

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Química

Títol: Posada en marxa d'una estació depuradora d'aigües residuals industrials d'una empresa química situada a Zona Franca

Document: Memòria

Alumne: Àngel Baltar Amores

Tutor: Núria Fiol Santaló

Departament: EQATA

Àrea: Enginyeria Química

Convocatòria (mes/any): Setembre 2019

AGRAÏMENTS

En primera instància, voldria expressar el meu agraïment a la meva tutora de treball, Núria Fiol Santaló, per ser capaç d'assessorar-me, aportar-me coneixements i mantenir una gran implicació en la realització del present treball.

En segon lloc, agrair a tots els integrants de Cromogenia Units S.L que han aportat una petita part en aquest gran treball. Especialment, agrair a Rosa Lopez, Departament de Mediambiental i Seguretat per la seva dedicació en tot moment durant tantes hores.

Agrair a la meva família. Al meu pare, per ser un exemple a seguir i donar-me sempre el seu suport °. A la meva mare, per preocupar-se i portar-me sempre per el bon camí. Al meu germà, per ser una de les persones que li dona sentit a tot.

I per últim, però no menys important, agrair a tots el meus amics i novia el suport realitzat durant tot aquest treball i tota la carrera, sense vosaltres no hagués sigut possible.

ABREVIATURES

EDARI : Estació depuradora d'aigües residuals industrials.

F-Q: Fisicoquímic.

FAT: Factory Acceptance Test.

DQO: Demanda química d'oxigen.

DBO: Demanda biològica d'oxigen.

BOPB: Bolletí oficial de la província de Barcelona.

PH: Potencial de hidrogenions.

SP: Set point.

TFG: Treball de fi de grau.

BRM: Reactor biològic de membrana.

NaOH: Hidròxid de sodi.

H₂SO₄: Àcid sulfúric.

IBC: Intermediate Bulk Container

°C: Graus Celsius.

ÍNDEX DE CONTINGUTS

AGRAÏMENTS	i
ABREVIATURES	ii
ÍNDEX DE FIGURES	vi
i. RESUM.....	1
ii. PARAULES CLAU	1
1. ANTECEDENTS	2
2. INTRODUCCIÓ	3
2.1. SITUACIÓ DE LA PARCEL·LA.....	3
2.2. ESTAT DE LA INSTAL·LACIÓ	3
2.2.1. Pou bombeig	5
2.2.2. Dipòsits d'homogeneïtzació.....	5
2.2.3. Tractament fisicoquímic	6
2.2.4. Tractament de fangs.....	8
2.3 ETAPES DEL PROCÉS	9
2.3.1 Coagulació	9
2.3.2 Neutralització.....	10
2.3.3 Floculació.....	11
2.3.4 Decantació	12
2.3.5 Espessidor	13
2.3.6 Centrifugació	13
2.4 PROBLEMES INICIALS A SOLUCIONAR.....	14
3. OBJECTIUS.....	17
4. METODOLOGIA	18
4.1. MOSTREIG	18
4.2. PROVES DE SEDIMENTACIÓ AMB JAR TEST.....	19
4.3. REACTIUS	20
4.3.1. Reactius de coagulació.....	21
4.3.2. Reactius de neutralització	22
4.3.3. Reactius de floculació	23
4.3.4. Reactius per a la deshidratació de fangs	23
4.4. MÈTODES ANALÍTICS	24

4.4.1.	DQO.....	24
4.4.2.	pH	25
4.4.3.	Conductivitat.....	26
4.4.4.	Temperatura	27
4.4.5.	DBO ₅	27
4.5.	PROTOCOL FAT	28
5.	RESULTATS	31
5.1.	LÍMITS D'ABOCAMENT	31
5.1.1.	Caracterització aigües residuals.....	31
5.1.2.	Estudi de cabal màxim i dosificacions necessàries	34
5.2.	INSTAL·LACIÓ	41
5.2.1.	FAT/ Posta en marxa	41
5.2.2.	Viabilitat BRM	48
5.3.	AUTOMATITZACIÓ.....	50
5.3.1.	Sistema control tractament F-Q	50
5.3.2.	Sistema control pH.....	52
6.	CONCLUSIONS	54
7.	POSSIBLES MILLORES	55
8.	PRESSUPOST	56
8.1.	MÀ D'OBRA	56
8.2.	MATERIAL.....	56
8.3.	INVERSIÓ INICIAL	57
8.4.	SUBCONTRACTAT	57
8.5.	COST TOTAL DEL PROJECTE	57
9.	PLANIFICACIÓ	59
10.	BIBLIOGRAFIA.....	60
11.	ANNEXES	61
11.1.	RESULTATS DE CARACTERITZACIÓ.....	61
11.2.	RESULTATS DE CABAL MÀXIM TRACTABLE.....	63
11.3.	RESULTATS PROTOCOL FAT	67

ÍNDIX DE TAULES

<i>Taula 1 Limitacions d'abocament definits per bolletí oficial de la província de Barcelona (BOPB)</i>	14
<i>Taula 2 Propietats principals del CO-18</i>	21
<i>Taula 3 Propietats principals del policlorur d'alumini 18%</i>	21
<i>Taula 4 Propietats principals del policlorur d'alumini "inco alpha"</i>	21
<i>Taula 5 Propietats principals de DKFLOCK 1010</i>	22
<i>Taula 6 Propietats principals de l'àcid sulfúric</i>	22
<i>Taula 7 Propietats principals de l'hidròxid de sodi</i>	23
<i>Taula 8 Propietats principals del SIFLOCK 120 CL</i>	23
<i>Taula 9 Propietats principals de l'HIMOLOC DR2500</i>	24
<i>Taula 10 Propietats principals del SIFLOCK 2024</i>	24
<i>Taula 11 Dilució amb el seu respectiu factor de dilució</i>	25
<i>Taula 12 Taula inicial del protocol FAT a seguir</i>	30
<i>Taula 13 Resultats setmana 0 del protocol FAT</i>	43
<i>Taula 14 Resultats setmana 1 del protocol FAT</i>	44
<i>Taula 15 Resultats setmana 2 del protocol FAT</i>	45
<i>Taula 16 Resultats setmana 3 del protocol FAT</i>	45
<i>Taula 17 Resultats setmana 4 del protocol FAT</i>	45
<i>Taula 18 Resultats setmana 6 del protocol FAT</i>	46
<i>Taula 19 Nous problemes setmana 6 del protocol FAT</i>	47
<i>Taula 20 Resultats setmana 7 del protocol FAT</i>	47
<i>Taula 21 Resultats setmana 8 del protocol FAT</i>	48
<i>Taula 22 Cost de mà d'obra</i>	56
<i>Taula 23 Cost de material</i>	56
<i>Taula 24 Cost inversió inicial</i>	57
<i>Taula 25 Cost subcontractat</i>	57
<i>Taula 26 Cost total del projecte</i>	57
<i>Taula 27 Resultats de caracterització del coagulant CO-18</i>	61
<i>Taula 28 Resultats de caracterització del Policlorur d'Alumini Inco Alpha</i>	61
<i>Taula 29 Resultats de caracterització del coagulant Policlorur d'Alumini 18%</i>	62
<i>Taula 30 Resultats de caracterització del DKFLOCK 1010</i>	63
<i>Taula 31 Resultats estudi cabal màxim treballant a 4 m³/h</i>	63
<i>Taula 32 Resultats estudi cabal màxim treballant a 6 m³/h</i>	64
<i>Taula 33 Resultats estudi cabal màxim treballant a 8 m³/h</i>	65
<i>Taula 34 Resultats estudi cabal màxim treballant a 10 m³/h</i>	66
<i>Taula 35 Resultats setmanals de l'evolució del protocol FAT</i>	67

ÍNDIX DE FIGURES

<i>Figura 1 Situació de la parcel·la</i>	3
<i>Figura 2 Esquema de la instal·lació inicial de l'estació depuradora</i>	4
<i>Figura 3 Bombes centrífuges impulsores</i>	5
<i>Figura 4 Bomba d'extracció dipòsit n°1 al dipòsit n°2</i>	6
<i>Figura 5 Bomba d'extracció del dipòsit n°2 al tractament F-Q</i>	6
<i>Figura 6 Bomba pneumàtica d'enviament dels fangs a l'espessidor</i>	7
<i>Figura 7 Espessidor</i>	8
<i>Figura 8 Bomba centrífuga helicoidal</i>	8
<i>Figura 9 Estabilitat dels col·loides presents a l'aigua en addicionar un coagulant [3]</i>	9
<i>Figura 10 Pont generat per el floculant entre els micro-flòculs [2]</i>	11
<i>Figura 11 Decantador lamel·lar amb configuració de flux a contracorrent [6]</i>	12
<i>Figura 12 Esquema de les zones d'espessament [8]</i>	13
<i>Figura 13 Esquema interior del funcionament d'una centrífuga a contracorrent [8]</i>	14
<i>Figura 14 Concentració de DQO en diferents dies abans de la posta en marxa</i>	15
<i>Figura 15 Decantador lamel·lar desnivellat</i>	16
<i>Figura 16 Bomba de recirculació del tanc d'homogeneïtzació n°2 d'on és realitza el mostreig</i>	18
<i>Figura 17 Ramificació d'on s'obté la mostra d'aigua depurada</i>	19
<i>Figura 18 Jar Test</i>	20
<i>Figura 19 pH metre LAB 850 SI analytics</i>	26
<i>Figura 20 HACH Sension + ECS</i>	26
<i>Figura 21 Respiromètre de Warburg</i>	28
<i>Figura 22 Resultat final de les proves de floculació amb CO-18</i>	31
<i>Figura 23 DQO inicial i final per diferents dies amb l'adició de diferents concentracions de policlorur d'Alumini "Inco Alpha"</i>	32
<i>Figura 24 Imatge final de floculació de les proves realitzades amb policlorur d'alumini "Inco Alpha"</i>	32
<i>Figura 25 Imatge final de floculació de les proves realitzades amb policlorur d'alumini 18%</i>	33
<i>Figura 26 DQO inicial i final per diferents dies amb l'adició de diferents concentracions de DKFLOCK 1010</i>	33
<i>Figura 27 Imatge final de floculació de les proves realitzades amb DKFLOCK 1010</i>	34
<i>Figura 28 Evolució de DQO en funció del temps de depuració 4 m³/h</i>	35
<i>Figura 29 % de disminució de DQO en funció del temps a 4 m³/h</i>	35
<i>Figura 30 Evolució de DQO en funció del temps de depuració a 6 m³/h</i>	37
<i>Figura 31 % de disminució de DQO en funció del temps a 6 m³/h</i>	37
<i>Figura 32 Evolució de DQO en funció del temps de depuració a 8 m³/h</i>	38
<i>Figura 33 % de disminució de DQO en funció del temps a 8 m³/h</i>	39
<i>Figura 34 Evolució de DQO en funció del temps de depuració a 10 m³/h</i>	39
<i>Figura 35 % de disminució de DQO en funció del temps a 10 m³/h</i>	40
<i>Figura 36 Evolució de depuració a diferents cabals</i>	40
<i>Figura 37 Rendiment de depuració a diferents cabals</i>	41
<i>Figura 38 Imatge del abans i després del tractament fisicoquímic</i>	49
<i>Figura 39 Representació del consum acumulat d'oxigen en funció dels dies</i>	50
<i>Figura 40 Quadre automatitzat de l'estació depuradora</i>	51
<i>Figura 41 Polsador enviament d'aigua a l'estació depuradora</i>	51
<i>Figura 42 Vàlvules de bola per l'enviament d'aigua a l'E.D.A.R.I</i>	52
<i>Figura 43 Quadre de control del pH previ de l'E.D.A.R.I</i>	53
<i>Figura 44 Controlador de pH de l'E.D.A.R.I. JUMBO AQUIS 500</i>	53

Figura 45 Proporción dels costos del projecte.....58

POSADA EN MARXA D'UNA ESTACIÓ DEPURADORA D'AIGÜES RESIDUALS INDUSTRIALS

i. RESUM

El present Treball Fi de Grau tenia com a finalitat la posta en marxa d'una estació depuradora d'aigües residuals d'una indústria química que ha estat sense funcionar durant un llarg període de temps. L'estació depuradora havia de realitzar un procés fisicoquímic per arribar a complir el límit d'abocament permès i es volia estudiar la viabilitat d'instaurar un reactor biològic de membrana (MBR) que tenien en una altre empresa.

Primer de tot, i per poder garantir la qualitat de l'aigua de l'abocament, és van definir els paràmetres inicials de la instal·lació, caracteritzant analíticament l'aigua i realitzant assajos a escala de laboratori amb els principals reactius utilitzats en el procés fisicoquímic. Per tant, és va assajar amb diferents coagulants i floculant fent el corresponent estudi a diferents concentracions i pHs.

Després de determinar i solucionar tots els problemes i limitacions de la instal·lació, es va realitzar la posta en marxa de la instal·lació. El sobrenedant obtingut després del tractament és va caracteritzar en termes de conductivitat, demanda química d'oxigen (DQO) i pH per tal de comprovar el compliment de la normativa abans de ser abocat a xarxa de claveguera pública.

D'altra banda, és va realitzar un estudi del tractament de deshidratació de fangs. El tractament consistia en impulsar els fangs sedimentats dins d'un espessidor per passar posteriorment a una centrifuga on, amb l'actuació d'un polielectròlit, obteníem fangs amb un grau d'humitat baix i que eren gestionats externament com a residu.

Finalment, és va realitzar un procés d'automatització sobre la instal·lació per així reduir l'error humà sobre el procés i fer possible un funcionament més automàtic sense personal constantment pendent de la instal·lació.

ii. PARAULES CLAU

E.D.A.R.I., tractament físic-químic, coagulació, floculació, aigües residuals, límits abocament, Jar test, DQO, automatització, FAT, cabal.

ANTECEDENTS

1. ANTECEDENTS

L'empresa química Cromogenia Units S.A situada a Zona Franca de Barcelona és dedica a la fabricació de productes químics per a l'aplicació a l'adob de pells, recobriments de superfícies, adhesius industrials, i materials tèxtils, entre d'altres.

Des de la seva fundació, al 1942, aposten per la qualitat, la investigació i el respecte per el medi ambient aportant als seus clients productes d'alta qualitat amb majors rendiments, menys costos i tecnologies més sofisticades. Compromesos amb la qualitat i el medi ambient compten amb les respectives certificacions de les normes ISO-9001 i ISO-14001 [1].

Conscients de la importància del tractament de les aigües residuals per eliminar les concentracions de substàncies nocives, i així garantint un abocament de reglamentari, volen posar en marxa en les seves instal·lacions un tractament fisicoquímic amb l'objectiu de complir amb les normatives vigents d'abocament.

En l'actualitat compten amb una estació de depuració d'aigües residuals industrials que és troba aturada i fora de servei per problemes de funcionament . És per aquest motiu que l'empresa inverteix recursos per resoldre la situació.

2. INTRODUCCIÓ

2.1. SITUACIÓ DE LA PARCEL·LA

Entre les instal·lacions de l'empresa química es troba la Fabrica 2, situada a la confluència del carrer de la Feixa Llarga i el carrer 42 del Polígon de la Zona Franca, al Terme Municipal de Barcelona.

A l'oest d'on s'ubica aquesta fabrica, una vegada traspasada la porta d'entrada, és troba la instal·lació depuradora d'aigües industrials de l'empresa.



Figura 1 Situació de la parcel·la

2.2. ESTAT DE LA INSTAL·LACIÓ

La instal·lació existent consta de diferents equips en les diferents etapes unitàries del sistema de depuració d'aigües residual.

Aquesta és troba definida en la **Figura 2**.

INTRODUCCIÓ

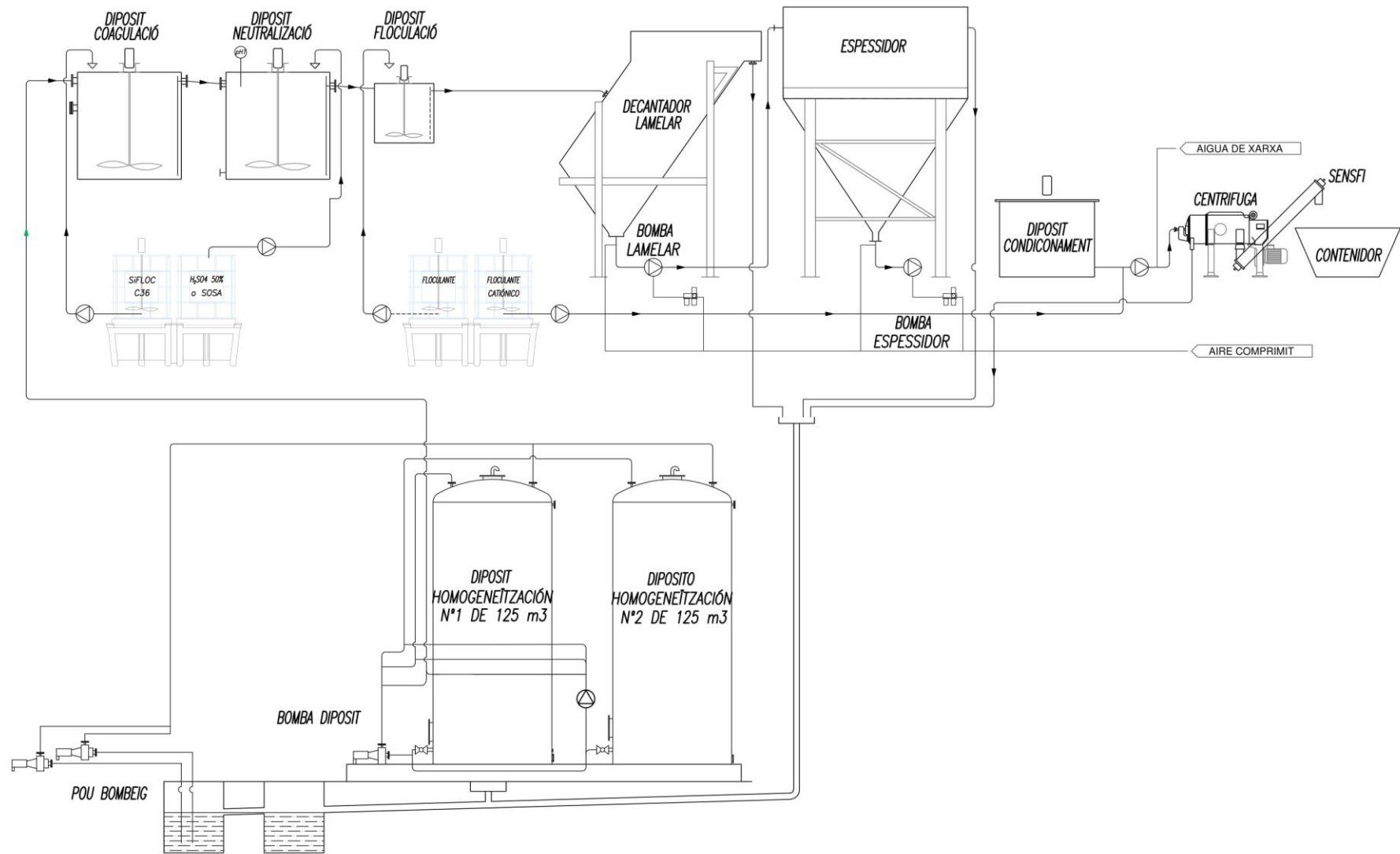


Figura 2 Esquema de la instal·lació inicial de l'estació depuradora

INTRODUCCIÓ

2.2.1. Pou bombeig

Al pou de bombeig és recullen les aigües residuals del procés industrial. Aquest disposa de dues bombes centrífugues que impulsen les aigües cap els dipòsits d'homogeneïtzació on, mitjançant un controlador, es pot triar quina bomba és posa en funcionament. Ambdues bombes disposen de filtre previ per retenir partícules més grans que ens pugem trobar.



Figura 3 Bombes centrífugues impulsors

2.2.2. Dipòsits d'homogeneïtzació

L'aigua residual bombejada del pou de bombeig s'emmagatzema en dos dipòsits verticals de 125 m³ cadascun per tal d'homogeneïtzar la carrega d'entrada al tractament fisicoquímic.

