

Rendiment, eficiència i ajust en la dosificació de nitrat càlcic en el tractament d'aigües residuals

Treball Final de Grau

Alexandre González Castro

Dirigit per:

Sra. Maria Pignatelli Garrigós

Grau de Química



UTE-EDAR Torredembarra

Torredembarra 2017

Índex

Índex de figures.....	5
Índex de taules.....	6
Objectiu.....	8
Introducció.....	9
Aigües residuals.....	9
EBAR i EDAR.....	9
Contextualització de la zona d'estudi. UTE-EDAR Torredembarra.....	10
Línia d'aigua.....	11
Línia de fang.....	12
Sulfur d'hidrogen.....	13
Efectes del sulfur d'hidrogen.....	13
Metodologia.....	15
Presa de mostra.....	15
Paràmetres a analitzar.....	15
Nitrats.....	15
Fòsfor.....	16
Nitrogen total.....	16
Amoni.....	16
Sulfats.....	17
DQO.....	17
pH.....	17
H ₂ S.....	17
Instrumentació.....	18
Espectrofotòmetre.....	18
pH-metre.....	18
Dräger.....	19
Dosificació de Nutriox®.....	19
Resultats i discussió.....	20
Sense dosificació de Nutriox®.....	20
Ajust en la dosificació de Nutriox®.....	21
Dosificació a EBAR Ponent.....	22
Dosificació a EBAR General.....	22
Dosificació de Nutriox® a Ponent i General.....	22
Dosificació de Nutriox® a Ponent.....	24

Conclusions.....	27
Reducció de la generació d'H ₂ S amb l'adició de Nutriox®	27
Adequació ambiental de l'adició de Nutriox®.....	27
Accions i propostes de millora.....	28
Estudi econòmic.....	29
Glossari de termes	30
Referències	31

Índex de figures

Figura 1. Sistema de sanejament i col·lector de Torredembarra.....	10
Figura 2. Esquema de l'EDAR Torredembarra.....	12
Figura 3. Espectrofotòmetre.....	18
Figura 4. pH-metre.....	18
Figura 5. Dräger.....	19
Figura 6. Esquema dosificadors Nutriox ®.....	19
Figura 7. Concentracions H ₂ S a l'EDAR sense dosificació.....	20
Figura 8. Concentracions H ₂ S a les EBAR sense dosificació.....	21
Figura 9. Concentracions H ₂ S a l'EDAR amb dosificació a Ponent i General.....	23
Figura 10. Concentracions H ₂ S a les EBAR amb dosificació a Ponent i General.....	23
Figura 11. Concentracions H ₂ S a l'EDAR amb dosificació a Ponent.....	25
Figura 12. Concentracions H ₂ S a les EBAR amb dosificació a Ponent.....	25

Índex de taules

Taula 1. Límits d'emissions per EDAR en poblacions de menys de 10.000 habitants.....	10
Taula 2. Paràmetres de control sense dosificació.....	21
Taula 3. Concentracions H ₂ S sense dosificació.....	21
Taula 4. Paràmetres de control amb dosificació a Ponent i a General.....	24
Taula 5. Concentracions H ₂ S amb dosificació a Ponent i a General.....	24
Taula 6. Paràmetres de control amb dosificació a Ponent.....	26
Taula 7. Concentracions H ₂ S amb dosificació a Ponent.....	26
Taula 8. Dosificació de Nutriox ® durant l'any 2016.....	29
Taula 9. Dossificacions recomanades de Nutriox ®.....	29
Taula 10. Estudi econòmic de la dosificació de Nutriox ®.....	29

Objectiu

L'objectiu d'aquest projecte recau en la dosificació de la solució de nitrat càlcic comercial (*Nutriox*®) en la xarxa de sanejament de Torredembarra per tal de reduir la generació d'H₂S.

La xarxa de sanejament de Torredembarra consta de dues parts, els col·lectors i EBAR i l'EDAR.

A les EBAR i col·lectors és on es genera la major quantitat d'H₂S degut a que aquets es troben majoritàriament en condicions anaeròbies, fomentant així l'activitat de les SRB.

En els col·lectors les activitats que realitzen els operaris no consta de grans intervals de temps, degut a que les seves tasques es limiten a l'anotació de les lectures de l'instrumental que componen les estacions de bombeig d'aigües residuals (EBAR). És per això que l'objectiu, en aquestes instal·lacions, es que les concentracions d'H₂S no superin els 10ppm, que és el límit per les exposicions a curta durada.

A l'estació depuradora d'aigües residuals hi ha dos zones on es genera principalment l'H₂S, ja sigui pels procediments biològics que hi tenen lloc o per les condicions físiques. Aquestes dues parts són l'edifici de pretractament i els decantadors primaris.

A la sala de pretractament els operaris, depenent de les tasques que els hi correspongui, poden estar-hi durant llargs intervals de temps, és per això que l'objectiu, en aquesta zona, és que la concentració d'H₂S no excedeixi els 5ppm, que és el límit per a les exposicions de llarga durada.

Mentrestant, als decantadors primaris, hi tenen lloc processos bioquímics que es troben involucrats en la generació d'H₂S. Els treballs que hi realitzen els operaris són, com en el cas dels col·lectors, de curta durada, és per això que l'objectiu és que les concentracions no superin els 10ppm.

La reducció dels nivells de concentració d'H₂S, tant a les EBAR com a l'EDAR, es durà a terme amb la dosificació del *Nutriox*®, una solució comercial de nitrat càlcic concentrat al 8% que s'adquireix al distribuïdor Yara S.A.

El *Nutriox* ha demostrat ser un producte eficaç tant per a la reducció del H₂S generat com per a l'eliminació del H₂S un cop produït en altres instal·lacions com, per exemple, a l'EDAR de Guadalete (Càdis) o a la xarxa de sanejament de Peñíscola.

Introducció

Aigües residuals

Des de l'inici de la vida, l'aigua ha esdevingut un recurs fonamental degut a la seva importància biològica per qualsevol ésser viu. És per això que, aquesta, ha esdevingut un recurs molt preuat i, en moltes ocasions, de difícil obtenció. A causa d'això, la recerca d'aigua ha esdevingut un afer de primera necessitat degut a l'augment de la demanda d'aquest preuat bé. L'aigua és un recurs indispensable per a la vida. Aquesta l'obtenim de la natura, on es troba neta per a la seva utilització i, posteriorment, és contaminada per l'acció humana.

Com a primera norma de la sostenibilitat, tenim el reciclatge dels recursos i, com a tal, l'aigua també pot ésser reciclada per a la seva reutilització.

Les aigües residuals són aquelles que han sigut utilitzades i que les tenim com a aigües de rebuig. Aquestes poden ser reutilitzades a partir de una sèrie de tractaments, ja siguin físics, químics o biològics per tal d'eliminar la matèria orgànica, els sòlids en suspensió i els microorganismes que poden causar malalties als éssers humans. Aquestes tornen a ser aptes pel consum o per a la seva emissió al medi sense provocar l'alteració dels ecosistemes on es dipositen aquestes aigües tractades.

La reutilització de l'aigua està esdevenint una gran necessitat per a la societat degut a la sobrepoblació i, en conseqüència, a l'augment de la demanda d'aigua per als diferents usos. És per això que és necessari el reciclatge d'aquest bé tan preuat.

El sanejament de les aigües és un procés clau per garantir la qualitat de l'aigua i, per tant, la salut de les persones i la preservació del medi. D'aquí la importància de retornar al medi l'aigua que hem utilitzat en condicions òptimes. Segons la normativa vigent, l'evacuació i tractament de les aigües residuals és una competència pròpia dels municipis.

EBAR i EDAR

Les estacions depuradores d'aigües residuals són les infraestructures que permeten la reutilització de les aigües residuals. Les EDAR, són plantes de tractament per a depurar les aigües residuals, per a que aquestes puguin ser enviades al medi sense que suposi modificacions per a l'ecosistema sobre el que s'aboquen.

