b>
<b>24. BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>87</b>



## 2. INTRODUCCIÓ

Des de sempre l'aigua ha sigut un bé escàs en molts llocs, però alhora vital per a la supervivència, no només per a l'espècie humana, sinó també per a la resta d'essers vius. És per això que mantenir-la neta és primordial, no només per a que les generacions futures puguin gaudir-ne, sinó també per a mantenir-la en el present.

Lebsa es una empresa familiar fundada l'any 1951 per el Dr. José María Espinós Tayà dedicada a la investigació, el desenvolupament i la fabricació de principis actius per a la indústria farmacèutica internacional.

Lebsa té com a objectiu la síntesis, producció i comercialització de molècules amb aplicacions terapèutiques y el estudi de nous processos de síntesis de molècules ja conegudes. Es fabriquen productes químics per al sector farmacèutic, dirigits tant a mercats globals com a reduïts, en un procés de recerca contínua d'activitats que aportin valor afegit per a aconseguir la satisfacció dels clients, col·laborant en l'obtenció dels seus objectius.

Totes aquestes activitats son dutes a terme seguint totes les directrius europees, amb una dinàmica respectuosa amb el medi ambient. El 2005, Lebsa va iniciar un important procés de remodelació i modernització, adquirint maquinària i instal·lacions per tal d'augmentar la seva producció.

La necessitat de créixer de les indústries i augmentar la producció, comporta un augment continu de la contaminació de l'aigua. És per això que la modernització de les EDAR ha de permetre mantenir l'aigua en un estat acceptable un cop s'ha utilitzat en els diferents processos de producció i retornar-la en les millors condicions possibles per a que aquesta no afecti al medi.

Per aquest motiu i per tal de seguir complint la normativa medi ambiental, neix la necessitat de redissenyar la planta depuradora de l'empresa, per tal que pugui assolir el rendiment desitjat i també assegurar-ne el correcte funcionament en el futur.





### 3. TERMINOLOGIA

#### Medi ambient

"El medi ambient és el conjunt de components físics, químics, biològics i socials capaços de causar efectes directes o indirectes, en un termini de temps curt o llarg, sobre els éssers vius i les activitats humanes".

-Conferència de les Nacions Unides sobre Medi Ambient, Estocolm 1972.

El medi ambient està format per el medi físic, constituït pel territori, i pel medi biòtic, on s'inclouen els éssers vius. Aquests dos medis interaccionen entre ells, produint canvis en ambdós entorns i es modifiquen mútuament.

L'esser humà, cada cop més, influencia sobre el medi físic, i com a conseqüència el medi ambient se'n veu ressentit. Aquest augment de la capacitat de modificació del medi es causa del creixement accelerat que pateix la societat, cada vegada més consumista i més exigent alhora, que pot arribar a canviar de forma irreversible el medi ambient, i esgotar-ne els seus recursos.

El sistema econòmic establert actualment està basat en la màxima producció i benefici, i tot i que hi ha lleis establertes per tal de regular el consum de recursos naturals, la seva explotació i retorn al medi son parts també importants per a poder mantenir un cert equilibri i arribar al desenvolupament sostenible.

El desenvolupament sostenible es una teoria que pretén assolir un desenvolupament econòmic positiu de la societat sense que aquest afecti els recursos naturals de generacions futures, entenent que aquests no son il·limitats. Els principals objectius d'aquesta teoria serien els de satisfer les necessitats del present, satisfer les necessitats futures, reduint el màxim possible tots els efectes negatius de l'activitat econòmica, de tal forma que siguin suportables per a les següents generacions i assegurar la disposició i la gestió sostenible de l'aigua, entre molts altres que afecten a altres camps no presents en aquest projecte.

Un d'aquests recursos naturals, el més important i essencial per al desenvolupament del medi ambient, és l'aigua.

## L'aigua

L'ús d'aigua a la indústria és essencial, i per tal de reduir l'impacte que generen totes les activitats i processos industrials, abans de retornar aquesta aigua, cal que sigui tractada de manera adient, eliminant-ne totes aquelles substàncies nocives, de la manera més efectiva possible.

Gairebé tres quartes parts de la superfície terrestre estan cobertes d'aigua i es un component essencial per al desenvolupament de la vida. L'aigua es pot trobar en diversos estats físics, però de forma natural, no es troba aigua pura. Aquesta conté substàncies minerals i orgàniques en suspensió o dissoltes.

El 6 de maig de 1968, a Estrasburg es va redactar la Carta Europea de l' Aigua. Les idees que conté segueixen sent una font de reflexió per escometre una bona gestió d'aquest bé comú.

### CARTA EUROPEA DE L'AIGUA[9]

- No hi ha vida sense aigua. L'aigua és un bé preciós, indispensable en totes les activitats humanes.
- Els recursos de l'aigua dolça no són inesgotables. És indispensable de preservar-los, i si es possible, incrementar-los.
- Alterar la qualitat de l'aigua és perjudicar la vida de les persones i la dels altres ésser vivents que en depenen.
- La qualitat de l'aigua ha de ser preservada a nivells adaptats a la utilització per a la qual està prevista i ha de satisfer especialment les exigències de la salut pública.
- Quan l'aigua, després de l'ús, es retornada al medi natural, no ha de comprometre els usos posteriors que se'n faran, ja siguin públics o privats.
- Per a la conservació dels recursos de l'aigua, és essencial el manteniment d'una protecció vegetal adequada -de preferència forestal- sobre els continents.
- Els recursos de l'aigua han de ser objecte d'un inventari.
- La bona gestió de l'aigua ha de ser objecte d'una planificació decidida per les autoritats responsables i competents.
- La salvaguarda de l'aigua implica un esforç important de recerques científiques, d'informació d'especialistes i d'informació pública.

- L'aigua és un patrimoni comú, el valor del qual ha de ser reconegut per tothom. Tots tenim el deure d'economitzar-la i d'usarla amb compte.
- La gestió de les existències de l'aigua hauria d'inscriure's en el marc d'una conca natural hidrogràfica abans que en el de les fronteres administratives i polítiques.
- L'aigua no té fronteres. És un recurs humà que necessita una cooperació internacional.

Estrasburg, 6 de maig de 1968.

La conservació de l'aigua, per tant, és una necessitat, i per tal de poder preservar aquest bé de manera adient, cal fer-ne un consum responsable, mantenir-ne la seva qualitat i mantenir també el medi que la conté.

## **EDAR**

Una EDAR o estació depuradora d'aigües residuals, té com a funció principal recollir aigües residuals d'una població o indústria, i mitjançant diversos processos i tractaments, retorna l'aigua a un cabal receptor com ara riu, mar, embassament o en el cas d'aquest estudi, a la xarxa de clavegueram de la població de Cornellà.

La EDAR s'encarrega de depurar diversos tipus d'aigua, eliminant elements nocius per al medi ambient, de diversos tipus d'aigües. En el cas d'estudi, les aigües que arriben a la EDAR són aigües residuals domèstiques, aigües pluvials i residus líquids provinents de les activitats industrials. Aquests últims són els que requereixen un tractament més intensiu i una reducció més important dels paràmetres contaminants continguts a l'aigua.

## **Contaminació de les aigües**

La contaminació que es pot trobar a les aigües pot procedir de diversos processos o contaminants. Per tal de definir la contaminació d'una aigua, es fa ús de diferents paràmetres quantificables, els quals serveixen per a definir uns límits acceptables de retorn d'aigües a la xarxa de clavegueram públic per part de les empreses que utilitzen l'aigua per als seus processos de producció, o neteja d'equips. Reduir aquests paràmetres contaminants és l'objectiu principal al qual es vol arribar al finalitzar el projecte[16].

## **Paràmetres de contaminació**

Hi ha molts paràmetres de contaminació que caracteritzen una aigua residual[7]. Aquest projecte contempla les aigües industrials produïdes per Lebsa, tan sols centrant-se en els residus generats durant la fabricació dels productes ja existents i la pertinent neteja dels equips usats en la seva producció.

El grau de contaminació d'aquestes aigües ha sigut determinat experimentalment en el laboratori, mitjançant anàlisi de paràmetres estimadors de la alteració de la qualitat que presenta l'aigua. Aquests paràmetres són explicats a continuació, així com també els processos utilitzats en la seva obtenció.

### **Demanda Química d'Oxigen (DQO)**

La demanda química d'oxigen es un paràmetre que mesura la quantitat de substàncies susceptibles de ser oxidades per agents o medis químics que hi ha dissolts o en suspensió a la mostra líquida. Aquest paràmetre s'expressa en mil·ligrams d'oxigen diatòmic per litre( $\text{mg O}_2/\text{l}$ )[5].

La obtenció d'aquest paràmetre és útil per a poder qualificar el funcionament de les plantes depuradores, i és el principal paràmetre analitzat en aquest estudi. El mètode utilitzat ha sigut prèviament definit, mantenint sempre una metodologia d'assaig definida i seguida en tot moment per tal de poder obtenir resultats satisfactoris.

### **Demanda Bioquímica d'Oxigen (DBO)**

La demanda bioquímica d'oxigen és un paràmetre que mesura la quantitat d'oxigen consumit al degradar la matèria susceptible de ser consumida o oxidada per medis biològics dissolts o en suspensió que conté una mostra líquida. Aquest paràmetre es mesura transcorreguts 5 dies de reacció (DBO5) i s'expressa en mil·ligrams d'oxigen diatòmic per litre( $\text{O}_2/\text{l}$ )[5].

Tenint en compte que l'estudi es realitza en una empresa química farmacèutica, els components més interessants i crítics per a l'estudi son els components químics. L'estudi d'aquest paràmetre no s'ha realitzat de manera experimental.

### **Oxigen dissolt**

Degut a la importància de l'oxigen per al desenvolupament dels éssers vius, se'l considera un paràmetre fonamental per a la definició i control de les aigües residuals. La quantitat d'oxigen dissolt es veu afectat per diferents factors físic-químics, fent que aquest disminueixi o augmenti[5]. Per aquest motiu, es interessant poder controlar aquests paràmetres per a assegurar-ne un correcte funcionament de l'estació depuradora.

El increment d'oxigen a l'aigua pot ser degut a:

- Captació d'oxigen a través de la superfície d'interfase entre aigua i aire.
- Acció fotosintètica, deguda principalment a algues verdes.
- Descens de temperatura.
- Processos de dilució.

Al mateix temps, la quantitat d'oxigen a l'aigua pot disminuir degut a:

- Respiració dels microorganismes, algues i organismes macroscòpics.
- Acció enzimàtica dels microorganismes.
- Augment de la temperatura.
- Reacció químiques.

Per tant, caldrà fer aportacions d'oxigen als reactors biològics en cas de necessitat, amb la qual cosa no tan sols s'aconseguirà augmentar l'oxigen dissolt de l'aigua, sinó que també aportarà un moviment a l'aigua dins el reactor biològic, millorant el moviment dels microorganismes dins el mateix i augmentant l'eficiència d'aquests. Aquesta aportació d'oxigen es pot dur a terme mitjançant oxigen pur, una opció molt costosa i possiblement innecessària per a uns volums tant reduïts d'aigües a tractar, i es pot substituir per bufants d'aire, amb el qual ja s'aporta tot l'oxigen que els microorganismes aerobis necessiten per a poder efectuar la seva funció depuradora.

### **Sòlids en suspensió (orgànics i inorgànics)**

El contingut total de matèria sòlida a l'aigua, tant orgànica com inorgànica, es coneix com a sòlids totals (ST). Aquests sòlids poden classificar-se segons sòlids dissolts o sòlids en suspensió[6].

#### **-Sòlids dissolts (SD)**

- Els sòlids dissolts son aquells que no sedimenten i que es troben a l'aigua en estat iònic o molecular.

## **-Sòlids en suspensió (SS)**

-Sedimentables: Aquests sòlids sedimenten fàcilment degut al seu pes. Formen part dels fangs que es dipositaran a la depuradora durant el procés de decantació.

-No sedimentables: Aquests sòlids no sedimenten tan fàcilment com els exposats anteriorment, degut al seu menor pes o al seu estat col·loïdal.

## **Sòlids orgànics**

Els sòlids orgànics (grasses, proteïnes, hidrats de carboni,...) procedeixen de l'activitat humana, sent el seu origen animal o vegetal. Entre els components principals s'hi troba el carboni, oxigen, hidrogen, nitrogen, potassi, sofre i fòsfor. Aquests components són degradables, i poden ser descomposts mitjançant reaccions químiques o accions enzimàtiques dels microorganismes[4].

Cal recordar que Lebsa no només depura les aigües procedents de processos químics, sinó que també dirigeix les aigües sanitàries cap a la EDAR.

## **Sòlids inorgànics**

Els sòlids inorgànics estan constituïts per substàncies inertes no degradables, tal com minerals, arenes, terres, etc. Aquestes calen ser retirades en el procés de depuració i tractades de manera especial, ja que no són eliminables durant el procés[4].

## **Microorganismes**

Entre els microorganismes presents a l'aigua es troben virus, bacteries, protozous, fongs, etc.[4]. En funció de la possibilitat que tenen de captar oxigen com a element bàsic energètic de la seva vida, aquests microorganismes poden ser classificats de la següent manera:

-Aerobis: Es caracteritzen per captar de forma directa l'oxigen dissolt en l'aigua. Constitueixen el 60-65% dels microorganismes presents en les aigües residuals.

-Anaeròbics: Es caracteritzen per obtenir l'oxigen per descomposició de la matèria orgànica. Representen del 10-25% dels microorganismes existents en una aigua residual.

-Facultatius: Aquests organismes poden adaptar-se a les condicions aeròbies o anaeròbies, es a dir, poden créixer i metabolitzar tant en presència com absència d'oxigen. Poden desenvolupar un metabolisme tant respiratori fent servir oxigen o fermentatiu en absència d'aquest. Constitueixen un total de entre el 10-30%, i si bé existeixen microorganismes patògens perjudicials per a la salut de l'home, també existeixen d'altres que col·laboren amb la natura, ajudant en un continu reciclatge, reutilització de la matèria i completant els cicles del carboni, nitrogen, fòsfor i sofre.

-Organismes macroscòpics: Son organismes visibles així com a cucs o insectes, entre d'altres. Aquests també intervenen en la descomposició biològica de la matèria orgànica.

Aquests microorganismes són la base de la depuració de les aigües. Es troben al reactor biològic, i cal mantenir una població elevada d'aquests, per a tindre una eficiència elevada durant la depuració. En cas de no rebre el suficient aliment, caldrà afegir fosfat di-sòdic i urea per a que quan la planta torni a enviar grans quantitats de contaminant, aquests puguin abatre la càrrega contaminant de manera eficaç[3].

### **Temperatura**

La temperatura de l'aigua es un paràmetre essencial per al bon funcionament d'una EDAR, donada la influència que té sobre el desenvolupament de la vida aquàtica i també sobre les reaccions químiques i les velocitats de reacció. Això fa que controlar la temperatura sigui un dels factors mes importants per a la EDAR, doncs condiona els processos de depuració biològica i nitrificació. Un canvi bruscat de la temperatura pot provocar un augment de la mortalitat de la vida aquàtica. Per altra banda, una temperatura anormalment elevada pot provocar la proliferació de plantes aquàtiques i fongs.

### **pH**

Les aigües industrials del sector químic o farmacèutic acostumen a tenir valors d'acidesa i basicitat elevats. Això no només és degut al procés productiu sinó que també n'és causa la neteja dels aparells y maquinària utilitzats en els processos de producció dels actius farmacèutics que comercialitza Lebsa. Per tant, és necessari, abans d'entrar a la EDAR, un pretractament del pH d'aquestes aigües, per tal de mantenir-les a un valor que estigui comprès, aproximadament, entre 6,2 i 8,5, assegurant-ne així la supervivència dels microorganismes encarregats de depurar l'aigua i evitar problemes d'inhibició en els problemes biològics o fins i tot problemes amb els elements mecànics de la EDAR.

Caldrà instal·lar diversos sensors en diversos punts específics de l'estació depuradora que permetin obtenir un control sobre el pH i modificar-lo segons la necessitat mitjançant injectors d'àcid o base segons escaigui.

## Nitrogen

El nitrogen és un element imprescindible per al creixement dels vegetals a la EDAR, es a dir, algues i plantes superiors, que són aquelles amb òrgans diferenciats i que tanmateix contenen teixits vasculars. Per tant, el nitrogen també és considerat com un nutrient necessari per al bon funcionament de l'estació depuradora ja que és un element bàsic per a la síntesis de proteïnes, fent interessant el coneixement de la presència d'aquest a les aigües. Si el contingut de nitrogen és insuficient, serà necessari per tal de tractar correctament les aigües residuals. La presència de nitrogen pot presentar-se en forma de nitrogen orgànic (combinat principalment amb carboni), amoni ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrits ( $\text{NO}_2^-$ ) i nitrats ( $\text{NO}_3^-$ )[6].

## Nitrits i nitrats

Els compostos nitrogenats presents a l'aigua residual es troben en forma de nitrogen orgànic (urea i proteïnes) i nitrogen amoniacal. Amb el temps, el primer s'hidrolitza per a formar més nitrogen amoniacal, el qual presenta dues formes depenent del pH i temperatura. Aquestes dues formes presents són el ió amoni ( $\text{NH}_4^+$ ) i l'amoníac ( $\text{NH}_3$ ). Posteriorment, part d'aquest nitrogen amoniacal passa a transformar-se, mitjançant els microorganismes i bacteries presents a les aigües residuals de la EDAR, en nitrits i nitrats[5][6].

