

## **6. PROPOSTES DE MILLORA**

---

## 6. PROPOSTES DE MILLORA

Les propostes exposades a continuació estan fetes partint dels punts febles anteriorment identificats. Aquestes s'han escollit tenint en compte la bibliografia consultada i les idees madurades al llarg de l'elaboració del present projecte.

Les propostes no són exclusives de cada punt feble, sinó que poden ser perfectament compartides per varis dels punts febles exposats a la diagnosi.

No es pretén donar una proposta perfecte d'EDAR que pugui ser aplicat indiscriminadament arreu, més aviat les propostes pretenen ser unes directrius que serveixin com a idea de base per impulsar innovacions en el camp de la depuració d'aigües.

Cal deixar ben clar que cada situació és diferent i que cada cas d'ampliació o de nova instauració d'una instal·lació requereix d'un estudi previ i adequat a les circumstàncies.

### 6.1. ASPECTES TECNOLÒGICS

Els aspectes tecnològics, de la mateixa manera que la diagnosi, s'han dividit en quatre apartats: procés, control, disseny i emplaçament i formació i capacitatció del personal de planta.

#### 6.1.1. Procés

Les propostes corresponents a aquest apartat de procés segueixen el mateix esquema que a la diagnosi, corresponent-se d'aquesta manera, amb els diferents punts febles.

##### **Separació al decantador secundari**

Tenint en compte la quantitat de problemes que genera el funcionament del decantador secundari en nombroses EDARs, una alternativa innovadora seria la instauració de **bioreactors de membranes (MBR)**, de l'anglès *Membrane Bioreactor*). Aquests estan formats per dues parts principals que són la unitat biològica responsable de la degradació dels compostos presents a l'aigua residual i el mòdul de la membrana encarregat de portar a terme la separació física del licor mescla.

El MBR es presenta com un tractament avançat i integrat per a la millora de la qualitat química i biològica de les aigües residuals. La combinació de processos biològics amb la tecnologia de membranes possibilita l'obtenció d'un elevat grau de depuració de les aigües residuals i minimitza, en gran mesura, la generació de fangs gràcies a l'augment de temps de residència cel·lular (TRC). El disseny del MBR permet reemplaçar el voluminós sistema de decantació per una membrana de microfiltració o ultrafiltració que porta a terme una completa separació de la biomassa de l'aigua (permeat). El grau de depuració de la matèria orgànica, matèria en suspensió i nutrients assolit amb el MBR es complementa també amb una eliminació de bacteris i organismes patògens, aconseguint una primera desinfecció de les aigües.

Aquest tractament funciona amb diferència de pressió entre els dos costats de la membrana (PTM), donant la força per a fer circular l'aigua des del licor mescla a la càmera de permeat obtenint un flux que acostuma a mesurar-se en litres d'aigua filtrada per hora i metre quadrat de membrana.

La tecnologia de MBR és especialment competitiva quan hi ha:

- Necessitat de **disminuir la producció de fangs biològics** (fins a un 50-80%). Això s'aconsegueix amb l'augment de l'edat del fang que comporta un creixement net més baix de biomassa.
- Necessitat d'un **elevat grau de depuració i/o reutilització** de l'aigua, ja que elimina gairebé el total de sòlids en suspensió.
- Disponibilitat de **poc espai**, ja que es prescindeix del decantador secundari i sovint es pot aconseguir reduir el volum del reactor biològic fent així un sistema més compacte. S'ha de tenir en compte les limitacions d'espai en la nostra societat, on el sòl cada vegada és més car i escàs.
- Necessitat d'ampliació de la capacitat de tractament de plantes convencionals ja existents.
- Efluents amb components de difícil o lenta biodegradabilitat.
- Necessitat d'operar amb **més fiabilitat**. Les membranes no es veuen afectades per les condicions de decantació del fang, així doncs, permeten la supressió definitiva de problemes comentats a la diagnosi com són el *bulking*, el *foaming* i el *rising*.

També té alguns inconvenients com són una inversió inicial important, un elevat cost energètic i de manteniment, ús de reactius químics per la neteja, i la limitació del temps de vida del MBR; però per molt que un sistema MBR tingui uns costos d'implantació i

d'exploració superiors a un sistema convencional de fangs actius, si en aquest últim es considera afegir-hi les instal·lacions complementàries per assolir una qualitat d'efluent terciari, el resultat de la comparació s'inverteix.

Es distingeixen dos tipus principals de bioreactors de membrana: MBR integrada o submergida i MBR externa o amb recirculació.

La membrana integrada o submergida està immersa en el tanc biològic. La força impulsora a través de la membrana s'aconsegueix pressuritzant el bioreactor o creant pressió negativa al costat permeat de la membrana (Buisson et al. 1998). Consta d'un difusor just a sota del mòdul de la membrana que subministra l'aire necessari per a homogeneïtzar el contingut del tanc, per al procés biològic i per a la pròpia neteja de la membrana (Figura 5).

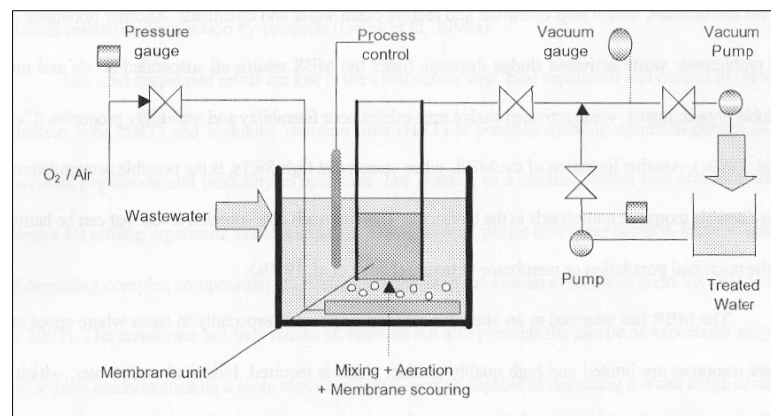


Figura 5. Esquema MBR integrada o submergida (Cicek, 2002).