Els nutrients més significatius dels que es troben presents a les aigües residuals són el nitrogen i el fòsfor. Aquests nutrients són essencials per a tots els organismes vius, ja que formen part de manera fonamental de proteïnes i d'aminoàcids. Aquestes nutrients a eliminar a les EBAR provenen, en major part, de la descomposició de la matèria orgànica, per abocaments industrials i per l'ús de fertilitzants i pesticides.

Línia d'aigua

La línia d'aigua a l'UTE-EDAR Torredembarra inclou una zona de pretractament, dos reactors biològics i dos decantadors secundaris. Gràcies a aquests processos, que es comentaran a continuació, es redueix la càrrega contaminant de l'aigua i, aquesta, s'aboca al medi.

Pretractament

L'aigua residual que entra a l'EDAR passa per uns filtres de reixes per tal d'eliminar els sòlids més voluminosos que l'aigua ha anat arrossegant, com pedres, branques, fulles, etc. per tal d'evitar obstruccions i possibles averies a les bombes o a les vàlvules que hi ha al llarg del procés.

Posteriorment, l'aigua passa per un canal dessorrador-desgreixador per tal de poder separar les sorres dels greixos i, amb injecció d'aire per la part inferior del tanc, es retiren els olis i els greixos que quedaran surant.

Per últim, l'aigua passa als decantadors primaris, on estant l'aigua en repòs, les sorres acaben precipitant, produint una separació de les fases sòlida i aquosa.

Reactor biològic

El reactor biològic té com a objectiu fonamental eliminar la matèria orgànica per l'acció de microorganismes.

El procés que es segueix a l'UTE-EDAR Torredembarra és coneix com a fangs actius, ja que conté un cultiu bacterià que es troba en suspensió en forma de fangs. Per tal de que aquest microorganismes puguin desenvolupar la seva tasca de degradació de la matèria orgànica, es subministra oxigen al reactor, donant lloc a un procés aerobi.

És en aquest punt del tractament de les aigües on es produeix la major part de la depuració de les aigües, on s'eliminen nitrogen i fòsfor, nutrients essencials per a la vida dels microorganismes encarregats de degradar la matèria orgànica present a les aigües residuals.

El nitrogen present a les aigües residuals que arriben a l'EDAR prové principalment d'aigües de rebuig d'us domèstic i agrícola. Aquest es troba en forma de nitrogen orgànic (aminoàcids, urea...), nitrogen inorgànic (nitrits i nitrats) i nitrogen amoniacal. L'eliminació del nitrogen es duu a terme per procés de nitrificació i posterior desnitrificació.

La presència del fòsfor, en canvi, no es pot reduir a només dos usos, ja que les fonts de fòsfor poden ser molt diverses, ja sigui per residus domèstics, industrials o solucions aquoses.

Decantació secundària

L'aigua de sortida del reactor és aigua depurada amb els fangs activats en suspensió. La funció del decantador secundari és, mitjançant el repòs de l'aigua,

deixar precipitar els fangs secundaris per tal de poder obtenir a la part superior del decantador l'aigua depurada.

Línia de fang

La línia de fang a l'UTE-EDAR Torredembarra inclou un espessidor i una zona de deshidratació mitjançant dues centrífugues.

Una part del fang activat es recircula al reactor biològic per tal d'assegurar una correcta càrrega de microorganismes al reactor i, una altra part, es porta al espessidor.

Espessit

El fang conté una quantitat d'aigua important. La funció de l'espessidor és separar totes dues fases –aquosa i sòlida- per tal de reduir el volum de fang a tractar.

Deshidratació

Aquest procés es realitza per dos motius principalment i, tos dos, són motius econòmics. El primer motiu és que la manipulació del fang és molt més senzilla en estat sòlid que en estat líquid i, segon, en reduir el volum del fang el seu transport és més econòmic.

La deshidratació del fang es fa mitjançant la centrifugació del fang amb l'adició d'un reactiu químic, el polielectròlit, que actua com a coagulant de les partícules en suspensió.

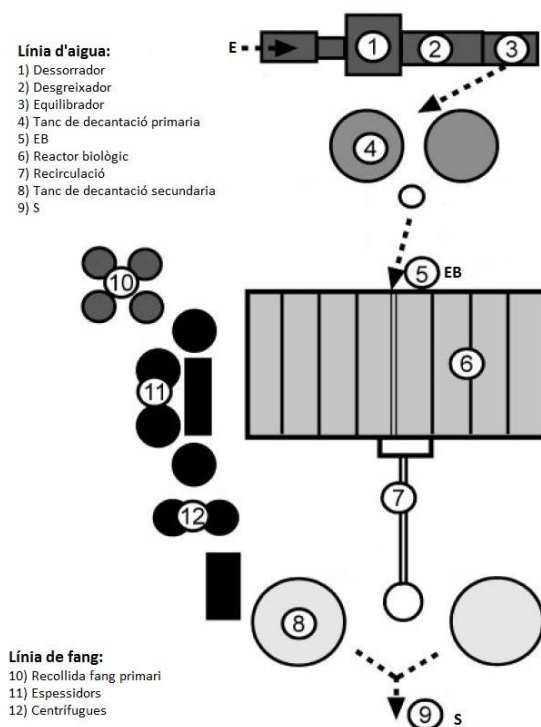


Figura 2

Sulfur d'hidrogen

El sulfur d'hidrogen és un gas tòxic que pot provocar la mort en elevades concentracions dels essers humans. Tot i ser un gas que es pot detectar a baixes concentracions per part dels humans, a partir dels 40ppm es perd la capacitat olfactiva, fet que el converteix en un gas més perillós encara ja que no pot ser detectat pels humans en concentracions letals.

En condicions anaeròbies, els microorganismes presents en les aigües residuals no disposen d'oxigen dissolt per al seu metabolisme, afavorint el desenvolupament de les bacteries sulfatoreductores (SRB). Aquestes bacteries utilitzen els anions sulfat -ió abundant en les aigües residuals- com a font d'oxigen per al seu desenvolupament, generant H₂S.

L'emissió de sulfhídric es pot donar en aquells punts que produeixin descàrregues a nivells inferiors, com és el cas de l'entrada a les EBAR, alliberant el H₂S que l'aigua residual té dissolt.

També pot generar-se H₂S al decantador primari, ja que s'hi treballa en condicions anaeròbies i l'aigua residual s'hi queda durant llargs períodes de temps.

Les aigües residuals d'origen domèstic contenen habitualment sofre orgànic (derivats principalment de matèria proteica [3-6ppm] i sofre producte dels detergents [4-8ppm]) i sofre inorgànic (en forma de sulfats [30-160ppm] que provenen de les infiltracions o vessaments industrials i, en menor mesura, de la hidròlisi dels aminoàcids amb sofre.

Efectes del sulfur d'hidrogen

Toxicitat

La seva elevada toxicitat és la responsable d'un gran nombre d'accidents laborals en espais confinats.

Aquest gas té un comportament diferent en funció de les concentracions en que es trobi. Generalment, es pot detectar aquest gas a concentracions molt baixes a l'aire [0,0005-0,3ppm] per l'olor. No obstant, per damunt de 40ppm es perd la capacitat d'olorar-lo, fent d'ell un gas extremadament perillós.

El Valor Límit Ambiental per a exposició diària (VLA-ED) és el valor de referència per a l'exposició diària en el que, segons els coneixements actuals, els treballadors poden estar exposats 8h al dia durant 40h a la setmana al llarg de tota la vida laboral, sense patir efectes adversos per a la salut.

El Valor Límit Ambiental per a curta exposició (VLA-EC), és el valor de referència per a l'exposició durant un període màxim de 15 minuts.