La presència d'aquests components a l'aigua presenta diversos problemes. Per una banda, l'amoníac i una excessiva concentració de nitrats són tòxics per a la vida aquàtica del medi receptor, i al mateix temps, la transformació d'amoni en nitrats consumeix oxigen, que juntament amb la presència de matèria orgànica, pot reduir el nivell d'oxigen del medi receptor de manera dràstica. El control, per tant, d'aquests components i el nivell d'oxigen a l'aigua seran essencials per a assegurar l'eficiència de l'estació depuradora

## Fòsfor

El fòsfor és un element vital per al desenvolupament dels microorganismes presents a l'aigua, així com per al procés de depuració biològica ja que actua com a nutrient d'aquests. La presència de fòsfor a l'aigua, en forma dissolta (fosfats o polifosfats) o en suspensió, tenen el seu origen en els abocaments urbans i en els abocaments industrials, en forma de detergents o altres residus químics o procedents de les aigües residuals domèstiques.



L'eliminació del fòsfor es fa juntament amb els fangs creats a la EDAR, els quals s'expliquen a continuació[6].

## **Fangs**

Al llarg del procés de depuració, es generen dos tipus de residus o subproductes[6]:

- Durant la primera etapa de la depuració, en el pretractament, es genera un residu groller, que és retirat amb contenidors i s'entrega a un gestor autoritzat. Aquest residu es elimina després d'un procés d'evaporació que permet retirar-los.
- El segon tipus de residu el trobem a nivell de les decantacions o filtració en aquest cas, ja que es fa ús d'un reactor biològic de membrana (MBR). Són els anomenats fangs i són sotmesos a un procés intern de deshidratació, on es retira la major quantitat d'aigua possible, per ser posteriorment retirats per un gestor autoritzat fins al seu tractament final.

## **Clorurs**

L'ió clorur està present sempre a les aigües urbanes, és a dir, l'aigua que rep la fàbrica abans d'utilitzar-la en processos de producció ja conté clorur degut als processos de cloració de l'aigua per a potabilitzar-la. L'increment de la salinitat de les aigües pot inhibir l'acció dels microorganismes a la depuradora i també arribar a generar problemes amb la mecànica dels diferents elements. Aquests clorurs poden provenir de residus domèstics, arrossegaments de la pluja, infiltracions, excrements i de les aigües industrials. Gran part de l'ió clorur marxa amb els fangs[4].

## **Espumes**

L'aparició d'espumes és degut a l'existència de contaminants que produeixen una disminució de la tensió superficial[6][8]. En aquest cas, al tractar-se d'aigües residuals industrials, la generació d'espuma és deguda a tensioactius (substàncies que influeixen per mitjà de la tensió superficial en la superfície de contacte entre dues fases, com serien dos líquids insolubles), partícules sòlides molt fines, i també com a causa d'alcalinitat o salinitat elevades.

## **Grasses**

Les grasses engloben les grasses animals, els olis tant d'origen animal, vegetal o mineral, i les ceres presents en les aigües residuals. Quan a temperatura ambient estan en estat líquid se les denomina olis, mentre que si es troben en estat sòlid reben el nom de grasses[8].

La presencia d'olis i grasses en les aigües residuals pot provocar problemes tant en la xarxa de clavegueram com a les plantes de tractament. Cal recordar que la EDAR de Lebsa no és l'últim punt de tractament de l'aigua, ja que més endavant aquestes aigües tornen a ser tractades per la planta depuradora de la població de Cornellà de Llobregat.

## **SCADA**

SCADA és un acrònim de *Supervisory Control And Data Acquisition* (Supervisió, control i adquisició de dades). Aquest és un software per a ordinadors que permet controlar i supervisar processos industrials a distància. Facilita retroalimentació en temps real dels dispositius de camp (sensors i actuadors) i controla el procés automàticament. Proveen de tota la informació que es genera al llarg del procés productiu (supervisió, control de la qualitat, control de producció, emmagatzematge de dades, etc.) i permet la intervenció i gestió d'aquest.

## **4. PREFACI**

### **4.1. Origen de projecte**

El projecte de renovació de la EDAR neix de la necessitat de l'empresa farmacèutica Lebsa d'assolir uns paràmetres de depuració òptims que permetin complir amb la legislació vigent, donat el seu augment de producció dels últims anys. En el disseny dels diferents elements de la EDAR s'ha tingut en compte aquest creixement, intentant arribar a un òptim que permeti l'augment de la producció sense que aquest pugui comprometre la qualitat de sortida de l'aigua de la EDAR.

### **4.2. Motivació**

La idea del projecte va néixer durant la meua estància a l'empresa, al departament de medi ambient. La necessitat de modernitzar la planta depuradora era un pas natural, després que Lebsa modernitzés les seves instal·lacions per tal de poder complir amb l'augment de demanda de productes. Fins aleshores, al no complir-se els límits legals de depuració d'aigües, era necessari fer una recirculació de l'aigua que sortia de la EDAR, la qual cosa no només era un cost de material i energia, sinó que també obligava a fer controls exhaustius de les aigües de manera gairebé diària.

### **4.3. Objectius**

L'objectiu principal d'aquest projecte és el de reduir la DQO de sortida de la depuradora, així com d'altres paràmetres contaminants, per tal d'assolir els requeriments legals i permetre un possible creixement de producció que impliqui un augment d'efluents a tractar.

Mitjançant anàlisis de laboratori de les aigües residuals es trobaran els punts crítics de la EDAR que caldrà canviar. També serà necessari explicar la gran variabilitat dels resultats obtinguts durant els anàlisis, depenent del període productiu en el qual es trobi treballant la fàbrica i el principi actiu que s'estigui produint.

Aquesta nova instal·lació ha de complir amb tots els requeriments legals, i alhora el cost d'aquesta ha d'estar dins d'un pressupost d'inversió fixat per l'empresa.

Finalment, cal que els resultats analítics post instal·lació siguin satisfactoris, controlant els diferents paràmetres contaminants de la sortida d'aigües residuals en diversos punts de la EDAR al laboratori.

#### 4.4. Abast

Aquest projecte explica tot el procés de modificació de la planta depuradora de Lebsa, des de l'estudi experimental previ per a descobrir les carències d'aquesta, fins a la implementació i resultats experimentals obtinguts després de la modificació. Aquest estudi té l'objectiu d'explicar la gestió que es va dur a terme del projecte de renovació de la planta depuradora, treballant conjuntament amb empreses externes especialitzades.

Fent un seguiment del muntatge de la EDAR, situada a la població de Cornellà, en el polígon industrial de Cornellà-Almeda, s'intenta explicar el procés de modificació d'aquesta, explicant els passos que s'ha seguit per tal de permetre a la planta seguir treballant durant el temps que va durar la instal·lació.

S'ha fet un estudi dels elements necessaris per a assolir els paràmetres legals de les aigües de sortida, intentant sempre fer ús dels elements i reactors biològics ja presents a la EDAR per a reduir costos i així no superar el pressupost fixat per l'empresa.

#### 4.5. Objecte

L'objecte d'aquest projecte és establir les bases de disseny per a la implantació d'un sistema de tractament biològic amb membranes que faciliti l'abatiment de la càrrega contaminant persistent en els efluent tractats en l'equip d'evaporació al buit. Actualment, els efluent destil·lats es tracten en un procés biològic que és poc eficient i que ofereix un baix rendiment d'abatiment. Per tant, s'explica la gestió del projecte per a renovar la planta depuradora i arribar a implementar una solució viable.

#### 4.6. Antecedents

Des de mitjans del segle XIX, es va començar a prendre consciència de la importància de l'aigua com a bé escàs, i la necessitat de tindre cura d'aquest per a preservar-lo de manera adient i fer-ne un ús respectuós amb el medi ambient. Des d'aleshores, les normatives i lleis que s'encarreguen de preservar aquest bé s'ha tornat més estrictes, no només obligant a les indústries a fer-ne un ús més restringit i obligant a retornar aquesta en unes condicions acceptables mitjançant plantes depuradores, sinó també intentant que la població prengüés consciència dels efectes negatius que comporta l'ús descontrolat de l'aigua.

En el cas de les indústries químiques o farmacèutiques, l'ús de l'aigua és imprescindible per a efectuar gairebé qualsevol procés, així com també per a dur a terme la neteja dels elements, maquinària i diferents utensilis de laboratori emprats en aquests. És per això que les empreses cada cop més intenten instal·lar plantes depuradores eficients, que els

permeti arribar a abocar les aigües residuals amb uns paràmetres de contaminació acceptables, tenint en compte les restriccions que aquestes empreses puguin tindre, ja siguin econòmiques, d'espai o nivell de càrrega contaminant abocada.

En el cas específic al qual es refereix aquest projecte, la planta depuradora de Lebsa va ser instal·lada l'any 2003. Des d'aleshores, s'havia fet una primera aproximació de canvi de la EDAR l'any 2011, demanant pressupostos a diferents empreses especialitzades en el sector de la depuració d'aigües. Tot i així, per motius econòmics i la gran inversió que suposava una nova planta depuradora, es va decidir aplaçar aquesta, mantenint-la com a un dels principals canvis a efectuar en un futur proper.



## 5. NORMATIVA

Per tal de conèixer les lleis i normativa relacionada amb l'ús de l'aigua en els casos aplicables en aquest projecte, s'ha referenciat la normativa pertinent a Catalunya<sup>[11][12]</sup>, així com la definida per l'Estat espanyol<sup>[13]</sup>.

La Generalitat de Catalunya, preocupada per la progressiva degradació de la qualitat de les aigües dels rius, planteja la *Llei 5/1981*, en la qual es prenen mesures de protecció del medi hídric català, controlant el tractament i abocament de les aigües residuals.

També apareix la *Llei d'aigües 29/1985*, la qual és aplicable a tot l'estat espanyol, la qual defineix i qualifica l'aigua com a un bé escàs i unitari. Sobre aquesta premissa es declaren públiques totes les aigües ( a excepció de es aigües minerals i termals, les quals tenen una regulació específica) i es fa patent la necessitat de preservar la qualitat d'aquesta aigua mitjançant una planificació hidrològica.

També s'estableix que totes les activitats susceptibles de provocar contaminació o degradació de les aigües públiques, en particular l'abocament d'aigües i productes residuals, requereixen d'una autorització administrativa. A partir de la publicació del *Real Decret 849/1986*, del "Reglament del Domini Públic Hidràulic" i del compliment de les normatives de la Comunitat Econòmica Europea, van anar apareixent successivament normes específiques relacionades amb elles.

El *Real Decret 2646/1985* estableix els traspassos de la Administració de l'Estat a la Generalitat de Catalunya en matèria d'obres hidràuliques, creant així un organisme competent en el territori català en matèria de la gestió dels recursos hídrics anomenat la Administració Hidràulica de Catalunya.

La *Llei 17/1987* regula l'Administració Hidràulica de Catalunya, i juntament a altres Decrets i Ordres, s'estructura la Junta d'Aigües i la Junta de Sanejament en el Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Més endavant, la Generalitat de Catalunya crea per a la *Llei 4/1991* el Departament de Medi Ambient, assignant-li competències i funcions.

L'article 5.1K) de la *Llei 19/1991* defineix les competències de la Junta de Sanejament del Departament de Medi Ambient sobre la regularització d'abocaments d'aigües residuals en l'àmbit de les conques hidrogràfiques. El decret 286/1992 es de suma importància en el món de la indústria, ja que modifica el procediment de la determinació del increment de la tarifa de sanejament i cànon de sanejament per mesura directa de la càrrega de contaminant. En aquest decret s'estableix l'obligació per part de l'usuari industrial, de declarar la contaminació que pateix l'aigua a la Junta de Sanejament, mitjançant la Declaració de Càrrega Contaminant Abocada (D.C.C.A.), i pagar el tribut en funció de la

contaminació abocada de matèria en suspensió (MES), matèries oxidables, sals solubles i toxicitat o matèries inhibidores.

Entre les mesures que es proposen per a assumir aquests objectius, es troben mesures de tipus econòmic, fiscal i sancionador en el cas de incomplir estrictament la normativa vigent.

La disposició final núm.34 de la Llei 16/97 que regula els pressupostos generals de la Generalitat de Catalunya modifica l'imprès MD-10 de la Declaració de Càrrega Contaminant Abocada(D.C.C.A.) canviant i gravant la fórmula de càlcul del coeficient punta (Cp) i inclou el fòsfor total (P) i el nitrogen (NTK) dins dels paràmetres de contaminació.

A partir de la Llei 25/98 es crea l'Agència Catalana de l'Aigua (A.C.A.), unificant la Junta de Sanejament i la Junta d'Aigües com una única administració hidràulica a Catalunya, depenent així del Departament de Medi Ambient. Els Decrets 125/99, Decret 218/99 i Decret 155/99, aproven els Estatuts de l'Agència Catalana de l'Aigua (A.C.A.) i l'estructura del Departament de Medi Ambient.

El Decret 103/2000 modifica l'antiga Declaració de Càrrega Contaminant Abocada(D.C.C.A.) i crea la Declaració del Ús i Contaminació de l'Aigua(D.U.C.A.) redactant nous impresos "B1(1, 2), B2(1, 2, 3), B3(1, 2), B4, B5 i B6" de l'antiga declaració d'abocaments, fent-la obligatòria anualment, així com tindre que presentar-la l'últim trimestre de cada any per a tota empresa que consumeixi més de 6000 m<sup>3</sup>/any. A més a més unifica el cànon d'aigua per l'ús i contaminació de qualsevol utilització d'aigua.

La Llei d'Aigües 29/85 estableix que totes les activitats susceptibles de provocar la contaminació o degradació del domini públic hidràulic requereixen autorització administrativa. A Catalunya, l'administració competent és l'Agència Catalana de l'Aigua (A.C.A.) com a organisme de conques hidrogràfiques. Per als abocaments directes a la llera pública( riu, riera, canal...) o indirectes( clavegueram públic o privat que desemboca posteriorment a la llera pública, abocaments al subsòl, sobre el terreny...) s'han d'ajustar en general a les condicions i límits fixats en el Real Decret 84/1996.

En quant a les dimensions de la planta, el municipi de Cornellà el prat, així com el polígon Cornella-Almeda, marquen uns límits d'altura de 12 metres. Aquesta altura no pot ser en cap cas superable.

També cal tenir present la normativa que fa esment al soroll admissible que aquesta planta pot exercir, ja que es troba al costat d'una zona de treball continu dels encarregats de magatzem[10]. El Real Decret 286/2006, aprovada el 10 de març, dictamina la normativa a seguir per a la protecció de la salut i la seguretat dels treballador contra els riscos relacionats amb l'exposició al soroll. Aquest Real Decret apareix al BOE nº60 del 11-3-2006, i fa



esment dels perills d'una exposició prolongada o un pic de soroll. Els valors límits d'exposició són  $L_{Aeq,d} = 87$  dB per a soroll constant i  $L_{pic} = 140$  dB per a pics de soroll. Aquests nivells de soroll no poden ser excedits en cap cas per la planta depuradora, i en el cas de que el superessin caldria prendre accions correctores.

Per al disseny i fabricació d'aquesta instal·lació han sigut adoptats els principis de les Normes Harmonitzades[14]. El seu compliment permet eliminar o reduir al màxim els riscos que es prenen, tant durant el funcionament de la màquina com durant les operacions de reglatge i/o de manteniment de la mateixa.

- EN 12100-1 Seguretat de les màquines. Conceptes bàsics, principis generals pel disseny. Terminologia bàsica, metodologia.
- EN 12100-2 Seguretat de les màquines. Conceptes bàsics, principis generals pel disseny. Principis tècnics.
- EN 14121 Seguretat de les màquines. Principis per a l'avaluació del risc.
- EN 13857 Seguretat de les màquines. Distàncies de seguretat per a impedir que s'arribi a zones perilloses amb els membres superiors i inferiors.
- EN 349 Seguretat de les màquines. Distàncies mínimes per a evitar l'aixafament de parts del cos humà.
- EN 983 Seguretat de les màquines. Requisits de seguretat per a sistemes i components per a transmissions hidràuliques i pneumàtiques. Pneumàtica.
- EN 60204-1 Seguretat de les màquines. Equip elèctric de les màquines. Requisits generals.
- EN 61000-6-2 Compatibilitat electromagnètica (CEM). Normes genèriques.
  - Part 6-2: Immunitat en entorns industrials.
  - Part 6-4: Norma d'emissió en entorns industrials.
  -

Els materials i equips que conformen i son utilitzats per les instal·lacions son lliures de riscos per a la salut i la integritat de les persones. Totes les particularitats han sigut estudiades en conformitat amb les normes en vigor adoptant les mesures d'advertència i protecció necessàries contra els riscos residuals.

La maquinaria instal·lada ha sigut dissenyada sota les exigències tècniques de les següents directives:

- 2006/42/CE Directiva de seguretat de màquines
- 2006/95/CE Directiva de Baixa Tensió (Seguretat elèctrica)
- 2004/108/CE Directiva de Compatibilitat Electromagnètica



## 6. SITUACIÓ DE PARTIDA A LEBSA

La planta depuradora de partida va ser instal·lada l'any 1960 i des d'aleshores no ha patit modificacions excessives en el seu plantejament i distribució dels elements de la EDAR.