La membrana externa o amb recirculació implica una recirculació del licor mescla des del bioreactor fins a la unitat de membrana que es disposa externament a la unitat biològica. La força impulsora és la pressió creada per l'alta velocitat de flux a través de la superfície de la membrana (Cicek et al. 1998; Urbain et al. 1998) (Figura 6).

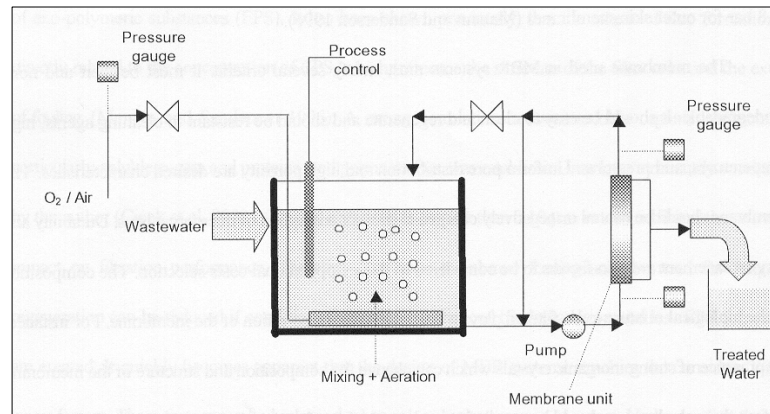


Figura 6. Esquema MBR extern o amb recirculació (Cicek, 2002).

A la Taula 4 s'exposa una comparativa entre els dos sistemes de MBR mitjançant les característiques més rellevants com són la seva vida mitjana, l'energia consumida, els costos de bombeig i tractament i producció de fangs, l'eficiència en l'operació, les facilitats o limitacions en la seva incorporació per ampliació de la planta, el seu manteniment i la neteja.

Taula 4. Comparativa entre els diferents sistemes de MBR, integrada o submergida i externa o amb recirculació (Artiga, P. et al., 2006; Lluch i López, 2006; Marcó, 2006).

	MBR integrada o submergida	MBR extern o amb recirculació
<b>Vida mitjana</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 - 4 anys</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 - 15 anys</li> </ul>
<b>Energia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0'6 - 1'5 kWh/m<sup>3</sup>.</li> <li>• Menor consum, però necessitat d'agitació i turbulència en el reactor biològic per evitar la ràpida colmatació.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2'5 - 4 kWh/m<sup>3</sup>.</li> <li>• Major consum associat al manteniment de les condicions de turbulència.</li> </ul>
<b>Costos bombeig i producció de fangs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessitat d'un equip exclusiu per al bombeig dels fangs des del reactor biològic.</li> <li>• Major producció de fangs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bombeig dels fangs fins al tractament aprofitant la pròpia pressió del circuit de recirculació amb una vàlvula.</li> <li>• Menor producció de fangs.</li> </ul>

<p style="text-align: center;"><b>Operació</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PTM de 50 - 500 mbar i només poden arribar a fluxos d'entre 10 - 60 l/hm<sup>2</sup>.</li> <li>• Màxima càrrega orgànica de treball: 12000 mg/L SSLM.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PTM de 0'5 - 5 bar amb fluxos de fins a 120 l/hm<sup>2</sup>.</li> <li>• Màxima càrrega orgànica de treball: 35000 mg/L SSLM.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Instauració per ampliació</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta la limitació de la mida i geometria del reactor biològic.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta més facilitat d'instauració ja que només cal anar acoblant noves membranes o mòduls en paral·lel.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Manteniment</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessitat de neteja prèvia abans de fer cap operació/recanvi fora del reactor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accés i control de fuga/defectes més fàcil.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Neteja</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A través de retrorentats amb aigua permeada + aire. Ocasionalment aquesta neteja també es fa amb solucions químiques que una vegada utilitzades són enviades a capçalera sense ocasionar cap problema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requereix de rentats químics més freqüents. Els subproductes, a l'igual que al cas anterior, s'envien a capçalera i no comporten problemes addicionals.</li> </ul>

Feta la comparativa, cal remarcar la importància que té fer una valoració de cada situació en particular per tal de saber quina de les dues opcions és millor instaurar. Tot i això, es podria dir que l'opció més apropiada i viable per a una EDAR d'aigües residuals urbanes o mixtes és el sistema de MBR integrada o submergida, tant pel seu baix consum energètic com el major aprofitament de l'espai, ja que és un sistema més compacte ([http://www.atmsa.com/pdf/seleccion\\_proceso\\_MBR.pdf](http://www.atmsa.com/pdf/seleccion_proceso_MBR.pdf)).

## Producció i gestió de fangs

Igual que en l'apartat anterior la proposta protagonista són els **bioreactors de membranes**. La presència de membranes en la separació sòlid-líquid permet, com ja s'ha comentat, l'augment de l'edat cel·lular amb l'augment de temps de residència cel·lular disminuint, així, la producció de fangs ja que s'arriba al punt d'autodigestió.