Els valors de referència per a l'exposició diària (VLA-ED) i exposició a curta durada (VLA-EC) son 5 i 10ppm respectivament, indicat als límits d'exposició professional per a agents químics adoptat per l'institut nacional de seguretat e higiene al treball per a l'any 2012.

Corrosió

Deteriorament de les instal·lacions per l'acció corrosiva del H₂S que ataca el formigó en oxidar-se a àcid sulfúric.

El control de la corrosió és un factor fonamental per a obtenir una bona conservació, ja que representa un dels principals costos d'operació i manteniment en sistemes d'emmagatzematge i transport de l'aigua residual. S'estima que el 40% de tota la corrosió produïda per l'aigua residual pot ser atribuïda a les SRB.

Olor

És el compost olorífic més important de les aigües residuals.

El mal olor comporta queixes dels veïns de les instal·lacions, generant una publicitat negativa envers aquestes instal·lacions.

Metodologia

A la part experimental es mostrarà els anàlisi de la línia d'aigües, ja que és on es genera, de forma majoritària, l'H₂S del sistema de sanejament de les aigües.

Presa de mostra

A l'EDAR de Torredembarra arriben les aigües impulsades per cinc EBAR: Costa Daurada, Barà, Ponent, Creixell i General –ordenats de nord a sud-. Els tres primers col·lectors són a l'aire lliure i, per tant, no tenen concentracions d'H₂S més elevades que 5ppm degut a la ventilació de les instal·lacions. L'EBAR de Creixell té concentracions d'H₂S elevades donat a que precedides a l'arribada a aquest bombeig, l'aigua experimenta un salt de nivell superior a 1,5m, per la qual cosa l'H₂S que es troba dissolt a l'aigua s'allibera al medi, augmentant així de forma molt marcada la concentració a l'aire respecte les altres EBAR. A més, cal remarcar que l'EBAR de Creixell es troba a escassos 20m d'un càmping, per la qual cosa, l'acumulació d'H₂S és un problema envers els veïns.

L'EBAR General, tot i ser tancada i, per tant, permetre una acumulació de H₂S gas, està allunyada de nuclis urbans i, a més, permet una bona ventilació quan s'hi realitzen treballs de manteniment, per la qual cosa no es un problema les acumulacions d'H₂S, ja que en qüestió de 2-3 minuts, els nivells d'aquest gas han disminuït a valors inferiors a 3ppm.

Les mostres s'agafen a tres EBAR, Costa Daurada, Ponent i General. El motiu és per la facilitat d'accés a la mostra, donat que a les EBAR de Barà i Creixell es requereix un operari i, per tant, les mostres jo no les puc agafar, requerint un operari que no sempre disposaria de temps. A més, també agafem mostres a l'entrada de l'EDAR, a la sortida del decantador primari i a la sortida de l'EDAR.

Paràmetres a analitzar

Nitrats

La determinació de nitrats es fa mitjançant un kit de Hach per anàlisi de N-NO₃ (LCK 339) que inclou un vial amb una solució composta per:

- H₂SO₄ 60% i H₃PO₄ 30%: per a mantenir un medi àcid

S'introdueix 1mL de mostra al vial i, posteriorment, 0.2mL de 2-dimetilfenol. Després d'agitació, es deixa reposar 15 minuts i es mesura la mostra a l'espectrofotòmetre amb $\lambda=345\text{nm}$.

Els ions nitrat reaccionen amb el 2-dimetilfenol en presència d'H₂SO₄ i H₃PO₄ per a formar 4-nitro-2,6-dimetilfenol, que té una coloració verdosa, és per això que podem fer la mesura a l'espectrofotòmetre.

Cal tenir en compte, però, que l'espectrofotòmetre ens dona la lectura en ppm de N-NO₃, és per això que, per tal d'obtenir el resultat en ppm de NO₃⁻, cal realitzar el càlcul de l'equació 1.

$$\text{ppm } N - NO_3^- \times \frac{1g N - NO_3^-}{1.000mg N - NO_3^-} \times \frac{1mol N - NO_3^-}{14.08g N - NO_3^-} \times \frac{1mol NO_3^-}{1mol N - NO_3^-} \times \frac{62.06g NO_3^-}{1mol NO_3^-} \times \frac{1.000mg NO_3^-}{1g NO_3^-}$$

Equació 1

Fòsfor

La determinació de fòsfor es fa mitjançant un kit de Hach per anàlisi de P-PO₄³⁻ (LCK 350 per a les mostres d'entrada i col·lectors i LCK 348 per a les mostres de sortida).

El kit de Hach per anàlisi de fosfats inclou un vial amb H₂SO₄ i H₃PO₄ diluït, al que s'addiciona Na₂S₂O₈, NaBO₂ i Li₂SO₄. S'agita durant 10 minuts i, a continuació, es fa la mesura.

S'introdueixen 0.4mL de mostra al vial i, després d'agitació, es porta a una temperatura de 100°C durant un període d'una hora.

Després d'escalfar-se, es deixa refredar a temperatura ambient, s'addiciona 0.5mL d'una solució d'H₂SO₄ 60% i una pastilla amb K₂S₂O₈, NaBO₂ i Li₂SO₄.

Després d'agitació durant 10 minuts es mesura la mostra a l'espectrofotòmetre amb λ=890nm.

Cal tenir en compte, però, que l'espectrofotòmetre ens dona la lectura en ppm de P-PO₄³⁻, és per això que, per tal d'obtenir el resultat en ppm de PO₄³⁻, cal realitzar el càlcul de l'equació 2.

$$\text{ppm } P - PO_4^{3-} \times \frac{1g P - PO_4^{3-}}{1.000mg P - PO_4^{3-}} \times \frac{1mol P - PO_4^{3-}}{30.97g P - PO_4^{3-}} \times \frac{1mol PO_4^{3-}}{1mol P - PO_4^{3-}} \times \frac{94.95g PO_4^{3-}}{1mol PO_4^{3-}} \times \frac{1.000mg PO_4^{3-}}{1g PO_4^{3-}}$$

Equació 2

Nitrogen total

La determinació del nitrogen total es fa mitjançant un kit de Hach per anàlisi de N_T (LCK 339).

S'introdueixen 0.5mL de mostra, 2mL de solució NaOH i una pastilla de K₂S₂O₈ a un vial i es porta a escalfar a 100°C durant una hora per tal d'oxidar a nitrat tant el nitrogen orgànic com l'inorgànic que es troba present a la mostra. Després es fa el mateix tractament que a l'anàlisi de nitrats i es mesura la mostra a l'espectrofotòmetre amb una λ=345nm.

En aquest cas, l'espectrofotòmetre ens dona la lectura en ppm del nitrogen total que hi ha a la mostra.

Amoni

La determinació d'amoni es fa mitjançant un kit de Hach per anàlisi de N-NH₄⁺ (LCK 303) que inclou un vial amb una solució composta per:

- NaOH: per a mantenir un medi bàsic
- Na₂C₅N₆OFe · 2 H₂O: catalitzador
- Na₂C₃N₃O₃Cl · 2H₂O: per a reaccionar amb l'amoni

S'introdueixen 0.2mL de mostra al vial. Després d'agitació, es deixa reposar 15 minuts i es mesura la mostra a l'espectrofotòmetre amb $\lambda=690\text{nm}$.

Cal tenir en compte, però, que l'espectrofotòmetre ens dona la lectura en ppm de N-NH_4^+ , és per això que, per tal d'obtenir el resultat en ppm de NH_4^+ , cal realitzar el càlcul de l'equació 3.

$$\text{ppm N-NH}_4^+ \times \frac{1\text{g N-NH}_4^+}{1.000\text{mg N-NH}_4^+} \times \frac{1\text{mol N-NH}_4^+}{14.08\text{g N-NH}_4^+} \times \frac{1\text{mol NH}_4^+}{1\text{mol N-NH}_4^+} \times \frac{18.08\text{g NH}_4^+}{1\text{mol NH}_4^+} \times \frac{1.000\text{mg NH}_4^+}{1\text{g NH}_4^+}$$

Equació 3

Sulfats

El kit de Hach per anàlisi de sulfats inclou un vial al que s'afegeix 2mL de mostra i, després d'agitació durant 1 minut, es mesura la mostra.