### 6.1. Reactor biològic

Un tractament biològic es pot definir com aquell procés mitjançant el qual els microorganismes proliferen i es desenvolupen a partir de matèria orgànica present a les aigües residuals, transformant aquesta en un sòlid sedimentable de naturalesa biològica que es separa de l'aigua en un separador sòlid-líquid, el qual es descriurà més endavant. Aquestes dues etapes, de transformació biològica i separació, formen el procés biològic.

El procés de fangs actius consisteix en el desenvolupament d'un cultiu bacterià dispers en forma de flocul en un dipòsit alimentat amb les aigües residuals i airejat, la qual cosa ajuda a l'agitació d'aquestes aigües, i que és capaç de metabolitzar com a nutrients els contaminants biològics presents a l'aigua.

Els processos que es produeixen dins del reactor biològic són exactament els mateixos que es produeixen en rius i llacs naturals, però dins d'aquest, els microorganismes es troben agrupats en gran número en un espai reduït. Aquesta gran quantitat de microorganismes pot ser controlada de manera artificial, incrementant el seu número mitjançant diversos mètodes, així com l'aportació de més o menys oxigen per part d'una bufant, o afegint nutrients a les aigües en cas de que les aigües residuals no aportin els suficients nutrients per a la reproducció d'aquests[2].

**Matèria Orgànica + Microorganismes + O<sub>2</sub>**



**Co<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O +....+ Nouis microorganismes**

A diferència del que passa a la naturalesa, la població de biomassa o microorganismes que s'utilitzen en el procés de depuració és elevada, el que comporta que l'eliminació de DBO sigui elevada i en temps reduïts.

Aquest procés biològic requereix una quantitat determinada de matèria orgànica, i tant un excés de matèria orgànica com quantitats reduïdes de nutrients poden suposar una davallada en el rendiment i dificultar el procés de depuració.

El dipòsit original de Lebsa, designat com a D-10, tenia capacitat per a contenir 30m<sup>3</sup> d'aigües residuals. Aquest volum d'aigües residuals era insuficient per al cabal diari d'aigües que s'envien a depurar en algunes de les campanyes de producció. Per tal de poder depurar les aigües de manera eficient era necessari que aquestes romanguessin en el reactor biològic durant un temps excessiu. Per tant, aquest punt era crític en el disseny de la nova planta.

## 6.2. Decantador secundari de fangs actius

Un procés biològic de fangs actius es desenvolupa habitualment en dues càmeres separades. La primera part es produeix en el reactor biològic, tal com s'ha explicat, en la qual es desenvolupa la part biològica del procés. La segona part del procés té lloc al decantador secundari. En aquest tanc es produeix la sedimentació dels fangs produïts, on part d'aquests són recirculats a la capçalera del tractament, i purgada per a la eliminació de la quantitat produïda en excés[2]. Al no disposar d'una línia de fangs, el tractament d'aquests es efectuat per a una empresa de gestió externa especialitzada.

### Procés de fangs actius

1. L'aigua residual que arriba al sistema es introduïda de forma continua al reactor on es manté una concentració de microorganismes elevada (0,8-1,2 g/l).

En aquesta etapa els microorganismes s'encarreguen d'eliminar la matèria orgànica biodegradable, utilitzant-la com a substrat o alimentació, mitjançant reaccions bioquímiques d'oxidació i síntesis.

L'oxigen que necessiten els microorganismes és introduït mitjançant difusors o bufants, els quals no només tenen la funció de subministrar l'oxigen necessari per als microorganismes, sinó que també provoquen l'agitació suficient per a que la biomassa es mantingui en suspensió i es barregi amb l'aigua a tractar. Aquesta introducció d'oxigen pot donar-se en forma d'oxigen o en forma d'aire. A Lebsa s'introdueix aire, ja que l'opció d'utilitzar oxigen és econòmicament inviable i comporta uns riscos elevats.

2. L'aigua que arriba al reactor provoca el desplaçament de la mescla d'aigua i biomassa a un decantador instal·lat a continuació( D-04). En aquest, els microorganismes s'aglomeren sobre petites partícules en suspensió, generant flocs que arriben a tenir dimensions de diversos mil·límetres que decanten fàcilment i que sedimenten al fons de l'equip. Aquests fangs estan

compostos principalment per microorganismes procedents del reactor biològic.

3. En el procés de síntesis que té lloc en el reactor biològic, es van formant de manera continua nous microorganismes, els quals compleixen amb la funció de depurar l'aigua, i que es necessari purgar i extreure del sistema per tal de treballar amb una quantitat determinada d'aquests.

L'aigua que surt del decantador ja es aigua tractada i per tant adequada per a abocar.

### **6.3. Dipòsits**

A més a més del reactor biològic, la planta depuradora original disposava de tres dipòsits més, els quals efectuaven diferents funcions en el procés de depuració.

El primer, designat com a D-11, tenia la funció de contenir la purga concentrada procedent de l'evaporador o aigües mare. Aquest concentrat de fangs era enviat a tractament extern, a empreses especialitzades en el seu tractament.

El dipòsit designat com a D-9 tenia la funció d'auxiliar al reactor biològic, contenint el volum d'aigua que aquest no tenia capacitat per a contenir i depurar.

Finalment, en el dipòsit D-8, es duia a terme part de la neutralització de pH de les aigües, per tal de no enviar aigües amb excés àcid o bàsic que no tan sols perjudiquessin als elements mecànics de la depuradora, sinó que també afectés negativament als microorganismes encarregats de la depuració al reactor biològic. Aquesta neutralització també es duia a terme dins d'una cubeta soterrada, on van a parar totes les aigües residuals abans de ser dirigides a la EDAR.

### **6.4. Dipòsit de neutralització de pH**

La neutralització del pH, tal com s'ha explicat, es dividia en dos passos. Primer, mitjançant un sensor, s'aplicava àcid o base, segons la necessitat, a la cubeta recol·lectora d'aigües residuals, anomenat D-2, la qual esta soterrada. Amb aquest procés s'aconseguia una primera aproximació de pH neutre. El gran volum d'aquestes aigües no permetia una neutralització massa precisa, i per això es passaven les aigües al dipòsit D-8, també anomenat dipòsit de neutralització, on també, mitjançant sensors, es podia controlar amb més exactitud l'acidesa o basicitat de les aigües. Un cop neutralitzades, aquestes ja podien ser enviades a depuració.

Com es podrà veure més endavant, aquesta metodologia per a controlar el pH ha patit modificacions per tal de poder tenir un control més acurat i així assegurar-ne un funcionament correcte per part de tots els elements de la EDAR durant el procés de depuració.

## **6.5. Evaporador**

L'evaporador té com a objectiu concentrar les solucions diluïdes amb la finalitat de gestionar un residu de menor volum, obtenir productes sòlids de valor afegit, reutilitzar l'aigua evaporada, entre d'altres. En la fabricació de reactius farmacèutics es generen una gran quantitat de sals que calen ser eliminades abans que aquestes avancin a les següents fases de depuració, ja que poden reduir l'eficiència de manera considerable o fins i tot comprometre als altres elements de depuració.

## 7. USUARI

### 7.1. Tipus d'usuari

Aquest projecte tracta principalment amb tres tipus d'usuari:

1. Els encarregats del correcte funcionament de la planta depuradora i de la supervisió d'aquesta . Mitjançant programes informàtics encarregats d'enviar les senyals dels diferents sensors al servidor de l'empresa, han de ser capaços de controlar els diferents elements de la EDAR mitjançant pantalles tàctils SCADA( *Supervisory Control And Data Acquisition*).
2. Els treballadors de planta també són usuaris finals directes, ja que cal que interactuïn amb la EDAR, proporcionant els diferents reactius necessaris, tant per a control de pH com per a alimentar els microorganismes del reactor biològic en cas de necessitat.
3. L'estació depuradora es troba al costat d'una zona de pas de vehicles de càrrega i descàrrega de productes o fins i tot de camions de distribució d'aigua destil·lada. Aquests repartidors o treballadors de l'empresa que no interactuen directament amb la EDAR, són considerats usuaris terciaris, ja que no han de tindre interacció amb el sistema, però cal tenir-los en compte a l'hora de dur a terme el projecte.

### 7.2. Necessitats de cada usuari.

Els usuaris encarregats de la planta depuradora han de ser capaços de consultar, en tot moment, la situació de la planta depuradora i les necessitats d'aquesta. Aquesta informació ha de ser rebuda en temps real pel servidor de Lebsa, per part de tots els sensors que s'instal·lin a la planta, i des del servidor han de ser enviats a un programa d'ordinador interactiu, per facilitar la lectura i per a poder modificar paràmetres de funcionament de manera senzilla. Tan mateix, les funcions de modificació de certs paràmetres han de ser exclusius per als especialistes o encarregats, mentre que d'altres també han de ser accessibles als treballadors de planta, i per tant tindrien un accés més restringit.

Els usuaris no encarregats de tractar amb l'EDAR han de ser capaços de treballar sense que els elements d'aquesta interfereixin en les seves tasques o pugui generar algun tipus d'impediment o molèstia durant el funcionament normal de la planta.





## 8. ESPECIFICACIONS I REQUERIMENTS D'USUARI

L'objectiu és definir les característiques necessàries de maquinària i equips auxiliars que conformen l'adequació de la planta de tractament d'aigües de Lebsa, per eliminar o minimitzar els punts crítics de la instal·lació en quant a eficiència i rendiment.

Per tal de definir unes especificacions amb les quals aconseguir l'objectiu de millorar l'eficiència depuradora de la planta, es crea una llista de requeriments que es consideren necessaris per a complir les expectatives i facilitar la interacció entre els especialistes i el control de tot el sistema a instal·lar. Per tal de fer la llista el més acurada possible i arribar a una solució viable i realista, es suposen els paràmetres de funcionaments més crítics amb els quals es podria trobar la planta en una situació hipotètica.

### 8.1. Paràmetres de funcionament considerats com a WORST CASE

Els criteris emprats són els següents

- Màxim cabal diari de treball: 6m<sup>3</sup>
- El pH de les aigües recollides abans de neutralitzar: 2-11
- DQO a la entrada del reactor biològic: 3000-30000ppm
- Rampes de DQO a l'entrada del reactor biològic: 10-50% en 24 hores
- Temperatura de treball: ambient, 0-40°C
- Pla de treball a Lebsa: 24h/dia tot l'any amb provable parada de 15 dies al mes d'agost

### 8.2. Requeriments de la EDAR

Els diferents elements de la planta depuradora són els encarregats de dur a terme el tractament de les aigües residuals i aconseguir que aquesta arribi a uns paràmetres acceptables dins del marc legal i asseguri el bon funcionament en cas de possibles incidents, així com reduir la probabilitat de que aquests passin. A continuació es mostren els diferents requeriments que s'exigeix de la planta per tal d'assegurar un funcionament considerat l'adequat per a l'empresa.

### 8.3. Requeriments generals

- Renovació dels dos dipòsits aeris, D-10 i D-9, ambdós es troben al final de la seva vida útil recomanada pel fabricant.
- Automatització i control de tot el procés de depuració, informatitzant i integrant el programa de control de Lebsa.

- Conduccions renovades i passivades en tot el procés, per a evitar pitting (corrosió extrema localitzada), amb safata de recollida en cas de ruptura.
- Manteniment del dipòsit auxiliar de 10000 litres per casos de necessitat (D-9).
- No utilitzar per a la EDAR espais físics destinats actualment a altres activitats.
- Control de les característiques de l'aigua mitjançant el sistema informàtic de Lebsa.
- Control de les diferents fases connectat al sistema informàtic de Lebsa.
- Establir periodicitat de revisió dels elements de la EDAR per assegurar-ne el bon funcionament.
- Validació dels equips un cop adquirits.
- El soroll dels equips no pot sobrepassar ens 87 dB.
- Equips amb marcatge CE, amb connexions a terra i manuals dels mateixos en castellà.
- Adequar servei de recollida d'abocaments i roba per a ús en cas d'emergències.
- Actualització dels procediments a seguir, els procediments estàndard d'operació establerts(SOP) i els plànols de la zona on s'ocupa la planta.
- El consum elèctric total ha de ser aproximadament el ja instal·lat actualment, amb una variació màxima del 10%.
- Previsió del consum de productes químics que es durà a terme anualment.
- Punt de mostreig en cada fase del sistema.

#### **8.4. Recollida d'aigües**

- Cal assegurar la vinculació a inici de la EDAR: aigües procedents de les torres de gasos, els condensats de les unitats de tractament d'aire(UTA) i les aigües de rentat dels diferents reactors de la planta química.
- Vehiculació de totes les aigües cap a la EDAR
- La instal·lació ha de ser capaç de rebre aigües procedents de la balsa d'enviament d'aigües cap a la xarxa pública en cas d'averia o falla en el sistema.
- Safata de recollida sota les conduccions.
- Punt de mostreig.
- Sonda de nivell D-2.
- Enviament d'aigües a dipòsit D-11 en cas de que aquestes no hagin sigut tractades.

### 8.5. Fase de neutralització

- Minimitzar l'espai destinat a la fase de neutralització.
- Neutralització en línia.
- Doble control de pH a la fase de neutralització.
- Calibratge periòdic de les sondes de pH.
- Punt de mostreig.
- Il·luminació de la zona de treball.

### 8.6. Fase d'evaporació/concentració

- Establir controls periòdics del evaporador i presa de mostres per a determinar l'eficiència del mateix.
- Mantenir per defecte la tapa de sortida de la cubeta dels dipòsits tancada, a excepció de pluges torrencials o amb autorització per a obrir-lo.
- Control periòdic de la bomba i la boia de la cubeta de destil·lats.
- Punt de mostreig.
- Il·luminació de la zona de treball.

### 8.7. Digestió biològica

- Doble sonda d'O<sub>2</sub>; doble sonda de pH; control de temperatura; control d'espumes sobrants; control de dosificació de nutrient, sedimentant i antiespumant.
- Regulació de la potència de la bomba bufant.
- Adequació del volum total del digestor, així com la proporció de fangs actius a l'interior, per a la correcta digestió dels possibles pics de DQO de fins a 30.000ppm de destil·lat.
- Laminar l'entrada d'aigües destil·lades segons la seva càrrega de DQO.
- Sonda de pH amb connexió al dosificador d'àcid/base, amb alarma per si el rang de pH es troba fora del rang establert de pH d'entre 7-9.
- Punt de mostreig

### 8.8. Separació d'aigües depurades i fangs actius

- La separació ha d'assegurar la sortida d'aigües lliures de fangs actius.
- No ha d'afectar negativament al rang de pH ni al de conductivitat de les aigües tractades biològicament.
- Cal definir una periodicitat de neteja de l'equip.
- Punt de mostreig

### **8.9. Enviament d'aigües a la xarxa pública de clavegueram**

- Assegurar que les aigües compleixen amb els requisits especificats abans de ser enviades a la xarxa pública i en cas negatiu, que aquestes siguin redireccionades al inici de la EDAR o al dipòsit D-11, des d'on s'enviaran a gestió externa.
- Neteja periòdica del filtre.

## 9. ANALISIS DE RISC

### 9.1. Objectiu

L'objectiu de dur a terme un anàlisi de risc de la planta de tractament d'aigües de l'empresa és proporcionar un estudi a fons de la instal·lació que identifiqui els punts crítics d'aquesta i els requeriments legals i de seguretat que Lebsa ha de complir en tot moment.

### 9.2. Sistema d'estudi

L'estació depuradora d'aigües residuals d'aquest estudi, és una instal·lació formada per diferents equips que treballen en sèrie per a la obtenció d'aigua depurada a partir de les aigües residuals de neteja de les instal·lacions de producció.

El procés de depuració ha de constar de les mateixes fases: recollida d'aigües; neutralització i homogeneïtzació; evaporació i concentració de sals; tractament biològic d'aigües destil·lades; separació d'aigües tractades i fase orgànica procedent de reactor biològic; recollida d'aigües tractades juntament amb les aigües sanitàries i pluvials. Finalment, enviament a la xarxa pública de clavegueram cap a la EDAR pública del Prat de Llobregat.

La EDAR ocupa part del pati exterior de Lebsa, juntament amb el magatzem. Consta bàsicament de dos dipòsits aeris, de 10m<sup>3</sup> i 30m<sup>3</sup>, evaporador i decantador. El sistema requereix manteniment i també seguiment regular de paràmetres crítics per a assegurar el bon funcionament i l'eficiència del sistema.

### 9.3. Metodologia

Es realitza un anàlisi de riscos en forma d'AMFE (Anàlisi Modal de Fallades i Efectes) amb la finalitat d'identificar les debilitats potencials del sistema i els riscos del procés de depuració.

L'anàlisi de risc AMFE consisteix en un mètode inductiu d'anàlisi de seguretat i/o fiabilitat del funcionament de l'equip, utilitzant l'estudi sistemàtic de les causes i conseqüències de les falles, i la forma en que aquests errors poden afectar als elements d'aquesta instal·lació.

Per aquest motiu es realitza una taula AMFE per a determinar en el procés complet de la EDAR, possibles falles, efectes provables que comporten aquestes falles i possibles causes potencials de falla.

Quantificant la probabilitat de que passi una fallada deguda a una causa provable determinada, la seva gravetat i la dificultat de detecció de tal fallada, s'aconsegueix el NPR (Número de Prioritat de Risc) que serveix per a avaluar i quantificar el risc de la fallada deguda a una causa concreta.

Seguidament s'han d'establir mesures de control destinades a disminuir el NPR fins que aquest quedi dins un llindar acceptable. Com a conclusió i després de realitzar i analitzar els tests, es proposen accions preventives, correctores i de millora que cal prendre en el sistema.