L'aigua és bombejada al dipòsit n°1 de forma automàtica, no obstant, manualment és possible enviar-la també al dipòsit n°2 mitjançant un selector. Ambdós dipòsits estan comunicats inferiorment per poder decidir si actuaran com un sol dipòsit o com dipòsit independents.

Cada dipòsit disposa d'una bomba d'extracció d'aigua que s'utilitza per enviar aigua del dipòsit n°1 al dipòsit n°2, i l'altre per enviar l'aigua del dipòsit n°1 al tractament físic-químic.

INTRODUCCIÓ



Figura 4 Bomba d'extracció dipòsit n°1 al dipòsit n°2



Figura 5 Bomba d'extracció del dipòsit n°2 al tractament F-Q

Paral·lelament existeix una bomba de recirculació, juntament amb un sistema de dosificació d'àcid sulfúric (bomba + pH metre + sondes), per afavorir l'homogeneïtzació i fer una prèvia neutralització de l'aigua abans d'arribar al tractament físic-químic.

2.2.3. Tractament fisicoquímic

Les aigües residuals arriben al tractament físic-químic impulsades des dels dipòsits d'homogeneïtzació, on un cabalímetre indica el cabal que entra a l'estació de tractament.

El tractament fisicoquímic està compost de tres dipòsits diferenciats, ubicats a una plataforma i connectats en sèrie, on és dosifiquen els reactius corresponents per dur a terme els processos de coagulació, neutralització i floculació. Posterior al procés de floculació és disposa d'un decantador lamel·lar que separarà els fangs de l'aigua clarificada per la part inferior.

Seguidament, l'aigua que surt del decantador lamel·lar realitza un tractament de fangs mitjançant un espessidor i una centrifuga.

INTRODUCCIÓ

Dipòsit de coagulació

El dipòsit de coagulació present és de 4 m³ de capacitat i disposa d'un agitador amb reductor de freqüència. Una bomba dosificadora de membrana de 44 l/h serveix per dosificar coagulant des del contenidor a granel intermedi (IBC) ubicat sota el dipòsit.

Dipòsit de neutralització

El dipòsit de neutralització present és de 4 m³ de capacitat i disposa d'un agitador amb reductor de freqüència i d'un sistema de regulació de pH definit amb un SP. Una bomba dosificadora de membrana de 44 l/h serveix per dosificar àcid sulfúric des del IBC ubicat sota el dipòsit en funció de la consigna de pH fixada al pH metre. Aquest sistema de control de pH està espatllat.

Dipòsit de floculació

El dipòsit de floculació present es de 500 litres de capacitat i disposa d'un agitador regulat per un variador de freqüència. Una bomba dosificadora de membrana de 44l/h serveix per dosificar floculant des del IBC ubicat sota el dipòsit.

Decantador lamel·lar

L'aigua que surt del dipòsit de floculació entra al decantador lamel·lar de 7,5 m³ de capacitat.

El decantador és troba en bon estat, retenint els flòculs a les lamel·les i obtenint aigua clarificada per la part superior per així poder enviar-la novament al procés o directament a la xarxa de clavegueram. No obstant, és troba lleugerament desnivellat, fet que provoca un escapament notable de fangs per la part dreta del decantador.

Per la part inferior del decantador és disposa d'una bomba pneumàtica que purga els fangs del fons enviant-los a l'espessidor.



Figura 6 Bomba pneumàtica d'enviament dels fangs a l'espessidor.

INTRODUCCIÓ

2.2.4. Tractament de fangs

Seguidament de la fase de tractament fisicoquímic (F-Q) de l'aigua residual comença un tractament de fangs per obtenir com a resultat fang deshidratat i aigua clarificada apte per l'abocament a la xarxa de clavegueram.

Espessor

Mitjançant la bomba pneumàtica del decantador, s'envia el fang purgat cap a l'espessor. L'espessor de secció troncocònica té un volum aproximat de 15 m³ i és troba en bon estat, poden obtenir aigua clarificada per la part superior.



Figura 7 Espessor.

El fang de l'espessor és enviat a un dipòsit de condicionament on, per efecte gravitatori, sedimenta en la part inferior del dipòsit. Seguit d'aquest dipòsit és disposa d'una bomba centrífuga helicoïdal que impulsarà el fang cap a la centrífuga.



Figura 8 Bomba centrífuga helicoïdal

INTRODUCCIÓ

Prèviament a l'arribada del fang a la bomba centrífuga helicoïdal, és dosifica un polielectròlit, mitjançant una injecció en la canonada, que proporcionarà un augment de rendiment en la deshidratació de fangs en realitzar el procés de centrifugació.

Centrifuga

El fang que surt de la bomba centrífuga helicoïdal entra dins la centrifuga "Pieralisi Baby" de 3 m³ de capacitat nominal on és deshidrata per acció centrífuga.

L'aigua sobrenedant de l'acció és enviada novament a l'inici del procés i el fang generat es transportat mitjançant un sens fi fins a un contenidor metàl·lic de 9 m³ de capacitat per la posterior gestió com a residu.

2.3 ETAPES DEL PROCÉS

2.3.1 Coagulació

La coagulació és un procés fisicoquímic que consisteix en desestabilitzar les partícules col·loïdals que hi ha en suspensió afavorint d'aquesta forma la seva aglomeració, en conseqüència s'eliminen les matèries en suspensió estables. La coagulació no només elimina la terbolesa sinó també la concentració de les matèries orgàniques i microorganismes [2].

Mitjançant el procés de coagulació és neutralitza la carrega elèctrica del col·loide anul·lant les forces electrostàtiques repulsives. Aquestes neutralitzacions és produeixen aplicant sals d'alumini o ferro provocant que els cations trivalents d'alumini o ferro neutralitzin les carreges elèctriques negatives que envolten les partícules col·loïdals disperses en l'aigua.

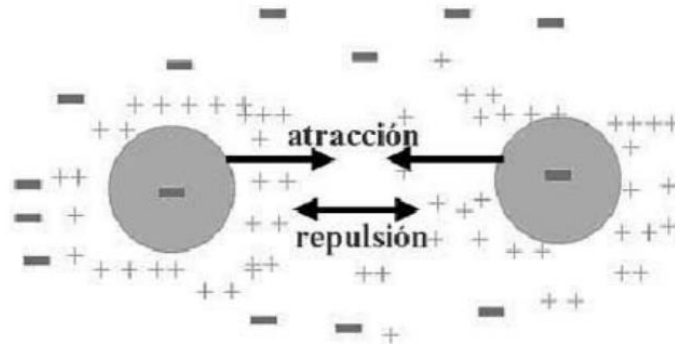


Figura 9 Estabilitat dels col·loïdes presents a l'aigua en afegir un coagulant [3]

L'equilibri format entre les partícules és ocasionat per la difusió i l'atracció electrostàtica. La difusió provoca una disminució de concentració en els ions provocant que aquest s'allunyin dels col·loïdes i per altre banda, l'atracció electrostàtica provoca una atracció dels ions a la superfície de les partícules.

Com a resultat, les dos forces oposades donen lloc a la formació d'un núvol de ions al voltant de les partícules, aquest es l'anomenat fenomen de doble capa elèctrica.

INTRODUCCIÓ

Paral·lelament, és necessari tenir en compte els següents factors que afecten el funcionament de coagulació:

- Temperatura:

La variació de 1°C a la temperatura de l'aigua comporta la formació de corrents de densitats diferents que afecten a l'energia cinètica de les partícules en suspensió, fet que provoca una coagulació més lenta.

Per altre banda, temperatures molt elevades també provoquen un efecte negatiu sobre la coagulació [2].

- pH:

Cada coagulant actua òptimament entre uns paràmetres de pH en el qual podrem trobar una bona floculació en menor temps amb la mateixa dosi de coagulant [4].

És el paràmetre principal més determinant dels mencionats ja que si no és controlar entre el rang òptim no s'aconseguirà una bona coagulació ni amb adicions superiors a la necessària.

- Dosis de coagulant:

La dosi de coagulant adherit a l'aigua residual també influirà en el bon funcionament del tractament físic-químic.

Una dosificació insuficient provocaria una neutralització insuficient de la partícula fent que el micro-flòcul format sigui massa petit, elevant així la terbolesa de l'aigua.

En el cas contrari, una dosificació molt elevada provocaria la generació d'un micro-flòculs de mida molt petita amb velocitats de sedimenta molt baixa.

- Agitació:

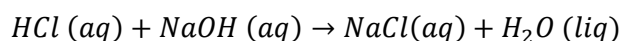
L'agitació del sistema ens donarà homogeneïtat en la dosificació del coagulant, fent que si aquesta no és constant algunes porcions del volum tractat no contaran amb la dosificació necessària.

- Terbolesa:

La terbolesa és produïda per partícules en suspensió com la matèria orgànica, inorgànica, minerals o sediments. Per cada grau de terbolesa és necessitarà una dosificació òptima de coagulant.

2.3.2 Neutralització

La neutralització consisteix en la reacció entre un àcid i una base on generalment són protagonitzades en les reaccions aquoses àcid-base formant-se aigua i una sal, com per exemple [5] :



Equació 1 Reacció aquosa àcid base

INTRODUCCIÓ

El caràcter neutralitzador de la reacció vindrà determinat per les constants d'equilibri de dissociació dels electrolits tenint en compte, si és dissocien completament com els àcids forts o bases fortes o si per el contrari no és dissocien completament com el àcids febles o bases febles.

En funció del caràcter dissociador trobem quatre tipus de neutralitzacions:

- Àcid fort + Base forta.
- Àcid fort + Base feble.
- Àcid feble + Base feble.
- Àcid feble + Base forta.

No obstant, les neutralitzacions realitzades a l'estació depuradora sempre vindran definides per un agent fort (àcid o base) que neutralitzarà un agent feble (base o àcid).

L'adició de coagulant en l'etapa anterior és el que fa imprescindible el reajustament adequat del pH abans de realitzar la floculació. Emprar una base forta o un àcid fort, dependrà de la basicitat o acidesa que trobem després de la coagulació.

2.3.3 Floculació

La floculació consisteix en agitar el volum d'aigua coagulada permetent així el creixement i l'aglomeració de flocs amb la finalitat d'augmentar la mida i el pes d'aquest, podent obtenir una sedimentació accionada per la gravetat més fàcil.

Durant la coagulació els micro-flòculs generats no son suficientment grans com per sedimentar ràpid, és per això que s'utilitza el floculant per generar connexions d'una superfície a l'altre enllaçant les partícules individuals en aglomerats. Aquest fenomen és pot observar a la **Figura 10**.



Figura 10 Pont generat per el floculant entre els micro-flòculs [2].

INTRODUCCIÓ

2.3.4 Decantació

El procés de decantació en aigües correspon a l'eliminació per sedimentació dels sòlids en suspensió presents. En funció del tipus de decantació s'emprarà un equip o un altre. Per el que fa l'estació depuradora estudiada és troba un decantador lamel·lar.

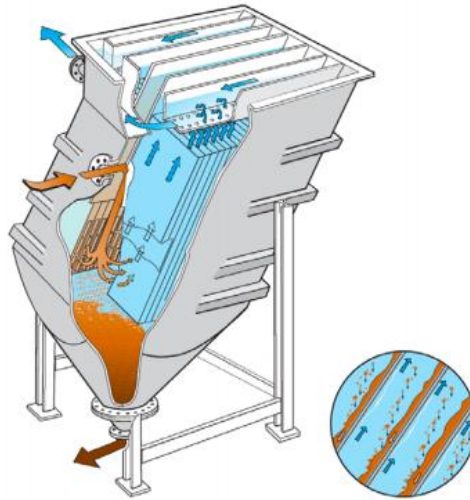


Figura 11 Decantador lamel·lar amb configuració de flux a contracorrent [6]

Aquest tipus de decantador és definit per tres teories bàsiques de decantació lamel·lar [7]:

1. La primera teoria relaciona la quantitat de fang extret amb l'àrea superficial. Esmenta que la proporció del sediment extret és funció de l'àrea del decantador, de les característiques d'assentament del sediment i de la quantitat d'aigua tractada per unitat de temps.
2. Esmenta que únicament les cares inferiors de les lamines acceleren la sedimentació al reduir les altures de sedimentació.
3. L'última teoria correlaciona les condicions ideals del flux i les condicions ideals de sedimentació. Aquesta teoria esmenta que l'eficiència d'extracció de partícules en suspensió es produïda per baix nombre de Reynolds i un alt numero de Froude.

INTRODUCCIÓ

2.3.5 Espessidor

El procés físic d'espessament aprofita la diferencia de densitats i pes entre el líquid i les partícules en suspensió per gener un separació d'aquestes partícules enfront del líquid. Aquest procés físic d'espessament és pot diferenciar en dos categories [8]:

- Espessament continu.
 - Espessament per gravetat.
 - Espessament per flotació.
- Espessament discontinu.
 - Centrifugues espessidores.
 - Tambors rotatoris.
 - Taules espessidores.

L'espessidor de l'E.D.A.R.I estudiada correspon a un sistema d'espessament en continu per gravetat. Aquest és caracteritza per un entrada de fangs procedents de la zona superior del decantador lamel·lar que per l'acció de la gravetat provocarà un descens del fang concentrant-se en la zona inferior de l'espessidor que serà per on sortiran.

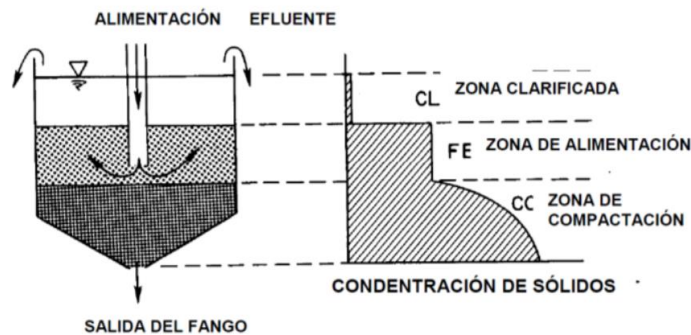


Figura 12 Esquema de les zones d'espessament [8]

2.3.6 Centrifugació

El procés de centrifugació és realitza en busca de dos accions: espessir els fangs i deshidratar-los. El procés de separació de les fases sòlides i líquida mitjançant la centrifugació és similar al espessament per gravetat diferenciant-los per l'aplicació d'una força centrífuga que supera de 500 a 3000 vegades la gravetat, provocant així la separació i concentració dels sòlids en suspensió [7].

Les centrifugues més utilitzades per l'espessament de fangs són les d'eix horitzontal. En funció del avanç del fang i del líquid clarificat dins la centrifuga és poden distingir dos tipus:

- Centrifugues a co-corrent.
- Centrifugues a contracorrent.

INTRODUCCIÓ

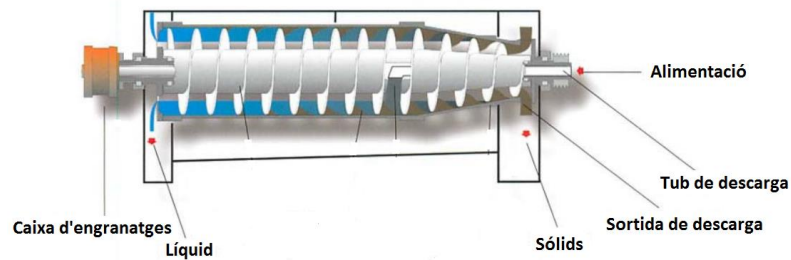


Figura 13 Esquema interior del funcionament d'una centrifuga a contracorrent [8]

Justament, l'estació depuradora consta d'una d'eix horitzontal a contracorrent que mitjançant un sense fi posterior a la centrifuga depositarà el fang en un contenidor per la posterior gestió com a residu.

2.4 PROBLEMES INICIALS A SOLUCIONAR

L'E.D.A.R.I no és troba en marxa degut a diferents problemes que caldrà determinar i mitjançant un estudi adequat assolir una solució. Aquests principals problemes son:

- **No compliment del límit d'abocament**

El reglament metropolità d'abocament d'aigües residuals estableix en atenció a la Directiva 91/271/CEE, la Directiva 2000/60/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 23 d'octubre de 2000, la Directiva 2008/105/CE, del Parlament Europeu i del Consell, de 16 de desembre de 2000, i el Reial decret 60/2011, de 21 de gener, un marc comunitari d'actuació en l'àmbit de la política d'aigües [9].

Aquest marc comunitari d'actuació registra els paràmetres i valors límits que s'han de complir per realitzar un abocament correcte a la xarxa de clavegueram.

Taula 1 Limitacions d'abocament definits per bolletí oficial de la província de Barcelona (BOPB)

Paràmetres	Valor límit	Unitats
T (°C)	40	°C
pH (interval)	6-10	pH
MES (matèries en suspensió)	750	mg/l
DQO (no decantada)	1.500	mg/l
TOC (carboni orgànic total)	450	mg/l
Olis i greixos	250	mg/l
Clorurs	2.500	mg/l
Conductivitat (a 25 C)	6.000	µS/cm
Sulfats	1.000	mg/l
Sulfurs totals	1	mg/l
Fòsfor total	50	mg/l
Nitrats	100	mg/l
Amoni	60	mg/l
Nitrogen orgànic i amoniacal (1)	90	mg/l

INTRODUCCIÓ

Inicialment, l'estació depuradora mitjançant els reactius i les dosis emprades no és capaç de complir els límits d'abocament. Aquest fet és pot comprovar a la **Figura 14**, on s'observa el valors de DQO d'abocament en diferents dies.

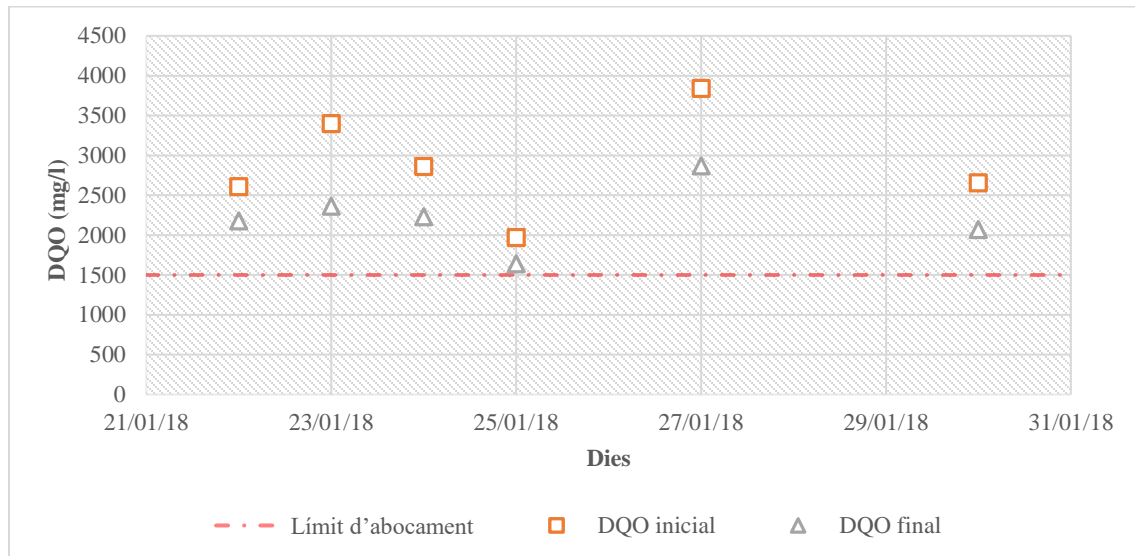


Figura 14 Concentració de DQO en diferents dies abans de la posta en marxa

Paral·lelament, l'annex 5 del BOPB del 9 de febrer del 2015 estableix una incertesa del mètode analític que faria que és complís el límit d'abocament el 25/01/18. No obstant, tots els altres dies l'abocament seria motiu de sanció. Degut això, l'empresa és veu obligada a pagar un sobre cost anual per sobrepassar el límit d'abocament tant de DQO com de conductivitat, fins a aconseguir solucionar el seu problema de tractament de l'aigua residual.

- **Problemes amb la instal·lació**

L'estació depuradora d'aigües residuals consta amb diverses limitacions degut a la col·locació de la instal·lació.