La determinació de sulfats es fa mitjançant un kit de Hach per anàlisi de SO_4^{2-} (LCK 353) pel mètode de sulfat de bari.

DQO

La DQO és la quantitat d'oxigen necessària per a oxidar tota la matèria orgànica que hi ha present a la mostra, en aquest cas, les aigües residuals. És un paràmetre representatiu de la quantitat de matèria orgànica que hi ha a la mostra.

La determinació de la DQO es fa mitjançant un kit de Hach per anàlisi de la DQO (LCK 514 per a les mostres d'entrada i bombejos i LCK 314 per a les mostres de sortida) que inclou un vial amb una solució composta per:

- H_2SO_4 (90%): per a mantenir un medi àcid fort
- $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$: agent oxidant
- HgSO_4 : per a evitar interferències amb els clorurs

S'introdueixen 2mL de mostra al vial i, després d'agitació, es porta a una temperatura de 148°C durant un període de dues hores.

Després d'escalfar-se, es deixa refredar a temperatura ambient i es mesura la mostra a l'espectrofotòmetre amb $\lambda=605\text{nm}$ per les mostres dels bombejos i d'entrada a planta i a $\lambda=445\text{nm}$ per a la sortida.

pH

El pH és un factor important a mesurar ja que, contra menor sigui el pH, major serà la quantitat d' H_2S dissolt que conté l'aigua i, per tant, major serà la quantitat d' H_2S que pot anar al medi.

El pH de les mostres es mesura amb un pH-metre

H_2S

Les lectures d' H_2S a l'EDAR es realitzaren cada 30 minuts, en horari entre 8:30 – 19 ja que és l'horari en el que tenia accés a la planta, excepte a les 14:30 donat que entre 14:15-14:45h es para per dinar.

En el cas de l'edifici de pretractament, el nivell d'H₂S el mostra el mediador automàtic instal·lat a l'edifici de pretractament, que dóna la lectura de forma directa i automàtica a la porta exterior del mateix, per tal de poder conèixer, sense la necessitat d'entrar al recinte, la concentració d'H₂S que hi ha al seu interior.

En el cas de la mesura d'H₂S a les EBAR, així com a l'entrada del reactor biològic, la mesura es fa mitjançant un mesurador portàtil. No obstant com a diferència, respecte als paràmetres de control, es mesura l'H₂S a les EBAR Ponent, Creixell i General, donat que les EBAR Costa Daura i Roda de Barà no tenen acumulacions d'aquest gas i les concentracions en aquestes instal·lacions mai superen els 5ppm.

Instrumentació

Espectrofotòmetre

Les mesures dels paràmetres a través dels kits de Hach es varem mesurar amb l'espectrofotòmetre portàtil DR 2800, cedit pel comercial Hach. Aquest colorímetre llegeix el codi de barres del vial del kit de Hach per tal de seleccionar, de forma automàtica, la λ d'anàlisi corresponent per a cada cubeta dels diferents reactius.



Figura 3

pH-metre

Les mesures de pH de les mostres d'aigua es realitzen amb el pH-metre multiparamètric HI9828 de la marca comercial Hanna. A més del valor del pH, era possible quantificar, al mateix moment, el ORP i la conductivitat de la mostra.



Figura 4

Dräger

Les mesures d'H₂S a les EBAR i a EB es feien mitjançant el detector portàtil Dräger X-am 2000. Aquest mesurador és capaç de mesurar H₂S i CO.



Figura 5

Dosificació de Nutriox®

A la xarxa de sanejament de Torredembarra hi ha 3 punts de dosificació de Nutriox®. Aquests punts són les EBAR Costa Daurada, Ponent i General.

En el període de realització del TFG, el dosificador de l'EBAR Costa Daurada no va entrar en funcionament per problemes mecànics, així que es va treballar amb dosificacions només a Ponent, dosificacions tant a Ponent com a General i sense dosificació.

A la figura 6 es mostra l'esquema de les EBAR del xarxa de sanejament de Torredembarra mostrant-ne, amb una estrella, els punts on hi ha dosificació de Nutriox®.

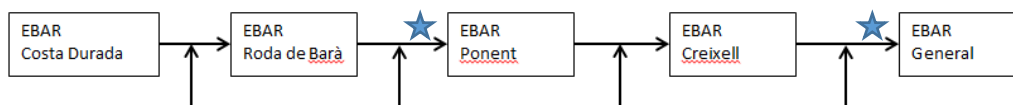


Figura 6

Resultats i discussió

Sense dosificació de Nutriox®

Durant la primera quinzena del mes de juny, es van realitzar analítiques de les aigües de les EBAR Costa Daurada, Ponent i General, així com dels punts de l'EDAR entrada, entrada al biològic i sortida, per tal de poder establir determinar els efectes de la dosificació de Nutriox®.

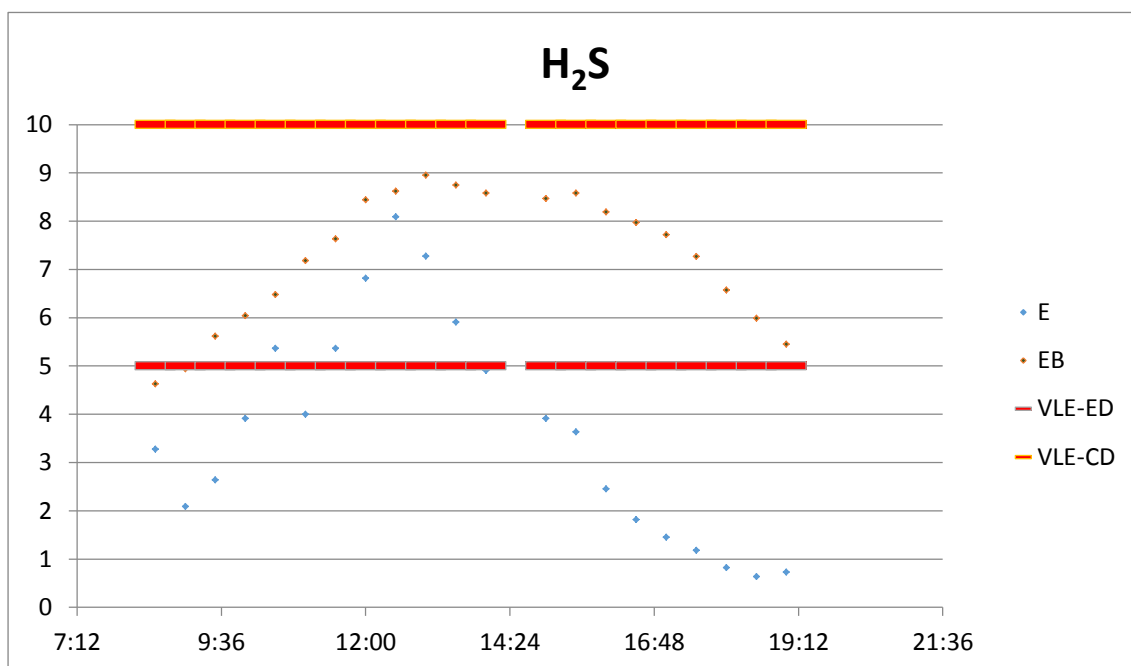


Figura 7

Com es pot observar a la figura 7, es mostra com durant el dia, quan la temperatura es major, la generació de H₂S és major, per la qual cosa serà necessari emprar una major quantitat de Nutriox® durant les hores de Sol per tal de reduir amb una major eficàcia la producció d'H₂S. Com es pot observar, durant moltes hores hi ha concentracions d'H₂S superiors al valor d'exposició a curt termini. A l'edifici de pretractament, que és on hi ha les mostres d'entrada, les tasques de manteniment desenvolupades pels operaris són accions llargues que comporten diverses hores, per la qual cosa és necessari reduir l'emissió d'H₂S en aquest punt de l'EDAR.