## 9.4. Anàlisi Modal de Fallades i Errors (AMFE)

### 9.4.1. Llegendes

#### **Mode de Fallada:**

Manera en que no compleix un producte, procés o equip de la seva unció prevista.

S'identifiquen possibles fallades en el compliment de les característiques del producte o la missió del procés, sense considerar si l'error es provable o no, o si l'efecte que produeix es més o menys greu. També es té en compte els que les fallades poden aparèixer només en condicions específiques.

#### **Efecte Potencial (Efecte de la fallada):**

El resultat de la ocurrència de un mode de fallada en un producte, procés o equip de producció. La conseqüència de la aparició de la fallada.

#### **Causa de la fallada:**

Determinació de les causes possibles de una fallada. El perquè de l'ocurrència de la fallada.

#### **Mecanisme de detecció:**

Metodologia existent per a detectar el fallo en el moment en el que aquest s'ha produït.

**Gravetat/Severitat de la Fallada (S):**

Avaluació de la gravetat que l'efecte pot causar en el pacient, empleat, o empresa, en conseqüència d'una fallada, utilitzant valors entre 1 (sense conseqüències) i 4 (conseqüències greus). Està directament relacionat amb l'efecte potencial.

**Probabilitat/ Ocurrencia de la causa (P):**

Determinació de la probabilitat d'aparició de la causa de una fallada, utilitzant valors entre 1(poc probable) i 3(molt probable o inevitable). Està directament relacionat amb la causa de fallada.

**Detecció de la fallada (D):**

Avaluació, en base als controls prevists, de la probabilitat de detectar una determinada fallada abans i després de que es produeixi, utilitzant valors entre 1(detecció segura) i 3(detecció improbable o cap control previst). Està directament relacionat amb el mecanisme de detecció.

**9.4.2. Quantificació del risc de les fallades:**

Per a avaluar el risc global d'aparició d'una fallada i la seva corresponent causa, es calcula el Número de Prioritat de Risc(NPR) multiplicant els valors numèrics dels factors GRAVETAT(severitat de la fallada), PROVABILITAT(freqüència de la causa) i DETECCIÓ(probabilitat de la detecció), obtenint així un valor entre 1 i 64. Si no es coneix algun dels factors, sempre es suposarà el pitjor dels casos, en aquest cas 4. El valor de NPR es calcula sense considerar la mesura o acció preventiva segons els valors numèrics explicats en la Taula 9.1.

El pitjor cas possible és  $4 \times 3 \times 3 = 36$ .

**Taula 9.1.** Avaluació dels diferents factors considerats en l'anàlisi Modal de Fallada i Errors

FACTOR	GRAU	PUNTUACIÓ	DESCRIPCIÓ
GRAVETAT/ SEVERITAT	Alta	4	Impacte directe sobre la qualitat de l'aigua d'abocament, cabal diari depurat o seguretat.
	Mitja	3	Impacte directe sobre la qualitat de l'aigua d'abocament o cabal diari depurat, però no sobre la seguretat.
	Baixa	2	Impacte indirecte sobre las aigües d'abocament, cabal diari depurat o seguretat.
	Negligible	1	Cap impacte ni sobre les aigües d'abocament, cabal diari depurat ni sobre la seguretat..
PROBABILITAT	Freqüent	3	Probabilitat alta d'ocurrència. 1/mes
	Mitja	2	Probabilitat mitja d'ocurrència. 1/any
	Remota	1	Probabilitat baixa d'ocurrència. 1/>any.
DETECCIÓ	Baixa	3	No hi ha sistema de control.
	Mitja	2	Hi ha establert un control periòdic.
	Alta	1	Control automàtic.



El valor de NPR es calcula sense considerar la mesura o acció preventiva. El nivell de risc calculat permet classificar els conceptes com a risc alt, risc mig i risc baix, en referència a valors estàndard establerts, tal com s'explica a la Taula 9.2.

**Taula 9.2.** Classificació del nivell de risc segons NPR.

CLASSIFICACIÓ DE CONCEPTES	PUNTUACIÓ NPR
Risc baix / No requereix acció	$X < 6$
Risc mig / Requereix avaluació per a possibles posteriors accions de control.	$6 \leq X \leq 24$
Risc alt / Risc inacceptable	$24 < X$

#### 9.4.3. Mesures de control

Per a cada una de les causes de una fallada, es determinaran les accions a prendre per a reduir el risc de la seva aparició. Els diferents valors de NPR indiquen l'ordre o prioritats d'actuació. En general, cal implantar accions que serveixin per a evitar possibles fallades. En comptes de potenciar la seva detecció..

#### 9.4.4. Nivell de risc final

En el cas en que es consideri necessari aplicar una mesura de control, s'ha de tornar a calcular el Número de Prioritat de Risc, tenint en compte l'aplicació tractada. El NPR haurà de reflectir una millora, arribant a un risc baix. El nivell de risc es valora tal com a la Taula 9.3.

**Taula 9.3.** Nivell de risc

Alt	Mig	Baix
$S = 4 ; P > 1$	$S = 4 ; P = 1$	$S = 3 ; P = 1$
	$S = 3 ; P > 1$	$S < 3$

## **9.5. Matriu AMFE**

Amb l'estudi de la matriu d'anàlisi modal de fallades i errors es pretén preveure les possibles fallades i errors que es podrien arribar a presentar a la instal·lació de la EDAR i durant el seu posterior funcionament, així com les possibles solucions per a evitar aquestes ocurrencies, o en el pitjor dels casos, com actuar en el cas de que passin.

A l'ANNEX A.1 es pot veure la taula completa AMFE estudiada per a satisfer les necessitats de depuració i seguretat exigides a l'hora de triar el nou sistema.

## **9.6. Accions de millora a implementar per a la disminució de risc**

Un cop estudiada la matriu AMFE, es proposen solucions a tots els errors possibles, per tal de trobar una acció de millora viable i identificar-ne el seu responsable, ja sigui per part de Lebsa o per part dels instal·ladors dels elements aliens a l'empresa.

A l'ANNEX A.2 es poden trobar totes aquestes accions de millora o mesures de control que es desitgen per a fer del sistema el més eficient possible i evitar imprevists durant la instal·lació d'aquest.

## 10. DISPONIBILITAT

Es disposa de la superfície d'implantació compresa dins de l'àrea de tractament d'efluents residuals que es representa gràficament en la Figura 10.1.

Els quatre dipòsits situats dins l'àrea de tractament tenen un ús actual del qual no es pot prescindir, ja que cal que segueixin treballant per tal de no haver de parar la producció. No obstant això, el dipòsit de neutralització podria ser eliminat si es substitueix per un sistema de neutralització que ofereixi un resultat similar a l'actual.

L'actual reactor biològic haurà de ser ampliat, doncs amb la creixuda de producció, aquest no dona a l'abast. El dipòsit d'aigües mares i el d'emergències han de continuar oferint servei durant el procés de substitució dels elements per tal de no parar la producció i poder oferir als clients els mateixos serveis i productes. En cas de no donar a l'abast, s'enviarà les aigües a una empresa externa de tractament d'aigües i residus.

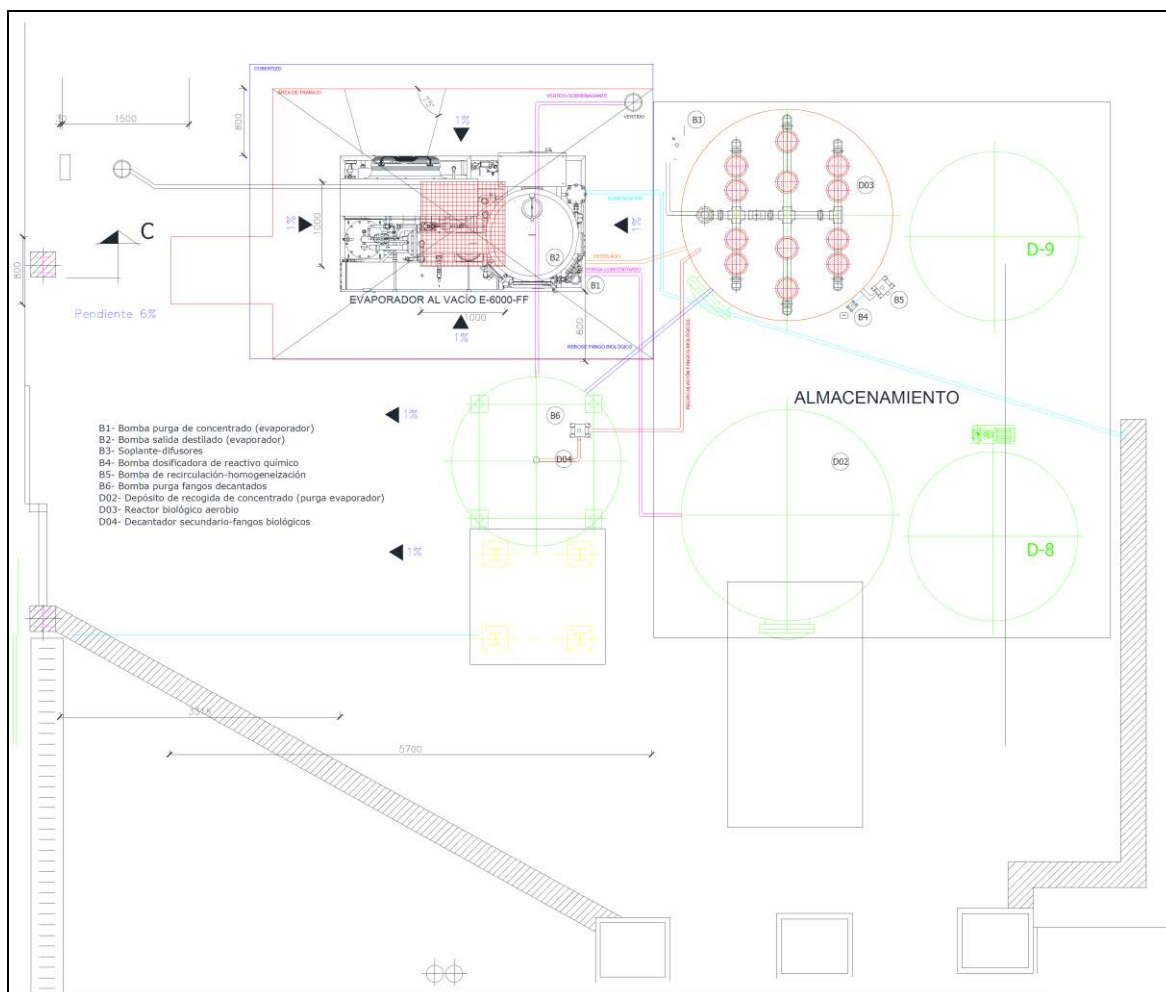


Figura 10.1. Representació gràfica de la superfície de treball disponible.

### 10.1. Problemes i limitacions que presenta la depuració d'aigües

Al tractar-se d'una empresa de producció molt específica, amb necessitat d'obtenir diferents principis actius mitjançant una única línia productiva, i per tant també fer neteja dels equips amb diferents productes, el cabal i composició de les aigües industrials que s'aboquen varien enormement en quant a cabal i composició. Aquestes aigües estan més contaminades que les aigües urbanes, i son més difícils d'eliminar.

Aquesta alta càrrega de contaminants, unit a la gran variabilitat en quan a cabal abocat, ja que no sempre es realitza de manera continua, fa que sigui precís fer un estudi específic per a cada campanya productiva. En aquest cas, tenint les dades empíriques del contaminants dels darrers mesos, es realitza un disseny que permeti eliminar la màxima concentració de contaminants abans d'entrar a depuradora obtinguda a laboratori de forma experimental.

Anteriorment al projecte, en els casos en que l'abocament a clavegueram la DQO o altres substàncies superaven el màxim establert, es recirculaven les aigües a inici de depuradora.

L'àrea destinada a la EDAR és limitada, uns 50 m<sup>2</sup>, la qual cosa suposa una dificultat afegida per el limitat espai sobre el qual treballar. Un altre problema que suposa la modificació de la planta de depuració, tal com s'ha dit anteriorment, es el fet que interessaria que la producció no es veies interrompuda durant el temps que durés tota la instal·lació dels nous equips. Més endavant s'explica l'estratègia de substitució dels diferents elements adoptada per a afavorir a la continuïtat de producció de l'empresa.



## 11. QUALITAT DE LES AIGÜES

S'observa una alternança de períodes de feble càrrega i d'alta càrrega. A l'hora de fer el disseny cal contemplar les càrregues de contaminant que s'aboquen en els diferents períodes i diferenciar-los. El sistema de tractament ha de permetre el pas entre aquest períodes tot mantenint el rendiment i el correcte funcionament del tractament.

- Períodes A d'abocament de baixa concentració contaminant.

- Durada : variable (de 1 a 2 mesos)
- Característica : DQO = 4.000 mg/l

- Períodes B d'abocament d'elevada concentració contaminant.

- Durada : variable ( de 1 a 2 mesos, o més)
- Característica : DQO = 20.000 mg/l

- Períodes C d'abocament de molt elevada concentració contaminant.

- Durada : freqüència esporàdica i durada puntual (1mes)
- Característica : DQO = 30.000 mg/l

Aquesta variabilitat en els períodes ve donada per la gran variabilitat en les diferents campanyes que es produeixen al llarg de l'any. Les dades de dimensionament del sistema s'obtenen a partir dels resultats que va oferir l'assaig en planta pilot, realitzat en una empresa externa.

### 11.1. Anàlisis de les aigües

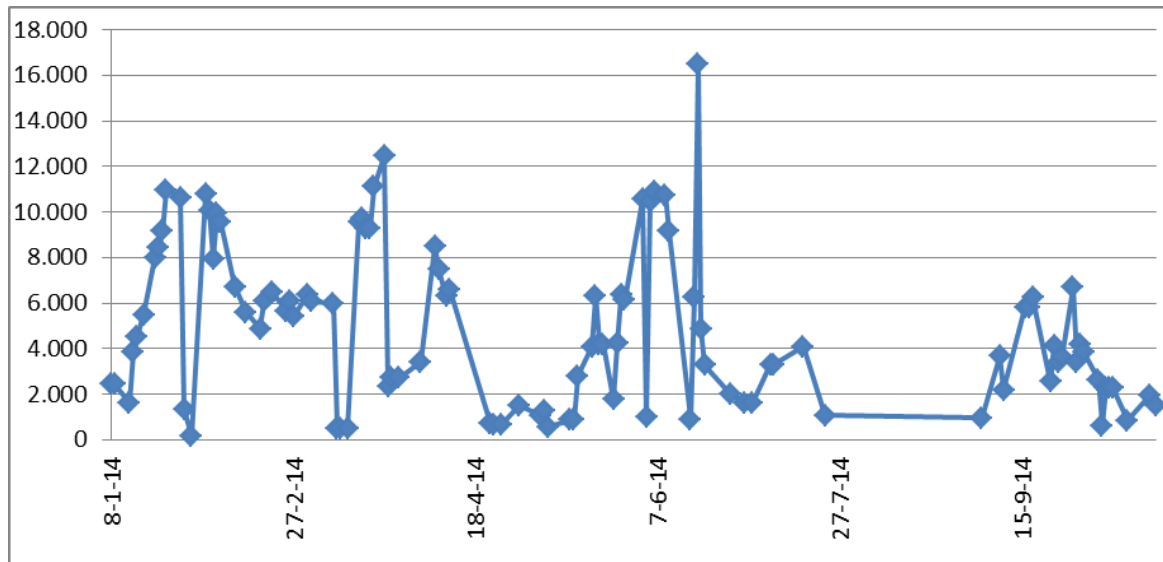
Els anàlisis experimentals de les aigües residuals s'efectuen a tres punts de la planta depuradora. Aquests punts són a la fase final, a la sortida de destil·lats i a la sortida d'aigües a claveguera. També es mira la matèria en suspensió al reactor biològic.

Al tractar-se d'una planta depuradora antiga, aquesta no disposa d'elements de mesura tals com sensors, fent que l'anàlisi sempre sigui dut a terme al laboratori, de manera controlada i seguint processos de operació normalitzats ANNEX B.

Els paràmetres mesurats són la DQO, matèria orgànica en suspensió, pH, nitrogen, conductivitat, nitrats, nitrats, amoni, ió clorur, sulfats i fòsfor. Totes les mesures estan fetes seguint una metodologia establerta per tal de mantenir un criteri estable que permeti donar credibilitat a les lectures. Els resultats i els criteris de mesura experimental poden ser trobats a l' ANNEX C.

Com es pot observar a la Figura 11.1, la variabilitat de la DQO al llarg del temps exemplifica la necessitat de dividir en diferents períodes l'estudi dels abocaments a clavegueram, i definir una estratègia de depuració no només centrat en el cas crític. Un cop fet l'estudi de les aigües i identificats els diferents períodes, simplificats com a períodes A,B,C, cal dimensionar les necessitats de cada un d'aquests per a que el seu funcionament sigui òptim.

**Figura 11.1.** Evolució de la DQO a final de la EDAR abans de ser abocada o recirculada a inici d'aquesta.





## 12. DIMENSIONAMENT DE PROCÉS

Tal com s'ha explicat anteriorment a l'apartat 11.1, cal fer un dimensionament que permeti la transició d'un període de producció a un altre, sense que es perdi efectivitat en el procés de depuració. Aquesta pèrdua d'efectivitat pot ser donada per diverses causes que cal evitar, ja sigui perquè es procedeix d'un període de poca càrrega contaminant, oferint poc aliment als microorganismes i per tant reduint-ne la seva proliferació i conseqüentment l'eficiència en la depuració, o un excés de fangs actius que requereixi una purga. Aquests dimensionaments són duts a terme mitjançant els valors facilitats a partir dels assajos en planta pilot.