- Incapacitat de tractament dels m³ generats

L'estació depuradora no pot treballar a més de 6 m³/h per l'absència de desnivell entre l'entrada al tractament F-Q i la sortida del decantador lamel·lar. Com a conseqüència, el volum màxim de depuració és de 96 m³ en dos torns laborals de 8h. L'empresa genera aproximadament 150 m³ diaris fent insuficient el cabal que és pot tractar.

- Decantador lamel·lar desnivellat

El decantador lamel·lar de la instal·lació és troba desnivellat com es veu a la **Figura 15**, provocant un funcionament incorrecte d'aquest sortint més aigua per un costat que per l'altre.

INTRODUCCIÓ



Figura 15 Decantador lamel·lar desnivellat

- Bomba de recirculació dipòsit homogeneïtzació n°2

La bomba de recirculació d'aigua és troba taponada pendent de revisió per el departament de manteniment. El sistema de dosificació d'àcid del dipòsit n°2 d'homogeneïtzació és troba desajustat amb la necessitat de substituir la sonda de pH que proporciona el SP . Per aquests motius les condicions de tractament de l'aigua al F-Q no són constant i el rendiment de depuració d'aquesta part de la instal·lació no és l'adequada.

- Problemes d'automatització

El sistema de depuració és completament manual ja que no hi ha cap automatització per tal de que en enviar aigua residual al sistema de depuració aquest actuï de forma autònoma i comenci a depurar automàticament. Això serà possible afegint funcions de control donant suport a les que ja és troben.

Per tant, amb la finalitat d'automatitzar l'estació depuradora serà necessari implementar un sistema de control al tractament F-Q i sistemes de control de pH perquè siguin totalment automàtics, podent així percebre si algun dels equip no funciona correctament i reajustar el funcionament del sistema de control de pH si el paràmetre no s'ajusta al valor necessari.

Per altre banda, també es necessari l'automatització dels dipòsits d'homogeneïtzació per així evitar un desbordament d'aquests.

OBJECTIUS

3. OBJECTIUS

L'objectiu del present treball és dur a terme la posta en marxa d'una estació depuradora d'aigües residuals industrials (E.D.A.R.I) situada al polígon de Zona Franca de Barcelona que actualment és troba aturada, complint així amb la legislació vigent.

Per fer-ho, és estrictament necessari solucionar els problemes que s'observen a l'estació, tals com :

1. No compliment del límit d'abocament.
2. Problemes de funcionament de la instal·lació.
3. Problemes d'automatització.

A fi de solucionar els problemes esmentats amb anterioritat, és posa en marxa un sistema de tractament fisicoquímic que és basa principalment en:

- Coagulació.
- Neutralització.
- Floculació,
- Decantació.
- Tractament de fangs.

Seguidament s'estudia la viabilitat d'instaurar un reactor biològic de membrana per tractar biològicament aquestes aigües degut a la seva gran demanda bioquímica d'oxigen.

Per solucionar cada punt problemàtic de la instal·lació, en aquest TFG es plantegen les següents etapes:

1. Caracterització dels paràmetres més representatius de les aigües residuals.
2. Comparació analítica de diferents coagulants i floculant a utilitzar
3. Posta en marxa i optimització de l'estació depuradora d'aigües residuals optimitzant les dosis de reactius del procés.
4. Estudi de la viabilitat d'un tractament biològic posterior al fisicoquímic.
5. Tractament de tot el volum d'aigües residuals generat diàriament
6. Automatització de l'estació depuradora.

4. METODOLOGIA

4.1. MOSTREIG

L'obtenció de mostres o presa de dades és el procediment metodològic més vital per poder realitzar posteriorment un correcte anàlisi dels resultats. A fi d'obtenir valors significatius, sempre és duu a terme de la mateixa forma i per a tots els paràmetres analitzats.

S'ha realitzat un procés de mostreig per els següents estudis:

○ Caracterització d'aigües residuals:

L'estudi de caracterització d'aigües residuals és realitza durant un període de temps aproximat de mes i mig. Durant aquest període, cada matí a les 9:00 s'han pres mostres de 5 litres d'aigua residual amb la finalitat d'estudiar les característiques principals de l'efluent d'entrada. Aquesta mostra s'ha pres del tanc d'homogeneïtzació n° 1 mitjançant la bomba de recirculació d'aquest dipòsit, bomba que s'observa a la **Figura 16**.



Figura 16 Bomba de recirculació del tanc d'homogeneïtzació n°2 d'on és realitza el mostreig

Aquesta aigua residual és troba homogeneïtzada per la pròpia recirculació de la bomba fet que fa que s'obtingui valors representatius de la totalitat d'aigua residual que és troba a l'interior del tanc.

Després d'extreure la mostra, es realitzen immediatament els següents estudis analítics per així mantenir les característiques de la mostra:

- ✓ Anàlisi de conductivitat mitjançant HACH Sension + ECS amb ref. 24317.
- ✓ Anàlisi de pH mitjançant pH metre LAB 850 SI analítics amb ref. 24217.
- ✓ Anàlisi de temperatura mitjançant HACH Sension + ECS amb ref. 24317.
- ✓ Anàlisi de demanda química d'oxigen mitjançant un Digestor Aqualytic AL 125.i un fotòmetre Aqualytic AL 100.

○ Estudi de cabal màxim de l'E.D.A.R.I:

METODOLOGIA

Per a l'estudi de cabal màxim de treball de l'estació depuradora, una vegada posada en marxa, és determinen tres punts de mostreig.

Primerament, s'extreu aigua residual a primera hora del matí del dipòsit d'homogeneïtzació nº 1 per tal d'obtenir informació de com arriba l'aigua residual al dipòsit d'homogeneïtzació nº1 abans de realitzar cap mena de procés, més enllà d'una homogeneïtzació del volum d'aigua. Aquesta s'extreu mitjançant la bomba de recirculació, de la mateixa forma que en l'estudi de caracterització, i és realitzen els mateixos assajos analítics.

A continuació, s'extreu mostra del dipòsit d'homogeneïtzació nº 2 per verificar el funcionament del neutralitzador de pH situat en aquest mateix dipòsit. L'anàlisi és realitza amb la finalitat d'assegurar que el pH a l'entrada de l'E.D.A.R.I és l'adequat.

Finalment, cada hora des de les 9 del matí fins a les 17:00 de la tarda, s'extreu una mostra d'aigua depurada per poder analitzar tots els termes esmentats anteriorment en la caracterització d'aigües. Mitjançant el mostreig continu podem avaluar el comportament de l'estació depuradora. Aquesta aigua depurada s'extreu d'una ramificació provinent de l'aigua sobrenedant del decantador lamel·lar. S'observa a la **Figura 17**.



Figura 17 Ramificació d'on s'obté la mostra d'aigua depurada

4.2. PROVES DE SEDIMENTACIÓ AMB JAR TEST

Jar Test és l'assaig que simula, a nivell de laboratori, els processos de coagulació i floculació realitzats que permetran obtenir finalment aigua de bona qualitat, separant fàcilment el flòcul per sedimentació. Els flòculs formats amb diferents dosificacions de coagulant ens proporcionaran com a resultat valors de DQO diferents.

METODOLOGIA



Figura 18 Jar Test

Amb aquest assaig es determina quin és el coagulant òptim, en quina dosi, el pH òptim per el tractament, la temperatura de l'aigua, l'ordre d'addició dels reactius, el temps de retenció necessari i la velocitat d'agitació òptima que ens asseguri una bona mescla al procés de coagulació i una bona aglomeració de partícules en l'etapa de floculació [10].

El procediment emprat per aquest assaig és el següent:

- Homogeneïtzar la mostra.
- Dipositar una bateria de Erlenmeyer amb el mateix volum de mostra.
- Activar l'agitació a 125 rpm¹ durant un minut posterior a l'addició de diferents dosis de coagulant a cadascú dels Erlenmeyers.
- Baixar les revolucions a 20-30 rpm durant 15 minuts.
- Addicionar la base o àcid neutralitzador que ens ajustarà el pH al d'actuació del floculant.
- Addicionar el mateix volum de floculant en cadascun del Erlenmeyers.
- Agitar ràpidament durant 1 minut.
- Disminuir la velocitat de l'agitador a 30 rpm durant 10 minuts.
- Deixar sedimentar el flòcul generat.
- Observar el resultat mitjançant el mètode analític de DQO de l'aigua clarificada obtinguda per analitzar quina dosificació de coagulant és millor.

No obstant, el resultat obtingut serà orientatiu. Ens servirà per ajustar el procés i aconseguir un funcionament òptim i un rendiment màxim. Sempre serà necessari un ajust de les dosificacions de coagulant i floculant a l'estació per arribar a obtenir els resultats obtinguts durant el procés de Jar Test [7].

4.3. REACTIUS

L'obtenció d'un tractament definit i correcte vindrà determinat per la comprovació de diferents reactius amb el mètode analític de Jar Test, escollint finalment el que ens proporcioni el millor balanç entre rendiment de depuració i benefici econòmic.

Els reactius emprats en les diferents etapes del procés són:

METODOLOGIA

4.3.1. Reactius de coagulació

Els principals coagulants provats per desestabilitzar les partícules i crear el micro-flòcul són:

- CO-18

Segons les especificacions indicades en l'etiqueta del producte les propietats principals del CO-18 són les descrites a la **Taula 2**.

Taula 2 Propietats principals del CO-18

Aspecte	Líquid blanc
Olor	Sense olor
Punt de fusió	0°C
Punt de ebullició	104°C
Inflamabilitat	No inflamable
Densitat relativa (20°C)	1,43 g/cc
Viscositat (20°C)	14 cps
Pes molecular	102,4 (g/mol)

- Policlorur d'alumini 18%

Segons les especificacions indicades en l'etiqueta del producte les propietats principals del policlorur d'alumini 18% són les descrites a la **Taula 3**.

Taula 3 Propietats principals del policlorur d'alumini 18%

	Líquid groc
Olor	Sense olor
Punt de fusió	-15°C
Punt de ebullició	115°C
Inflamabilitat	No inflamable
Densitat relativa (20°C)	1,25 g/cc
Viscositat (20°C)	19,7 cps
Pes molecular	95,7 (g/mol)

- Policlorur d'alumini "inco alpha"

Segons les especificacions indicades en l'etiqueta del producte les propietats principals del policlorur d'alumini "inco alpha" són les descrites a la **Taula 4**.

Taula 4 Propietats principals del policlorur d'alumini "inco alpha"

Aspecte	Líquid groc
Olor	Inolor
Punt de fusió	-12°C
Punt de ebullició	119°C
Inflamabilitat	No inflamable
Densitat relativa (20°C)	1,22 g/cc
Viscositat (20°C)	20,8 cps
Pes molecular	93,28 (g/mol)

METODOLOGIA

○ DKFLOCK 1010

Segons les especificacions indicades en l'etiqueta del producte les propietats principals del DKFLOCK 1010 són les descrites a la **Taula 5**.

Taula 5 Propietats principals de DKFLOCK 1010

Aspecte	Líquid groc
Olor	Olor característic
Punt de fusió	-15°C
pH	2,4
Inflamabilitat	No inflamable
Densitat relativa (20°C)	1,22 g/cc
Viscositat (20°C)	10 cps
Pes molecular	93,11 (g/mol)

4.3.2. Reactius de neutralització

La neutralització ens permet obtenir el pH adequat per un bon funcionament del floculant. La utilització d'una base o d'un àcid durant la neutralització dependrà de la basicitat o acidesa que trobem després de la coagulació.

Per tant, els reactius principals per la neutralització son:

○ Àcid sulfúric 50% (H₂SO₄)

L'àcid sulfúric és un àcid inorgànic fort, estable químicament. En conseqüència del seu caràcter àcid, és capaç de disminuir un pH basic fàcilment amb un dosificació lleu. Segons les especificacions indicades en l'etiqueta del producte les propietats principals de l'àcid sulfúric són:

Taula 6 Propietats principals de l'àcid sulfúric

Aspecte	Líquid incolor
Olor	Sense olor
Punt de fusió	-35°C
Punt de ebullició	124°C
Inflamabilitat	No inflamable
Densitat relativa (20°C)	1,395 g/cc
Viscositat (20°C)	22,5 cps
Pes molecular	98,08 (g/mol)

○ Hidròxid de sodi 50% (NaOH)

L'hidròxid de sodi és una producte altament utilitzat en la indústria química per ser una base forta que permet neutralitzar un pH àcid amb facilitat. Segons les especificacions indicades en l'etiqueta del producte les propietats principals de l'hidròxid de sodi són:

METODOLOGIA

Taula 7 Propietats principals de l'hidròxid de sodi

Aspecte	Líquid incolor
Olor	Sense olor
Punt de fusió	12°C
Punt de ebullició	143°C
Inflamabilitat	No inflamable
Densitat relativa (20°C)	1,52 g/cc
Viscositat (20°C)	78 cps
Pes molecular	40 (g/mol)

4.3.3. Reactius de floculació

El floculant provat per fer créixer i aglomerar els micro-flòculs formats per el coagulant és:

- SIFLOCK 120 CL

El SIFLOCK 120 CL és un floculant basat en polí acrilamida aniònica, amb elevat pes molecular, subministrat en forma líquida. Segons les especificacions indicades en l'etiqueta del producte les propietats principals del SYFLOCK 120 CL són:

Taula 8 Propietats principals del SIFLOCK 120 CL

Aspecte	Blanc intens
Olor	Sense olor
Punt de fusió	-10°C
Punt de ebullició	110°C
Inflamabilitat	Si
Densitat relativa (20°C)	1,15 g/cc
Viscositat (20°C)	380 cps
Pes molecular	156 (g/mol)

Degut a la seva viscositat sempre s'utilitza de forma diluïda al 0,5% . N'és un exemple, afegir 5 ml de floculant per cada litre de solució preparada.

4.3.4. Reactius per a la deshidratació de fangs

El fang obtingut del procés d'essament consta d'un percentatge molt elevat d'aigua. La deshidratació del fang permet extreure gran part de la humitat del fang per així poder reduir el cost de gestió de residu extern en tractar fang en comptes de fang amb un alt percentatge d'aigua.

Els deshidratadors de fangs provat per dur a terme aquesta funció són:

- HIMOLOC DR2500

L'HIMOLOC DR2500 és un floculant catiònic efectiu en un ampli rang de pH que pot funcionar sol o en combinació de productes habituals en tractaments d'aigües [11]. Segons les especificacions indicades en l'etiqueta del producte les propietats principals del HIMOLOC DR2500 són:

METODOLOGIA

Taula 9 Propietats principals de l'HIMOLOC DR2500

Aspecte	Líquid blanc lletós
Olor	Sense olor
Punt de fusió	-10°C
Punt de ebullició	100°C
Inflamabilitat	Si
Densitat relativa (20°C)	1,2 g/cc
Viscositat (20°C)	400 cps
Pes molecular	170 (g/mol)

○ SIFLOCK 2024

El SIFLOCK 2024 és un floculant basat en polí acrilamida aniònica, amb elevat pes molecular, subministrat en forma líquida. Segons les especificacions indicades en l'etiqueta del producte les propietats principals del SIFLOCK 2024 són:

Taula 10 Propietats principals del SIFLOCK 2024

Aspecte	Blanc intens
Olor	Sense olor
Punt de fusió	-10°C
Punt de ebullició	110°C
Inflamabilitat	Si
Densitat relativa (20°C)	1,15 g/cc
Viscositat (20°C)	380 cps
Pes molecular	156 g/mol

4.4. MÈTODES ANALÍTICS

En tota inspecció d'aigües residuals són revisats certs paràmetres per assegurar el compliment de la normativa d'abocament vigent. Tots aquests paràmetres s'analitzen emprant mètodes analítics i aparells específics per tal d'assegurar el resultat analítics. Per tant, els paràmetres analitzats per assegurar el compliment de la normativa d'abocament són:

4.4.1. DQO

La demanda química d'oxigen (DQO) és un paràmetre que mesura la quantitat de substàncies susceptibles a ser oxidades per medis químics que és troben dissolts o en suspensió en una mostra líquida. Aquesta s'utilitza per mesurar el grau de contaminació i s'expressa en mg O₂ per litre.

Les substàncies oxidables reaccionen amb una solució d'àcid sulfúric i dicromat de potassi en presència de sulfat de plata com a catalitzador. Es determina la disminució de coloració groga del Cr (VI). Per obtenir aquest paràmetre és precisa tenir els següent material:

- Digestor Aqualytic AL 125.
- Fotòmetre Aqualytic AL 100.

METODOLOGIA

- Tube test rang MR 0-1500 mg/L O₂.
- Tube test rang LR 0-150 mg/L O₂.
- Pipetes.
- Matràs aforat de 100 ml.

A continuació, es realitza el següent procediment:

- Homogeneïtzar la mostra.
- Preparar una dilució agafant amb pipeta 10 ml de mostra a analitzar per portar-los a una matràs aforat de 100 ml. Completar amb aigua destil·lada i agitar per obtenir una correcta homogeneïtzació.
- Agitar el vial per deixar el sediment present en suspensió.
- Homogeneïtzar novament la dilució del matràs de 100 ml i agafar 2 ml i introduir-los dins el vial. Tancar, netejar l'exterior i agitar el vial.
- Col·locar el vial dins del digestor durant 2 hores a 150 °C.
- Passades les 2 hores, es necessari invertir el vial 2 vegades i deixar en posició vertical fins que es refredi a temperatura ambient.
- Esperar a que tots els sediments quedin al fons.
- Netejar novament l'exterior del vial i introduir dins el fotòmetre per realitzar la lectura.
- Si la lectura és troba fora de rang de mesura del vial, caldrà preparar una dilució més diluïda fins aconseguir obtenir una lectura correcta.

Finalment per obtenir el valor de DQO, correspondrà a la lectura del fotòmetre multiplicat per el factor de dilució emprat en funció de la següent taula.

Taula 11 Dilució amb el seu respectiu factor de dilució

Dilució	Factor de dilució
20%	5
10%	10
5%	20
2%	50

S'extreu la mostra d'aigua del sobrenedant del decantador cada hora i s'analitza seguint el procediment descrit amb anterioritat, tenint en compte agitar la mostra abans de preparar la dilució per així realitzar la DQO no decantada.

4.4.2. pH

El pH és el paràmetre més important per obtenir una tractament fisicoquímic correcte. Aquest indica el grau d'acidesa o basicitat d'una solució aquosa.

Per dur a terme el mètode analític per l'obtenció d'aquest paràmetre s'utilitza:

- pH metre LAB 850 SI analítics amb ref. 24217.
- Aigua destil·lada.

A continuació, s'extreu, cada hora, la mostra d'aigua del sobrenedant del decantador i, 5 minuts després de la presa de mostra, s'analitza el pH seguint el procediment següent:

- Homogeneïtzar de la mostra.

METODOLOGIA

- Rentar l'elèctrode amb aigua destil·lada.
- Col·locar l'elèctrode dins de la mostra amb una agitació constant.
- Prémer "CALC" fins obtenir un valor constant.
- Netejar l'elèctrode amb aigua destil·lada per una següent mesura.



Figura 19 pH metre LAB 850 SI analytics

4.4.3. Conductivitat

La conductivitat elèctrica d'una solució ens determina la capacitat de transporta corrent elèctric i ens permet conèixer la concentració d'espècies iòniques present a la solució.

Els ions majoritaris que formen les sals dissociades a l'aigua solen ser HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ i K^+ .

Per dur a terme el mètode analític per l'obtenció d'aquest paràmetre s'utilitza:

- HACH Sension + ECS amb ref. 24317.
- Aigua destil·lada.

A continuació, es recull la mostra d'aigua del sobrenedant del decantador cada hora i s'analitza el pH 5 minuts després de la presa de mostra seguint el procediment següent:

- Homogeneïtzar de la mostra.
- Rentar l'elèctrode amb aigua destil·lada.
- Col·locar l'elèctrode dins de la mostra amb una agitació constant.
- Prémer "CALC" fins obtenir un valor constant.
- Netejar l'elèctrode amb aigua destil·lada per una següent mesura.



Figura 20 HACH Sension + ECS

METODOLOGIA

4.4.4. Temperatura

La temperatura és una paràmetre que afecta a la solubilitat de sals, gasos i en general a totes les propietats químiques incloent els comportament microbiològic. Es per aquest motiu que és de importància prendre valor d'aquest paràmetre.