Per tal d'observar les concentracions de H₂S que hi ha a les EBAR, ens fixem en la figura 8, ja que mostra els valors d'H₂S en aquestes instal·lacions.

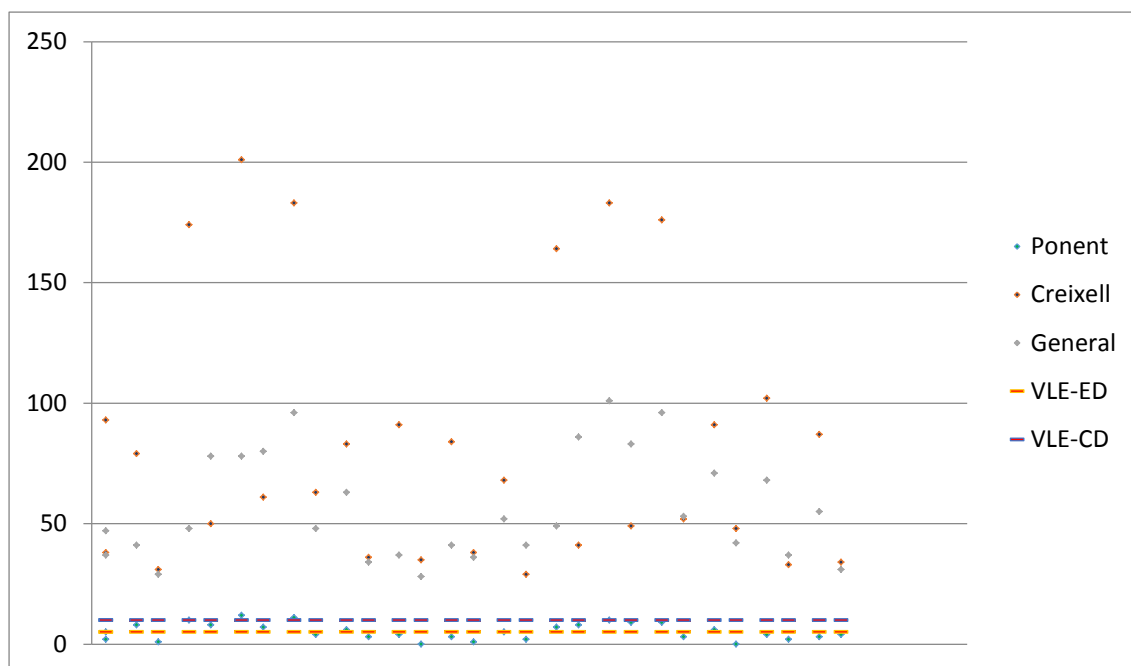


Figura 8

En aquest gràfic s'observa de forma clara com la dosificació de Nutriox[®] per tal de reduir les emissions d'H₂S a les EBAR és necessària ja que sobrepassen en més de 10 vegades en diverses ocasions el límit d'exposició permès.

A la taula 2 es troben els valors mitjans dels diferents paràmetres de control amb la seva desviació i, a la taula 3, es poden trobar les mesures d'H₂S. Les mesures de sulfhídric es poden trobar als annexos 1 i 2, mentre que la dels paràmetres de control es poden trobar a l'annex 7.

	CD		Ponent		General		E		EB		S	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
[NO ₃ ⁻]	3.2ppm	0.8	1.85ppm	0.13	3.2ppm	0.5	4.7ppm	0.5	4.1ppm	0.2	3.6ppm	0.4
[PO ₄ ³⁻]	39ppm	5	37ppm	10	42ppm	5	59ppm	7	40ppm	6	20ppm	4
[N _T]	48ppm	5	48ppm	4	49.0ppm	5.0	77ppm	7	61ppm	4	55ppm	3
[NH ₄ ⁺]	60ppm	4	51ppm	4	54ppm	3	77 ppm	5	65.2ppm	2.5	56ppm	6
[SO ₄ ²⁻]	250ppm	50	190ppm	30	210ppm	40	247ppm	40	240ppm	30	160ppm	30
DQO	670ppm	150	750ppm	100	670ppm	110	1.100ppm	400	580ppm	80	60ppm	19
pH	6.8	0.2	6.8	0.2	6.9	0.2	7.1	0.1	7.1	0.1	7.5	0.2

Taula 2

	P		C		G		E		EB		S	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
[H ₂ S]	5ppm	3	83ppm	50	56ppm	22	3.6ppm	1.4	7.2ppm	1.4	n.m	-

Taula 3

Ajust en la dosificació de Nutriox[®]

Durant la segona quinzena del mes de juny, es van anar ajustant les dosificacions a les dos EBAR en les que hi ha dosificador de Nutriox[®] per tal de poder trobar la mínima quantitat de Nutriox[®] emprat amb la major reducció possible d'H₂S generat a les instal·lacions.

Dosificació a EBAR Ponent

A l'EBAR Ponent la dosificació es duu a terme per tal de que a l'EBAR Creixell no hi hagi una concentració de gas H_2S elevada, donada que els operaris han de treballar-hi per a realitzar tasques de manteniment durant els matins i els vespres. A més, prop d'aquesta EBAR hi ha un càmping, per la qual cosa és necessari mantenir la concentració de H_2S per sota dels límits marcats per la normativa.

Es comença treballant amb dosificació només durant les hores de llum solar, en horari de 6:30 – 21:30 amb 8,5l/h. Tot i que es redueix la concentració d' H_2S produït, aquesta continua per sobre dels límits de la normativa fins que s'assoleix una dosificació de 15,5l/h en horari de llum solar (6:30-21:30) i es redueix la dosificació a 8,4l/h durant la resta del dia (21:30-6:30).

Dosificació a EBAR General

A l'EBAR General la dosificació es duu a terme per dos motius. El primer, que les instal·lacions de la pròpia EBAR no tinguin una concentració d' H_2S superior als 10ppm i, també, per a assegurar-nos que l'aigua d'entrada a planta manté una concentració d' H_2S inferior a 5ppm, donat que els treballs de manteniment dins de l'EDAR són treballs que impliquen llargs espais de temps, a diferència de les tasques de manteniment que tenen lloc als bombejos.

Es comença treballant amb dosificació només durant les hores de llum solar, en horari de 6:30 – 21:30 amb 40l/h. En aquets cas, i a diferència de l'EBAR Ponent, la concentració queda reduïda a 0ppm, així com a l'entrada de l'EDAR.

Es redueix la dosificació d' H_2S fins als 17l/h durant tot el dia, sense modificacions i els valors registrats d' H_2S estan sempre sota dels límits.

Dosificació de Nutriox® a Ponent i General

Durant la primera quinzena del mes de juliol es van realitzar les analítiques de les aigües de les EBAR Costa Daurada, Ponent i General, així com dels punts de l'EDAR entrada, entrada al biològic i sortida, per tal de quantificar els paràmetres amb la dosificació mínima de Nutriox per tal de que la generació d' H_2S no superi el límit permès, tant per a curta estància com per a llarga estància segons la normativa. Durant aquest període de temps la dosificació a Ponent va ser de 15.5l/h entre les 6:30 de la matinada i les 21:30h del vespre i de 8.4l/h entre les 21:30h del vespre i les 6:30h del matí; mentre que a General la dosificació es va mantenir constant a 17l/h.