### 12.1. Dimensionament per als períodes A

La càrrega massica haurà de ser molt baixa per poder mantenir en activitat la major part dels fangs actius. Possiblement no es podrà mantenir la màxima concentració necessària durant els períodes B, sinó es consumeix alguna quantitat de reactiu amb aportació de càrrega orgànica. Caldrà establir les dosificacions en funció de la necessitat real de disposar de major concentració de fangs en molt poc temps, per superar amb èxit els intervals entre els períodes A i B.

Es proposa fer una purga de fangs en acabar el període B i no fer més purgues fins a tornar a tenir un altre període B. Això endarrerirà alguns dies o setmanes la necessitat de dosificar matèria orgànica durant els períodes A.

Les condicions de funcionament són les que s'indiquen en la Figura 12.1.

#### Càlcul del reactor amb correcció de T<sup>2</sup>

Temperatura de càlcul	18 °C		
SRT a la nova temperatura	132,71 dies		
CM a la nova temperatura	0,05 kg DBO/kgMS		
MISA	6,00 kg/m <sup>3</sup>		
CV	0,27 kg DBO/m <sup>3</sup> .dia		Comprova SRT
TRH	8,13 dies	195,16 hores	132,71
<b>Volum del reactor</b>	<b>40,657 m<sup>3</sup></b>		

Figura 12.1. Càlcul del reactor en els períodes A

### 12.2. Dimensionament per als períodes B

La càrrega massica màxima s'estableix en 0,16 kg DBO/kg MS valor que prové dels assaigs en planta pilot. Caldrà augmentar lleugerament el volum del reactor biològic fins a 45 m<sup>3</sup> i es requereix una biomassa de 8 kg/m<sup>3</sup>.

Provenim d'unes condicions anteriors (període A) on la biomassa va ser purgada fins a 6 kg/m<sup>3</sup>. El pas de 6 a 8 kg/m<sup>3</sup> pot trigar uns dies a produir-se (al voltant d'una o dues setmanes) en funció de la càrrega contaminant real de l'efluent a tractar.

És aquest el motiu pel qual es proposa l'acumulació de fangs en l'interior del reactor biològic durant el període A, perquè la concentració de biomassa s'acosti a 8 kg/m<sup>3</sup> quan comenci la campanya del període B. Durant els darrers dies del període A, la càrrega massica (F/M) serà excessivament baixa i demanarà la dosificació d'antiespumant i de matèria orgànica. L'ajust del funcionament del sistema caldrà que sigui fet durant els primers cicles operatius del nou funcionament.

Les condicions de funcionament durant els períodes B són les que s'indiquen en la Figura 12.2.

#### Càlcul del reactor amb correcció de T<sup>2</sup>

Temperatura de càlcul	25 °C		
SRT a la nova temperatura	23,27 dies		
CM a la nova temperatura	0,16 kg DBO/kgMS		
MSA	8,00 kg/m <sup>3</sup>		
CV	1,32 kg DBO/m <sup>3</sup> .dia		Comprova SRT
TRH	8,97 dies	215,33 hores	23,27
<b>Volum del reactor</b>	<b>44,860 m<sup>3</sup></b>		

Figura 12.2. Càlcul del reactor en els períodes B

### 12.3. Dimensionament per als períodes C

La càrrega massica màxima s'estableix en 0,16 kg DBO/kg MS, valor que prové dels assaigs en planta pilot. Caldrà augmentar considerablement el volum del reactor biològic fins a 55 m<sup>3</sup> i es requereix una biomassa de 10 kg/m<sup>3</sup>.

Es requereix un període de temps important pel pas entre el període A i el període C, en cas que això es doni. Si es preveu aquesta possibilitat, cal augmentar la concentració de la biomassa durant el període A, evitant la purga de fangs i dosificant matèria aliment orgànic per a la biomassa.

Les condicions de funcionament durant els períodes C són les que s'indiquen en la Figura 12.3.

#### Càlcul del reactor amb correcció de T<sup>2</sup>

Temperatura de càlcul	25 °C		
SRT a la nova temperatura	23,27 dies		
CM a la nova temperatura	0,16 kg DBO/kgMS		
MSA	10,00 kg/m <sup>3</sup>		
CV	1,65 kg DBO/m <sup>3</sup> .dia		Comprova SRT
TRH	11,19 dies	268,48 hores	23,27
<b>Volum del reactor</b>	<b>55,932 m<sup>3</sup></b>		

Figura 12.3. Càlcul del reactor en els períodes C

### 13. PROPOSTES DE MILLORA

Donades les limitacions d'espai i l'augment en el cabal d'entrada, s'estudien possibles solucions, marcades sobretot per la necessitat de reduir els paràmetres de sortida dels diferents contaminants, així com la necessitat d'augmentar la capacitat dels diferents elements involucrats en la depuració de les aigües degut al increment de producció, tot complint les normatives imposades per l'estat.

#### 13.1. Empreses contactades i propostes

Per tal de conèixer el mercat i tindre una idea del cost dels diferents elements, es va contactar amb diverses empreses. Es van buscar solucions que permetessin assolir uns nivells de depuració acceptables amb els càlculs de sortida d'aigües emprats en el dimensionament dels elements, així com pressupostos de l'operació per a tindre una idea de la magnitud i viabilitat econòmica del projecte[14].

Totes les propostes coincideixen en la necessitat d'afegir membranes biològiques com a element depurador, ja que aquestes redueixen en gran mesura l'espai necessari dels elements de la EDAR, i ofereixen uns resultats molt positius a la pràctica.

Algunes propostes contempnen la possibilitat d'afegir una plataforma sobre l'evaporador, on actualment s'ubica una coberta, per així oferir un espai útil elevat on col·locar diversos elements. Hi ha solucions viables que permeten obtenir un sistema de depuració eficient sense la necessitat d'augmentar la superfície útil existent.



## 14. DIMENSIONAMENT I DISSENY DELS ELEMENTS

### 14.1. Dimensionament global del reactor biològic

El dimensionament del reactor biològic cal que sigui prou flexible per a assumir qualsevol tipus de càrrega contaminant que es trobi dins els límits dels valors considerats. Aquest element és indispensable substituir-lo, doncs no dona a l'abast amb el cabal diari que li arriba[1]. Per tal de trobar la capacitat correcta que hauria de tindre el reactor biològic, s'envien les dades de les aigües residuals a les empreses contactades per tal de trobar el dipòsit que més s'aproximi a les necessitats de Lebsa.

VALORS D'ENTRADA:

- DQO 31000,0 mg/l
- DBO<sub>5</sub> 18541,6 mg/l
- MES 0,0 mg/l
- NKT 60,0 mg/l
- P 0,0 mg/l
- Cabal mig 5,0 m<sup>3</sup>/dia
- Cabal punta 0,5 m<sup>3</sup>/h
- DQO a eliminar en el reactor biològic 153,5 kg/dia
- DBO a eliminar en Bio 92,2 kg/dia
- Temps de residència de sòlids (SRT) 23,3 dies
- CM 0,2 kgDBO/kgMS
- CV 1,6 kg DBO/m<sup>3</sup>.dia
- MLVSS 10000,0 mg/l
- TRH 11,2 dies
- Temperatura de disseny 25,0 °C
- Volum total de reactor 56 m<sup>3</sup>
- No es considera desnitrificació

Per tant, el dimensionament del reactor biològic serà de 60 m<sup>3</sup> i les condicions d'aeració seran adequades per aconseguir la seva adaptació en qualsevol dels períodes de tractament. Amb aquest nou dipòsit s'assegura que la quantitat d'aigües residuals que s'envien a depurar, poden ser tractades adientment. Amb aquesta substitució es soluciona un dels punts més crítics del sistema, i s'assegura la seva funcionalitat en el futur al tindre aquest una capacitat tant elevada.

## 14.2. Dimensionament del sistema de filtració

El terme reactor biològic de membrana (MBR) fa referència a la combinació d'un procés de fang actiu i de separació mitjançant membranes. L'element principal del sistema de filtració és el sistema tangencial integrat o TIS, la qual consisteix en una torre de membranes ceràmiques per on es fa circular el líquid a depurar [15].

Alguns dels aspectes més atractius de les MBR són el seu baix requeriment d'espai, la seva flexibilitat en la configuració, el seu caràcter modular, la seva estabilitat i l'eliminació dels problemes associats a la sedimentació de fangs. El sistema de filtració amb membranes cal que sigui dimensionat en funció de la concentració de fangs a assolir així com el flux òptim previst. El flux de disseny ha estat definit en funció dels resultats dels assaigs en planta pilot anteriorment esmentats:

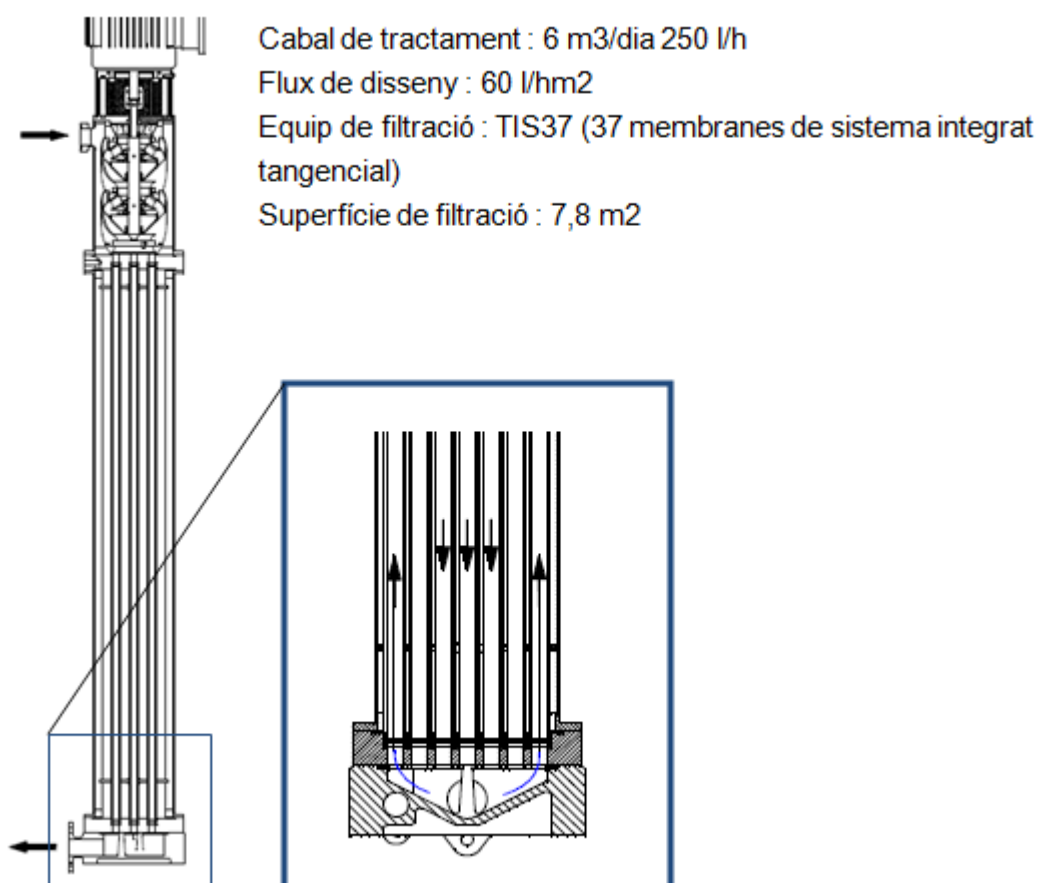
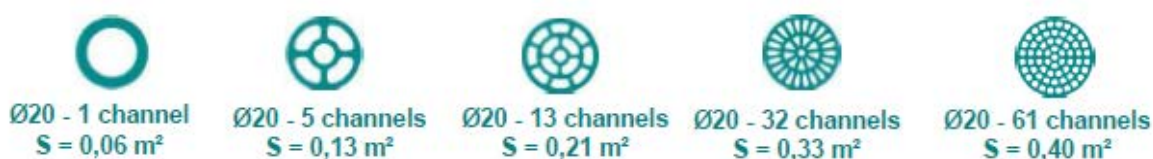


Figura 14.1. Reactor de membrana i direcció de flux de l'aigua residual.

Les membranes que s'utilitzen estan fetes de  $ZrO_2 - TiO_2$ , i el metall de l'estructura metàl·lica és acer inoxidable 316L. En la part superior, aquesta disposa d'una bomba, que és l'encarregada de fer circular el líquid residual.

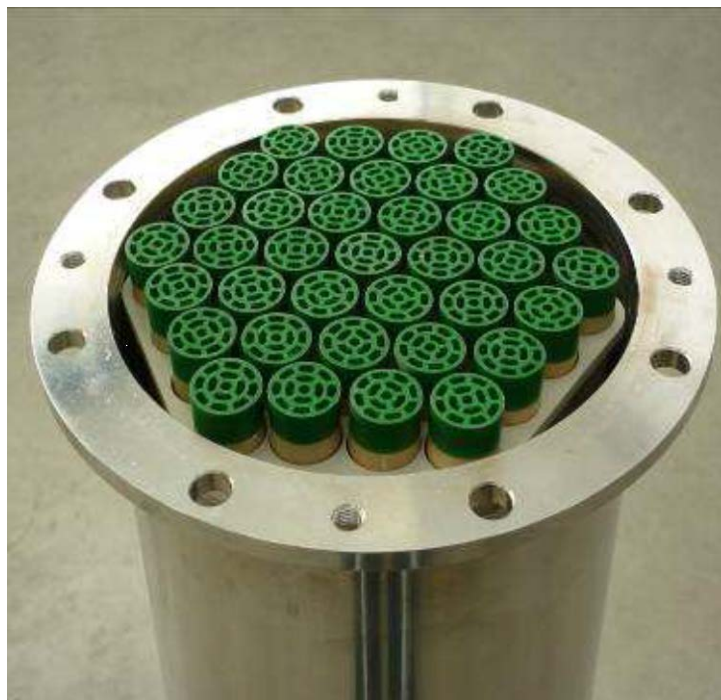
La circulació de les aigües travessa un total de 37 membranes(Figura 14.2) en la següent configuració:

- Una corona perifèrica de 18 membranes.
- Una corona mediana de 12 membranes
- Una corona central de 6 membranes
- Una membrana central



**Figura 14.2.** Tipus de membrana existents a l'interior del sistema de filtratge.

Gràcies a la bomba, el líquid és succionat des del fons cap a la zona superior, passant a través de 18 membranes de la corona exterior, tal com es pot observar en la Figura 14.3. Després, aquest és enviat de nou cap a baix, creant així una circulació en llaç.



**Figura 14.3.** Membranes ceràmiques a l'interior de l'estructura metàl·lica.

### 14.3. Sistema de neutralització

Actualment l'efluent a tractar té una variabilitat important del seu valor de pH i es neutralitza utilitzant el dipòsit D8 i establint una recirculació sobre ell mateix. El control i la dosificació de reactius es fa en línia.

Quan el control detecta un valor de pH acceptable per l'homogeneïtzador, es produeix un canvi de posició de vàlvules que provoca la descàrrega de l'aigua sobre el tanc d'homogeneïtzació.

L'objectiu és eliminar el tanc de correcció de pH per a recuperar espai per a la nova configuració de la depuradora. Per poder donar curs a la mateixa funció de neutralització, l'execució d'aquesta funció es du a terme en dues etapes:

- Neutralització en línia per a acostar el valor del pH al punt de consigna
- Afinement de la neutralització traslladant la recirculació actual al tanc d'homogeneïtzació.
- Com a mesura de millora de la segona etapa de neutralització, seria favorable la instal·lació d'una unitat d'agitació mecànica tipus venturi a l'interior del tanc d'homogeneïtzació. En aquest cas, cal assegurar la presència d'un nivell mínim de líquid en el interior del tanc homogeneïtzador.

Els equips que seran necessaris per a aquesta instal·lació, els qual es poden veure a la Figura 14.4, son els següents:

- Serpentí de mescla
- Control de pH
- Bomba dosificadora de reactiu alcalí
- Bomba dosificadora de reactiu àcid
- Agitador mecànic tipus venturi



Figura 14.4. Sistema de neutralització en línia.



#### 14.4. Tanc d'emergències

El tanc d'emergències D-9 caldrà que sigui desplaçat fins a la posició que actualment ocupa el tanc de neutralització D-8. Tenint en compte que el tanc de neutralització quedarà eliminat, el dipòsit d'emergències serà desplaçat fins l'emplaçament d'aquell. Quedarà doncs lliure l'actual espai que ocupa el tanc d'emergències per poder ubicar part del reactor biològic i també la línia de deshidratació de fangs.

També es pot plantejar la possibilitat que el tanc de correcció de pH esdevingui el tanc d'emergències. D'aquesta manera es podrien reduir les tasques de desplaçament i instal·lació.

#### 14.5. Habilitació de la superfície d'implantació elevada

Es requereix disposar d'una àrea d'implantació suficient per a la ubicació de la planta de filtració amb membranes (que inclou quadre de control per a tot el conjunt) així com per d'altres equips auxiliars, com poden ser les unitats de bufant per a l'aeració del reactor biològic.