La quantitat de fangs produïts, tot i ser reduïda, segueix sent considerable. De tots els subproductes el fang és, sense dubtes, el de major volum i el seu tractament i evacuació és potser el problema més complex amb el que s'enfronta una EDAR.

Per tal de seleccionar la millor ruta de gestió del fang procedent d'una planta de tractament d'aigües residuals, s'ha de començar per identificar quines són les tècniques més segures i ambientalment més correctes. L'elecció d'una determinada ruta, condiona alhora el tipus de tractament que haurà d'haver rebut el fang. Qualsevol ruta de gestió escollida ha de comportar la seva reutilització.

En la recerca del desenvolupament sostenible, es fa cada vegada més necessari valorar les enormes quantitats de residus que genera l'activitat humana. En quant als residus orgànics, com són els llots de depuradora, el **compostatge** constitueix un mètode de tractament que, a més de valorar aquests residus, permet retornar a les terres de conreu la matèria orgànica perduda durant llargs anys d'intensa activitat agrícola, tancant-se així els cicles de la naturalesa. La utilització del compost com esmena per a sòls empobrits, constitueix molt més que una simple fertilització, ja que a més d'aportar nutrients i matèria orgànica, el compost madur millora l'estructura i les propietats del sòl actuant sobre la capacitat de retenció d'aigua, el drenatge, la ventilació de la terra, o la retenció de nutrients de forma que estiguin disponibles per a les plantes. A més, afavoreix la presència dels microorganismes i la microfauna del sòl que realitza importants labors de reciclatge i manteniment d'una bona terra agrícola ([www.arc-cat.net/ca/municipals/installacions/compostatge/](http://www.arc-cat.net/ca/municipals/installacions/compostatge/)).

Un ús molt habitual d'aquest subproducte de la depuració d'aigües és la **reutilització agrícola**. És una bona pràctica ambiental donat l'escàs contingut en matèries orgàniques i nutrients dels sòls en algunes zones, sent aquests biosòlids un material idoni per a la seva utilització com a adob orgànic. Tot i així, aquests materials han de ser caracteritzats per evitar possibles riscos derivats del seu ús, com la possibilitat de contaminació dels aqüífers.

Taula 5. Resum de les diferents alternatives de gestió de fangs (Serra, 2003).

Aplicació dels fangs		Fase	
Energia	Conversió tèrmica	Implementat	
	Gasificació	Implementat	
	Piròlisi	Implementat	
	Combustible	Implementat	
Producte	Materials de la construcció	Implementat	
	Subsòl de carreteres	Implementat	
	Formigó	Implementat	
	Biopesticides	Investigació	
	Acetat de calci i magnesi	Investigació	
Adsorció	Biosorció	Investigació	
	Carbó actiu	Activació física	Investigació
		Activació química	Investigació
	Sòlid adsorbent	Investigació	

L'aprofitament del fang en l'aplicació forestal i en recuperació de terrenys marginals, són alternatives molt atractives des de diversos punts de vista, però pateixen la restricció imposada pel seu caràcter localitzat en l'espai i el temps.

Altres alternatives d'aprofitament de fangs són la seva utilització com a matèria primera, l'obtenció d'energia i la producció de materials adsorbents.

L'obtenció de productes a partir de fangs, com pot ser la **fabricació de materials de la construcció** (ecobrick o també anomenada totxana ecològica) i de bases, subbases i elements prefabricats, implica una reducció important de volum de fangs i un estalvi d'aigua i energia, així com una disminució en costos de tractament.

L'**obtenció d'energia** a partir dels fangs pot oferir un grau alt de versatilitat a les estratègies de gestió, ja que són independents de la qualitat del fang, proporcionen una solució a problemes d'estacionalitat que presenten altres tècniques, produeixen un residu amb un volum mínim, i el producte obtingut és una font potencial de generació d'ingressos (Serra, 2003).



La **producció de materials adsorbents** a partir de fangs biològics representa una alternativa a les formes tradicionals d'evacuació de fangs i suposa l'obtenció d'un material que podria ser aprofitat en les mateixes plantes de tractament d'aigües residuals.

A la Taula 5 es poden observar diferents alternatives de gestió de fangs basant-se en l'obtenció d'energia, de productes i de materials adsorbents.

### **Eliminació de nutrients**

Fins fa poc, com ja s'ha exposat a la diagnosi, l'eliminació de nutrients era considerada tractament terciari, és a dir, com un tractament a banda de l'eliminació de matèria orgànica. Una millora a implementar seria portar a terme l'**eliminació conjunta del C, N i P** per tal d'estalviar espai i fer del tractament un procés més eficient.

L'eliminació simultània de nutrients es basa en la combinació dels tractaments biològics d'eliminació de nitrogen (nitrificació-desnitrificació) amb els d'eliminació biològica de fòsfor. Això s'aconsegueix modificant el procés de fangs actius de manera que inclogui zones amb i sense aeració, i zones sense cap altre compost d'oxigen (lliure també de nitrits i nitrats) per tal d'aconseguir una seqüència que contingui zones aeròbies, anaeròbies i anòxiques.

El model que s'ha considerat millor és l'**UCT modificat** (University of Cape Town), que és un procés que inclou tres zones bàsiques: anaeròbia, anòxica i aeròbia; i dos fluxos de recirculació interna (Figura 7).