Com es pot observar a la figura 9, es mostra que en cap moment del dia la concentració de H_2S supera el límit permès a la sala de pretractament, que es per on entra l'aigua a la planta, per la qual cosa es mostra que, efectivament, la dosificació de Nutriox® és un mètode eficient de cara a reduir de forma significativa la generació d' H_2S a les aigües residuals.

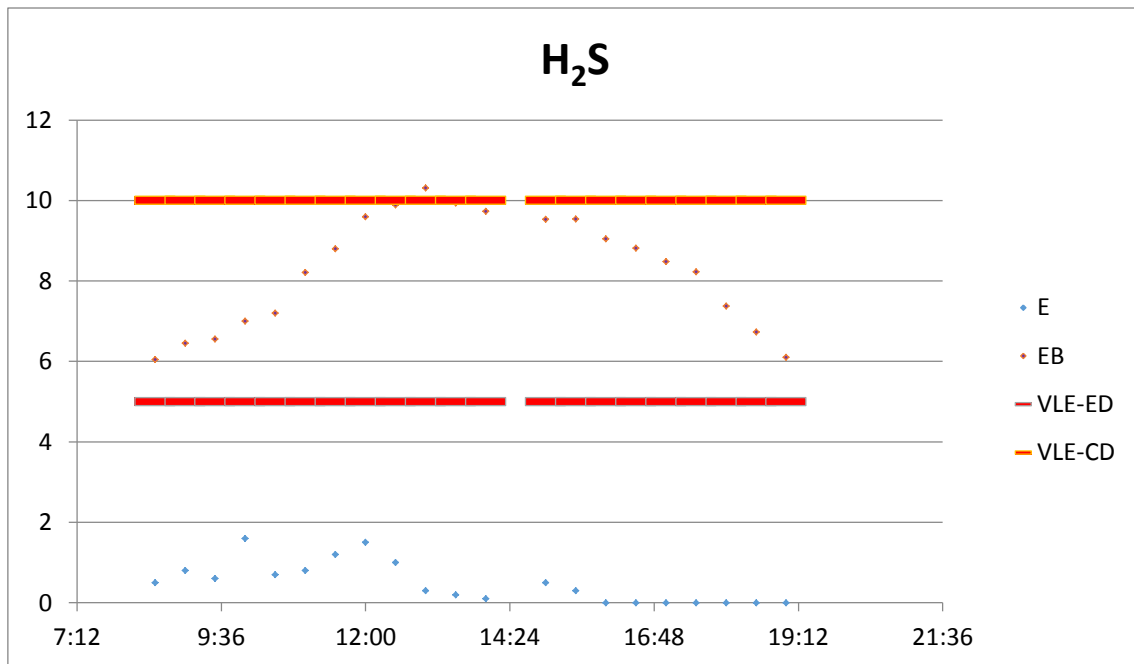


Figura 9

A la figura 9 podem observar com a la sala de pretractament les concentracions d'H₂S són mínimes, tendint a 0 durant gran part del temps, mentre que en l'EB continua estant per sobre del límit d'exposició a curta durada. No obstant, cal tenir en compte que el reactor biològic és un punt del tractament de la línia d'aigua que no es tancat, per la qual cosa, el H₂S acaba dispersat al medi i no hi ha perill per als treballadors.

Per tal de verificar que realment es produeix una reducció de les concentracions d'H₂S a les EBAR gràcies a la dosificació del nitrat càlcic, ens fixem en la figura 10, ja que mostra els valors d'H₂S en aquestes instal·lacions.

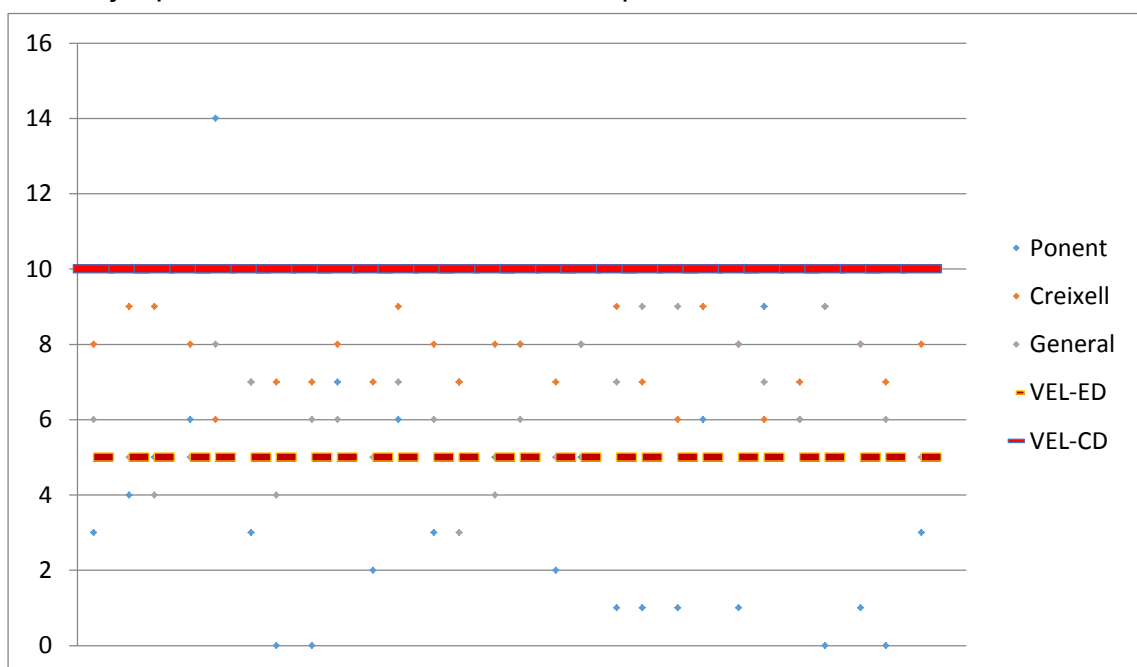


Figura 10

Amb la figura 10 podem veure com, efectivament, els nivells d'H₂S han quedar reduïts per sota del VLA-CD, per tal no hi ha perill pels treballadors que hi van a realitzar les tasques de manteniment oportunes.

A la taula 4 es mostren els valors mitjans dels paràmetres de control amb la seva desviació. Les mesures diàries d'aquets paràmetres es troben a l'annex 8.

	CD		Ponent		General		E		EB		S	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
[NO ₃ ⁻]	3.3ppm	0.8	5ppm	4	4.2ppm	1.6	3.4ppm	0.8	3.7ppm	0.9	2.7ppm	1.4
[PO ₄ ³⁻]	21ppm	4	26ppm	15	23ppm	8	24ppm	5	39ppm	6	6ppm	3
[N _T]	44ppm	8	62ppm	17	60ppm	5	57ppm	4	62ppm	7	70ppm	30
[NH ₄ ⁺]	65ppm	19	52ppm	21	62ppm	19	62ppm	10	68ppm	9	55ppm	21
[SO ₄ ²⁻]	290ppm	40	330ppm	100	280ppm	50	230ppm	60	230ppm	50	169ppm	24
DQO	550ppm	140	800ppm	400	840ppm	400	820ppm	110	730ppm	150	70ppm	40
pH	6.9	0.2	6.83ppm	0.18	6.81	0.19	7.2	0.2	7.03	0.08	7.53	0.15

Taula 4

A la taula 5 podem veure el resum de les mesures d'H₂S, és a dir, el valor mitjà i la seva desviació durant el període de temps que compren des del dia 3 de juliol fins el 17. Les mesures de sulfhídric E i EB es troben a l'annex 3, les mesures de les EBAR CD, Ponent i General es troben a l'annex 4,

	P		C		G		E		EB		S	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
[H ₂ S]	4ppm	3	8ppm	1	6.3ppm	1.9	0.5ppm	0.4	8.8ppm	2.3	n.m	-

Taula 5

Dosificació de Nutriox® a Ponent

Durant la segona quinzena del mes de juliol es van realitzar analítiques de les aigües de les EBAR Costa Daurada, Ponent i General, així com dels punts de l'EDAR E, EB i S amb dosificació a Ponent però sense dosificació a General, degut a una averia en el sistema de bombeig dels dipòsits de Nutriox® a l'EBAR General.