Per obtenir aquest paràmetre s'utilitza el mateix aparell i mètode analític anterior. El HACH Sension + ECS proporcionarà una lectura directe al display de l'aparell seguint el següent procés:

- Homogeneïtzar de la mostra.
- Rentar l'elèctrode amb aigua destil·lada.
- Col·locar l'elèctrode dins de la mostra amb una agitació constant.
- Prémer "CALC" fins obtenir un valor constant.
- Netejar l'elèctrode amb aigua destil·lada per una següent mesura.

4.4.5. DBO₅

La demanda biològica d'oxigen és la quantitat d'oxigen consumida durant un període d'incubació específic per la biodegradació bioquímica de la matèria orgànica [12]. El mètode analític és pot realitzar mitjançant dos procediments:

- Mètode respiromètric.
- Mètode de les dissolucions.

Per el nostre cas, és determinarà externament mitjançant el mètode respiromètric amb la finalitat de definir la viabilitat d'instaurar un reactor biològic de membrana en funció de la biodegradació d'aquestes aigües. Per tant, per duu a terme el mètode respiromètric s'utilitza :

- Respiròmetre de Warburg.
- Agitador magnètic.
- Aigua destil·lada.

A continuació, és realitza la presa de mostra. Per aquest cas, s'emmagatzemarà en una ampolla de plàstic de polipropilè o de vidre a una temperatura de 4°C sense exposició lumínica per tal d'evitar processos d'activitat microbiana i creixement d'algues. Aquesta mateixa mostra, per preservar les propietats, és analitzada abans de les 6 hores de recollida seguint el següent procediment:

- Analitzar l'aigua residual a temperatura ambient. És necessari esperar un temps posterior a extreure-la del refrigerador i agitar-la per obtenir una suspensió homogènia.
- Emplenar els flascons amb un volum conegut d'aigua residual i diferents dilucions en aigua destil·lada de la mateixa mostra a analitzar.
- Agitar els flascons mitjançant agitadors mecànics. Cada flascó disposarà d'un nucli d'agitació i un tapo que posseeix un reservori per afegir NaOH sense estar tancat completament.
- Introduir els flascons dins d'una incubadora a 20°C durant un temps per assegurar la temperatura abans de realitzar la mesura.

METODOLOGIA

- Tapar els flascons i ajustar a zero l'escala.
- Deixar 5 dies amb agitació continua i a l'obscuritat.
- Obtenir el resultat observant en l'escala del manòmetre la marca del mercuri i realitzar els càlculs pertinents.

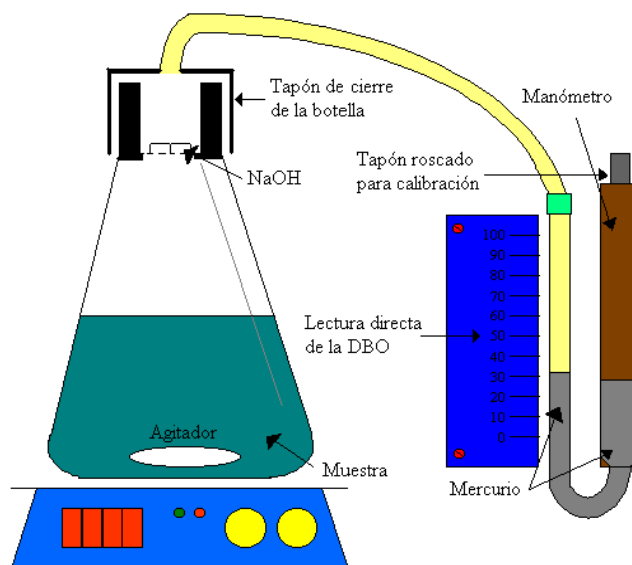


Figura 21 Respiromètre de Warburg

4.5. PROTOCOL FAT

La posada en marxa de l'estació depuradora d'aigües industrials es realitza seguint el protocol FAT (Factory Acceptance Test).

El protocol FAT és un procediment de prova personalitzat per a diferents tipus de sistemes on les proves s'executen abans de la posada en marxa final de la instal·lació [13].

Aquest protocol s'aplica cada vegada que és requereix realitzar proves d'acceptació de fabrica en equips o instal·lacions amb la finalitat de garantir que aquests compleixen al 100% els paràmetres de disseny i funcionen correctament.

Per altre banda, es aplicable a posades en marxa d'instal·lacions, tenint un control periòdic de l'estat del procés sabent quins paràmetres cal corregir o quins és troben funcionant correctament. El procediment per un protocol FAT en una posada en marxa ha de que considerar els següents aspectes:

- Definir tots els equips de la instal·lació:
Llistar tots els equips presents.
- Comprovar l'estat inicial de la instal·lació.
Es comprova l'estat inicial de la instal·lació per definir les necessitats futures per arribar al funcionament continu.
- Comunicar al responsable de la realització de proves.
Es comunica quin son el paràmetre que cal comprovar o reparar per continuar amb la posta en marxa.
- Realitzar les proves pertinents.
- Observar els resultats de la prova FAT .

METODOLOGIA

- Observar els resultats obtinguts on a partir d'aquest és valora l'estat següent de la instal·lació.

Mitjançant el procediment anterior, hem preparat un esquema concret de seguiment per optimitzar i registrar totes les activitats corresponents a la posta en marxa de l'estació depuradora. L'esquema base és presenta a la **Taula 12** representant cadascun dels elements prioritari a estudi amb els seus respectius paràmetres, tenint en compte que la instal·lació funcionarà satisfactòriament amb un funcionament adequat de tots aquests paràmetres.

METODOLOGIA

Taula 12 Taula inicial del protocol FAT a seguir

ELEMENT	PARAMETRE	CORRECTE FUNCIONANAMENT	
		SI	NO
Tanc d'homogeneïtzació 1	Bomba d'enviament tanc n°2		
Tanc d'homogeneïtzació 2	Bomba de recirculació		
	Bomba d'enviament a la depuradora		
Tanc de floculant	Estat del tanc		
	Agitador		
Tanc coagulant	Estat del tanc		
Tanc floculant catiònic	Estat del tanc		
	Agitador		
	Bomba del floculant catiònic		
Dipòsit de coagulació	Agitador		
	Bomba del coagulant		
Dipòsit de neutralització	Agitador		
	Bomba d'àcid sulfúric		
	Sonda controladora de pH		
Dipòsit de floculació	Agitador		
	Bomba del floculant		
Decantador lamel·lar	Estat del decantador		
	Bomba de fons del decantador		
Espesseïdor	Estat del espesseïdor		
	Bomba de fons del espesseïdor		
Dipòsit de fangs	Agitador		
Centrifuga	Estat de la centrifuga		
	Sens fi		
	Bomba centrifuga		

5. RESULTATS

5.1. LÍMITS D'ABOCAMENT

Com ja em comentat amb anterioritat, un dels principals problemes a solvatar és l'incompliment dels límits d'abocament establerts.

A fi de solucionar aquest inconvenient és caracteritzen les aigües residuals que arriben a la planta de tractament i és realitza un estudi del cabal màxim de tractament. Gràcies aquest últim estudi és pot determinar la possibilitat d'assolir les necessitats de depuració que requereix la planta.

5.1.1. Caracterització aigües residuals

És realitza l'estudi analític de l'efluent d'entrada, mitjançant les metodologies esmentades amb anterioritat, amb la finalitat de caracteritzar-lo:

- Demanda química d'oxigen.
- Conductivitat.
- pH.
- Temperatura.

Mitjançant la caracterització d'aquests paràmetres obtenim els resultats necessaris per poder determinar quin dels coagulants estudiats és el millor per el sistema. Els resultats obtinguts d'aquests estudis per cadascun dels coagulants són:

- CO-18 :

És realitzen assajos Jar Test emprant com a coagulant el CO-18 per diferents dosificacions. Seguint les condicions necessàries d'ajust de pH del coagulant els resultats obtinguts per el floculant disponible (SIFLOCK 120 CL 0,5%) són els exposats a la **Taula 27**.

Aquest resultats en veuen afectats per l'absència de floculació provocant com a resultat final la **fig. 5-1**.



Figura 22 Resultat final de les proves de floculació amb CO-18

Com és pot observar, l'incorrecte funcionament del sistema F-Q provoca que no és formin flòculs fent insignificant prendre una mesura significativa dels paràmetres finals.

RESULTATS

○ Policlorur d'Alumini "Inco Alpha":

Seguint la metodologia d'anàlisi pertinent, és realitzen assajos Jar Test utilitzant com a coagulant el policlorur d'Alumini "Inco Alpha" per diferents dosificacions. Seguint les condicions necessàries d'ajust de pH del coagulant, els resultats obtinguts per el floculant (SIFLOCK 120 CL 0,5%) són els exposats a la **Taula 28**.

El paràmetre més crític de la instal·lació és la DQO, ja que els valors de pH, conductivitat i temperatura solen trobar-se dins dels marges establerts per llei. Per aquest motiu, per poder visualitzar millor el funcionament i rendiment del coagulant és pren aquest paràmetre com el més representatiu.

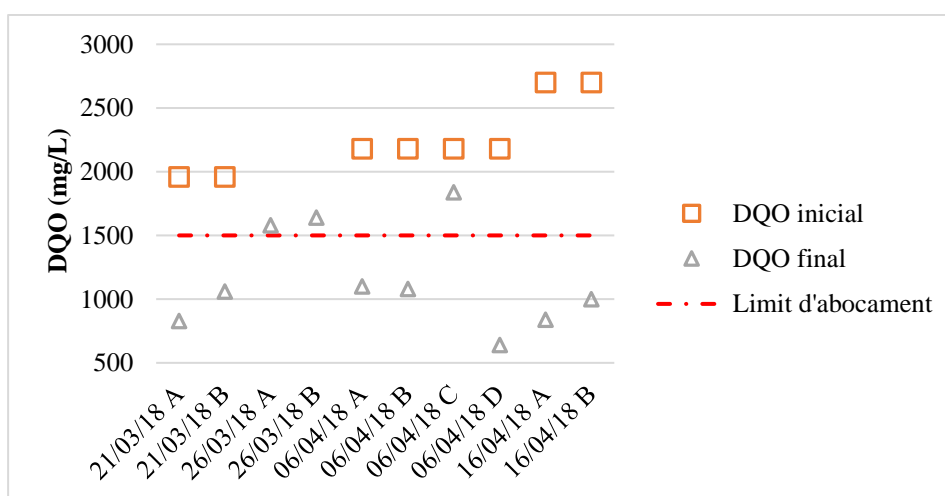


Figura 23 DQO inicial i final per diferents dies amb l'addició de diferents concentracions de policlorur d'Alumini "Inco Alpha"

A la **Figura 23** podem veure la disminució de DQO en diferents dies per a les dosificacions diferents del coagulant estudiat.

El límit d'abocament en aquesta figura és complex exceptuant un dia degut a una DQO d'entrada fora de la normalitat (6340 ppm). Els resultats dels assajos de floculació és poden observar a la següent imatge.



Figura 24 Imatge final de floculació de les proves realitzades amb policlorur d'alumini "Inco Alpha"

RESULTATS

○ Policlorur d'alumini 18% :

Continuant amb les proves, és realitzen nous assajos Jar Test emprant com a coagulant el policlorur d'alumini 18% per diferents dosificacions. Tenint en compte els valors òptims de treball d'aquest i la utilització del floculant disponible (SIFLOCK 120 CL 0,5%) s'observen els resultats reflectits a la **Taula 29**. En aquest resultats és pot observar dos punts on el coagulant a funcionat en un rendiment molt baix. Aquest resultat es degut a que la floculació generada amb aquest tipus de coagulant és l'observada en la següent figura:

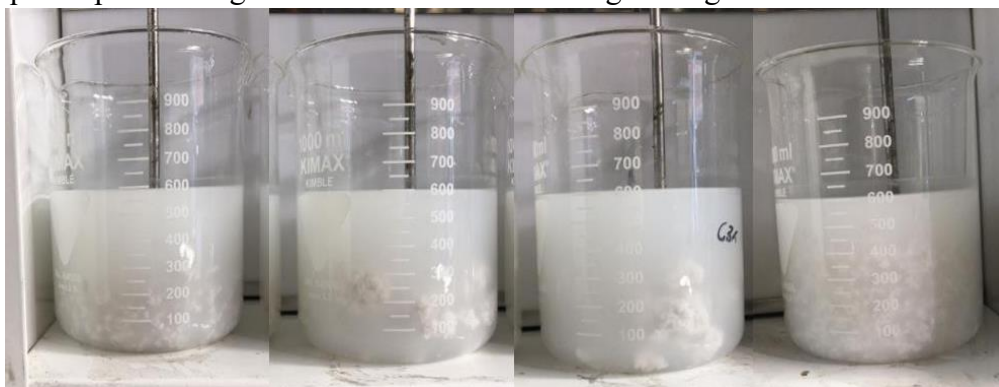


Figura 25 Imatge final de floculació de les proves realitzades amb policlorur d'alumini 18%

La floculació observada en la **Figura 25** no clarifica l'aigua inicial fent insignificant analitzar la demanda química d'oxigen del resultat final.

○ DKFLOCK 1010:

Per finalitzar les proves de selecció del coagulant més adient és realitzen assajos Jar Test emprant com a coagulant el DKFLOCK 1010 per diferents dosificacions. Ajustant el pH al valor adequat, s'obtenen els resultats presentats a

Taula 30 quan s'ha utilitzat del floculant SIFLOCK 120 CL 0,5%. Degut al comportament proporcionat per aquest coagulant durant la floculació és possible analitzar-lo mitjançant una gràfica de dispersió com la següent.

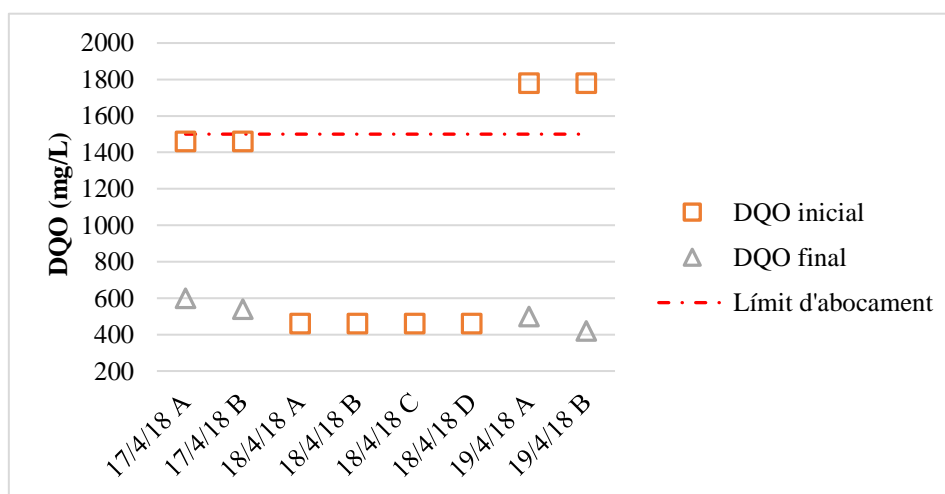


Figura 26 DQO inicial i final per diferents dies amb l'addició de diferents concentracions de DKFLOCK 1010

RESULTATS

L'eficàcia dels tractament fisicoquímics es poden observar a la **Figura 27** obtenint una floculació correcta on el flocul format és troba en procés de sedimentació natural per l'acció de la gravetat.



Figura 27 Imatge final de floculació de les proves realitzades amb DKFLOCK 1010

Per concloure la caracterització de les aigües residuals amb la finalitat de seleccionar el coagulant més adient podem determinar que el DKFLOCK 1010 és l'escollit. Aquest ens proporciona una floculació eficaç donant com a resultat un flocul fàcil de decantar per gravetat amb 3000 ppm de coagulant.

5.1.2. Estudi de cabal màxim i dosificacions necessàries

Com s'ha esmentat amb anterioritat un dels problemes principals de l'estació depuradora és l'absència de desnivell entre l'entrada al tractament F-Q i la sortida del decantador lamel·lar fet que provoca no poder treballar a més de 6 m³/h dificultant abastir el volum d'aigües residuals generades. A fi de solucionar aquest problema és puja 1 metre els dipòsits de tractament F-Q (coagulació, neutralització i floculació) per tal de millorar la capacitat hidràulica de la depuradora i així poder arribar a tractar el volum d'aigua d'arribada.

Conseqüència d'aquesta modificació en la instal·lació, és necessari dur a terme un estudi de cabal màxim per poder definir si la solució implementada ens proporciona la capacitat d'abastir les aigües residuals generades. Per altre banda, tenint en compte l'estudi característic realitzat anteriorment a escala de laboratori, s'estudiarà la viabilitat i les dosificacions necessàries de reactius a planta.

Els dos estudis es realitzen paral·lelament, controlant el procés des de un cabal inferior fins arribar al cabal màxim que ens permet la instal·lació i ajustant les dosificacions en conseqüència tant a l'augment de volum tractat com el comportament de depuració. Així doncs, prenen com a base d'actuació les proves realitzades al laboratori és troben el següents resultats:

RESULTATS

4 m³/h

L'estudi s'inicia per un cabal inferior per poder apreciar el comportament dels reactius estudiats a laboratori en planta. Les dosificacions de reactius correspondran a un valors orientatius que en funció del funcionament de flocculació i disminució de la demanda química d'oxigen variaran per obtenir un funcionament més adient. Es per això, que s'estableix com inici de tractament per 4m³/h una dosificació de 0,039 m³/h de SIFLOCK 120 CL 0,5% i de 0,0066 m³/h de DKFLOCK 1010 . Aquesta mesura de cabal és realitza fàcilment observant el volum de sortida en un determinat temps per la màxima potencia de la bomba impulsora. Mitjançant les dosificacions anteriors com orientació s'obtenen els següents rendiments i evolucions de depuració.