La part anòxica està dividida en dues parts: la primera, que rep la recirculació dels fangs del decantador i proporciona la recirculació a la zona anaeròbia; i la segona, que rep la recirculació de la zona aeròbia i és on es fa la desnitrificació. En aquestes etapes s'allibera  $N_2$  a l'atmosfera.

El fang activat de retorn no es recircula a la zona aeròbia, sinó a l'anòxica, mentre que la recirculació interna es realitza des de l'etapa anòxica a l'anaeròbia. Al recircular el fang activat a l'etapa anòxica, s'evita la introducció de nitrat a la zona anaeròbia millorant l'alliberament del fòsfor (Metcalf & Eddy, 1995).

El sistema de recirculació intern aconsegueix millorar la utilització de la matèria orgànica en la etapa anaeròbia, ja que el licor mescla de la fase anòxica conté una quantitat apreciable de DBO soluble, però molt pocs nitrats. La recirculació del LM des de la zona

anòxica proporciona les condicions òptimes per a la fermentació en la fase anaeròbia. És a dir, que es produeix una millor desnitrificació ja que existeix un aprofitament i repartiment de la matèria orgànica més adequat (Metcalf & Eddy, 1995; Knobelsdorf, 2005).

Amb la instauració de l'UCT modificat no cal posar tractament primari ja que la matèria que s'eliminaria és l'aliment dels microorganismes a la fase anaeròbia.

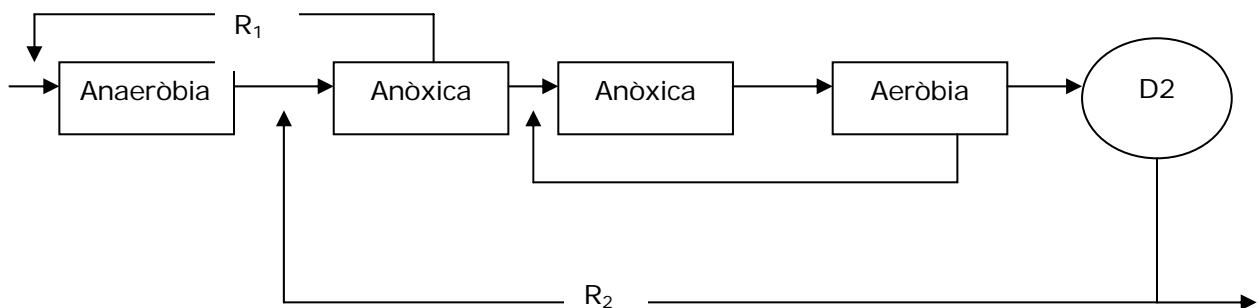


Figura 7. Esquema del procés UCT modificat.

S'ha de tenir en compte que en aquest esquema hi ha dibuixat el decantador secundari que en la proposta és substituït pel sistema de membranes integrades.

A les depuradores d'aigües residuals urbanes amb digestors de fangs anaerobis s'ha estimat que prop del 15% de la càrrega total de nitrogen prové de la corrent recirculada del digester anaerobi de fangs cap al procés de fangs actius. Per reduir aquesta elevada concentració de nutrients, principalment de nitrogen, que entra a capçalera mitjançant el circuit de retorn que connecta el sobrenedant de la digestió de fangs amb el circuit d'entrada a la planta, es proposa la implementació del procés biològic **SHARON/Desnitrificació Parcial - ANAMMOX** (Figura 8).

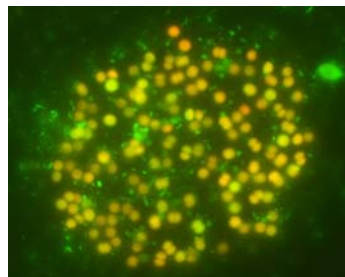


Figura 8. Cèl·lula ANAMMOX ([www.microbiology.science.ru.nl/.../ecology/](http://www.microbiology.science.ru.nl/.../ecology/)).

El procés ANAMMOX (ANAerobic AMMonium OXidation) ha sorgit recentment com una prometedora alternativa per al tractament d'aigües amb altes concentracions de nitrogen i baixes concentracions de matèria orgànica, ja que és un procés autotròfic i anòxic.

Taula 6. Comparativa entre els processos convencionals d'eliminació de nitrogen (Nitrificació-Desnitrificació) i el procés SHARON-ANAMMOX (Dapena-Mora *et al.*, 2006).

Procés	Avantatges	Inconvenients
Nitrificació-Desnitrificació	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El producte final és teòricament només N<sub>2</sub>.</li> <li>• S'eliminen totes les formes de N.</li> <li>• És una tecnologia consolidada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Llargs temps de retenció.</li> <li>• Sensible a inhibidors.</li> <li>• Sensible a canvis de flux i temperatura.</li> <li>• En molts casos s'han d'addicionar fonts de C.</li> <li>• Emissions de NO<sub>x</sub></li> </ul>
SHARON-ANAMMOX	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es redueix la necessitat d'aport d'oxigen.</li> <li>• No necessita fonts de C orgànic.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lenta posada en marxa.</li> <li>• Sensible a tòxics i inhibidors.</li> <li>• Produeix una petita fracció de nitrat.</li> <li>• Tecnologia en fase de desenvolupament.</li> </ul>

Per a poder aplicar el procés ANAMMOX per a l'eliminació de nitrogen de les aigües residuals és necessari disposar d'un efluent amb concentracions adequades de nitrit i amoni. L'amoni està present en les aigües residuals mentre que el nitrit no acostuma a aparèixer, per això és necessari complementar el procés ANAMMOX amb un altre procés que el generi, normalment oxidant una part d'amoni a nitrit. Aquest nitrit es podria generar en un procés tipus SHARON o Desnitrificació parcial inhibint els bacteris nitrit oxidants amb concentracions elevades d'amoniac. (Dapena-Mora *et al.*, 2006).