Com es pot observar a la figura 11, es mostra com durant les hores de més calor del dia, quan la temperatura es major, els valors d'H₂S a la sala de pre-tractament es troben entre 5 i 10 ppm, mentre que l'EB hi ha concentracions massa elevades.

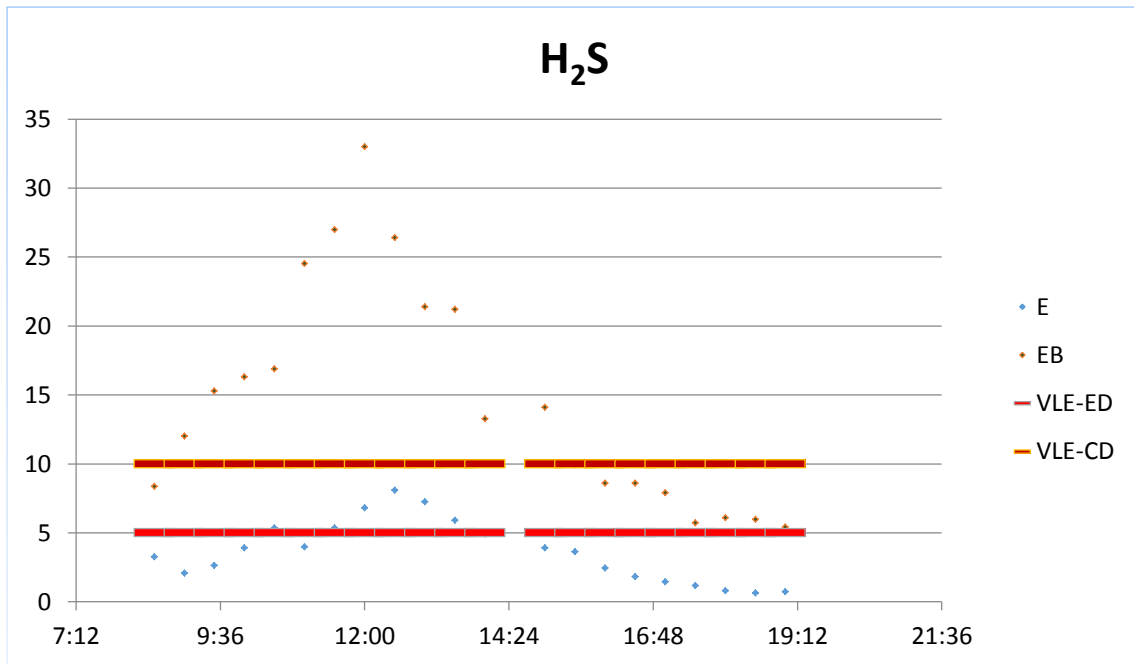


Figura 11

Per tal de visualitzar els efectes de la no dosificació de Nutriox ® a l'EBAR General, la figura 12 mostra els valors d'H₂S a les EBAR.

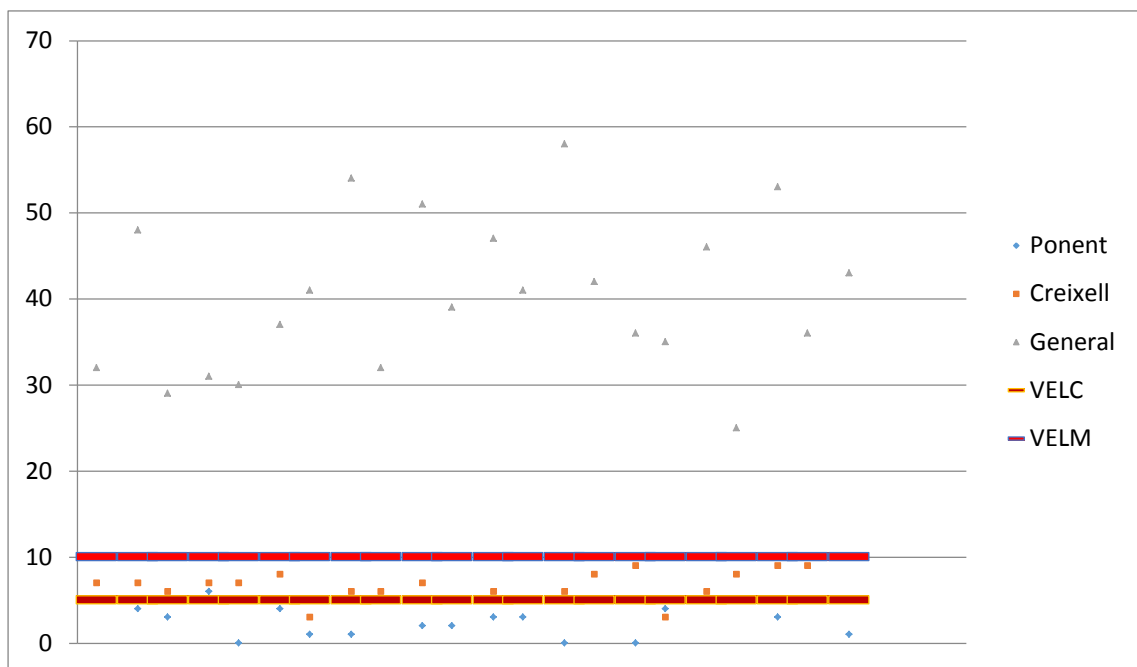


Figura 12

Amb aquestes últimes figures, es mostra com la dosificació a EBAR General és necessària, no només per tal de reduir les concentracions d'H₂S de l'EBAR, sinó també per a poder reduir les concentracions d'H₂S a l'EDAR.

A la taula 6 es mostren els valors mitjans dels paràmetres de control amb les respectives desviacions. Les mesures de sulfhídric als punts E i EB es troben a l'annex 4 mentre que les mesures a les EBAR CD, Ponent i General es troben a l'annex 5. Les mesures dels paràmetres de control les trobem a l'annex 9. A

la taula 7 es mostren els valors mitjans amb les seves respectives desviacions de les concentracions d'H₂S.

	CD		Ponent		General		E		EB		S	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
[NO ₃ ⁻]	3.4ppm	0.8	3.4ppm	1.2	4.3ppm	1.6	3.9ppm	0.9	3.5ppm	0.4	2.5ppm	1.3
[PO ₄ ³⁻]	21ppm	4	19ppm	7	23ppm	8	24ppm	4	37ppm	3	6.6ppm	1.7
[N _T]	54ppm	3	52ppm	5	62ppm	3	53.5ppm	1.9	51ppm	3	88ppm	7
[NH ₄ ⁺]	71ppm	15	55ppm	22	70ppm	22	60ppm	9	66ppm	7	64ppm	4
[SO ₄ ²⁻]	300ppm	40	300ppm	70	290ppm	50	258ppm	9	219ppm	7	190ppm	12
DQO	630ppm	170	660ppm	210	800ppm	400	650ppm	170	735ppm	170	67ppm	20
pH	6.85	0.16	6.79	0.10	6.78	0.13	7.0	0.3	6.86	0.13	6.86	0.13

Taula 6

	P		C		G		E		EB		S	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
[H ₂ S]	3.3ppm	2.4	6.7ppm	1.8	40ppm	9	7.7ppm	1.0	15ppm	4	n.m	-

Taula 7

Conclusions

Reducció de la generació d'H₂S amb l'adició de Nutriox®

L'adició de Nutriox® ha mostrat ser un mètode efectiu per al control i reducció de les emissions d'H₂S al sistema de sanejament i col·lector de Torredembarra. El nitrat afavoreix el desenvolupament de les bactèries nitro-reductores en detriment de les SBR; d'aquesta manera, s'oxida el sulfur produït en presència de nitrats i, a més, les bactèries utilitzen els nitrats com a font d'oxigen de forma preferent respecte els sulfats.