Es proposa habilitar una superfície elevada sobre la qual es trobi ubicat l'evaporador, al mateix nivell de la passarel·la, actualment existent, i longitudinal a la paret de la fàbrica. Caldrà aixecar el cobert existent per permetre la disposició dels equips en aquesta zona elevada. Les dimensions mínimes de la superfície elevada d'implantació haurien de ser de 4000 x 3500 mm.

Les càrregues que haurà de suportar la nova estructura es defineixen aproximadament en :

- Pas de persones
- Conjunt de filtració de membranes i quadre : 1000 kg.
- Bufant nova : 120 kg.
- Bufant actual : 60 kg.

## 14.6. Reactor biològic

El reactor biològic serà dimensionat segons s'especifica en l'apartat 14.1. Aquest es situa en el lloc que actualment ocupa el reactor biològic actual i també part del dipòsit d'emergències.

Es preveu la substitució total del reactor biològic actual per un reactor nou construït en PRFV (Plàstic Reforçat amb Fibra de Vidre) de les següents dimensions : D3000 H9000mm. Tipus fons pla, superior tancat i amb un sistema d'aeració i els accessoris necessaris per treballar com a MBR (Bioreactor de Membranes).

Sistema d'aeració:

- Graella de 35 unitats (aproximadament) de difusors de bombolla fina de 9" instal·lat en l'interior del tanc reactor biològic .
- Bufant de paletes seques model KDT 3.100 de 5,5 kW.

El nivell sonor de la bufant és de 76 dBA, y en cas necessari caldria prendre mesures i posar una cabina d'insonorització. Si esdevingués el cas, caldria revisar les mides d'implantació.

Es manté la bufant actual per a respondre a les necessitats d'aeració durant els períodes A de funcionament de la planta, els quals són els períodes d'abocament de baixa concentració contaminant.

S'instal·larà la bufant nova proposada per a respondre a les necessitats d'aeració durant els períodes B de funcionament de la planta, el període del qual s'identifica per tindre una elevada concentració contaminant.

Durant els períodes C, o sempre que sigui necessari, es posarien en marxa les dues bufants de forma simultània per poder suplir tot l'aire disponible. Aquests períodes es donen en moments puntuals de curta durada amb una càrrega contaminant molt elevada.

Amb aquesta instal·lació, tal com s'exemplifica amb la Figura 14.5, s'assegura un correcte funcionament capaç d'abatre la càrrega contaminant en cada un dels períodes, i funcionar eficientment amb la resta d'elements de la EDAR.

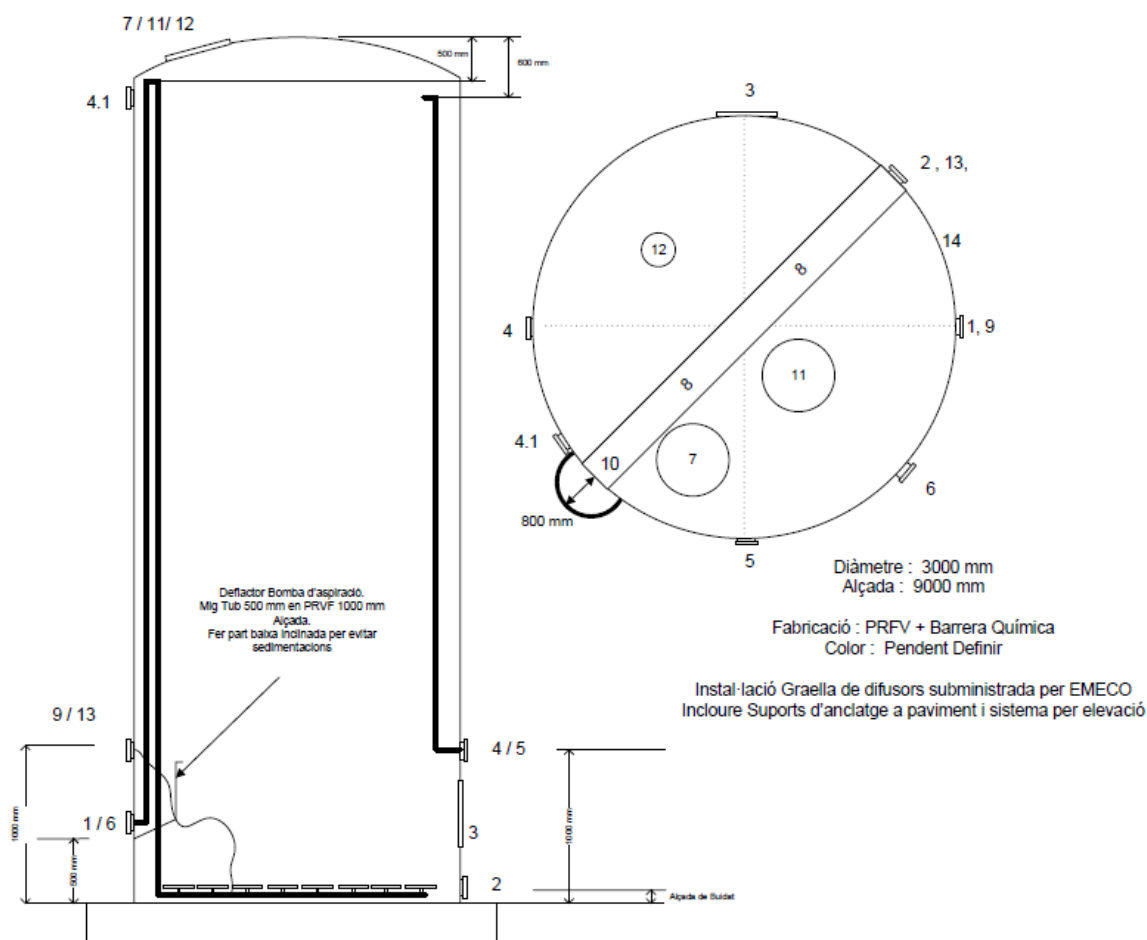


Figura 14.5. Esquema del nou reactor biològic[14]

- 1- Impulsió S201, S202. DN65 (Tub interior en PRFV DN65 de pujada i baixada fins a connexió a graella de difusors DN80)
- 2- Buidat i TN204. DN40
- 3- Boca d' home. DN500 amb tapa, cargols i junta. Alçada estàndard
- 4.- Reserva. DN40
  - 4.1.- Entrada Permeat DN40
- 5- Sobreexidor DN40. (Tub Interior PRFV DN40).
- 6.- Aspiració B2. DN50. (Deflector Interior amb mig tub de 500 mm en PRFV d' 1000 d'alçada).
- 7.- Platina DN300 per a sistema de detecció d'espumes
- 8.- Plataforma
- 9.- Purga Difusors. Deixar amb una vàlvula exterior PVC DN15
- 10.- Escala de gat
- 11.- Boca registre superior roscada en PP
- 12.- Venteig
- 13.- Retorn a conjunt de membranes
- 14.- Posar Grapes cada 500 mm per suportar tub DN15.

## 14.7. Línia de fangs

Encara que es pot fer una estimació aproximada de la producció de fangs, aquesta no podrà ser avaluada fins poder comprovar el funcionament real de la planta, principalment per les variacions de càrrega que es donaran en períodes de freqüència i durada variables.

- Durant el períodes A, la producció aproximada serà de 184 l/dia al 1%. Però que no haurien de ser extrets del reactor si se segueix l'estratègia proposada d'augmentar progressivament la concentració de fangs de l'inici fins el final del període.
- Durant els períodes B, la producció de fangs en excés té un valor teòric de 1000 litres/dia de fang espessit (a través del decantador actual que actuaria d'espessidor).
- Finalment durant el període de canvi al període A, caldria extreure entre 10 i 15m<sup>3</sup> en poc temps. Per a això podria ser augmentat el volum de fangs a deshidratar durant uns dies.

Per poder dur a terme la deshidratació dels fangs de forma còmode i amb la menor intervenció possible de personal operador, la implantació d'un sistema de deshidratació mecànica en decantador centrífug podria ser la solució.

## 15. PROPOSTA TRIADA

L'antic reactor biològic D-10 cal que sigui substituït, doncs no té capacitat suficient per a acceptar el cabal diari d'aigües residuals i oferir una depuració eficient.

En el cas de la neutralització, es pretén eliminar el tanc de correcció de pH, instal·lant un serpentí on es produirà la correcció de pH abans d'arribar al reactor biològic, el qual rebrà l'àcid i la base necessaris mitjançant una bomba. Amb aquest canvi s'allibera una gran quantitat d'espai,

S'accepta el model de depuració mitjançant membranes biològiques, transformant l'antiga EDAR en una planta depuradora MBR, capaç d'abatre la càrrega contaminant en qualsevol període productiu.

Es decideix no instal·lar la línia de tractament de fangs. Aquesta suposa un cost elevat, i tal com s'ha explicat anteriorment, és complicat saber la quantitat de fangs que es generaran un cop instal·lats tots els elements i la planta es trobi en funcionament. En cas de necessitat, la línia de fangs pot ser instal·lada en qualsevol moment, com a un projecte a part.

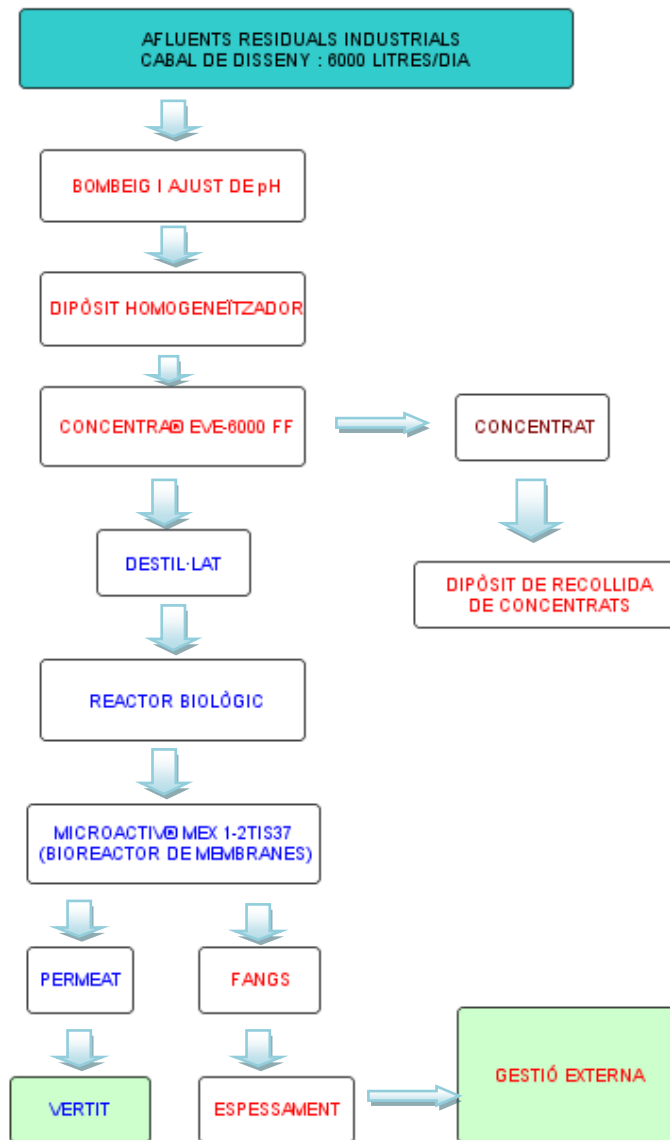
Al no instal·lar la línia de fangs, queda un espai buit al costat del reactor biològic en el qual, sense necessitat d'instal·lar cap plataforma elevada, permet situar les membranes biològiques MBR. En aquest cas, tenint en compte el cabal a tractar, tan sols cal instal·lar una torre, tot i que hi ha espai per a una posterior inversió per a afegir una segona torre de membranes. En cas de necessitat, les membranes MBR poden ser reubicades en qualsevol moment.

## 15.1. Estratègia d'instal·lació

Per tal de seguir una metodologia d'instal·lació eficient, es defineixen els passos a seguir per tal d'evitar aturar el procés de depuració i consegüentment el procés productiu de l'empresa.

- Preparació del equips i construcció de la plataforma elevada d'implantació.
- Instal·lació dels nous elements de neutralització. Eliminació dels antics.
- Desplaçament del dipòsit d'emergències i la seva instal·lació.
- Col·locació dels equips en el lloc que correspon.
- Instal·lació dels equips fins al punt de connexió del tanc reactor que encara no hi serà.
- Substitució del tanc reactor:
  - o Reserva de fang
  - o Desplaçament del reactor actual al punt de reserva.
  - o Desplaçament del tanc de neutralització al punt de reserva.
  - o Ubicació del nou reactor.
  - o Connexió del tanc reactor a les línies instal·lades .
  - o Omplerta del nou reactor amb el fang reservat.
  - o Inici de l'aeració i manteniment fins el final de les instal·lacions i inici de la posada en funcionament. Alimentació periòdica per a augmentar la concentració progressiva del fang.
- Finalització de les instal·lacions.
- Si s'escau, instal·lació de la línia de fangs .
- Inici de la posada en funcionament de la planta.

## 16. DIAGRAMA DE FLUXOS



El diagrama de fluxos explica el camí que prenen les aigües residuals procedents de la fabrica, ja siguin aigües utilitzades en la sinterització dels principis actius o aigües sanitàries, fins que són abocades al clavegueram.

Tal com s'indica, les aigües pateixen un ajustament de pH per tal de reduir l'impacte sobre la resta d'elements depuradors, ajudant a evitar possibles averies futures i allargant la vida útil d'aquests. Posteriorment es concentra la mescla procedent del dipòsit homogeneïtzador, permetent fer una primera separació de concentrats, els quals es porten al dipòsit pertinent, mentre que el destil·lat segueix amb el procés de depuració.

Aquest destil·lat es porta al reactor biològic, i juntament amb les membranes biològiques es procedeix a depurar les aigües. Com ja s'ha explicat, la línia de fangs no ha sigut instal·lada, pel seu elevat cost i per la falta d'experiència de l'empresa en tractament de fangs. Els fangs seran enviats a tractament extern i es deixa l'addició de la línia de fangs per a algun projecte posterior. La resta d'aigües procedents de la EDAR ja són aptes per a ser enviades a clavegueram.

Aquestes aigües que s'envien a clavegueram, al tindre una càrrega contaminant tan reduïda i no contenir sals, podrien ser reutilitzades per la fàbrica per a realitzar diferents funcions( en cap cas com a aigües sanitàries). En projectes posteriors es farà un estudi dels seus possibles usos.



## 17. SITUACIÓ FINAL

### 17.1. Descripció general

El sistema MBR combina la capacitat del procés biològic de fangs actius per a abatre la matèria orgànica, amb la separació absoluta de matèria sòlida que aporten les membranes. Aquest sistema combina els diferents elements de la EDAR i ofereix un sistema de depuració més eficient i compacte( Figura 17.1).

A l'ANNEX D es pot observar el diagrama de procés que esquematitza la situació final de la EDAR i els elements que intervenen en la depuració. A continuació s'expliquen aquests elements i les seves característiques principals.

- El sistema de tractament dels afluents residuals està format per:
  - Homogeneïtzació dels afluents a tractar.
  - Els líquids a tractar són homogeneïtzats a l'interior del tanc d'homogeneïtzació(bassa soterrada)
  - Abans d'entrar al tanc d'homogeneïtzació es realitza un control de pH en línia.
  - El tanc d'homogeneïtzació es troba agitat per una bomba submergible.
- Evaporació dels afluents residuals.
  - Abans de l'evaporació, els afluents son sotmesos a una segona neutralització d'afinament, en un tanc previ de 250 l.
  - L'equip d'evaporació auto aspira des del tanc de neutralització.
  - La sortida de destil·lat es bombejada cap al reactor biològic.
  - El concentrat és dirigit al tanc de concentrats.
- Procés biològic de fangs actius. Reactor airejat.
  - Format per un tanc de 60 m<sup>3</sup>.
  - El líquid biològic es troba en constant circulació cap al conjunt de filtració, el qual té per objectiu elevar la concentració de la biomassa a l'interior del reactor biològic.
  - Una unitat de control d'oxigen dissolt regula contínuament la quantitat d'aire a aportar al sistema biològic.
  - Es realitza un control de pH en la línia de recirculació.
  - Existeix una unitat de dosificació de reactiu antiespumant per a preveure la formació d'espumes, les quals són crítiques sobretot durat els períodes de treball amb baixa càrrega. La dosificació es regula segons el detector d'espumes instal·lat en la part superior del reactor.
  - Existeix una unitat de dosificació de nutrients per a compensar la possible falta de nitrogen i fòsfor.

- Procés de filtració per membranes.
  - El conjunt de filtració per membranes té per objectiu elevar la concentració de biomassa a l'interior del reactor biològic.
  - El conjunt de filtració per membranes ceràmiques, Microactiv MEX, incorpora una unitat de filtració TIS 37( 37 membranes de sistema integrat tangencial), i s'encarrega del control de filtració i manteniment de membranes.
  - Els sistemes TIS 37 provoquen la recirculació interna del líquid biològic per l'interior dels canals de les membranes.
  - El sistema pot funcionar amb una o dos unitats de TIS 37, tot i q per ara tan sols s'ha contemplat la possibilitat d'instal·lar-ne una.
  - Un sistema de recirculació externa s'encarrega d'aportar al conjunt de filtració el líquid biològic o licor biològic, per a ser filtrat a través de les membranes.
  - El quadre de control situat en el conjunt Microactiv MEX permet el control de tota la planta depuradora, mitjançant una pantalla SCADA amb comunicació al servidor privat de Lebsa.