A la taula 6 es poden comparar els processos convencionals amb el procés SHARON-ANAMMOX.

### Tractament terciari

La creixent pressió sobre els ecosistemes aquàtics i la seva degradació, deguda a factors com l'increment de la demanda d'aigua, la contaminació i/o la desaparició d'hàbitats juntament amb la baixa pluviometria, que sovint es mostra insuficient per atendre l'elevada demanda de la població, fa necessària la utilització responsable de les aigües

residuals depurades de bona qualitat per poder cobrir les necessitats humanes i ecològiques.

La manca d'implementació de tractaments terciaris impedeix pensar en un nou ús de l'aigua. És en aquestes condicions en les que es posa de manifest que l'aigua, sempre que sigui possible, no s'ha d'utilitzar només una vegada, sinó que s'ha de reutilitzar de manera planificada per poder satisfer la demanda global sobretot en aquelles zones que presentin un dèficit hídric.

La **reutilització de l'aigua residual** és una forma real d'incrementar els recursos hidràulics i a la vegada millorar la qualitat de l'aigua. Possibles usos que es poden portar a terme són:

- Reutilització urbana: reg de parcs públics i zones ajardinades; rentat de vehicles, carrers i finestres; aigua de mescla per a fertilitzants, herbicides i pesticides; usos ornamentals; protecció contra el foc; aigua de cisterna per a urinaris públics i en edificis comercials i industrials.
- Reutilització industrial: refrigeració, processos industrials i construcció.
- Reg agrícola i de camps de golf.
- Restauració d'hàbitats naturals, millora de l'entorn i recàrrega d'aqüífers.
- Usos recreatius.
- Augment dels recursos potables: reutilització indirecta (recàrrega d'aqüífers i descàrrega en embassaments, rius i llacs) i reutilització directa.

Per planificar amb èxit la regeneració és necessari saber els nivells de qualitat que requereixen els diferents usos de l'aigua.

Per tal d'assolir aquests nivells és imprescindible la implementació de tractaments terciaris que, tenint en compte la utilització de MBR, només constaran d'una part de **desinfecció amb UV i hipoclorit**, ja que les membranes porten a terme l'eliminació de la major part de SS, funció que actualment assumeix la filtració.

Tot i així, no tots els usos necessiten la mateixa intensitat de tractament. Per tant, el primer que s'ha de fer és estudiar cada cas per veure fins a quin punt cal arribar i quin és el tractament més adient.

**La reutilització de l'aigua no sempre porta implícita la seva regeneració.** En determinats casos que les terres de conreu properes a les EDARs tinguin un dèficit de

nutrients i que les pròpies instal·lacions manquin de tractament de la seva eliminació, es poden reutilitzar les aigües sense un tractament terciari afavorint així, el reciclatge dels nutrients per tal de fertilitzar les terres. Tot i així, aquestes situacions tan particulars requereixen d'un estudi previ i no són les situacions analitzades en el present projecte.

En el cas que es porti a terme una reutilització amb regeneració, els principals beneficis ambientals que comporta són un estalvi d'aigua potable, una reducció de la captura i abocament d'aigua als rius, una reducció de les extraccions dels aqüífers i recàrrega amb aigua de qualitat i una reducció dels abocaments al mar.

L'abocament d'aigües depurades al medi és una pràctica bastant comuna. Amb la regeneració de les aigües es contribueix a la recuperació de la qualitat ecològica del riu i altres ecosistemes aportant un cabal ecològic de qualitat.

El control de l'aigua regenerada és un dels punts més importants a tenir en compte. Els perills i els riscos associats a la reutilització s'han estat definint normalment d'acord amb uns estàndards emesos per les autoritats corresponents. No obstant això, en estudiar la base d'aquestes normes es poden trobar diverses mancances de consistència, com ara la falta de paràmetres de control adequats, la no-definició dels punts i la freqüència de mostratge i les despeses associades al control dels sistemes de regeneració i reutilització. En qualsevol cas, els estàndards s'han de complir, i cal emprendre tasques socials i càlculs econòmics per tal que la reutilització tingui èxit (Poch *et al.*, 2005).

La regeneració i la posterior reutilització d'aigües és el punt de trobada entre l'abastament i el sanejament. Atès que el transport de l'aigua regenerada és un factor de cost més important que el de la mateixa regeneració, i que els volums disponibles són coneguts però limitats, aquesta acció beneficiosa de la reutilització queda limitada a un àmbit local. No cal pensar, únicament, en la reutilització com a eina per generar quantitats ingents de recurs per ser transportades a grans distàncies, sinó que cal pensar en volums petits o moderats que produeixen un benefici tangible en períodes plurianuals (Levine i Asano, 2004; Okun, 1998; Serra i Sala, 2003).

El futur de la reutilització per a les properes dècades passa per l'aparició progressiva de **xarxes municipals de subministrament** d'aigua regenerada, que serviran per atendre les demandes municipals no potables, augmentant, per tant, la garantia d'abastament, disminuint la pressió sobre els ecosistemes d'on s'extregui l'aigua potable i reduint abocaments. Tot això, considerat en conjunt, ha de comportar una eina important a

L'hora de complir la Directiva marc de la Unió Europea, que té com a objectiu final la garantia del bon estat ecològic dels diversos ecosistemes aquàtics (Poch *et al.*, 2005).