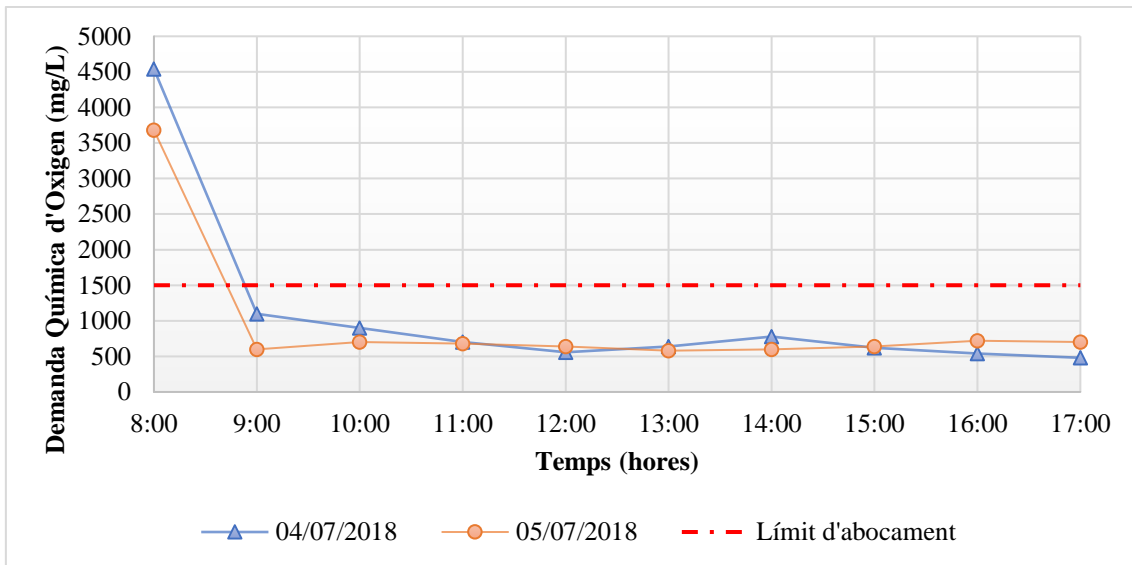


Figura 28 Evolució de DQO en funció del temps de depuració 4 m³/h

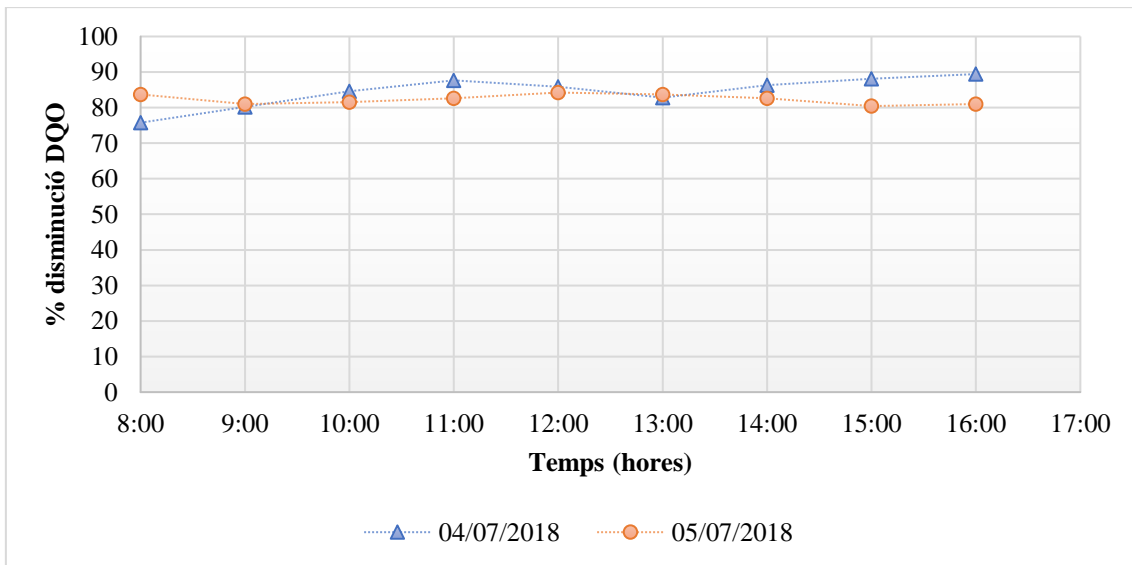


Figura 29 % de disminució de DQO en funció del temps a 4 m³/h

RESULTATS

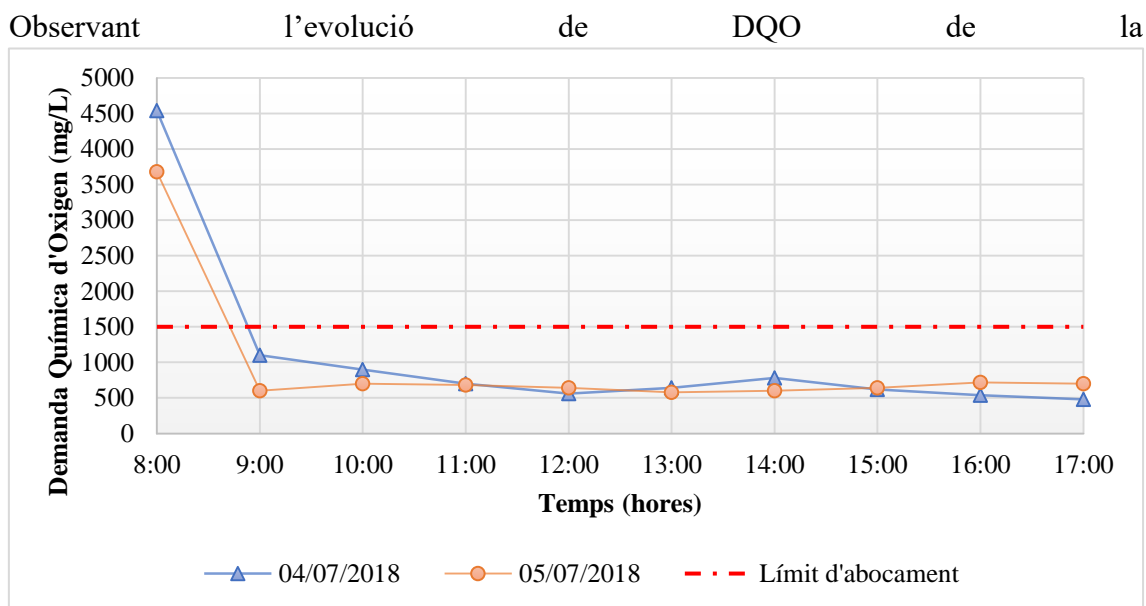


Figura 28 és possible determinar que el funcionament de depuració per 4 m³/h és correcte aconseguint disminuir els valors de DQO per sota del límit d'abocament. Aquest bon funcionament és reflexa a la

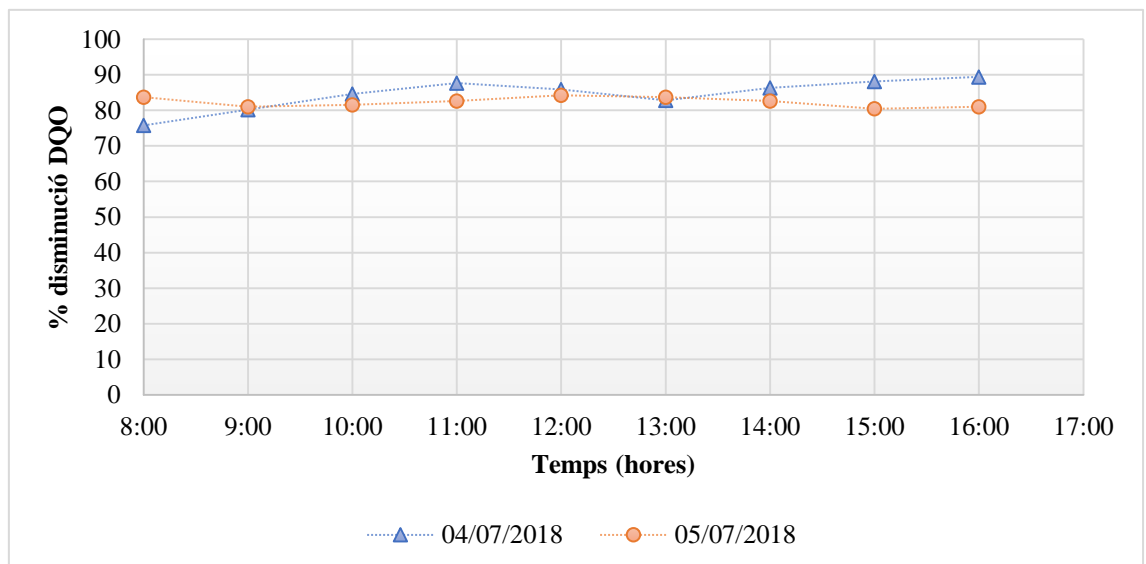


Figura 29, obtenint rendiment de depuració superiors a 75% durant tot temps de depuració.

6 m³/h

S'augmenta el cabal d'entrada d'aigua a depurar i com a conseqüència s'augmenten les dosificacions de reactius en els percentatge adequat en funció del volum a tractar. Paral·lelament a les dosificacions de reactius correctes, és necessari tenir en compte un control exhaustiu del pH per aconseguir obtenir un rendiment òptim de depuració. Per tant, establim el pH òptim de funcionament segons indica el fabricant del producte, entre 6,5 i 7, com a SP i les dosificacions augmentades en funció del volum tractat. Fet això, s'obtenen els següents rendiments i evolucions de depuració.

RESULTATS

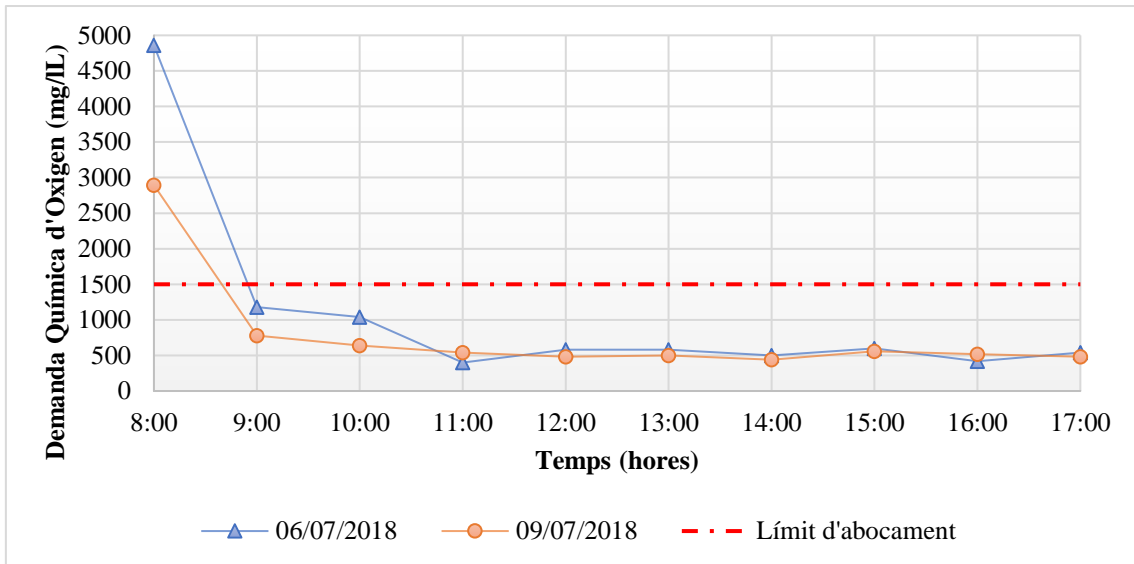


Figura 30 Evolució de DQO en funció del temps de depuració a $6 \text{ m}^3/\text{h}$

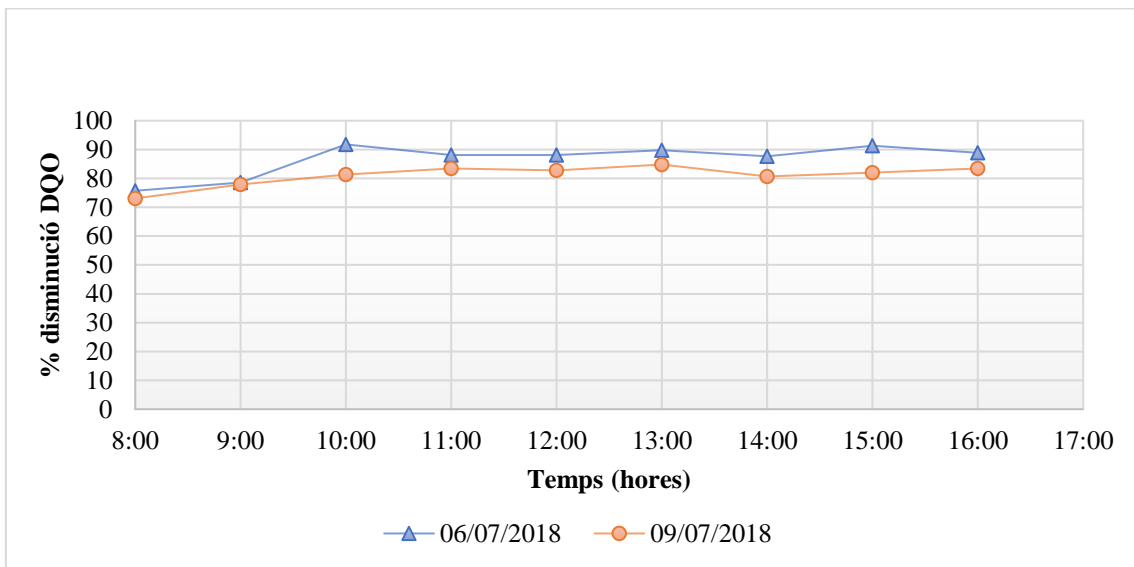


Figura 31 % de disminució de DQO en funció del temps a $6 \text{ m}^3/\text{h}$

RESULTATS

La **Figura 30** ens continua donant valors estables de depuració reduint els valors de DQO per sota del límit establert. En conseqüència a la

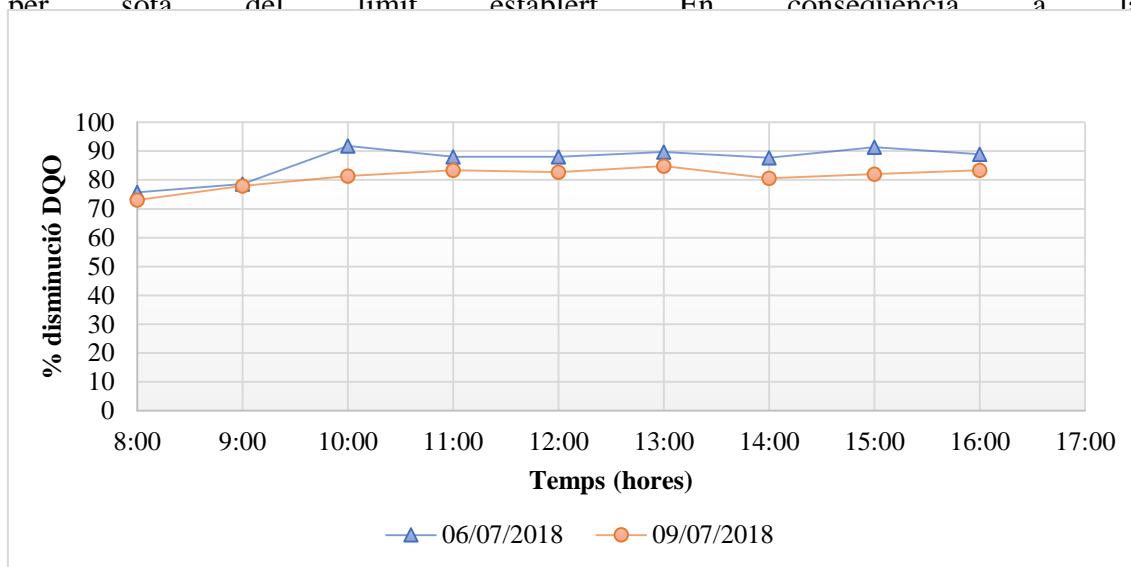


Figura 31 és poden observar novament rendiments superiors a 75% per un cabal de 6 m³/h.

8 m³/h

Es segueix el mateix procediment anterior regulant el cabal de dosificacions segons l'augment de cabal a depurar. Establint un pH d'entre 6,5 i 7, s'obtenen els següents rendiments i evolucions de depuració.

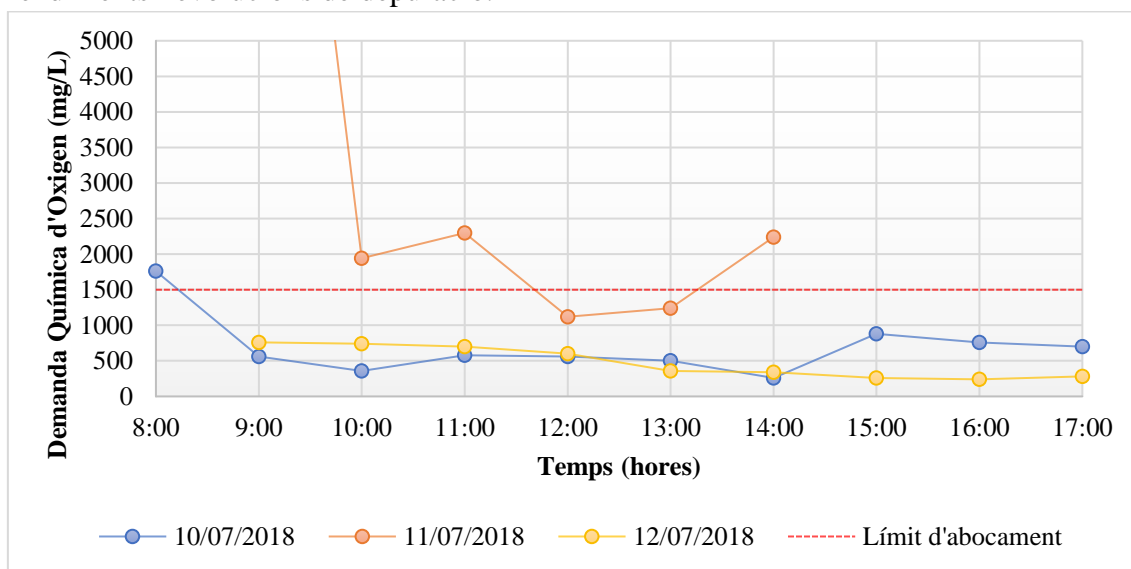


Figura 32 Evolució de DQO en funció del temps de depuració a 8 m³/h

RESULTATS

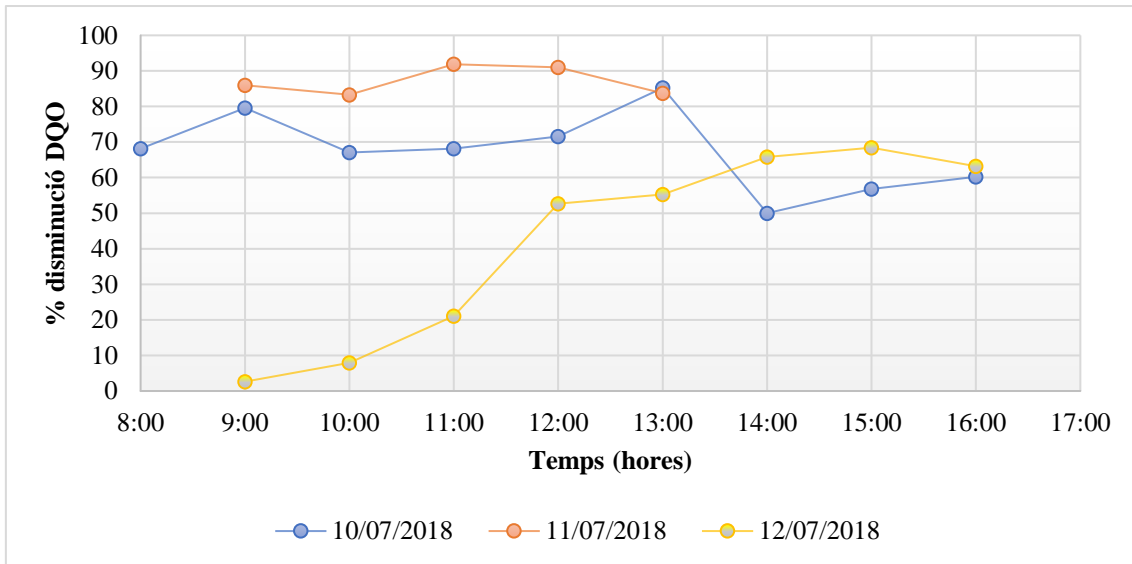


Figura 33 % de disminució de DQO en funció del temps a 8 m³/h

10 m³/h

Es segueix el mateix procediment anterior regulant el cabal de dosificacions segons l'augment de cabal a depurar. Establint un pH d'entre 6,5 i 7 s'obtenen els següents rendiments i evolucions de depuració.

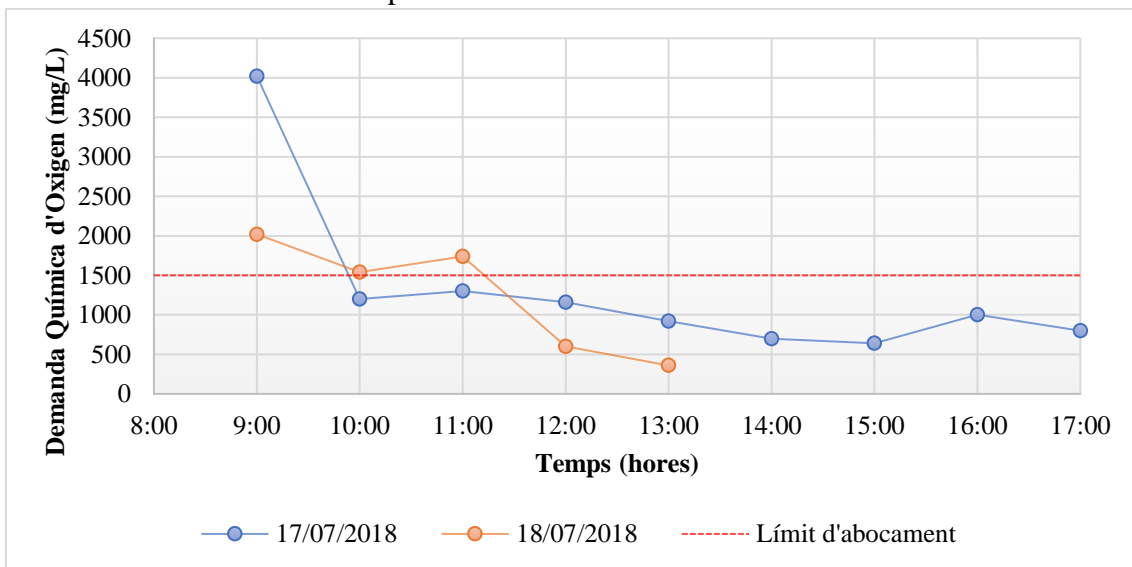


Figura 34 Evolució de DQO en funció del temps de depuració a 10 m³/h.