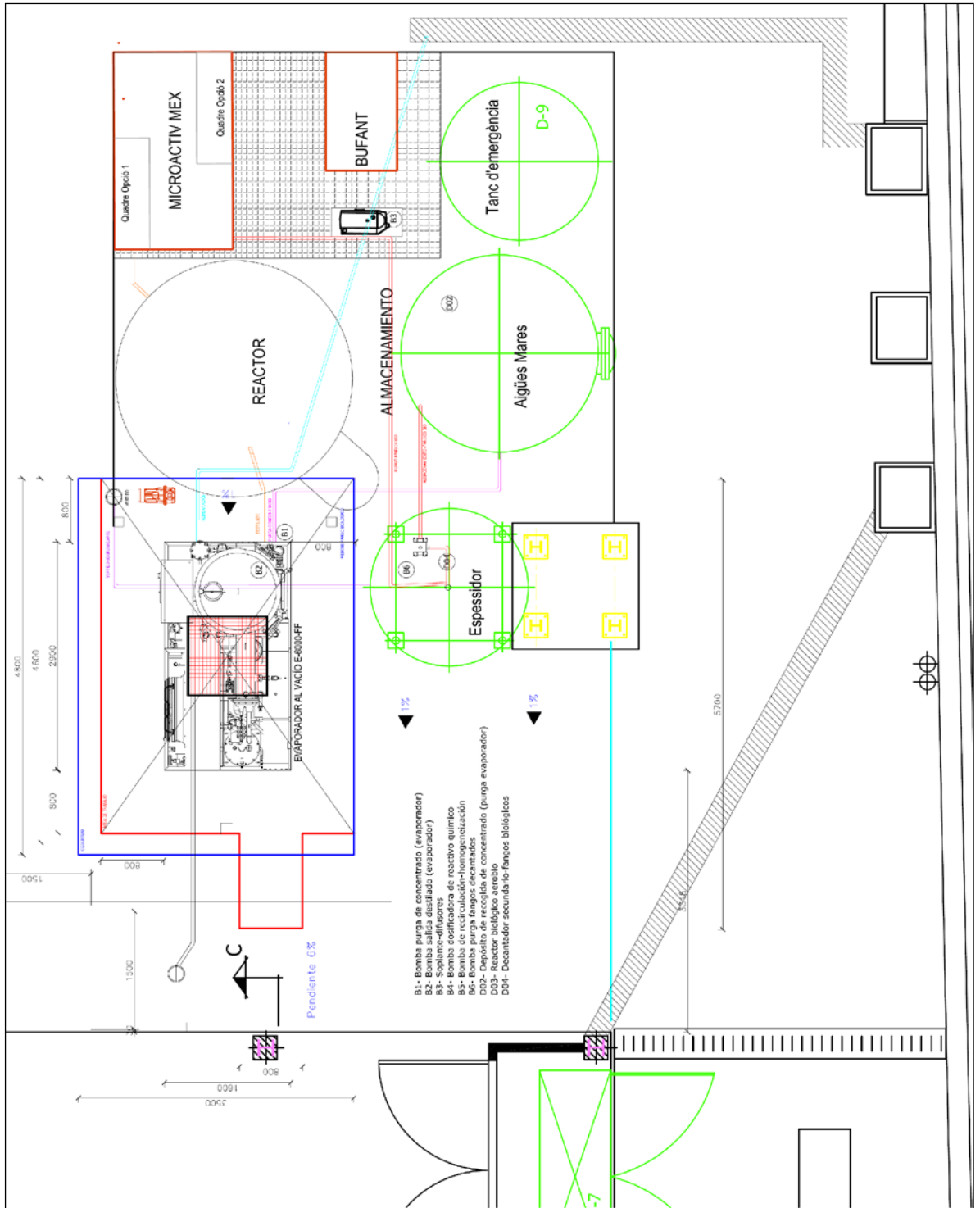


Figura 17.1. Representació gràfica de la disposició dels diferents elements de la EDAR.

## 17.2. Pantalla interactiva SCADA

Per tal de dur a terme el control de les diferents parts de la depuradora de manera senzilla, s'utilitza un dels programes ja existents a Lebsa i s'adapta a les necessitats de servei de l'EDAR, amb un disseny tal al que s'indica en la Figura 17.2. Aquest programa consta d'una pantalla interactiva de fàcil reconeixement, el qual està en continu intercanvi de dades amb els diferents sensors de l'EDAR, passant pel servidor i permetent llegir-les per pantalla i controlar-ne els elements, i viceversa.

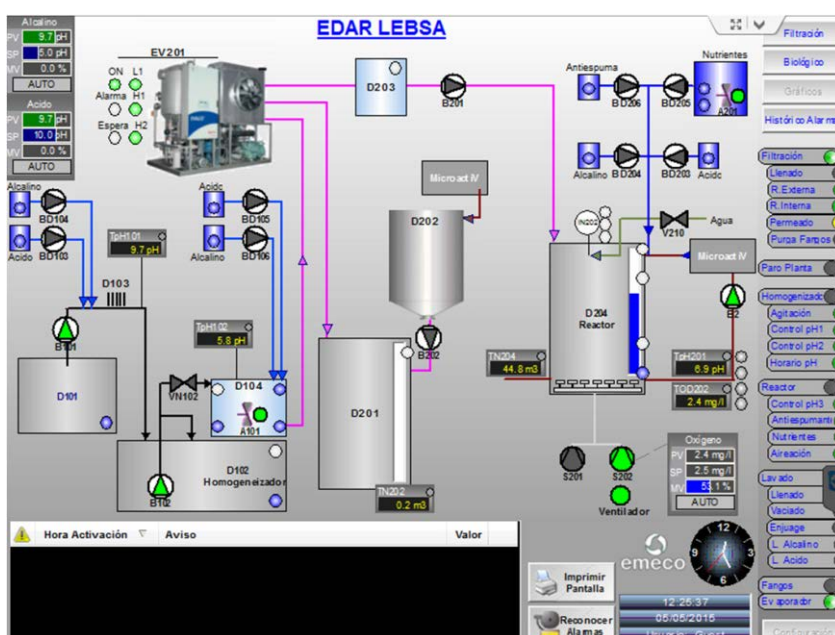


Figura 17.2. Pantalla interactiva entre els diferents elements de la EDAR i Lebsa.

## 17.3. Recepció dels efluentes residuals

Els efluentes residuals es recullen en el tanc submergit D101( Figura 17.3). La bomba B101 els recull i impulsa cap al homogeneïtzador. En la línia d'impulsió es realitza un control de pH( La sonda té l'etiqueta TpH101) proporcional amb un mesclador en forma de serpentin. Es preveu la dosificació d'àcid(BD103) i sosa(BD104).

#### 17.4. Homogeneïtzació dels efluents residuals.

Els efluents s'acumulen i homogeneïtzen en el tanc submergit D102( Figura 17.3). La bomba submergible B102 realitza una recirculació a mode d'agitació i alimenta el tanc de neutralització D104, a través d'una vàlvula automàtica.

El tanc D104, de 250 litres, te la funció de realitzar un ajust precís de pH abans de la fase d'evaporació. És el control de pH T102. Es preveu la dosificació d'àcid(BD105) i sosa(BD106).

#### 17.5. Evaporació dels efluents residuals.

L'evaporador EV201( Figura 17.3), amb capacitat per a acceptar uns 6000 litres cada 24 hores, realitza una destil·lació al buit dels afluents. Les condicions de buit permeten aspirar els afluents neutralitzats des de D104(tanc de neutralització). El destil·lat es bombejat al reactor biològic, D204, amb el sistema de bombeig format per D203 i B201. El concentrat és evacuat per a la seva gestió cap al tanc d'acumulació D201.

#### 17.6. Tractament biològic

Les bufants S201 i S202( Figura 17.3) agiten el licor mescla i mantenen el nivell d'oxigen dissolt segons regulació del controlador, que es troba en el quadre de control i actua sobre la freqüència de la bufant S202, en funció de la consigna d'oxigenació programada.

La sonda de nivell TN204 controla el nivell mínim en el que es produeix l'aturada de la filtració, així com també el nivell màxim d'alarma en el reactor biològic, la qual cosa suposa l'aturada del evaporador.

La bomba B2 impulsa el licor biològic en recirculació externa per la línia L08 cap al conjunt de filtració Microactiv MEX. El retorn es produeix per la línia L15 cap al reactor D2.

La línia L08 conté un filtre de malla de 0,5 mm de pas, el qual s'encarrega de garantir la protecció de les membranes biològiques, en front de la presència puntual de sòlids de majors dimensions. També és realitza un control de pH mitjançant la sonda T201. Es preveu la dosificació d'àcid(BD203) i sosa(BD204).

El sensor d'espumes IN202 instal·lar en la part alta del reactor, controla la dosificació d'antiespumant, realitzat mitjançant la bomba BD206. La preparació i administració de nutrients es realitza en el dipòsit D205.

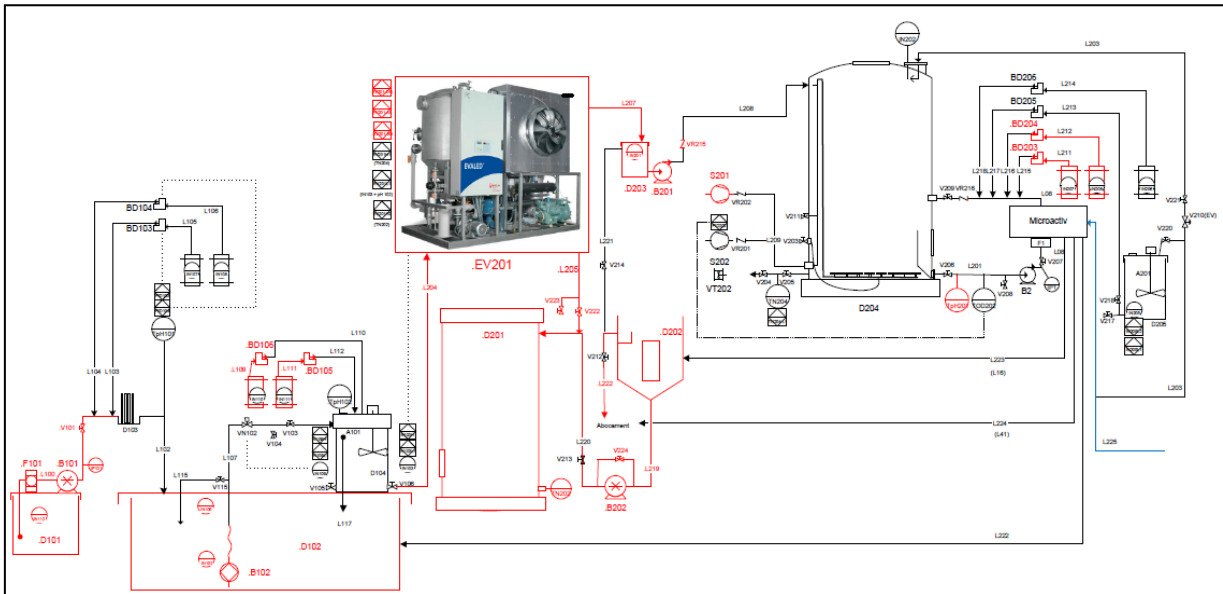


Figura 17.3. Diagrama de procés general de la EDAR.

## 18. IMPACTE AMBIENTAL

L'objectiu del projecte és reduir de manera considerable l'impacte ambiental que la planta química exerceix sobre el medi. Per tal de depurar les aigües de manera eficient, diversos elements de la EDAR s'han substituït per tal d'arribar a uns paràmetres de contaminació acceptables i evitar la necessitat de recirculació d'aigües, la qual cosa es veia traduïda en un consum més elevat d'electricitat i una considerable pèrdua d'eficiència en la depuració. Durant el procés de renovació de la EDAR i muntatge dels nous elements, s'ha utilitzat maquinària, tal com grues, que utilitzen combustibles fòssils per al seu funcionament, les quals emeten contaminants al medi ambient. Tot i així, comptabilitzar les emissions d'aquestes és complicat.

### 18.1. Situació de l'empresa

L'empresa es troba en un dels extrems del polígon industrial de Cornellà-Almeda, a uns 500 metres de la zona urbanitzada, entre naus d'emmagatzematge de productes no alimentaris. La planta de producció de l'empresa consta de dues parts diferenciades en quant a l'ús. Les de producció i magatzem, i les d'ús administratiu i laboratori. La superfície total es de 3000 m<sup>2</sup> repartits entre les zones de pas i aparcament, que son descobertes, i les zones cobertes. Les zones cobertes es divideixen entre la fàbrica( 1000 m<sup>2</sup>), els magatzems( 600 m<sup>2</sup>), els laboratoris( 500 m<sup>2</sup>) i les oficines( 150 m<sup>2</sup>), tal com es representa a la Figura 18.1.

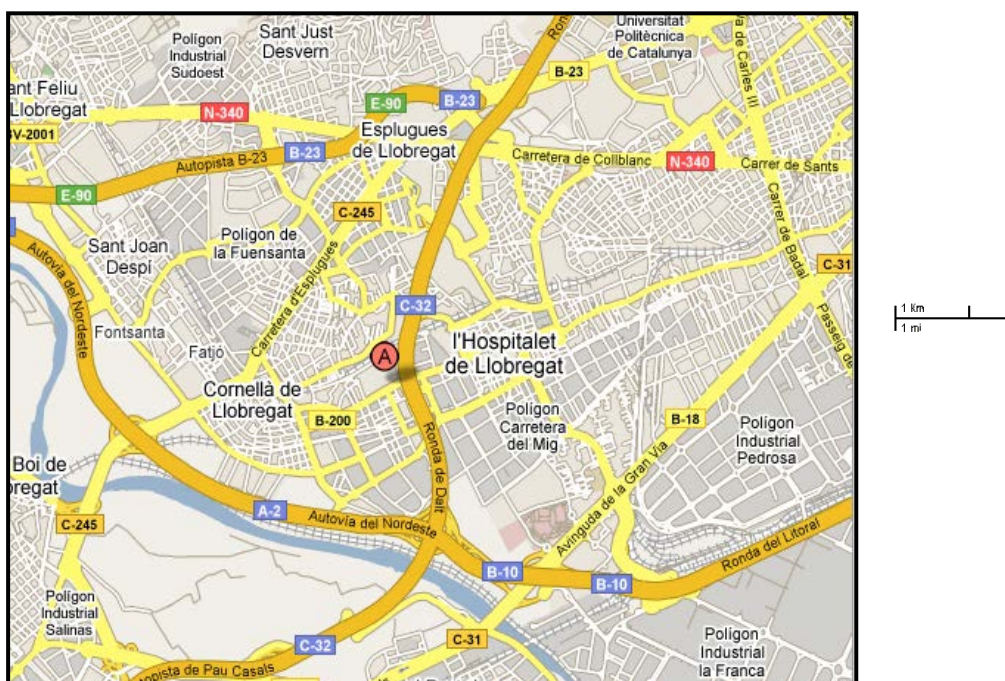


Figura 18.1. Mapa de la ubicació de la EDAR.

## 18.2. Recursos hídrics

Els recursos hídrics procedeixen del riu Llobregat, i Cornellà és l'última població abans de la seva desembocadura al delta. La estació depuradora que correspon a aquesta zona és la del Prat de Llobregat, que té una capacitat depuradora de 420000 m<sup>3</sup>/dia, i realitza a les aigües tractament biològic, de nutrients i terciari.

## 18.3. Terreny on està situada l'EDAR

El sòl de Cornellà està situat sobre uns 10 metres de sòl argilós, sota els quals hi ha 20 metres d'arenes i grava granular. Sota aquesta capa, retornen uns 20 metres de profunditat d'argiles, degut al aqüífer al·luvial del delta del Llobregat, i finalment tornen a aparèixer grava i arenas granulades fins a arribar a una profunditat de 60 metres.

## 18.4. Consum elèctric

Durant la posada en marxa i les posteriors proves de funcionament, s'ha utilitzat la maquinària de la planta depuradora, la qual té un consum elèctric d'aproximadament 14 kW/h, tal com s'explica al apartat 20.3 d'aquest projecte. També s'ha fet ús de reactius, tant a laboratori per a calcular els paràmetres de contaminació, com a planta, per tal d'assolir els nivells de microorganismes òptims per a la depuració.

La nova planta depuradora té un consum elèctric de 110.000 kWh al any, subministrat per la xarxa elèctrica de la població de Cornellà de Llobregat, la qual presenta uns costos fixats per aquesta.

## 18.5. Perills potencials i residus generats

Durant la depuració de les aigües es generen diversos tipus de residu molt perjudicials pel medi. Molts d'aquests residus no poden ser tractats in situ, ja que requereixen d'unes instal·lacions especialitzades.

Un abocament no controlat d'aquestes substàncies suposa un risc medi ambiental notable, el qual pot ser motiu de sanció econòmica per part de l'administració catalana de medi ambient i sostenibilitat. Per tal d'evitar qualsevol risc d'abocament involuntari, s'han instal·lat com a mètode de prevenció tots els sensors explicats anteriorment.