L'eliminació del H₂S fa que el risc pels treballadors i veïns dels voltants de les instal·lacions sigui mínim, donat que durant la dosificació els valors del H₂S generat no sobrepassen els valors límits publicats a la normativa.

L'adició de Nutriox® a l'EBAR Ponent implica la reducció de la generació d'H₂S abans de l'EBAR Creixell, fent disminuir, amb gran eficiència, les concentracions d'H₂S que es troben a l'EBAR Creixell. D'aquesta manera, els problemes d'olors en aquesta zona, així com també el risc pels treballadors a l'hora de desenvolupar les tasques de manteniment adients a l'EBAR queden minimitzats donat a que les concentracions d'H₂S sempre queden per sota dels límits establerts per la normativa.

L'adició de Nutriox® a l'EBAR General implica la reducció de la generació d'H₂S a la mateixa EBAR General, així com també a l'EDAR, fent que les emissions en tots dos llocs sigui pràcticament negligible, especialment a l'EDAR.

Adequació ambiental de l'adició de Nutriox®

El Nutriox® no és tòxic ni corrosiu, per tant és un producte apte per a ser utilitzat en el tractament d'aigües ja que no comporta perillositat pel medi en el que s'aboca.

El Nutriox®, com elimina les emissions de H₂S, també redueix l'olor que desprenen les instal·lacions, fent disminuir, d'aquesta manera, les queixes dels veïns i aturant, d'aquesta manera, la mala reputació de les instal·lacions de plantes depuradores.

El nitrat extra que hi ha a l'aigua a causa de la dosificació de Nutriox® es consumeix abans de l'entrada a l'EDAR, fent que els valors de nitrat emesos a les aigües de sortida després del seu pas per la depuradora continguin una quantitat de nutrients major que sense la dosificació del producte.

Accions i propostes de millora

Per tal de poder obtenir un major rendiment en la dosificació del Nutriox ® caldria tenir en compte els següents aspectes:

- 1) Registre de mesures en continu d'H₂S
Per tal de poder tenir una major informació de les concentracions d'H₂S que hi ha als diferents punts de la xarxa de sanejament de Torredembarra, seria convenient tenir instal·lats mesuradors d'H₂S en continu que quedessin registrades les seves mesures, per tal de tenir accés a les concentracions d'aquest gas durant les 24h del dia, tots els dies de l'any, per tal de poder ajustar amb major precisió les dosificacions d'H₂S, donat que s'ha vist que l'augment de la temperatura és responsable de majors emissions del gas
- 2) Dosificacions de Nutriox ® automatitzades
Per tal de poder ajustar amb major precisió les dosificacions i, a l'hora, reduir el temps, és convenient que des d'un ordinador es pogués ajustar de forma automàtica la quantitat de Nutriox ® que s'addiciona en cadascun dels punts de dosificació que hi ha al llarg de la xarxa de sanejament de Torredembarra, ja que ara mateix l'única forma que es té per a modificar les dosificacions és de forma manual a cadascuna de les bombes dels dosificadors de la xarxa de sanejament de Torredembarra.
- 3) Punt de dosificació a la sala de pretractament de l'EDAR
Com s'ha vist al llarg del treball, el nitrat deixa de tenir efecte a l'entrada a l'EDAR ja que s'ha consumit tot per a reduir l'H₂S generat durant les EBAR, és per això que a l'EB, que és després dels decantadors primaris, on hi ha condicions anaeròbies i, a més, l'aigua s'hi està de forma calmada durant grans espais de temps, és un punt on hi ha un augment de l'emissió d'H₂S.
- 4) Control de l'efecte de la climatologia
S'ha vist que la temperatura és un factor que afecta directament proporcional a l'emissió d'H₂S, ja que en dies on la temperatura és major, les emissions d'aquest gas són majors.
També caldria veure l'efecte de les precipitacions ja que aquestes afecten de forma inversament proporcional a les emissions del gas, donat a que l'augment del cabal fa que el temps de repòs de l'aigua als pous de les EBAR, com a l'EDAR sigui menor, per la qual cosa es genera una menor quantitat d'H₂S.

Estudi econòmic

Durant l'etapa estival 2016, les dosificacions de Nutriox® en les diferents EBAR eren les que es mostren a la taula 8.

Costa Daurada	Ponent	General
14 l/h	14 l/h	40 l/h

Taula 8

Aquestes dosificacions es varen mantenir constants en horari de 6:30–21:30 h cada dia entre els dies 1 de juny i el dia 11 de setembre.

Tenint en compte que la població de Torredembarra comença a incrementar-se de cara el pont de Sant Joan, que és quan hi ha un augment considerable del cabal d'aigua que rep l'EDAR, es mantindrien durant les etapes estivals, que és quan la producció d'H₂S és major i no disminueix fins passada la diada de Catalunya, coincidint amb la tornada a l'escola de la mainada, es recomana mantenir les dosificacions mostrades a la taula 9 durant el període 23 de juny – 11 de setembre.

Període	Ponent	General
6:30 – 21:30	15.5 l/h	17 l/h
21:30 – 6:30	8.4 l/h	17 l/h

Taula 9

Tenint en compte que el consum de Nutriox® durant el període 2017 és menor, cal veure el rendiment econòmic que es pot extrapolar en comparació amb el cost que va tenir durant l'època estival del 2016.

	2016	2017
Dies de dosificació	107	80
Consum Nutriox®	1.6m ³	0.7m ³
Preu m ³ Nutriox®	274 €/m ³	274 €/m ³
TOTAL	47.847€	15.697€

Taula 10

Amb aquest estudi, il·lustrat amb dades a la taula 10, es mostra com, mitjançant l'ajust de la dosificació extreta d'aquest projecte final de carrera, la inversió econòmica per a combatre la producció d'H₂S queda reduïda en un 67%.

Glossari de termes

CD: EBAR de Costa Daurada

DBO₅: Demanda biològica d'oxigen en 5 dies

DQO: Demanda química d'oxigen

E: Aigua d'entrada

EB: Aigua d'entrada al reactor Biològic

EBAR: Estació de Bombeig d'aigües residuals

EDAR: Estació Depuradora d'aigües residuals

G: EBAR General d'entrada a EDAR

Mean: mitjana

n.m.: No mesurat

ORP: Potencial redox

Nutriox®: Solució de Ca(NO₃)₂ concentrat al 8%

P: EBAR de Ponent

S: Aigua de sortida

SBR: Bactèries sulfatoreductores

SD: Desviació estàndard

UTE: Unió temporal d'empreses

VLA-EC: Valor límit d'exposició a curta durada (15 minuts)

VLA-ED: Valor límit d'exposició diària (24h)

Referències

García de Lomas, J.; Corzo, A.; Gonzalez, J.M.; Andrades, J. A.; Iglesias, E.; Montero, M. J. (2005). *Nitrate Promotes Biological Oxidation of Sulfide in Wastewaters: Experiment at Plant-Scale*. Wiley InterScience.

Carrero, M.; Fajardo, V.; Tomás, F. A.; Basiero, J. A. (2015). *Uso de nitrato cálcico para minimizar la producción de H₂S en la red de saneamiento de Peñíscola*. Tecnoaqua.

¹ La Vanguardia (2006). *Muere un trabajador en la depuradora de Torredembarra*. Recuperat el 12 de juny de 2017 des de <http://www.lavanguardia.com/vida/20020612/51262756369/muere-un-trabajador-en-la-depuradora-de-torredembarra.html>