## Contaminants emergents

El que sí que sembla clar, i les tendències actuals ens ho indiquen, és que els problemes derivats tant de la contaminació d'origen industrial com agrícola aniran minvant pel fet que les regulacions existents i futures en aquests dos camps són cada cop més fortes (control dels abocaments industrials a través del PSARI, bones pràctiques agrícoles, restricció i reemplaçament de pesticides i altres productes per al control de plagues), mentre que en el món urbà, a causa principalment del creixement econòmic, el consum de productes és cada cop més elevat, i una gran quantitat de productes nous o emergents, com ara els fàrmacs o bé els productes d'ús personal, estan augmentant d'una manera molt important. Per tant, caldrà continuar fent **campanyes d'educació ambiental**, per tal de minimitzar el que s'aboca a les aigües residuals (ús responsable de medicaments...), com també tenir consciència que aquest increment en l'ús diari d'una gran varietat de productes químics ocasionarà necessàriament un augment de la despesa en el tractament d'aigües residuals i, conseqüentment, en el preu final de l'aigua (Barceló, 2004, 2005; Petrovic *et al.*, 2003).

La tecnologia més adequada per tal d'eliminar els contaminants emergents és el **MBR d'ultrafiltració**, ja que a l'augmentar el TRC, aquests són degradats més fàcilment. Tot i això, encara falta molta investigació sobre el comportament d'aquests contaminants i la seva eliminació.

### 6.1.2. Control

Per raó de la complexitat del control del procés de depuració dut a terme a les EDARs, fins i tot els sistemes més avançats de control automàtic han mostrat les seves limitacions a l'hora de fer front a situacions que requereixen informació qualitativa i raonament heurístic d'experts per a la seva resolució. Per tal de descriure aquests fenòmens qualitius, o per tal d'avaluar les circumstàncies que poden comportar un canvi a l'acció de control, es fa necessari algun tipus de representació lingüística que permeti definir els conceptes i els mètodes del raonament humà. Aquesta ha estat la raó per la qual, fins ara, operadors humans constitueixen en darrer pas en els processos de control de la planta. Si es vol millorar el comportament dels sistemes de control automàtic actuals, fa falta una nova aproximació al problema, una **aproximació multidisciplinària** que inclogui l'expertesa de diferents camps científics, i que sigui

capaç de fer front a situacions anormals en un sistema complex com aquest, proporcionant el nivell i la qualitat de control necessaris per assolir els requeriments ambientals exigits (Comas et al., 2002).

En aquest marc, el control d'una EDAR es pot millorar centrant-se en dos aspectes:

- **Potenciar la implementació** de més instrumentació, llaços de control automàtic i automatització (**ICA**) a les EDARs per tal d'aconseguir un control més constant i exhaustiu amb una major fiabilitat minimitzant així, les pertorbacions del procés i obtenir una bona qualitat de l'efluent, amb el mínim cost d'operació.
- **Afavorir l'ús** de les **TIC** (tecnologies de la informació i comunicació) per tal de millorar la gestió de les dades i informació, i molt en particular l'ús d'ordinadors i programes que permeten adquirir, modificar, entendre, integrar, raonar, guardar (aprendre) i recuperar aquesta informació per reutilitzar-la. En aquest sentit els Sistemes de Suport a la Decisió en dominis Ambientals (o EDSS de l'anglès *Environmental Decision Support Systems*) són un bon candidat per a la millora del control, doncs permeten integrar els millors algoritmes de control automàtic amb tècniques estadístiques, sistemes basats en el coneixement (per incorporar mecanismes de raonament humà i l'experiència dels experts) i tècniques d'aprenentatge automàtic a partir de bases de dades històriques (*data mining*). També es recomana la implantació del telecontrol amb el que s'aconsegueix controlar les EDARs a distància des d'un ordinador ubicat en un punt central.

Això permet conèixer el que succeeix a temps real i poder utilitzar sistemes que s'ajustin a la realitat canviant dels abocaments tot minimitzant el cost energètic, la generació de subproductes, i tenint la seguretat que els tractaments tenen un bon funcionament i l'aigua de sortida compleix els estàndards requerits (Poch *et al.*, 2005).

Pel que fa al control dels problemes operacionals relacionats amb el creixement de microorganismes, s'ha d'anar cap a la utilització de tècniques d'identificació mitjançant sondes moleculars, que ja s'utilitzen en el camp de la recerca però que hauran de ser més assequibles. Això haurà de permetre identificar molt millor els microorganismes i poder actuar d'una manera més eficaç per tal de controlar-ne el creixement (Poch *et al.*, 2005).

La modelització seria una altra bona eina de gestió del procés. Si es disposa de models fiables i robustos és possible avaluar d'una manera ràpida l'efecte de diferents alternatives d'operació. A més, incorporar a aquestes eines l'experiència dels operaris de les instal·lacions, permet aconseguir productes que s'ajusten millor a les percepcions i reaccions humanes (Poch *et al.*, 2005; Fiter, 2006).

### 6.1.3. Disseny i emplaçament

El correcte dimensionament de la planta evita possibles problemes operacionals, per tant, s'ha de fer un estudi sobre la mida de la població servida, les indústries presents, el tipus de contaminació i les oscil·lacions de càrrega i cabal.

Una vegada dimensionada l'estructura, cal fer una **bona distribució de les diferents parts** tenint en compte l'ordre del tractament i posant més a prop de la central aquells processos que poden generar més problemes per facilitar l'accés.