RESULTATS

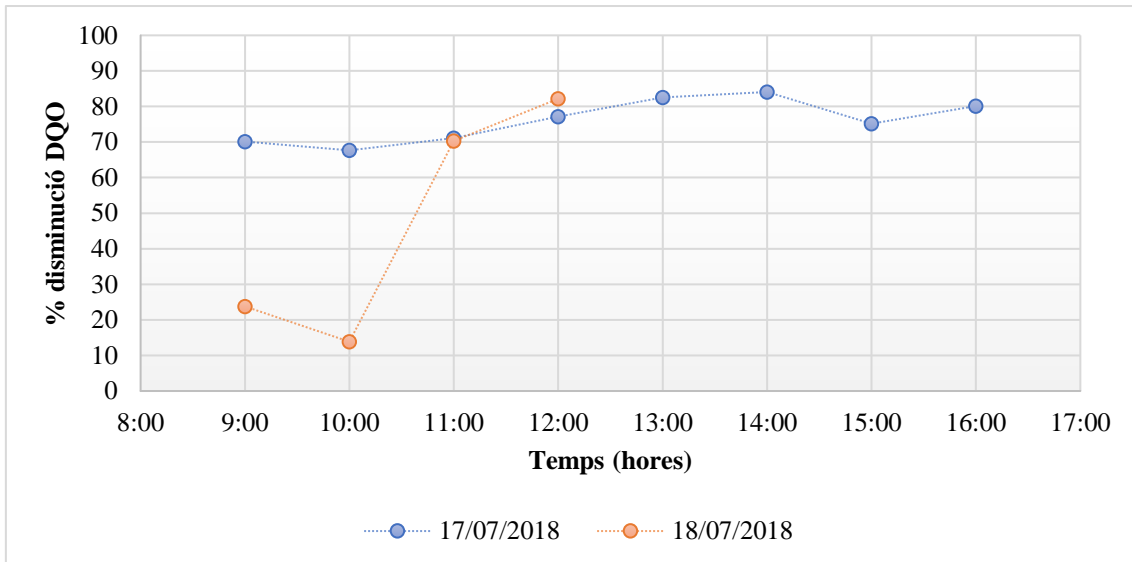


Figura 35 % de disminució de DQO en funció del temps a 10 m³/h.

12 m³/h

Finalment és regula el cabal d'entrada a 12 m³/h on es pot observar que no es viable la depuració per aquest volum d'entrada degut a que s'acumula aigua residual en els tancs de coagulació i floculació provocant que es desbordin al cap d'un temps.

Per tant, el límit de depuració per el disseny final de l'estació depuradora seria treballar a 10 m³/h per poder assegurar un marge suficient com per no arribar a desbordar aigua en cap dels tancs.

Tenint en compte el cabal màxim, podem veure tots el resultats unificats de l'evolució de cabal i dels rendiments mitjançant en els següents gràfics.

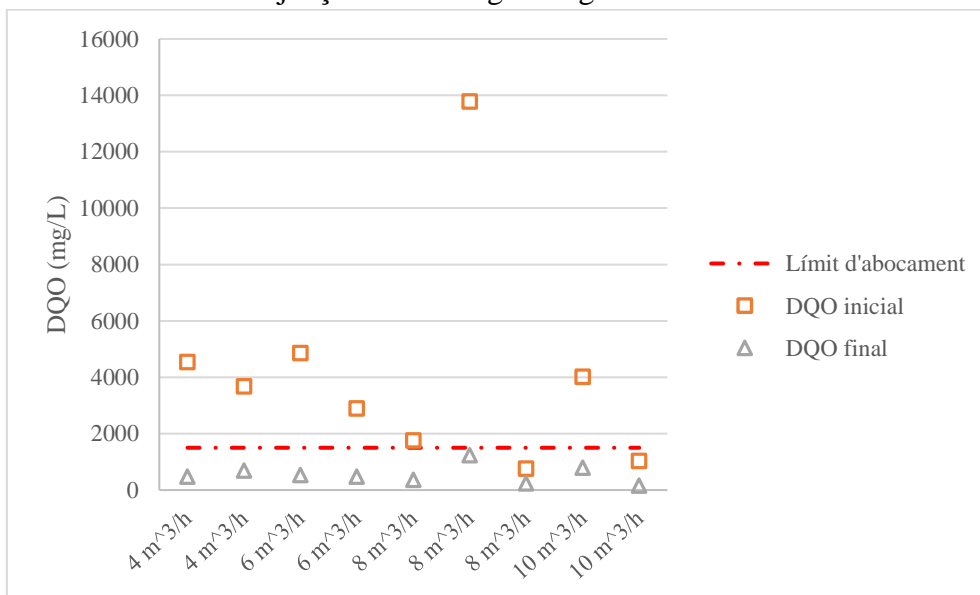


Figura 36 Evolució de depuració a diferents cabals

RESULTATS

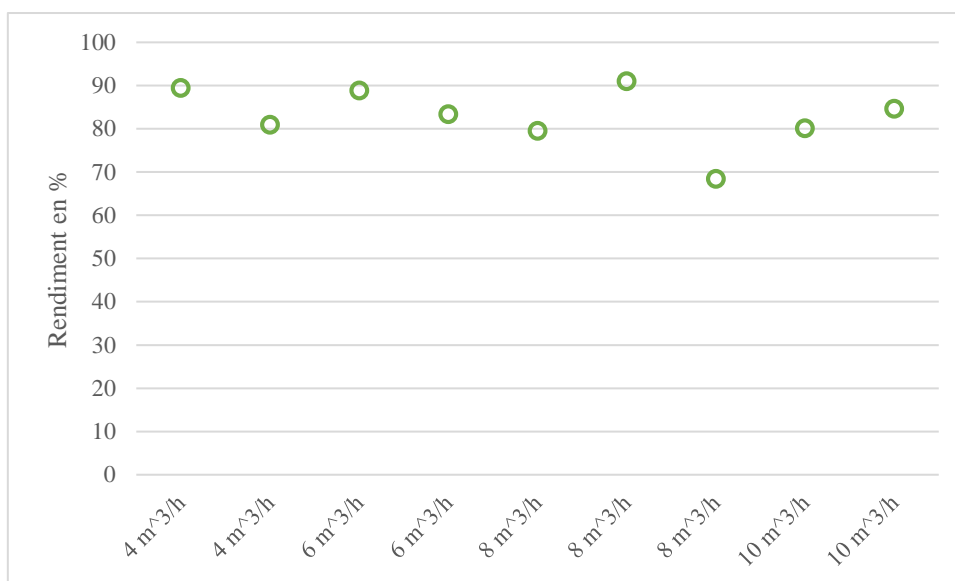


Figura 37 Rendiment de depuració a diferents cabals

Per altre banda, podem veure tots els paràmetres analítics analitzats a l'annex de **RESULTATS DE CABAL MÀXIM TRACTABLE**.

Per tant, observant els resultats de la **Figura 36** i **Figura 37** podem extreure les conclusions següents:

- El cabal de treball òptim correspon a 10 m³/h. Per aquest cabal trobem un funcionament correcte del tractament F-Q disminuint la DQO al voltant d'un 80% fet que provoca estar per sota del límit d'abocament.
- És troba la incapacitat d'augmentar el cabal de depuració per problemes de desbordament en els tancs de la instal·lació. No obstant, amb un cabal de treball de 10 m³/h l'E.D.A.R.I és capaç de depurar els m³ diaris generats per la indústria.

5.2. INSTAL·LACIÓ

La instal·lació, com s'esmenta amb anterioritat, és considerada un dels punts més problemàtics per el funcionament de l'E.D.A.R.I degut a les limitacions de funcionament que és troben a l'inici.

A fi de solucionar les limitacions inicials, és realitza un protocol Factory Acceptance Test (FAT) per realitzar un correcte seguiment durant la posta en marxa de la instal·lació. Així permeten solucionar els principals problemes d'aquesta:

- Incapacitat de tractament dels m³ generats
- Decantador lamel·la desnivellat
- Bomba de recirculació dipòsit homogeneïtzació n°2

5.2.1. FAT/ Posta en marxa

El protocol FAT és l'etapa més important del treball ja que aquesta ens determinarà el funcionament final de l'E.D.A.R.I així com les actuacions necessàries en el diferents paràmetres de la instal·lació per poder arribar al seu correcte funcionament. És per això,

RESULTATS

que és realitza un estudi exhaustiu des de l'inici del protocol fins la posta en marxa descrit a la ***Taula 35***.

SETMANA 0:

La setmana zero ens serveix per obtenir una visió real als problemes que és troben des de el primer instant en la instal·lació. Partim del coneixement de problemes com la limitació de tractament dels m³ generats, el desnivell del decantador lamel·lar o les fuites d'aigua de la bomba de recirculació del dipòsit d'homogeneïtzació n^o2, fet el protocol FAT per la setmana zero, és troben les majors problemàtiques de la instal·lació:

RESULTATS

Taula 13 Resultats setmana 0 del protocol FAT

SETMANA 0			
PART DE LA INSTAL·LACIÓ	EQUIP	PROBLEMA A RESOLDRE	SOLUCIÓ PROPOSADA
Tanc homogeïnització 1	Bomba enviament tanc n°2	Fuita d'aigua a la bomba	Reparació per part dels mecànics
Tanc homogeïnització 2	Bomba recirculació	Fuita d'aigua a la bomba	Reparació per part dels mecànics
	Bomba enviament depuradora	Fuita d'aigua a la bomba	Reparació per part dels mecànics
	Bomba dosificadora d'acid sulfúric	La membrana interior és troba espatllada	Reparació de membrana per part dels mecànics
Tanc floculant catiónic	Bomba floculat catiónic	Cal revisar el funcionament ja que és troba en desús	Realitzar proves d'ús amb un floculant catiónic
Dipòsit de neutralització	Bomba ácid sulfúric	Cal revisar el funcionament ja que és troba en desús	Revisió del funcionament del sistema per part meva
	Sonda controladora de pH	Cal revisar el funcionament ja que és troba en desús	Observar el fucionament del sistema de pH
Dipòsit de floculació	Bomba floculant	Cal revisar la bomba. Possible falta de cabal pel funcionament necessari	Provar el cabal máxim que suministra amb el floculant óptim
Decantador lamel·lar	Desnivellat	És troba desnivellat	Anivellar el decantador per part dels mecànics

RESULTATS

SETMANA 1:

Durant la setmana 0 s'observa que gran part dels problemes de la instal·lació s'han de resoldre pel departament de mecànics. Es segueix un control sobre aquest departament per poder controlar com s'avança en la posta a punt de la instal·lació. D'altre banda, és troben problemes fàcils de solucionar sense necessitat del departament de mecànics. Aquests són els que és comencen a estudiar durant la setmana 1, arribant a les següents solucions:

Taula 14 Resultats setmana 1 del protocol FAT

SETMANA 1			
PART DE LA INSTAL·LACIÓ	EQUIP	PROBLEMA A RESOLDRE	SOLUCIÓ PROPOSADA
Tanc floculant catiónic	Bomba floculat catiónic	En revisar el funcionament s'observa que és troba espatllada	Substitució per una nova bomba
Dipòsit de neutralització	Sonda controladora de pH	En revisar el funcionament s'observa incrustacions bàsiques en la sonda de pH	Substitució per una nova sonda de pH
Dipòsit de floculació	Bomba floculant	En provar el cabal màxim que suministra amb el floculant òptim s'observa que el cabal és insuficient.	Com que el cabal que dona la bomba instal·lada és inferior al necessari cal comprar una de més gran cabal.

SETMANA 2:

Durant la segona setmana del protocol FAT és solucionen els problemes esmentats en la setmana anterior:

RESULTATS

Taula 15 Resultats setmana 2 del protocol FAT

SETMANA 2			
PART DE LA INSTAL·LACIÓ	EQUIP	SOLUCIÓ PROPOSADA	SOLUCIÓ EXECUTADA
Tanc floculant catiónic	Bomba floculat catiónic	Substitució per una nova bomba	Nova bomba instal·lada i en ple funcionament per les necessitats esmentades
Dipòsit de neutralització	Sonda controladora de pH	Substitució per una nova sonda de pH	Nova sonda de pH. És necessari la revisió del funcionament.

SETMANA 3:

Continuant amb les deficiències de la instal·lació que tenen solució sense necessitat del departament de mecànics és realitzen els següents avanços:

Taula 16 Resultats setmana 3 del protocol FAT

SETMANA 3			
PART DE LA INSTAL·LACIÓ	EQUIP	SOLUCIÓ PROPOSADA	SOLUCIÓ EXECUTADA
Dipòsit de neutralització	Bomba àcid sulfúric	Revisió del funcionament del sistema per part meva	En revisar el funcionament es troba que únicament cal encebar la bomba per un funcionament correcte

SETMANA 4:

Durant la setmana 4 del protocol FAT és troben progressos per part del departament de mecànics tal que:

Taula 17 Resultats setmana 4 del protocol FAT

SETMANA 4			
PART DE LA INSTAL·LACIÓ	EQUIP	SOLUCIÓ PROPOSADA	SOLUCIÓ EXECUTADA
Tanc homogeïtzació nº2	Bomba enviament depuradora	Reparació de la fuga per part dels mecànics	És repara la fuga de la bomba. Perfecte funcionament

RESULTATS

SETMANA 5:

Durant la setmana 5 és revisa el funcionament de la sonda de pH instal·lada durant la setmana 2. Desafortunadament és troba un nou problema ja que aquesta no funciona, per tant, com la sonda del pH és completament nova és pot determinar que el cable que connecta la sonda de pH amb el controlador és troba espatllat i és proposa el seu canvi con a mètode de solució.

Per altre banda, trobem un nou problema. Degut a les proves realitzades s'ha trencat una canonada i és proposa com a solució el canvi d'aquesta per part dels mecànics.

SETMANA 6:

Durant la setmana 6 del protocol FAT és troben progressos per part dels mecànics tal que:

Taula 18 Resultats setmana 6 del protocol FAT

SETMANA 6			
PART DE LA INSTAL·LACIÓ	EQUIP	SOLUCIÓ PROPOSADA	SOLUCIÓ EXECUTADA
Tanc homogeïtzació n°2	Bomba recirculació	Reparació de la fuita per part dels mecànics	És repara la fuita de la bomba. Perfecte funcionament
Dipòsit de floculació	Bomba floculant	Com el cabal que ens dona la bomba instal·lada és inferior al necessari cal comprar una que doni més cabal	Bomba nova apta per suministrar el floculant necessari per depurar els m ³ generats
Decantador lamel·lar	Desnivellat	Anivellar el decantador lamel·lar per part dels mecànics	El decantador s'ha nivelat per part del departament de mecànics i funciona correctament

No obstant, aquesta setmana també és troben nous problemes per les proves realitzares a l'E.D.A.R.I tals que :

RESULTATS

Taula 19 Nous problemes setmana 6 del protocol FAT

SETMANA 6			
PART DE LA INSTAL·LACIÓ	EQUIP	PROBLEMA A RESOLDRE	SOLUCIÓ PROPOSADA
Decantador lamel·lar	Bomba lamel·lar	Bomba de fons obturada per acumulació de fangs	Reparació per part dels mecànics. Desmuntar la bomba per extreure l'obturació de fangs
Centrífuga	Bomba centrífuga	Fuita d'aigua a la bomba esmentada	Reparació per part dels mecànics

SEMANA 7:

Durant la setmana 7 del protocol FAT és troben progressos per part dels mecànics tal que:

Taula 20 Resultats setmana 7 del protocol FAT

SETMANA 7			
PART DE LA INSTAL·LACIÓ	EQUIP	SOLUCIÓ PROPOSADA	SOLUCIÓ EXECUTADA
Tanc homogeïnització 1	Bomba enviament tanc n°2	Reparació de la fuita per part dels mecànics.	És repara la fuita de la bomba. Perfecte funcionament.
Espressidor	Estat	Substitució de la canonada trencada	La canonada trencada és substituïda per una nova
Centrífuga	Bomba centrífuga	Reparació de la fuita per part dels mecànics	És repara la fuita de la bomba. Perfecte funcionament.

SEMANA 8:

Durant la setmana 8 del protocol FAT s'aconsegueix solvatar tots el problemes restants de la instal·lació tal que:

RESULTATS

Taula 21 Resultats setmana 8 del protocol FAT

SETMANA 8			
PART DE LA INSTAL·LACIÓ	EQUIP	SOLUCIÓ PROPOSADA	SOLUCIÓ EXECUTADA
Tanc homogeïtzació 2	Bomba dosificadora d'àcid sulfúric	Reparació de membrana per part dels mecànics	Observant l'impossibilitat de reparar la membrana és substituïda per una nova.
Decantador lamel·lar	Bomba lamel·lar	Reparació per part dels mecànics. Desmuntar la bomba per extreure l'obturació de fangs	Realitzada la solució proposada. Correcte funcionament
Dipòsit de neutralització	Sonda controladora de pH	Canvi del cable que connecta la sonda de pH amb el controlador	En canviar el cable, la connexió s'estableix i és configura el controlador de pH correctament

Amb la realització del protocol FAT durant dos mesos s'arriba al resultat desitjat obtenint una E.D.A.R.I apta per el funcionament.

5.2.2. Viabilitat BRM

Davant de la possibilitat d'una gran biodegradació en l' E.D.A.R.I és disposa a realitzar un estudi previ per observar la hipòtesis plantejada inicialment. Aquesta esmenta la instauració d'un reactor biològic de membrana per la realització d'un tractament biològic en l'E.D.A.R.I de fabrica-2.

La biodegradació i les aigües residuals són conceptes vinculats ja que és sap que una gran part de les substàncies que transporta l'aigua és matèria orgànica, sent una fracció biodegradable. Per les aigües industrials, realitzar un biodegradació comporta una dificultat afegida degut als olis i grasses present en els processos de fabricació. Per aquest motiu, és necessari realitzar un estudi de biodegradació però confirmar la possibilitat de treballar amb un BRM dins l'empresa.

A fi de realitzar l'estudi de manera professional i correcte, és realitza externament per una empresa especialitzada seguint el mètode respiromètric esmentat a la metodologia.

Per tant, abans de realitzar el anàlisis és necessari caracteritza l'aigua estudiada tal que:

- DQO total inicial (mgO₂/L) : 3.409.

RESULTATS

- pH (u. pH) : 13,08.
- Conductivitat (mS/cm) : 12,67.
- MES (mg/L): 2.898

Seguidament és realitzar un tractament F-Q per tal d'eliminar tota la matèria en suspensió que trobem a la mostra . Per realitzar el tractament F-Q és segueix el procediment esmentat anteriorment durant la metodologia obtenint com a resultat la següent figura.



Figura 38 Imatge del abans i després del tractament fisicoquímic

Como podem observar a la **Figura 38** a l'esquerra trobem la mostra inicialment, sense cap mena de tractament. Per el contrari, la fotografia de l'esquerra mostra el resultat després del tractament fisicoquímic, observant una gran transparència a l'aigua i un volum considerable de flocul sedimentat.

A continuació, és realitza la DQO total del sobrenedant del tractament anotant un valor de:

- DQO total posterior al F-Q (mgO_2/L) : 1.428

Aquest resultat ens dona una eliminació de DQO amb el F-Q del 58%.

Seguidament és realitza el tractament biològic aeròbic mitjançant el mètode respiromètric esmentat anteriorment a la metodologia. Gràcies al mètode, podem obtenir la següent gràfica on es representa el consum acumulat d'oxigen dissolt durant el període de l'assaig.