## 18.6. Impacte de l'acció

Tot i que amb el procés de depuració s'aconsegueix reduir la càrrega contaminant de l'aigua, per dur a terme tot el procés, és necessària l'addició de reactius i un ús considerable d'energia. Durant la depuració, es produeixen unes reaccions químiques, les quals alliberen diversos gasos i vapors a l'atmosfera. Aquestes emissions, ja siguin compostos orgànics volàtils o altres gasos, poden tindre un efecte significatiu sobre el medi, no només a nivell quantitatiu sinó també significatiu. El càlcul d'aquests valors d'emissió i els tipus de contaminants emesos no s'aprofundiran en aquest projecte, tot i tenir consciència de la possible emissió d'aquests.

## 18.7. Impacte sonor/visual

Com ja s'ha especificat a l'hora d'analitzar els requeriments desitjats per a la instal·lació de la EDAR, el soroll es una part important de l'estudi, ja que es troba en un punt de treball constant. Al trobar-se sobre un polígon industrial, la limitació de soroll aplicable en casos de trobar alguna residència propera queden eliminats. Tot i així, la planta depuradora no supera els límits establerts legalment i no suposa cap risc per a la salut dels treballadors. En quant a l'aspecte visual que presenta l'EDAR i per tant l'altura d'aquesta no excedeix els edificis confrontants. Tot i així, l'altura màxima permesa segons les normes urbanístiques de polígons industrials de Cornellà-Almeda és de 12 metres d'altura, els quals no supera.



## 19. PLANIFICACIÓ (GANTT)

A continuació es mostra un diagrama de Gantt (Figura 19.1) per mostrar la planificació del projecte, que es va realitzar amb la finalitat d'establir unes pautes per tal d'assolir els objectius inicials.

Tasca	Descripció tasca	2014													2015											
		Octubre			Novembre				Desembre						Gener				Febrer				Març			
		S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
1	Decisió junta	■																								
2	Prova pilot		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■														
3	Aprovació prototip i inversió											■														
4	Instal·lació nou dipòsit															■										
5	Instal·lació membranes i conduccions															■	■									
6	Afinament i posada en marxa																	■	■	■	■	■	■	■		
7	Presa de dades a laboratori.																				■	■	■	■		

**Figura 19.1.** Gràfic de la planificació temporal del procés de modificació de l'EDAR

La Taula 19.1 mostra les dates en les quals es van efectuar les tasques del diagrama de Gantt.

**Taula 19.1.** Dates d'inici i final de les tasques de planificació del projecte.

Tasca	Inici	Final
Decisió junta	14-oct-14	18-oct-14
Prova pilot	21-oct-14	19-dic-14
Aprovació prototip i inversió	19-dic-14	28-dic-14
Instal·lació nou dipòsit	12-ene-15	19-ene-15
Instal·lació membranes i conduccions	19-ene-15	04-feb-15
Afinament i posada en marxa	04-feb-15	04-mar-15
Presa de dades a laboratori.	17-feb-15	04-mar-15

El salt temporal entre l'aprovació del prototip i l'inici de la instal·lació dels nous elements és degut a les vacances de nadal de desembre de 2014, durant les quals els proveïdors van posar a punt els elements per a començar les instal·lacions al inici de 2015.

S'ha mantingut la periodicitat de presa de dades a laboratori durant tot l'any 2015( Tal com es pot veure al ANNEX E) per tal de tindre una progressió numèrica dels resultats dels paràmetres contaminants i poder extreure unes conclusions fidedignes amb la realitat.



## 20. PRESSUPOSTOS

A l'hora d'analitzar el cost del projecte, cal tindre en compte els següents conceptes: El cost dels nous elements a instal·lar, els costos que suposa la instal·lació dels elements i finalment les hores d'enginyeria dedicades en el procés d'estudi del projecte. Es fan dos pressupostos, diferenciant els costos de muntatge i adquisició dels elements i els costos atribuïbles a l'enginyeria.

### 20.1. Pressupost de la instal·lació

El pressupost de la instal·lació inclou la formació del personal de Lebsa, la posada en marxa electromecànica i la posada en marxa del procés. Els preus següents no inclouen impostos, així com l'IVA o d'altres taxes i visats de projecte.

Bio reactor de membranes	73.330. €
Unitat MicroactiV® MEX 1-2 TIS37	
Inclou carenat per a instal·lació sense coberta	
Control de pH (previ i afinament)	10.205 €
Inclou recuperació de senyal i integració en el sistema de control general	
Reactor biològic	33.560 €
Inclou escala de gat i plataforma superior	
Inclou sistema de detecció i control d'escumes	
Inclou cabina d'insonorització de la bufant	
Instal·lacions generals	40.345 €
Inclou estructura de suport tipus TRAMEX(reixa d'acer)	
Inclou desmuntatge de l'antic rector biològic	
Inclou instal·lacions electromecàniques dels equips i tuberies	

<b>TOTAL</b>	<b>157.446 €</b>
--------------	------------------

Al pressupost esmentat se li va aplicar un 5% de descompte al acceptar la oferta abans de l'inici de 2015, fent que el total baixés a 149573 €. Per tant, juntament amb l'IVA(21%), el total suma 180983,33€.

## 20.2. Pressupost d'enginyeria

El pressupost d'enginyeria conté tots aquells costos aplicables a la realització del projecte. El cost d'enginyeria per l'empresa només comptabilitzarà el sou de pràctiques estipulat en el conveni de practiques amb la universitat. Tot i efectuar d'altres tasques a l'empresa, tan sols s'inclou en el pressupost aquell percebut durant l'etapa de durada de l'estudi de la EDAR al departament de medi ambient.

El material inclou l'ordinador sense tindre en compte l'IVA, comprat per l'empresa, i no s'inclouran els costos d'electricitat d'aquest, ja que és difícil comptabilitzar-los, i per a una empresa d'aquestes dimensions són molt petits. Els costos elèctrics d'explotació de la EDAR s'expliquen més endavant al apartat 20.3.

Els costos explicats a la Taula 20.1 són els reals, i s'inclouen les taxes i retencions aplicables al contracte de pràctiques en el moment de la meva estança a l'empresa. Els costos de la cap de departament no estan comptabilitzats per qüestions de confidencialitat, ja que el sou és desconegut, així com el número d'hores dedicades, i s'entén com a cost fixe per a l'empresa.

**Taula 20.1.**Taula de costos d'enginyeria

	Dies dedicats [dies]	hores/dia	Coste [€/h]	Retenció [€] (2%)	Taxes universitàries [€]	TOTAL
Cost personal	176	6	9	189	1483,65	11.176,65 €
	Preu [€]	hores/dia	Vida útil [h]	Hores totals [h]	Amortització (%)	TOTAL
Cost ordinador	350	4	7200	704	9,78%	34,22 €
<b>SUMA TOTAL</b>						<b>11.210,87 €</b>

Les taxes universitàries són del 15,7%, procedents del conveni de pràctiques efectuat amb l'empresa, i com a conveni de pràctiques la retenció suposa un 2% del total percebut del sou. Per tant, el cost de l'estudi més el cost de la inversió sumen un total de 192194,2 €

### 20.3. Costos d'exploració

Per tal de preveure uns costos energètics anuals, s'ha fet un estudi de les potències elèctriques dels elements que influeixen en la depuració d'aigües, considerant diversos factors d'ús i el consum específic de cada element present en el procés de depuració.

#### *Potències elèctriques*

Descripció	Potencia kW	Factor d'ús	Consum kW.h
Airejador	2	1	2
Bufant	5	1	5
Recirculació externa	2	1	2
Recirculació interna	3	1	3
Impulsió de fangs	0,5	0,2	0,1
Impulsió de poli	0,2	0,2	0,04
Agitador de poli	0,7	0,2	0,14
Agitador de fangs	1,5	0,2	0,3
Deshidratació fangs	5	0,2	1
Transport del fang	1	0,2	0,2
<b>Total</b>	<b>20,9</b>		<b>14 kWh/h</b> <b>330 kWh/dia</b> <b>110.000 kWh/any</b> <b>10.000 €/any</b>

## 20.4. Consum de reactius

Al tractar-se d'una planta depuradora, i havent fet un estudi dels diferents períodes en els quals es pot trobar la producció de l'empresa, i per tant, la quantitat d'aigües residuals que la planta ha de depurar, s'ha fet unes aproximacions dels costos anuals en quant a reactius a utilitzar. Aquests costos s'han aproximat de manera empírica, fent ús dels valors emprats durant els últims mesos, amb la planta depuradora ja en ús.

Neutralitzant – Hidròxid de Sodi	<2kg / dia		1 €/dia	330€/any
Antiespumant	<0.5kg / dia		2 €/dia	660 €/any
Nutrients				
Fosfat Disòdic	3 - 4	Kg / dia	5 €/dia	1650 €/any
Urea	<10	Kg / dia	10€/dia	3300 €/any
Hipoclorit de Sodi	1	kg / mes	1 €/mes	12 €/any
Reactiu Alcalí de Rentat	10	kg / mes	5 €/mes	50 €/any
Reactiu Àcid de Rentat	5	Kg / mes	5 €/mes	50 €/any
<b>Total</b>				<b>6000 €/any</b>



## 21. CONCLUSIONS

Els resultats de la nova instal·lació han assolit els objectius plantejats al inici del projecte. S'ha pogut assolir una millora considerable del rendiment de la EDAR, tot i les limitacions i dificultats que suposava la instal·lació.

Fent referència als objectius que es plantejaven en aquest projecte, es conclou que:

- La DQO de les aigües residuals tractades a la nova EDAR presenten uns valors molt inferiors als màxims establerts per les institucions medi ambientals espanyoles. La resta de paràmetres també presenta uns valors dins dels rangs establerts legalment, tal com es pot observar a l'ANNEX E. Aquestes noves instal·lacions permeten tractar un cabal diari de residus molt superior al que es podia inicialment, donant marge a possibles augments de producció en el futur, sense que aquests comprometin l'eficiència de la planta depuradora.
- S'ha trobat una explicació al perquè de la variabilitat dels paràmetres contaminants segons el període productiu de la fàbrica. Gràcies a això, s'ha establert una metodologia per tal de fer que aquesta variació entre períodes tingui un efecte més reduït sobre l'eficiència de la EDAR.
- S'ha aconseguit dur a terme la substitució i instal·lació dels nous elements de la EDAR de manera adient, seguint els passos descrits a l'estratègia d'instal·lació. Això ha permès no haver d'aturar el procés productiu en cap moment i per tant l'empresa no ha patit pèrdues econòmiques com a conseqüència. També s'ha aconseguit dur a terme la remodelació estant dins del pressupost marcat inicialment, complint amb tots els requisits legals, tant de construcció i instal·lacions, com d'abocament d'aigües.
- Finalment, els resultats analítics de les aigües un cop acabada la instal·lació (ANNEX E), demostren l'eficiència de la nova planta depuradora i exemplifiquen encara més la necessitat que hi havia de renovar la EDAR.
- S'ha aconseguit dur a terme la gestió del projecte des de l'inici d'aquest, en el moment en que es pren la decisió de dur a terme la modificació de la EDAR per part dels dirigents de l'empresa, fins a la seva posada a punt. Gràcies a això s'ha pogut veure tots els passos necessaris per a efectuar un projecte de dimensions importants, treballar conjuntament amb altres empreses externes, i veure com solucionar els problemes i dificultats que sorgeixen al llarg d'un projecte, per a finalment arribar a una solució final i poder avaluar així el resultat de tot el treball.



## 22. PROJECTES FUTURS

Durant la realització del projecte, diverses oportunitats de millora han anat sorgint, però han hagut de ser cancel·lades o aplaçades degut a diversos motius, ja fossin econòmics o a causa de la magnitud del projecte. Molts d'aquestes possibles millores serien de gran interès per a millorar l'eficiència en la que s'utilitza l'aigua i es depura.

En primer lloc, tal com s'ha avaluat al apartat 15. PROPOSTA TRIADA, la línia de fangs no s'ha instal·lat. El cost era molt elevat i l'espai d'instal·lació reduït, però fer un estudi de la seva viabilitat més endavant, ja fos construïnt una passarel·la elevada per ampliar el terreny on situar els elements, o trobar una distribució viable, seria molt interessant. A dia d'avui els fangs són enviats a tractament extern, la qual cosa suposa un cost a l'empresa. Fent un estudi econòmic de la instal·lació i veient si en algun moment passa a ser rentable tindre una línia de fangs, es podria proposar dur a terme un nou projecte de millora.

Veient els resultats obtinguts a laboratori de les aigües de sortida de EDAR( ANNEX E), seria interessant trobar un ús per a aquestes aigües depurades i lliures de sals. La reutilització d'aquestes aigües, ja fos en neteges d'equips o trobant-ne d'altres usos, suposaria una reducció del consum d'aigua molt important, i resultaria no només en un estalvi econòmic per part de l'empresa sinó que també aportaria beneficis mediambientals elevats. L'estudi de la viabilitat per dur a terme aquestes reutilitzacions d'aigües seria molt interessant.

Per altra banda, al ser una instal·lació nova i no saber-ne encara la manera de fer-la treballar amb el millor rendiment possible, fer un estudi dels consums, tant elèctrics com de reactius, segons els períodes productius i de depuració, podria suposar un gran estalvi econòmic. Tal com passava abans, també suposaria una important disminució de la contaminació, fent aquest estudi molt atractiu de cara a un futur no gaire llunyà.



## 23. AGRAÏMENTS

Aquest projecte no hagués sigut possible sense l'increïble suport rebut per part dels meus pares, M<sup>a</sup> Lluïsa Espinós i Ramón González, per tota l'ajuda i paciència durant tots aquests anys d'estudi i formació.

També agrair tot el suport rebut per part de tota la plantilla de treballadors de Lebsa, no només als que van participar en el desenvolupament d'aquest projecte. Anar a treballar cada dia i ser sempre rebut amb un somriure va ser sempre una gran motivació i m'agrada creure que he après una mica de cada un d'ells.

Agrair d'especial manera a la meva directora, Silvia Diéguez, per a respondre a tots els meus dubtes i ser un gran suport durant tot el temps que vaig estar a Lebsa. Aquest projecte no hagués sigut possible sense ella. La motivació i interès que posa en tot el que fa m'ha ensenyat molt, no només de manera acadèmica.

Agrair també al meu avi, Josep Maria Espinós Tayà, que en pau descansi, per ser un model a seguir i per donar-me forces sempre que ho he necessitat. En els moments de debilitat i dubte sempre em vas donar forces per a seguir lluitant. També agrair a tota la meva família per tots els moments que hem pogut gaudir junts i tots els bonics records que m'han format com a persona.

Agrair d'especial manera al professor Jose Luis Eguia, per confiar en mi i ajudar-me a confeccionar el projecte. El suport que m'ha donat com a tutor i els consells que m'ha donat al llarg d'aquest ha permès fer del projecte una realitat.

Agrair també a tots els meus companys de carrera que m'han donat suport i han experimentat amb mi moments bons, però també de difícils. Agrair que hagin estat sempre allà, convertint-se d'alguna manera en part de la meva família.



## 24. BIBLIOGRAFIA

- [1] Eduardo Ronzano, Jose Luís Dapena (PRIDESA). "Tratamiento Biológico De Las Aguas Residuales" Edicions Diaz de Santos S.A., 1995.
- [2] Gilbert Dègremont, "Manual técnico del agua", Editorial Grijelmo, 2009
- [3] Hernández Muñoz, A. "Depuración de aguas residuales". Servicio de Publicaciones de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Madrid, 1988.
- [4] Metcalf & Eddy. "Ingeniería de aguas residuales, tratamiento y reutilización". Editorial McGraw-Hill, D.L., 2000.
- [5] R.S. Ramalho, R.S. "Tratamiento de Aguas Residuales". Editorial Reverté, Barcelona 1991.
- [6] Sainz Sastre, J.A.: "Tecnologías para la sostenibilidad. Procesos y operaciones unitarias en depuración de aguas residuales". 2005
- [7] Sainz Sastre, J.A.: "Diseño de una E.D.A.R". Editorial Fundación EOI 2007.
- [8] Sainz Sastre, J.A.: "Módulo Contaminación de las Aguas". P.10-40
- [9] Carta Europea de l'aigua. Consell d'Europa, Estrasburg 1968. Consultada el 12 d'octubre de 2014. "[http://www.xtec.cat/ceip-paucasals-viladecans/mediambient/Aigua/carta\\_aigua.pdf](http://www.xtec.cat/ceip-paucasals-viladecans/mediambient/Aigua/carta_aigua.pdf)"
- [10] Pàgina web del Institut Nacional de Seguretat i Higiene en el Treball. Consultada el 26 de setembre de 2015 de [www.insht.es](http://www.insht.es)
- [11] Pagina web de la Generalitat de Catalunya. Consultada el 21 d'octubre de 2014 de <http://web.gencat.cat/ca/temes/mediambient/> .
- [12] Pàgina web de la Generalitat de Catalunya. Consultada el 21 d'octubre de 2014 de <http://web.gencat.cat/ca/temes/mediambient/>

[13] Pàgina web d'enginyeria d'aigües residuals. Recuperat el 21 d'octubre de 2014, de [es.wikibooks.org/wiki/Ingeniería\\_de\\_aguas\\_residuales](http://es.wikibooks.org/wiki/Ingeniería_de_aguas_residuales) - Normativa i reglamentació de les aigües residuals.

[14] EMECO - Informe Tècnic implantació. Abril 2015.

[15] Manual de Instrucciones MICROACTIV. Abril 2015.

[16] STENCO - "TRATAMIENTOS DE AGUAS" 4ª edició, 2007.