Un altre factor que s'ha de tenir en compte és l'**orografia**. Per un millor funcionament de la planta i per un estalvi energètic i d'infraestructures de bombeig, sempre s'ha d'intentar construir la planta en un terreny pla no gaire elevat on l'aigua flueixi per gravetat.

Tots aquests factors s'han de compaginar amb la minimització de l'impacte visual que es comenta posteriorment.

### 6.1.4. Formació i capacitat

Degut a les mancances observades, es proposa un **curs per l'encarregat/operaris** i un altre pels **caps de planta**.

Els cursos dedicats als encarregats i/o operaris han de tenir un contingut propi d'una formació especialitzada i d'aprofundiment; s'han de basar en un temari concret i concís adaptat a la depuradora on treballen per tal d'assolir uns coneixements bàsics que permetin millorar l'eficiència del treball realitzat i, a la vegada, entendre el que es fa en cada moment. Per facilitar l'aprenentatge i interferir el mínim possible en la feina, el curs es podria fer via Internet.

En canvi, en el cas del cap de planta el curs ha de ser d'àmbit general per poder adquirir uns coneixements globals, però amb el contingut propi d'una formació especialitzada i d'aprofundiment per no deixar de banda les seves instal·lacions. És important que



coneguin els processos que es porten a terme en els diferents tractaments per tal de solucionar possibles problemes operacionals i de qualitat de l'aigua de l'efluent.

Més enllà d'iniciatives de finalitats estrictament formatives, cal impulsar l'**intercanvi d'experiències de tots els interlocutors possibles** (administracions, empreses, assistències i consultores, centres de recerca...) mitjançant jornades tècniques, com ha succeït amb les dues jornades celebrades fins ara els anys 2003 i 2005, i la millora del contacte amb la comunitat universitària que generaria fluxos d'informació potenciant el reciclatge formatiu per part de la plantilla. Una formació més constant comportaria un afany de superació que possiblement ajudaria a renovar i innovar sobre la situació actual de la depuració d'aigües residuals.

## 6.2. ASPECTES ECONÒMICS I ADMINISTRATIUS

Per molt que es solucionin els problemes operacionals que produeixen un augment de costos, les propostes plantejades sempre suposaran un elevat cost econòmic degut a la seva complexitat. Tot i així, sempre convé realitzar un balanç complet que inclogui els diferents costos associats a la implementació, operació i manteniment. Per exemple, una menor producció de fangs comporta un menor cost i temps invertits en la seva gestió, o la major qualitat de l'aigua evita el pagament de multes per superar el límit d'emissió.

El paper de l'administració de l'aigua podria i hauria de ser molt important, si més no per identificar les necessitats i per prioritzar i impulsar les iniciatives corresponents.

### 6.2.1. Inversió

A la diagnosi s'ha arribat a la conclusió que falta inversió econòmica en l'àmbit de la depuració, però com es pot solucionar?

L'ACA, mitjançant la nova Directiva Marc de l'Aigua, introdueix el concepte de plena recuperació i **internalització dels costos** derivats dels serveis relacionats amb l'ús de l'aigua i del manteniment sostenible del bon estat dels ecosistemes associats. El cost de l'ús de l'aigua i de l'espai fluvial, de manera sostenible, ha de repercutir sobre el beneficiari o titular de l'activitat que genera el cost.

Això s'aconsegueix mitjançant l'aplicació de fórmules de l'anomenada **fiscalitat ambiental**. Quan es parla de fiscalitat ambiental es fa referència a la utilització del

sistema fiscal per incentivar canvis de comportament. Es pot fer tant creant noves figures impositives, és a dir, fer pagar per coses que fins aleshores no es pagaven, o bé reformant determinades figures tributàries ja existents perquè donin senyals en el sentit d'incentivar uns comportaments i desincentivar-ne d'altres. En aquest sentit, cal buscar les fórmules adients per tal que la pressió recaigui no sobre el consumidor final, sinó sobre els guanys d'aquelles activitats que es beneficien d'una activitat molesta o perjudicial per al medi ambient (Roca, 2003).

Aquestes fórmules han d'anar acompanyades de mesures finalistes que garanteixin que la recaptació d'aquestes taxes i impostos anirà destinada al foment d'activitats més sostenibles, ja sigui mitjançant la reinversió en el mateix sector afectat, o la incentivació d'altres activitats alternatives.

Aquestes mesures encara no han estat gaire desenvolupades al nostre país, generalment per por d'un increment de la pressió fiscal sobre el consumidor final de béns i serveis, però també per la mala premsa de la creació de noves taxes i impostos. Val a dir, però, que algunes iniciatives, com ara el cànon de residus o la progressivitat de residus o del rebut de l'aigua, amb pocs anys d'aplicació a Catalunya ja s'han mostrat efectives en el compliment de l'objectiu final.

Perquè aquest concepte sigui acceptat, s'hauria de fer una bona planificació que consti d'una campanya de sensibilització i d'intentar buscar la manera de premiar el bon ús de l'aigua.

### 6.2.2. Explotació

En la diagnosi s'ha exposat que l'explotació es pot dur a terme de dues maneres diferents i que les administracions actants estan a diferents nivells.

Si l'Administració actant fos en tots els casos una entitat local, la gestió seria més eficient, ja que la **descentralització** comporta l'explotació per part d'una entitat més propera que té més coneixement del seu entorn i de les necessitats requerides.