RESULTATS

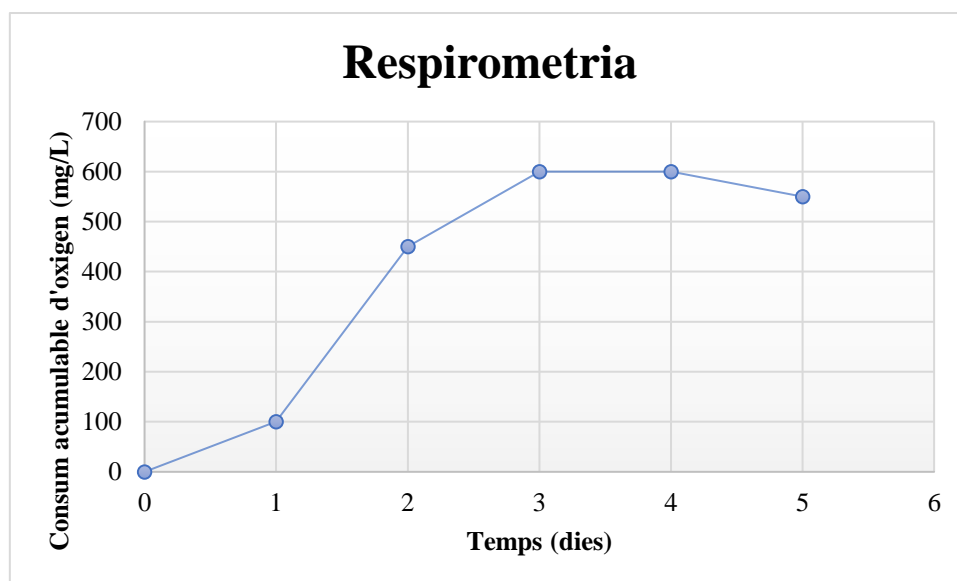


Figura 39 Representació del consum acumulat d'oxigen en funció dels dies

En finalitzar l'assaig és mesura la demanda química d'oxigen decantada de la mostra, obtenint el següent resultat:

- DQO decantada després biològic (mgO_2/L) : 458

Inicialment s'observa una disminució del 58% mitjançant una eliminació físic química que en combinar-la amb l'eliminació biològica anterior s'obté una disminució del 86,5%. Finalment, podem extreure com a conclusió que el tractament biològic per les aigües tractades ens proporciona una disminució del 67,9% . Aquest resultat ens fa afirmar que les aigües tractades a l'E.D.A.R.I són altament biodegradables i la instauració d'un BRM és una proposta viable i correcte per aconseguir reduir la DQO per sota del límit d'abocament establert.

5.3. AUTOMATITZACIÓ

Finalment, l'últim objectiu i problema a solvatar de l'E.D.A.R.I és la manca d'automatització que té l'estació.

Aquesta és completament manual, fet que comporta realitzar la implementació d'un sistema de control al tractament F-Q i sistemes de control de pH per tal de reduir l'acció humana a l'estació al mínim possible.

D'altre banda, també és necessària l'automatització dels dipòsits d'homogeneïtzació per evitar el desbordament per sobre nivell.

5.3.1. Sistema control tractament F-Q

El sistema de control del tractament F-Q ens permet obtenir una resposta instantània del estat de tots els elements de l'E.D.A.R.I així com l'automatització del començament de depuració simplement actuant una polsador.

A l'inici trobem l'estació depuradora sense cap mena d'automatització que ens indiqui on és troben els problemes de la instal·lació, és a dir, cap mecanisme alertaria si la dosificació de coagulant no és troba en funcionament per qualsevol possible problema.

RESULTATS

Aquest problema és soluciona amb la instal·lació de indicadors lumínics com la **Figura 40** que en observar qualsevol problema desconnectarà l'indicador verd activant el vermell fent que percebem una alerta.

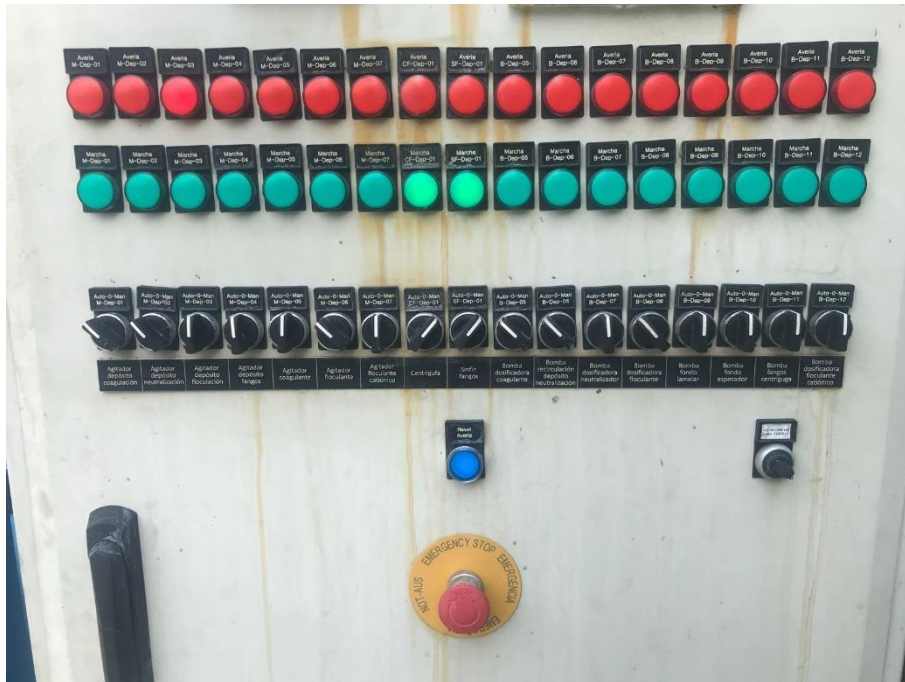


Figura 40 Quadre automatitzat de l'estació depuradora

A més, s'automatitza més encara el quadre en afegir una parada d'emergència inexistent necessària per aturar el procés de depuració bruscament davant de fets inesperats, disminuint així les conseqüències. Els actuadors negres també automatitzen, afegint un mode automàtic en comptes del manual existent fins al moment, que funcionaran únicament quan la depuradora està rebent aigua i es posarà en marxa en prémer el pulsador de la **Figura 41**.



Figura 41 Pulsador enviament d'aigua a l'estació depuradora

Aquest posador realitzarà la seva funció sempre i quan totes les vàlvules de bola corresponents dels diferents tancs d'homogeneïtzació de la **Figura 42** estiguin correctament obertes.

RESULTATS



Figura 42 Vàlvules de bola per l'enviament d'aigua a l'E.D.A.R.I

Paral·lelament, s'instal·len dos sistemes d'automatització més al sistema. En primer lloc és soluciona el problema existent del possible desbordament dels tancs d'homogeneïtzació amb la instal·lació d'un controlador de nivell que proporciona una alerta a la bomba d'enviament quant aquest tanc és troba a un nivell pròxim del seu abast màxim. Mitjançant aquesta automatització, inexistent anteriorment, disminuïm l'error humà completament per aquest factor.

En segon lloc, s'instal·len temporitzadors en les bombes d'enviament d'aigua cap els depòsits d'homogeneïtzació per tal de poder començar a depurar des de la primera hora de jornada laboral. Aquests temporitzador es regulen per realitzar l'activació de les bombes a partir de les 6:00 del matí aturant-se de nit a les 22:00 hores. Aquesta automatització provoca que, en arribar el torn de matí a les 8:00, la bomba d'enviament d'aigua porta dues hores funcionant, fent possible tenir un volum suficient dins dels tancs per poder treballar. D'igual manera, beneficia la reducció d'error humà en desactivar-se al final del torn de la tarda, evitant que el treballador deixi funcionant la bomba durant tota la nit.

5.3.2. Sistema control pH

El sistema de control de pH és el paràmetre més crucial a automatitzar ja que, si el funcionament no és el correcte, de cap manera serà possible disminuir la demanda química d'oxigen al valor necessari. Per l'E.D.A.R.I present és troben dos punts on el control del pH són necessaris per el procés.

El primer el trobem al realitzar la neutralització prèvia a l'estació depuradora. Aquest necessita d'un control previ per tal de poder assegurar un pH òptim alhora de la depuració. Si aquest no es regula prèviament en arribar a l'E.D.A.R.I existeix la possibilitat de que el segon control de pH no sigui capaç de subministrar suficient àcid per neutralitzar la basicitat de l'aigua, provocant un funcionament incorrecte en el procés fisicoquímic.

RESULTATS



Figura 43 Quadre de control del pH previ de l'E.D.A.R.I

A l'inici de l'estació depuradora hi ha instal·lat aquest sistema de control de pH que estava completament en desús. Per tal d'automatitzar el funcionament, aquest és posa en funcionament mitjançant la substitució dels elèctrodes de pH corresponents i realitzant una posta en marxa seguint les instruccions de fabrica del quadre de control. Aquest és configura a un SP de 9 unitats de pH, per tal que l'aigua arribi a l'E.D.A.R.I amb una neutralització prèvia que, que amb l'adició del coagulant, provocarà que s'arribi a un pH pròxim al del funcionament òptim del floculant.

En segon lloc, com ja hem esmentat anteriorment, trobem la necessitat de controlar el pH a l'estació depuradora per assegurar que el floculant treballa amb el seu pH òptim. Per aquesta part trobem novament un sistema de control de pH (Jumo AQUIS 500 PH) en desús. A fi de solvatar el problema, és realitza la substitució del sistema de control al complet ja que, al estar en desús, és troba espatllat. Per tant, realitzat el canvi de sistema per un nou amb els corresponents elèctrodes de pH obtenim un sistema capaç de controlar automàticament el pH de l'E.D.A.R.I.



Figura 44 Controlador de pH de l'E.D.A.R.I. JUMBO AQUIS 500

6. CONCLUSIONS

Inicialment és planteja com a objectiu d'aquest treball de fi de grau la posta en marxa d'una estació depuradora d'aigües on és troben els següents problemes que impossibiliten el seu funcionament:

1. No compliment del límit d'abocament.
2. Problemes amb la instal·lació.
3. Problemes d'automatització.

Després de realitzar els estudis esmentats anteriorment, podem extreure com a conclusions el següents aspectes:

- És determina el DKFLOCK 1010 i el SYFLOCK 120 CL com el coagulant i floculant òptim. Aquests ens proporcionen una floculació eficaç provocant un flocul que fàcilment decanta per gravetat i que proporciona un sobrenedant que compleix amb les normatives d'abocament.
- L'estudi de cabal determina la necessitat de pujar un metre els tancs de coagulació, floculació i neutralització ja que no és capaç de funcionar a un cabal superior a 6 m³/h per desbordament d'aigües. Realitzada aquesta millora s'obté que l'E.D.A.R.I és capaç de depurar per sota del límit d'abocament tractant un cabal de 10 m³/h.
- Optimització de l'E.D.A.R.I mitjançant el protocol FAT ha comportat la detecció i solució dels principals problemes que presentava la instal·lació. Com a resultat final, la E.D.A.R.I funciona sense cap problema en la instal·lació i compleix els objectius de qualitat de l'aigua tractada.
- És determina viable la instal·lació d'un reactor biològic de membrana degut a la biodegradació obtinguda en els resultats. La instauració d'aquest donaria un sobrenedant amb un DQO menor, no obstant, no seria necessari ja que mitjançant el tractament fisicoquímic s'aconsegueix estar per sota del límit d'abocament.
- La instauració de sistemes de control automàtic de pH i sistemes de control en el tractament fisicoquímic suposen un control exhaustiu del procés de depuració i una disminució considerable d'error provocada per el factor humà.

Per tant, s'han aconseguit i solucionat les hipòtesis i problemes inicialment plantejats. Actualment disposem d'una E.D.A.R.I en ple funcionament, totalment optimitzada, automatitzada i complint els límits d'abocament actuals.

7. POSSIBLES MILLORES

Tot i que els objectius inicial del TFG de posada en marxa de l'estació depuradora industrial d'aigua residuals s'han assolit amb èxit, es poden proposar diferents actuacions que permetrien millora el rendiment de la instal·lació, tals com:

- Instal·lació d'un tanc extern per homogeneïtzar l'efluent de sortida de la depuradora. Durant l'estudi de cabal màxim s'ha pogut observar que en determinats moments la demanda química d'oxigen de l'efluent de sortida és lleugerament superior al límit d'abocament. Tanmateix s'ha pogut observar que majoritàriament els valors de DQO han estat inferiors aquest límit. Observant aquest succés, per tal d'assegurar el compliment del límit d'abocament és proposa la instal·lació d'un tanc extern per homogeneïtzar l'efluent de sortida de la depuradora. Així obtenint que en homogeneïtzar-se aquests moments determinats on la DQO es superior al límit d'abocament és podria assegurar un abocament correcte, complint els límits establerts.
- La instal·lació d'un assecador de fangs. En l'actualitat és gestiona com a residu directament el fang que s'obté de la centrifugadora. Aquest fang tot i no contenir un percentatge elevat d'aigua és troba humit. La instal·lació d'un assecador de fangs produiria una reducció en el volum de residu gestionat així com la seguretat de gestionar fang amb un percentatge d'aigua mínim. Proporcionaria un estalvi en la gestió de residus.
- Instal·lació d'un dosificador gota a gota d'antiespumant. Durant el procés de posada en marxa s'ha observat que determinats dies per la composició de l'aigua d'entrada a l'estació depuradora és pot apreciar a la sortida la generació d'escuma. És proposa reduir aquesta generació d'espuma mitjançant la instal·lació d'un dosificador gota a gota d'antiespumant en el tanc de coagulació que solucionarà la generació espontània d'aquest succés.

PRESSUPOST

8. PRESSUPOST

En aquest apartat és presenta el pressupost d'aquest TFG desglossant les despeses en 4 apartats diferenciats. En primer lloc trobem el pressupost de mà d'obra que s'ha observat. Seguidament es troben les despeses associades a material. A continuació és presents les despeses provinents de serveis subcontractats i per últim la inversió inicial que s'ha tingut que fer per tal de poder realitzar el projecte.

8.1. MÀ D'OBRA

Per tant, primerament, podem observar a la **Taula 22** el desglossament dels costos de mà d'obra dels treballadors que han estat implicats en aquest projecte. Com és lògic, el preu per hora d'un becari no és el mateix que d'un especialista i aquest serà el factor que farà variar el cost.

Taula 22 Cost de mà d'obra

Professional	Preu (€/h)	Hores (h)	Cost total (€)
Becari	6	600	3600
Mecànic	40	100	4000
Elèctric	40	50	2000
TOTAL	-	-	9600

Per tant, el cost final de mà d'obra suposa 9600 €.

8.2. MATERIAL

Seguidament observem a la **Taula 23** els costos referents al material emprat durant el projecte. En aquest apartat trobem tots els reactius emprats amb les seves quantitats i les peces comprades durant el protocol FAT per la posterior substitució.

Taula 23 Cost de material

Material	Preu (€/u)	Unitats	Cost total (€)
SIFLOCK 120 CL	0,94	300	282
DKFLOCK 1010	0,46	6500	2990
CO-18	0,42	5	2,1
Policlorur d'alumini	0,52	5	2,6
"Inco alpha"	0,63	5	3,15
NaOH	5,95	15	89,25
Àcid sulfúric	4,12	1000	4120
Pipetes d'un ús	2,50	2	5
Guants	4,16	1	4,16
Tube Rang MR	13,40	7	93,8
Tube Rang LR	13,40	2	26,8
JUMO AQUIS 500	245,43	1	245,43
Bomba piroestaltica	349,80	2	699,6
Elèctrodes pH	99	2	198
TOTAL	-	-	8761,89

PRESSUPOST

Per tant, el cost final de material suposa 8761,89 €.

8.3. INVERSIÓ INICIAL

A continuació observem la **Taula 24** que ens dona la inversió inicial que es va realitzar per part de l'empresa. Aquesta inversió és va originar realitzant la compra de l'E.D.A.R.I a una empresa externa.

Taula 24 Cost inversió inicial

Material	Preu (€/u)	Unitats	Cost total (€)
E.D.A.R.I	102000	1	102000
TOTAL	-	-	102000

En aquest projecte la inversió inicial suposa el cost més elevat.

8.4. SUBCONTRACTAT

Per últim, podem observar a la **Taula 25** el cost dels serveis que s'han decidit realitzat externament a l'empresa i per tant han estat subcontractats.

Taula 25 Cost subcontractat

Servei	Preu (€/u)	Unitats	Cost total (€)
Estudi respiròmetre	265	1	265
Tècnic instal·lació extern	40	3	120
TOTAL			385

Per tant, el cost final en subcontractats suposa 385 €.

8.5. COST TOTAL DEL PROJECTE

Finalment, realitzem la suma de tots els costos calculats anteriorment per així obtenir el cost total que ha suposat la realització d'aquest projecte. Aquesta suma de costos es pot observar a la **Taula 26** obtenint un cost total de projecte de 164103,85 €

Taula 26 Cost total del projecte

Concepte	Cost brut (€)	21% IVA (€)	Cost total net(€)
Mà obra	9600	2016	11616
Material	8761,89	1840	10602
Inversió inicial	102000	21420	141420
Subcontractat	385	80,85	465,85
TOTAL			164103,85

Mitjançant la **Figura 45**, podem observar quina proporció ha suposat cadascun d'aquests costos sent com s'ha esmentat amb anterioritat, el més considerable, la inversió inicial que es realitzar per obtenir l'E.D.A.R.I amb un 86%.