Cal reconsiderar la conveniència que cada EDAR disposi de la seva corresponent **autorització d'abocament** (Llei d'aigües) on es fixin els límits de tots els paràmetres rellevants per a cada sistema de sanejament. D'aquesta manera, es responsabilitzaria cada administració actant del bon funcionament del sistema, s'exerciria un control

màxim de les indústries que hi aboquen i s'aconseguiria una millor protecció del medi receptor (Poch *et al.*, 2005).

### 6.3. ASPECTES SOCIALS

Seguint l'esquema de la diagnosi es proposen millores per les males olors, l'impacte visual i la percepció social.

#### 6.3.1. Males olors

Per tal d'evitar les males olors i a la vegada aconseguir una major acceptació social, la proposta contempla el **recobriment de les instal·lacions**.

D'aquesta manera també s'evitarien les emissions de gasos tòxics a l'atmosfera que serien tractats i en alguns casos, si fos possible, reutilitzats. Aquest és el cas del biogàs, considerat com el conjunt de gasos compost per metà ( $\text{CH}_4$ ), diòxid de carboni ( $\text{CO}_2$ ) i algunes traces d'altres elements contaminants. Mitjançant una instal·lació de cogeneració es podria aprofitar el biogàs per cobrir la totalitat o gran part de l'energia necessitada en una planta depuradora.

#### 6.3.2. Impacte visual

La construcció d'una planta depuradora comporta la utilització d'un espai extens a les afores del nucli urbà, moltes vegades obrint-se pas a camps i boscos. Per tal de pal·liar l'impacte visual que provoca la presència d'aquesta estructura arquitectònica en un entorn com és l'agrícola, s'ha de portar a terme una **integració paisatgística**. Per aconseguir-ho s'ha de triar acuradament l'emplaçament de la infraestructura, estudiar detingudament la visibilitat per tal d'amagar la infraestructura als que no en són usuaris i integrar l'obra en l'ambient autòcton.

Quan es construeix una depuradora s'ha d'intentar situar-la el més allunyat possible del nucli urbà evitant, però, zones més sensibles. Per assegurar la continuïtat del paisatge s'han de deixar 15m de separació entre el terreny de la depuradora i el camp contigu. Aquesta distància pot servir per a la plantació de diverses línies de pollancre que actuïn com a tallavents, impeding la sortida directa de males olors, ja que l'aire tendirà a ascendir diluint-les en alçada.

Tot i així, seria bo fer **dues entrades diferents**: una via d'accés per als visitants i treballadors que passi per davant de l'estació depuradora on s'han fet les plantacions d'arbres, i una pels camions transportadors de fang que vagi per darrera de la planta per disminuir la influència de les olors a la gent.

Per tal de disminuir l'impacte visual en alçada es porta a terme la plantació d'arbres que poden sobrepassar els edificis més alts de la estació depuradora. Les espècies que s'han de plantar han de ser de fulla persistent per tal d'evitar la caiguda massiva en èpoques de sequera. Com que són espècies de creixement lent, és recomanable la plantació alhora d'espècies de creixement més ràpid, ja que quan aquestes hagin envellit, les de fulla persistent assoliran l'alçada necessària.

El cobriment de la superfície de la depuradora amb herba autòctona o graves verdes juntament amb la mesura exposada anteriorment proporcionaria una visió de zona verda homogènia, tant en alçada com des de qualsevol via de pas. S'ha de tenir en compte que l'herba ha de ser d'una espècie que no necessiti massa aigua i que vagi en consonància amb els camps de conreu que envolten el terreny.



Figura 9. Rendel de vista exterior de la proposta d'integració paisatgística de la nova depuradora de Perpignan.

Per tal de pal·liar l'impacte visual que produeixen les reixes de tancament de la depuradora, es proposen diverses línies d'arbres (Figura 9) distribuïdes en la zona de transició entre els terrenys contigus i l'EDAR. El sistema de reixes quedaria camuflat entre el brancatge dels arbres. Dins la instal·lació la plantació d'una línia d'arbusts (aromàtics si s'escau) també disminuiria l'impacte visual sobre els treballadors.

Per tant, sempre s'ha d'intentar **evitar l'apantallament**, el qual l'única funció que té és impedir que el vianant pugui veure el que hi ha a l'altra banda de la plantació; adaptar l'estructura al tarannà del seu voltant (Figura 10) i plantar espècies autòctones.



Figura 10. Rendel de vista aèria de la proposta d'integració paisatgística de la nova depuradora de Perpignan.

### 6.3.3. Percepció social

És d'important rellevància que la societat per a la qual es realitza una actuació de millora de qualitat de vida doni a conèixer si realment creu que ha estat una millora i no un inconvenient.

La forma en la que els ciutadans perceben els temes referents al medi ambient, i els residus en particular, hauria de suposar un dels principals punts de partida a l'hora de planificar qualsevol intervenció educativa en aquest camp.

Hi ha una certa incertesa sobre la visió de la societat global enfront les EDARs, encara que és bastant comú sentir opinions negatives sobre les instal·lacions, sobretot per part de la població de les zones properes.

Per a indagar sobre aquest aspecte seria interessant fer estudis sociològics mitjançant enquestes, organitzant grups de discussió amb el veïnatge i aprofitant també la situació per a promoure la nova cultura de l'aigua, donar a conèixer realment el funcionament d'una instal·lació d'una EDAR i deixar ben clar quins són els seus límits d'admissió. Cal la participació de tothom per a millorar la qualitat de les aigües i això es pot aconseguir mitjançant la **divulgació educativa fomentada en la sensibilització i la participació.**