PRESSUPOST

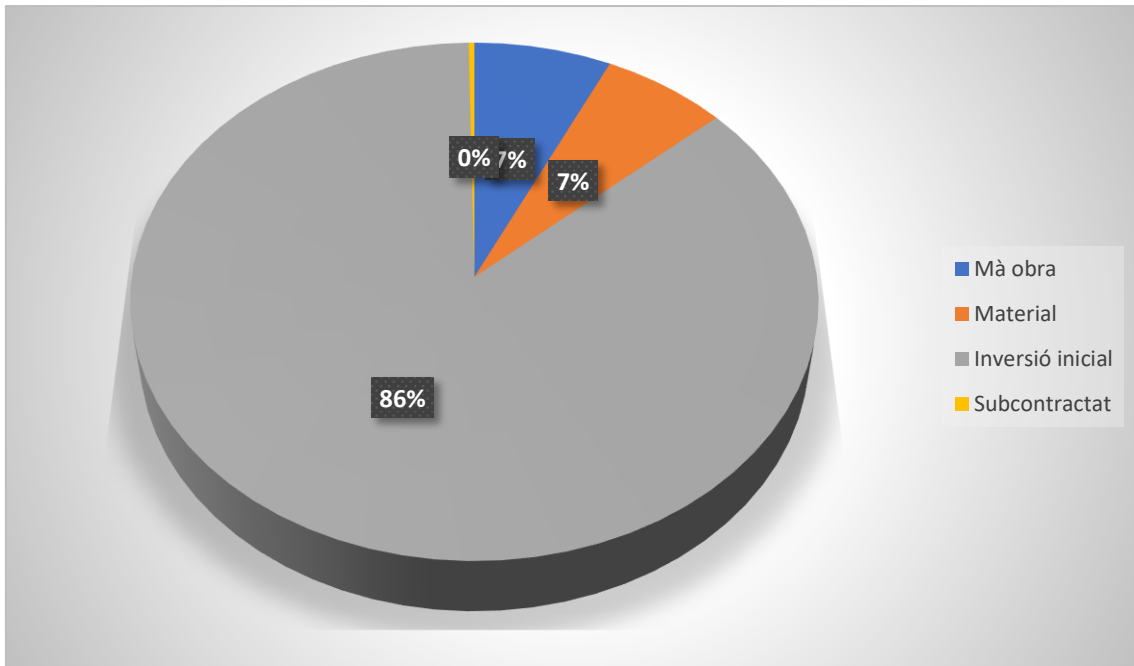


Figura 45 Proporció dels costos del projecte

9. PLANIFICACIÓ

Amb l'objectiu de planificar el treball de fi de grau és realitza un diagrama Gantt com el que podem observar a la **Figura 46**

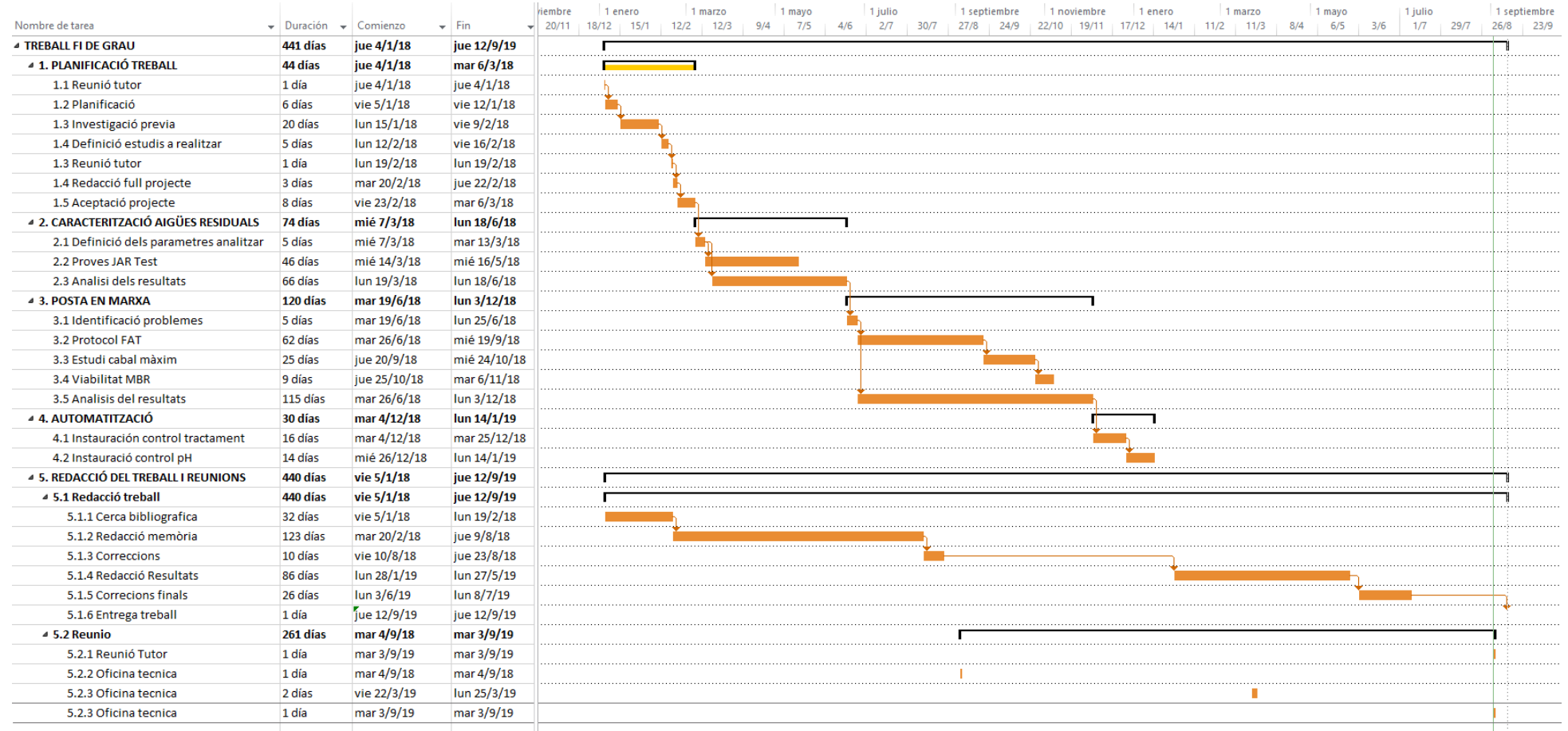


Figura 46 Planificació Gantt del projecte

BIBLIOGRAFIA

10. BIBLIOGRAFIA

- [1] Cromogenia. (Maig 2018). *Qualitat i medi ambient*. Recuperat el 12 de maig de 2018 de <https://www.cromogenia.com/calidad/calidad-y-medio-ambiente.html>
- [2] Andia, Yolanda.(2000). *Tratamiento de agua: Coagulación y floculación*. Recuperat de http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154
- [3] Lorenzo-Acosta, Yaniris (2006). *Estado del arte del tratamineto de aguas por coagulación-floculación*. Recuperat de <http://www.redalyc.org/pdf/2231/223120664002.pdf>
- [4] Metcalf y eddi (1997). *Tratamineto y depuración de las aguas residuales*.
- [5] DA Skoog, DM West, FJ Holler (1997). *Fundamentos de química analítica (4º ed.)*.Editorial reverté, S.A.
- [6] Suarez Lopez, Joaquin (2014) Universidad da Coruña, *Fichas tecnicas de etapas de proceso de plantas de tratamiento de aguas residuales de la industria textil: Decantación lamelar*. <https://www.wateractionplan.com/documents/177327/558161/Decantaci%C3%B3n+lamelar.pdf/729e1bcb-8819-ae96-622d-643d919c4b75>
- [7] Perez, Jose. (1995). *Sedimentadores lamelares*.
- [8] Suarez Lopez, Joaquin (2015) Universidad da Coruña, *Fichas tecnicas de etapas de proceso de plantas de tratamiento de aguas residuales de la industria textil: Tecnologias de espesamiento*. Recuperat de <https://www.wateractionplan.com/documents/177327/558161/Tecnolog%C3%ADas+de+espesamiento.pdf/5937d248-06a9-c654-cd44-4583aca5acdb>
- [9] Bolletí oficial de la Província de Barcelona (Febrer 2018). *Límits d'abocament en E.D.A.R.I*. Recuperat el 24 de febrer de 2018 a www.aiguesdebarcelona.cat
- [10] Rafael Manón Galván . (1998). *“Jar Test” en el tratamiento de aguas: Una valiosa heramienta*
- [11] Derypol (Juny 2018). *Polimeros para el medio ambiente*. Recuperat el 4 de Juny de 2018 a <http://www.derypol.com>
- [12] A. León, “Estandarización y validación de una técnica para medición de la demanda bioquímica de oxígeno por el método respiro métrico y la demanda química de oxígeno por el método colorimétrico” (tesis de pregrado). Universidad tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia, 2009
- [13]Factory Acceptance Testing Guideline. (2006). *For a Process Industry*. Recuperat el 6 de Juny 2018 a <https://www.sp.se/safeprod>

ANNEXES

11. ANNEXES

11.1. RESULTATS DE CARACTERITZACIÓ

Taula 27 Resultats de caracterització del coagulant CO-18

Dia	Dosis Coag. ¹	Dosis Floc. ¹	DQO Ini (ppm)	DQO Fin (ppm)	Cond. Ini (mS/cm)	Cond. Fin (mS/cm)	pH Inicial	pH Final	Temp. Inicial (°C)	Temp. Final (°C)
21/03/18	2000	40	1960	-	7,4	-	9,5	-	25	-
21/03/18	4000	40	1960	-	7,4	-	9,5	-	25	-
21/03/18	6000	40	1960	-	7,4	-	9,5	-	25	-
21/03/18	8000	40	1960	-	7,4	-	9,5	-	25	-

¹ Les dosis de coagulant i floculant són expressades en ppm.

Taula 28 Resultats de caracterització del Policlorur d'Alumini Inco Alpha

Dia	Dosis Coag. ¹	Dosis Floc. ¹	DQO Ini (ppm)	DQO Fin(ppm)	Cond. Ini (mS/cm)	Cond. Fin(mS/cm)	pH Inicial	pH Final	Temp. Ini (°C)	Temp. Fin (°C)	Rendiment (%)
21/03/18	4000	40	1960	830	7,39	8,35	9,5	6,2	25,3	25,6	57,65
21/03/18	2000	40	1960	1060	7,39	7,94	9,5	6,7	25,3	25,5	45,91
26/03/18	4000	40	6340	1580	3,16	3,83	9,5	6,5	19,8	19,9	75,07
26/03/18	2000	40	6340	1640	3,16	3,57	9,5	5,5	19,8	19,7	74,13
06/04/18	6000	40	2180	1100	21,2	20,9	9	5,5	23,6	22,5	49,54
06/04/18	3500	40	2180	1080	21,2	20,1	9	5,5	23,6	23,1	50,45
06/04/18	3000	40	2180	1840	21,2	19,5	9	5,5	23,6	22,2	15,59
06/04/18	100000	40	2180	640	21,2	20,7	9	6	23,6	22,5	70,64
16/04/18	6000	30	2700	840	8,72	9,6	7	5,78	22,8	23,5	68,88
16/04/18	2500	30	2700	1000	8,72	9,73	7	4,5	22,8	23,8	62,96

¹ Les dosis de coagulant i floculant són expressades en ppm.

ANNEXES

Taula 29 Resultats de caracterització del coagulant Policlorur d'Alumini 18%

Día	Dosis Coag. ¹	Dosis Floc. ¹	DQO Ini (ppm)	DQO Fin (ppm)	Cond. Ini (mS/cm)	Cond. Fin (mS/cm)	pH Inicial	pH Final	Temp. Ini (°C)	Temp. Fin (°C)	Rendiment %
25/03/18	2000	40	680	-	3,79	-	6,5	-	27,7	-	-
25/03/18	4000	40	680	-	3,80	-	6,5	-	27,7	-	-
25/03/18	6000	40	680	-	3,81	-	6,5	-	27,7	-	-
25/03/18	8000	40	680	-	3,82	-	6,5	-	27,7	-	-
27/03/18	2000	40	1820	-	10,3	-	9,2	-	22,3	-	-
27/03/18	4000	40	1820	-	10,3	-	9,2	-	22,3	-	-
28/03/18	1000	40	1270	-	8,47	-	7,3	-	24,5	-	-
28/03/18	2000	40	1270	-	8,47	-	7,3	-	24,5	-	-
28/03/18	3000	40	1270	-	8,47	-	7,3	-	24,5	-	-
28/03/18	4000	40	1270	-	8,47	-	7,3	-	24,5	-	-
04/04/18	3000	50	2040	-	5,34	-	8,6	-	26,4	-	-
04/04/18	3500	60	2040	-	5,34	-	8,6	-	26,4	-	-
04/04/18	3500	70	2040	-	5,34	-	8,6	-	26,4	-	-
04/04/18	4000	80	2040	-	5,34	-	8,6	-	26,4	-	-
04/04/18	30000	30	2040	-	5,34	-	8,6	-	26,4	-	-
04/04/18	3500	30	2040	-	5,34	-	8,6	-	26,4	-	-
04/04/18	4000	30	2040	-	5,34	-	8,6	-	26,4	-	-
04/04/18	3500	40	2040	-	5,34	-	8,6	-	26,4	-	-
05/04/18	3000	40	1460	1080	25,3	27	9	4,8	21,3	23,4	26,02
05/04/18	3000	55	1460	1140	25,3	19	9	7	21,3	22,4	21,91
05/04/18	3500	40	1460	-	25,3	-	9	-	21,3	-	-
05/04/18	4000	40	1460	-	25,3	-	9	-	21,3	-	-

¹ Les dosis de coagulant i floculant són expressades en ppm.

ANNEXES

Taula 30 Resultats de caracterització del DKFLOCK 1010

Día	Dosis Coag. ¹	Dosis Floc. ¹	DQO Ini (ppm)	DQO Fin (ppm)	Cond. Ini (mS/cm)	Cond. Fin (mS/cm)	pH Inicial	pH Final	Temp. Inicial (°C)	Temp. Final (°C)	Rendiment %
17/04/18	2500	80	1460	600	6,5	6,8	12	6,5	21,3	22,7	57,65
17/04/18	3500	80	1460	540	6,5	7,1	12	6,5	21,3	21,8	63,01
18/04/18	2000	40	460	20	6,87	9,63	11,9	7,1	20,1	21,4	95,65
18/04/18	2500	70	460	20	6,87	9,73	11,9	6,4	20,1	20,9	95,65
18/04/18	4000	35	460	60	6,87	10,6	11,9	8	20,1	21,7	86,95
18/04/18	5000	30	460	8	6,87	10,8	11,9	7,2	20,1	20,8	98,26
19/04/18	2000	25	1780	500	6,43	7,33	12	7,2	19,8	20,2	71,91
19/04/18	3000	30	1780	420	6,43	7,2	12	6,2	19,8	20,4	76,40

¹ Les dosis de coagulant i floculant són expressades en ppm.

11.2. RESULTATS DE CABAL MÀXIM TRACTABLE

Cabal de 4 m³/h

Taula 31 Resultats estudi cabal màxim treballant a 4 m³/h

04/07/18	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
DQO inicial²	4540	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Conduc (mS/cm)	8,74	10,52	9,87	9,61	9,54	9,69	9,72	9,64	9,6	9,42
Temperatura (°C)	25,6	27,8	28	27,9	28,1	28,2	28,4	28,3	28,1	28,4
pH	10,3	8,4	8,2	8,1	7,9	8	7,8	7,9	8,2	8
DQO final²	-	1100	900	700	560	640	780	620	540	480
Rendiment (%)	-	75,77	80,17	84,58	87,66	85,90	82,81	86,34	88,10	89,42

ANNEXES

05/07/18	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
DQO inicial²	3680	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Conduc (mS/cm)	6,81	8,74	8,59	8,45	8,36	8,27	7,87	7,94	8,12	7,92
Temperatura (°C)	26,2	27	27,4	27,5	27,8	27,9	27,9	28	28,1	28
pH	9,92	8,1	8	8,23	7,92	8,12	7,85	7,98	8,12	8,04
DQO final²	-	600	700	680	640	580	600	640	720	700
Rendiment (%)	-	83,69	80,97	81,52	82,60	84,23	83,69	82,60	80,43	80,97

² Les dosis de coagulant i floculant són expressades en ppm.

Cabal de 6 m³/h

Taula 32 Resultats estudi cabal màxim treballant a 6 m³/h.

06/07/2018	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
DQO inicial²	4860	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Conduc (mS/cm)	6,28	9,43	9,28	8,34	7,59	7,32	7,17	7,11	7,02	7,08
Temperatura (°C)	24,1	27,9	27,6	27,6	27,8	26,9	27,7	28	27,9	28,1
pH	10,87	9,64	8,86	7,37	7,52	7,54	7,49	7,5	7,47	7,42
DQO final²	-	1180	1040	400	580	580	500	600	420	540
Rendiment (%)	-	75,72	78,60	91,76	88,06	88,06	89,71	87,65	91,35	88,88
09/07/2018	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
DQO inicial²	2894	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Conduc (mS/cm)	7,12	7,89	8,01	7,93	8,09	8,13	8,21	8,03	7,91	7,86
Temperatura (°C)	26,8	27,8	27,9	28,2	28,1	28,3	27,5	27,9	28,2	28
pH	11,28	8,48	7,93	7,74	7,69	7,45	7,27	6,93	7,22	7,12
DQO final²	-	780	640	540	480	500	440	560	520	480
Rendiment (%)	-	73,04	77,88	81,34	83,41	82,72	84,79	80,64	82,03	83,41

² Les dosis de coagulant i floculant són expressades en ppm.

ANNEXES

Cabal de 8 m³/h

Taula 33 Resultats estudi cabal màxim treballant a 8 m³/h.

10/07/2018	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
DQO inicial²	1760	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Conduc (mS/cm)	6,89	8,03	7,87	7,69	7,79	7,63	7,55	8,1	7,92	7,64
Temperatura (°C)	26,7	28,3	29,2	29,8	30,4	30,6	30,8	30,7	30,5	30,8
pH	10,87	7,58	7,46	7,49	7,46	7,28	7,59	7,58	7,3	7,41
DQO final²	-	560	360	580	560	500	260	880	760	700
Rendiment (%)	-	68,18	79,54	67,04	68,18	71,59	85,22	50	56,81	60,22
11/07/2018	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00				
DQO inicial²	13780	-	-	-	-	-				
Conduc (mS/cm)	7,97	7,8	8,16	8,98	8,76	8,87				
Temperatura (°C)	27,8	27,8	27,9	28,1	28	27,7				
pH	11,58	6,93	7,18	7,26	7,78	8,67				
DQO final²	-	1940	2300	1120	1240	2240				
Rendiment (%)	-	85,92	83,30	91,87	91,00	83,74				
12/07/2018	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00		
DQO inicial²	760	-	-	-	-	-	-	-		
Conduc (mS/cm)	16,9	9,23	11,89	11,91	11,81	11,71	11,7	11,68		
Temperatura (°C)	30	27,8	28,2	28,3	28,5	29	28,9	29,1		
pH	12,23	7,93	8,42	8,1	7,74	6,94	7,1	6,84		
DQO final²	-	740	700	600	360	340	260	240		
Rendiment (%)	-	2,63	7,89	21,05	52,63	55,26	65,78	68,42		

² Les dosis de coagulant i floculant són expressades en ppm.

ANNEXES

Cabal de 10 m³/h

Taula 34 Resultats estudi cabal màxim treballant a 10 m³/h.

17/07/2018	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
DQO inicial²	4020	-	-	-	-	-	-	-	-
Conduc (mS/cm)	20,3	8,44	10,47	10,78	10,31	9,49	9,36	9,67	9,53
Temperatura (°C)	28,8	27,8	28,1	28,2	28,6	28,1	28,2	28,4	28,3
pH	12,16	8,13	8,61	8,48	8,41	8,31	7,98	8,13	8,21
DQO final²	-	1200	1300	1160	920	700	640	1000	800
Rendiment (%)	-	70,14	67,66	71,14	77,11	82,58	84,07	75,12	80,09
18/07/2018	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00				
DQO inicial²	1040	-	-	-	-				
Conductivitat (mS/cm)	5,02	6,7	7,07	8,48	9,24				
Temperatura (°C)	27,3	27,4	27,4	26,9	27,1				
pH	9,56	7,43	7,69	8,02	7,98				
DQO final²	-	20	20	200	160				
Rendiment (%)	-	98,07	98,07	80,76	84,61				

² Les dosis de coagulant i floculant són expressades en ppm.

ANNEXES

11.3. RESULTATS PROTOCOL FAT

Taula 35 Resultats setmanals de l'evolució del protocol FAT

PART DE LA INSTAL·LACIÓ	EQUIP	SETMANA 0		SETMANA 1		SETMANA 2		SETMANA 3		SEMANA 4		SEMANA 5		SEMANA 6		SETMANA 7		SETMANA 8	
		CORRECTE FUNCIONAMENT		CORRECTE FUNCIONAMENT		CORRECTE FUNCIONAMENT		CORRECTE FUNCIONAMENT		CORRECTE FUNCIONAMENT		CORRECTE FUNCIONAMENT		CORRECTE FUNCIONAMENT		CORRECTE FUNCIONAMENT		CORRECTE FUNCIONAMENT	
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Tanc homogeïtzació 1	Bomba enviament tanc n°2		X		X		X		X		X		X		X		X		X
Tanc homogeïtzació 2	Bomba de recirculació		X		X		X		X		X		X	X		X		X	
	Bomba enviament depuradora		X		X		X		X	X		X		X		X		X	
	Bomba dosificadora d'àcid sulfúric		X		X		X		X		X		X		X		X		X
Tanc de floculant	Agitador	X		X		X		X		X		X		X		X		X	
Tanc coagulant	Agitador	X		X		X		X		X		X		X		X		X	
Tanc floculant catiònic	Agitador	X		X		X		X		X		X		X		X		X	
	Bomba floculant catiònic		X		X	X		X		X		X		X		X		X	
Dipòsit de coagulació	Bomba coagulant	X		X		X		X		X		X		X		X		X	
	Agitador	X		X		X		X		X		X		X		X		X	
Dipòsit de neutralització	Agitador	X		X		X		X		X		X		X		X		X	
	Bomba àcid sulfúric		X		X		X		X		X		X		X		X		X
	Sonda controladora de pH		X		X	X		X		X		X		X		X		X	
Dipòsit de floculació	Agitador	X		X		X		X		X		X		X		X		X	
	Bomba floculant		X		X		X		X		X		X		X		X		X
Decantador lamelar	Desnivelat		X		X		X		X		X		X		X		X		X
Decantador lamelar	Bomba lamelar	X		X		X		X		X		X		X		X		X	
	Espessidor	X		X		X		X		X		X		X		X		X	
Dipòsit de fangs	Agitador	X		X		X		X		X		X		X		X		X	
Centrífuga	Bomba centrífuga	X		X		X		X		X		X		X		X		X	